

# Observando a través de los estratos: fotografía infrarroja transmitida (IRT) aplicada al estudio técnico y documental de pinturas sobre lienzo

Miquel Àngel Herrero-Cortell, Paola Artoni, Marta Raïch, Joan Aliaga, Isidro Puig

**Resumen:** El presente artículo versa sobre el uso de la fotografía infrarroja transmitida (IRT), una técnica todavía muy desconocida, pese a que paradójicamente aporta una información fundamental en el estudio y documentación de las pinturas sobre lienzo. A diferencia de la fotografía infrarroja (IR), esta técnica opera por transmisión y no por reflexión, por lo que ofrece imágenes transversales de todos los estratos de la obra. Fundamentalmente arroja evidencias sobre el diseño y la composición, visibilizando sus cambios; el método de ejecución empleado; pesquisas sobre los materiales; y evidencias del estado de conservación, pudiendo considerarse una de las técnicas más ricas de imagen multi-banda; procedimiento que además puede realizarse con escasa inversión. El objetivo de este artículo es darla a conocer para fomentar su uso entre conservadores e investigadores, así como mostrar ejemplos de sus aportaciones, ofreciendo claves de lectura para su correcta interpretación.

**Palabras clave:** fotografía infrarroja, fotografía infrarroja transmitida, transirradiación, transiluminación, multiband imaging, pintura sobre lienzo

## Looking through the layers: infrared transmitted photography (IRT) applied to the technical and documentary study of paintings on canvas

**Abstract:** This paper deals with the use of transmitted infrared photography (IRT), a technique which is still very unknown. Paradoxically its use provides fundamental information in the study and documentation of the painting. Unlike infrared (IR) photography, which is based on the phenomenon of reflection, IRT uses the transmission one, offering images of the whole layers of the work. Fundamentally, it provides evidence on the underdrawings and composition, showing its changes; as well as the method. This it can be considered one of the richest techniques in multiband imaging, while it is also a procedure that can be performed with little investment. The objective of this paper is to make it known in order to promote its use among conservators and researchers, as well as to show examples of its contributions, offering keys for its correct interpretation too.

**Keyword:** infrared photography, transmitted infrared photography, trans-irradiation, transillumination, multiband imaging, painting on canvas

## Observação através dos estratos: fotografia infravermelha transmitida (IRT) aplicada ao estudo técnico e documental de pinturas sobre tela

**Resumo:** Este artigo trata da utilização da fotografia infravermelha transmitida (IRT), uma técnica ainda desconhecida, apesar de, paradoxalmente, fornecer informações fundamentais para o estudo e para a documentação de pinturas sobre tela. Ao contrário da fotografia infravermelha (IR), esta técnica atua por transmissão e não por reflexão, e por isso oferece imagens transversais de todas as camadas da obra. Fundamentalmente, fornece evidências sobre o desenho subjacente e a composição, tornando visíveis as possíveis alterações e o método de execução usado; permite pesquisas sobre os materiais e evidências do estado de conservação, podendo ser considerada uma das mais ricas técnicas de imagem multibanda; pode ser um procedimento realizado com pouco investimento. O objetivo deste artigo é dar a conhecer e promover a sua utilização junto de conservadores e investigadores, bem como apresentar exemplos das suas contribuições, oferecendo chaves de leitura para a sua correta interpretação.

**Palavras-chave:** fotografia de infravermelho, fotografia de infravermelho transmitido, transirradiação, transiluminação, imagem multibanda, pintura em tela

## Introducción: imágenes infrarrojas a través de los estratos

La fotografía y la reflectografía infrarrojas son, seguramente, junto con la fotografía de fluorescencia ultravioleta las dos técnicas de análisis por imagen más utilizadas en el estudio no invasivo de las pinturas. Se trata de procedimientos que gozan de gran difusión; no acarrear un alto coste económico; no implican el desplazamiento de la obra; requieren relativamente pocas infraestructuras; permiten una obtención de información casi inmediata; y, sobretodo, arrojan datos sobre múltiples aspectos, conservativos, materiales y procedimentales (Maringer 2000; Matteini y Moles 2001; Poldi y Villa 2006; Daffara *et al.* 2009: 172; Cosentino 2013; Cosentino 2016 a). Sin embargo, tanto en el empleo de la fotografía infrarroja (en longitudes de onda de 700-1100nm) como en el de la reflectografía (1100-2500nm) la mayoría de las veces suele preverse un uso por reflexión, siendo anecdótico su uso por transmisión (Poldi y Villa 2006: 65; Cardinali *et al.* 2002: 131). La principal limitación que condiciona la posibilidad de obtener imágenes infrarrojas por transmisión es que el soporte debe ser translúcido o permitir un cierto paso lumínico, como a menudo sucede con las pinturas sobre tela, no siendo, en cambio, un procedimiento válido para tablas u otros soportes rígidos y opacos, exactamente igual que sucede con la técnica fotográfica de la transiluminación (Vervat *et al.* 2005).

Actualmente las imágenes transmitidas pueden obtenerse tanto con sensores fotográficos digitales (CCD o CMOS) que alcanzan hasta los 1100nm aproximadamente, o con sensores especiales utilizados en la reflectografía (como el Vidicon, el MCT o el InGaAs), que pueden llegar un rango de hasta unos 1700nm. Para los primeros casos hablamos de fotografía infrarroja transmitida (IRT) (Dupont 1977; Cosentino 2016 a: 4); mientras que para los segundos sería más conveniente utilizar el término transirradiación infrarroja (Cucci *et al.* 2012; Daffara *et al.* 2013), o radiación infrarroja transmitida (Kushel 1985); términos genéricos que designan todos los casos. No tiene sentido utilizar el término reflectografía infrarroja transmitida (IRTR), con el que en ocasiones ha sido designada, ya que el fenómeno por el que se produce la imagen es de transmisión y no de reflexión (Poldi y Villa 2006: 65). Tampoco el término transiluminación puede ser aplicable al caso del rango infrarrojo, por ser radiación invisible (Cucci *et al.* 2012: 84).

Ya desde el último tercio del siglo XX se conocían métodos para la obtención de imágenes por transirradiación infrarroja, aunque inicialmente se utilizaban en otras aplicaciones, en ámbitos como la geología (Rhoads; Stanley 1966), si bien también se realizaron por entonces los primeros experimentos en pintura (Riley y Berger 1971; Dupont 1977; Kushel 85), en paralelo al desarrollo de la reflectografía y a una cierta popularización de la fotografía con películas especiales para infrarrojo, como técnicas documentales en obras de arte.

Pero en la época de la fotografía analógica, la puesta a foco en infrarrojo transmitido era un proceso lento (Creagh y Bradley 2000: 47-48), que a veces requería tiempos largos de exposición a la radiación, que redundaban en un obvio calentamiento de la parte posterior de las pinturas, por lo que este tipo de técnicas nunca gozaron de gran popularidad. El problema de la temperatura vino a solucionarse con la fotografía digital (Cucci *et al.* 2012: 84; Herrero-Cortell *et al.* 2020: 80.) y, ciertamente, desde hace una década la transiluminación y la transirradiación infrarroja son algo más habituales, y cada vez cuentan con más adeptos en vista de las múltiples ventajas que ofrecen. Aún con ello, su dispersión es todavía muy limitada y, de hecho, pese a no tratarse de técnicas nuevas ni desconocidas, la literatura al respecto es todavía muy escasa (Moutsatsou *et al.* 2011: 54; Cucci *et al.* 2012: 84). En general, en la mayoría de los manuales más importantes sobre estudio diagnóstico por imagen de obras de arte, como mucho, se encuentra alguna mención a su existencia (Poldi y Villa 2006: 65; Cardinali *et al.* 2002: 131; Maringer 2000: 47) o directamente no aparecen mencionadas. Aún con ello, existen eventuales artículos que recogen su uso sobre casos de estudio concretos, tanto con sensores de fotografía (Gavrilov *et al.* 2008: 25-30; Moutsatsou *et al.* 2011; Cucci *et al.* 2012; Cosentino *et al.* 2014; El-Rifai *et al.* 2013; Cosentino 2016 a; Herrero-Cortell *et al.* 2018); como de reflectografía (Daffara *et al.* 2012; Rossi 2018: 75-76). De cualquier modo, conviene subrayar que se trata de títulos aislados y puntuales en los que, (salvo alguna excepción) tales metodologías aparecen combinadas con otros procedimientos y reciben una atención tangencial. Tampoco se han publicado, hasta el momento, repertorios de casos que demuestren conjuntamente la potencialidad de tales técnicas, ni instrucciones precisas para su adecuada ejecución; como tampoco se han divulgado claves para la correcta lectura e interpretación de las imágenes, tanto en lo alusivo a aspectos conservativos como a cuestiones materiales y procedimentales. Por supuesto no existe literatura en español al respecto; y en su totalidad, los casos de estudio publicados representan un volumen anecdótico, factores que han motivado el presente artículo. Nos centraremos exclusivamente en la fotografía infrarroja digital, por ser de las dos la más popular y económica, y por tanto susceptible de ser utilizada por un mayor volumen de investigadores y una mayor frecuencia.

El objetivo de este artículo es dar a conocer con mayor profundidad las capacidades y limitaciones de la fotografía infrarroja transmitida (IRT), ofrecer algunas pautas de trabajo y ahondar en sus ventajas con respecto a la fotografía infrarroja estándar (IR) y a la transiluminación (TL), mucho más frecuentes. La razón es que consideramos que se trata de un procedimiento que rara vez se ejecuta, –en buena parte por desconocimiento–, cuando, paradójicamente, es una de las técnicas del protocolo de análisis por imagen multi-banda que más

información revela, y aún más si se hace juntamente con las antedichas (Herrero-Cortell *et al.* 2018: 9). Por otra parte, se trata de una técnica muy económica, que precisa de una inversión relativamente pequeña y una infraestructura muy sencilla (Cucci *et al.* 2012: 84). En esencia se realiza exactamente con el mismo equipamiento que la IR, por lo que no requiere mayor inversión, y de hacerse conjuntamente (IR-IRT) garantiza una información transversal muy relevante, aportando información sobre dibujo, ejecución pictórica, estado de conservación y especialmente construcciones subyacentes no visibles, inscripciones y elementos cubiertos, u otras partes ocultas de la obra. Tales datos, en la actualidad, a veces pueden conocerse mediante el uso de otros procedimientos mucho más costosos, complejos y selectivos, que generalmente no están en manos de restauradores o historiadores del arte técnicos, como la espectroscopia de transmitancia (Cosentino 2016b) y otros más novedosos como la radiación de terahercios (Adam *et al.* 2009; Abraham *et al.* 2010; Cosentino 2016c; Fukunaga; Picollo 2012), o la radiación sincrotrón (Dik *et al.* 2008). Aún con ello, la información aportada por estas puede ser muy diversa y no necesariamente más completa que la de la transirradiación y, además, algunas de las mencionadas técnicas implican el traslado de la obra, lo que, por otra parte, no siempre es posible, o acaba incrementando aún más los costos.

### Metodología y equipo

Los autores del presente trabajo han podido comprobar la utilidad del *imaging* en infrarrojo en técnicas transmitidas, tanto con sensores de fotografía infrarroja (CCD, y CMOS) como de reflectografía (InGaAs), aunque, como hemos indicado, nos centraremos exclusivamente en la fotografía infrarroja digital. Se trata, en esencia de procedimientos que se inscriben dentro de los métodos de obtención de imágenes en infrarrojo (una aproximación a la metodología y el principio de la fotografía infrarroja en Maringer (2000: 40-41) o Poldi y Villa, (2006: 37-68). Entre otros aparatajes con los que hemos venido trabajando durante la última década y que, aunque no incluiremos en el presente artículo, son perfectamente válidos para la obtención de imágenes por transirradiación, cabe destacar, por ejemplo, la cámara HD Sinarback® eVolution 75h (Dalsa FTF 5066 C), con sensor CCD y una resolución de 33 MP (1100nm) a la que se acopla un filtro infrarrojo Hoya RM100 de 49mm. Igualmente, en longitudes de onda mayores se ha utilizado frecuentemente una cámara OSIRIS® (Opus Instruments) de 16 MP, con sensor InGaAs y un alcance de hasta 2700nm.

Sin embargo, considerando que la antedicha instrumentación es muy cara y específica, se ha optado por centrarse aquí en la fotografía infrarroja digital con cámaras réflex modificadas, que, suponen una alternativa muchísimo más económica y versátil (Verhoeven 2008; Cucci *et al.* 2012: 84; Cosentino 2014; Cosentino 2016 a). En

general puede hacerse con cualquier cámara preparada para infrarrojo o bien con cámaras réflex modificadas, de espectro completo (*full spectrum*). Dicha modificación consiste en la remoción del filtro de corte UV-IR que todas incluyen en su interior, y hay abundantes empresas que, por un precio módico, se encargan de ello. Tal operación permite que, en lugar de usar del rango estándar (400-700nm) típico de la fotografía, se utilice toda la apertura del sensor (300-1100nm), lo que consiente trabajar en los rangos UV e IR próximos al visible. Todos los resultados que se presentan en este artículo han sido obtenidos utilizando exclusivamente dos cámaras réflex digitales: por una parte, una Nikon® D7200 DSLR (24 MP, sensor CMOS), y una Nikon® D800 (36 MP, sensor CMOS), ambas con la modificación de espectro completo.

Especial atención merecen los objetivos, pues no todos son válidos para infrarrojo (Maringer 2000: 43-44) y, en general, es recomendable utilizar una lente fija, al menos si con la misma cámara se pretende hacer otras técnicas. Un típico problema de muchos objetivos es el llamado *hot spot*, una especie de mancha o de halo blanquecino en el centro de la fotografía, que puede llegar a suponer una importante distorsión (Cosentino 2016)<sup>[1]</sup>. En nuestro caso, en ambas cámaras se montaron sendos objetivos Nikon® Nikkor 50mm f/1.8D. El enfoque se hizo mediante el *live view*, conectando la cámara a un ordenador desde el que, además, se controlaron los parámetros del disparo (que son variables en función de múltiples factores).

La iluminación es otro aspecto a tener en cuenta, siendo necesario que esta tenga un fuerte componente infrarrojo, como sucede con los halógenos o las lámparas de tungsteno, no siendo válidas, en cambio, otro tipo de fuentes como tubos fluorescentes (Maringer 2000: 42-43). En cambio, sí pueden utilizarse el flash o luces LED infrarrojo, disponibles con diversas longitudes de onda (750, 850, y 940 nm), siendo preferibles las de 940nm (Cosentino 2016 a: 2). En cualquier caso, a diferencia de las técnicas de reflexión en las que suelen utilizarse dos fuentes de luz, en transmisión basta una única fuente, y preferentemente debe utilizarse un difusor de tela. En todos los casos aquí reseñados se utilizaron focos halógenos, Profoto® de 1000W, o bien focos Proxkit® 10 de 1200W. El foco se colocó en la parte posterior del lienzo, a una distancia variable entre 1 y 2m y se utilizó un difusor. Los lienzos se posicionaron a 180° y perfectamente perpendiculares al suelo, con el foco orientado hacia su centro [figura 1]. Habida cuenta que, como ya hemos indicado, las lámparas halógenas desprenden calor, se controló en todos los casos la temperatura del lienzo con la ayuda de un termómetro superficial. La temperatura del lienzo en su parte posterior no rebasó nunca los 30°C y la exposición no duró en ningún caso más de 10 segundos, los necesarios para efectuar el enfoque y el disparo, apagando la luz y repitiendo la operación en caso de que la toma no alcanzase el resultado deseado. Estos mismos preceptos son válidos para la fotografía visible por transiluminación (Cucci *et al.* 2012: 84).



**Figura 1.-** Esquema de la disposición de la cámara, el lienzo y la fuente de luz para la realización de fotografía infrarroja transmitida (IRT).

### Algunos ejemplos y claves de lectura

Tanto la fotografía infrarroja transmitida (IRT) como la transirradiación infrarroja aportan imágenes formalmente muy similares, que suelen revelar con claridad el soporte y la mayoría de trazos y manchas que sobre él se encuentran, que se diferencian en la opacidad o transparencia de los pigmentos en función de la longitud de onda. En cierto modo estos procedimientos están directamente

relacionados con la transiluminación (Cucci *et al.* 2012), pero, comparativamente, en la mayoría de los casos la fotografía IRT supera con creces el volumen de información que puede aportar una transiluminación [figura 2, b y c] aunque, lógicamente también depende de los pigmentos presentes en la obra. En ningún caso substituye a la fotografía IR, sino que más bien la complementa, permitiendo una lectura mucho más profunda sobre el modo en el que se gestó la obra, eventuales datos sobre los materiales y evidencias sobre su estado de conservación, elementos que es necesario saber identificar e interpretar.

### Aspectos conservativos

Las técnicas de fotografía infrarroja transmitida pueden revelar información de gran utilidad sobre el estado de conservación de una obra, haciendo perfectamente visibles algunas patologías que, a veces, no pueden apreciarse tan claramente. Aunque muchos de tales aspectos conservativos pueden ser identificados también mediante otras técnicas multi-banda, las imágenes en IRT vienen a corroborarlos y, de hecho, en ocasiones, son capaces de llegar mucho más allá que las otras. Por ejemplo: un repinte puede documentarse mediante fotografía ultravioleta de fluorescencia (UVF), e igualmente puede observarse en IR. En cambio en IRT puede verse objetivamente el faltante o pérdida que lo ha provocado y simultáneamente la mancha del repinte.

Las pérdidas volumétricas de los estratos pictóricos [figura 3a]; las grietas y craquelados generalizados o que afectan a un determinado color [figura 3d-e]; las fisuras transversales

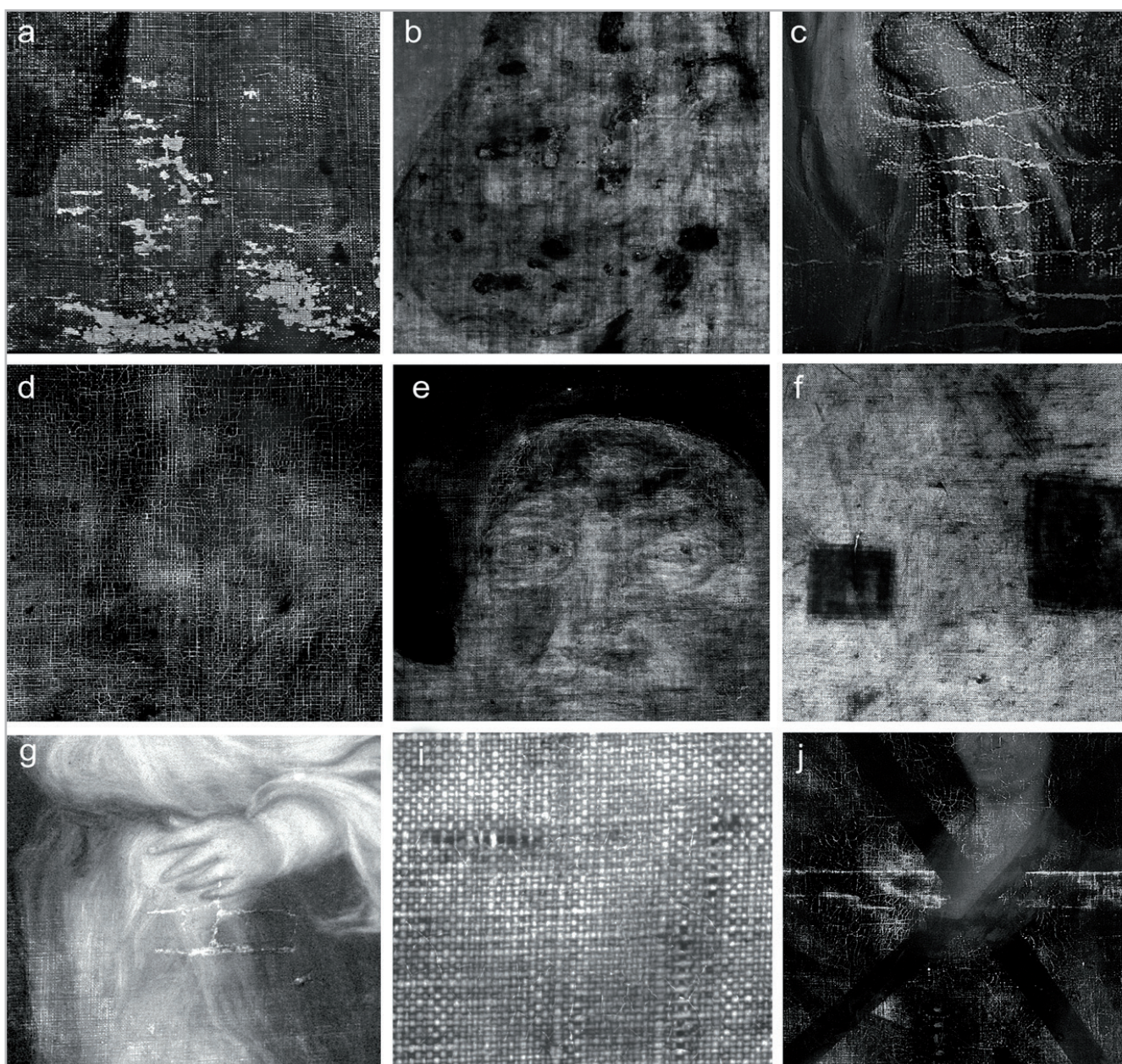


**Figura 2.-** Jerónimo Jacinto Espinosa, *San Vicente Ferrer*, ca. 1650, Convento de Santo Domingo, Torrent, Valencia; óleo sobre lienzo. a) Fotografía infrarroja (IR). b) Transiluminación (TL). c) Fotografía infrarroja transmitida (IRT). Obsérvese las grandes diferencias de información que aporta cada una de las técnicas. Probablemente la transiluminación es la que menos datos arroja, más allá de las partes en las que la película pictórica es fina y se produce un paso lumínico. En este caso la preparación a base de almagra bloquea la luz en TL, mientras que en IRT no. Por último, las vestiduras negras del santo devienen casi transparentes en IRT, mientras que en IR siguen siendo altamente absorbentes y manifiestamente oscuras. Fotografía: CIMM, (UPV).

de enrollado y tensión [figura 3c]; los diversos repintes [figura 3b]; la presencia de cortes, o desgarraduras por impacto [figura 3g]; de parches en el reverso [figura 3f]; las alteraciones del soporte, su propia morfología, los engrosamientos y nudos en los hilos del tejido [figura 3i]; o incluso las marcas de los bastidores –especialmente cuando han sido substituidos– [figura 3j] son algunas de las patologías que, a menudo, pueden observarse con IRT. La apertura de las costuras de un lienzo, por ejemplo, que aparentemente puede evidenciarse con TL, se documenta incluso mejor en IRT, pues con dicha técnica se aprecian a la vez las partes estucadas y los repintes [figura 4].

### Aspectos materiales

Por su idiosincrasia, las técnicas de imagen en infrarrojo por transmisión revelan abundante información sobre el soporte y su naturaleza, y sobre los pigmentos aplicados. En recientes investigaciones se expusieron las diferencias de comportamiento de una selección de 50 pigmentos históricos en técnicas de transiluminación y fotografía infrarroja transmitida (Herrero-Cortell *et al.* 2019; Herrero-Cortell *et al.* 2020). Cuanto mayor sea la cantidad de imágenes multi-banda tomadas sobre la obra, más segura será la aproximación al reconocimiento



**Figura 3.-** Diversas patologías documentadas en IRT. a) Pérdidas en la película pictórica y la capa de preparación; b) repintes de diversa naturaleza; c) fisuras transversales (provocadas por un enrollado del lienzo, sumado a un posterior exceso de tensión); d) craqueladuras que afectan a todos los estratos pictóricos; e) craquelado prematuro localizado en un color concreto; f) parches en el reverso (puede observarse el corte que ha motivado su colocación); g) desgarramiento del lienzo por un impacto; i) apariencia del lienzo con engrosamientos y nudos en los hilos; j) pérdidas provocadas por las aristas de un bastidor transversal substituido por un bastidor en aspa. Fotografías: CAEM, (UDL) y LANIAC, (UNIVR).



**Figura 4.-** Círculo de Anthon van Dyck, *Crucifixión*, ca. 1630, colección particular. a) Detalle de una costura en fotografía visible. La unión no llega a apreciarse. b) Fotografía IR del mismo detalle. Puede observarse el repinte, provocado por la apertura de la junta. c) Fotografía del mismo detalle en IRT. Se puede observar cómo en algunas partes la costura sigue abierta. Se observan también las partes estucadas y los repintes. Fotografía: CAEM, (UDL).

pigmentario (Cosentino 2014; Cosentino 2015), si bien cualquier identificación en términos analíticos debe efectuarse por otros medios como la espectroscopía, la microscopía SEM-EDX, o la fluorescencia de rayos X, por mencionar algunos, necesarios para una constatación objetiva. Así, las técnicas multi-banda permiten, como mucho, hipotetizar la presencia de determinados pigmentos, en función de su comportamiento, aunque cualquier conclusión al respecto esté siempre sujeta a numerosas variables, como la secuencia de capas cromáticas, o la habitual presencia de mezclas pigmentarias.

En general, los colores blancos, que presentan un gran poder de reflexión, resultan más transparentes en IRT que en IR, por lo que permiten ver mejor cualquier

construcción subyacente a ellos (Cosentino 2016 a: 4). El litopón, el blanco de titanio o el de plomo, constituyen un buen ejemplo de esta premisa (Herrero-Cortell *et al.* 2020: 85-86), mientras que el blanco de zinc resulta igual de transparente, tanto en TL, IR como IRT. Análogamente, algunos pigmentos amarillos, como el rejalgó o el amarillo de Nápoles, son también más transparentes en IRT que en IR. Por su parte el amarillo de cadmio, el de cobalto o el de cromo, presentan comportamientos parecidos tanto en IRT como en IR y TL (Herrero-Cortell *et al.* 2020: 82). El bermellón y el cinabrio que resultan casi transparentes en longitudes de onda mayores, no lo son tanto en la fotografía IR, mientras que en IRT su transparencia se acentúa notablemente. Algo similar ocurre con muchas tierras rojas, como el ocre rojo, la almagra o la hematites. En TL pueden llegar

a bloquear por completo el paso de luz, devolviendo un tono opaco y oscuro y tan sólo en IRT pueden llegar a apreciarse elementos subyacentes (Herrero-Cortell *et al.* 2020: 82-83). Se trata de pigmentos que, con frecuencia se hallan contenidos en las preparaciones de muchas escuelas europeas, especialmente desde fines del siglo XVI y hasta inicios del siglo XVIII, lo que habitualmente dificulta los estudios con IR (Cardinali *et al.* 2002: 123-124) y TL; en cambio, se muestran mucho menos absorbentes en IRT y permiten un cierto paso lumínico [figura 2]. Algo similar acontece con las tierras sienas y sombras, susceptibles de hallarse igualmente en preparaciones (Herrero-Cortell *et al.* 2020: 85-86). Por su parte otros pigmentos como el rojo cadmio y especialmente los rojos de naturaleza orgánica y el minio, son mucho más transparentes en todas las técnicas. Los colores verdes presentan un comportamiento menos homogéneo. Por ejemplo, un pigmento como el verdigrís, muy transparente tanto en VIS como en TL, es altamente absorbente en IR e IRT, efecto análogo al que experimenta la malaquita. En cambio, el verde de cadmio, la tierra verde y el viridiana son altamente transparentes en IRT (Herrero-Cortell *et al.* 2020: 84-85). Entre los azules, los más claros en las técnicas IR son el esmalte y el índigo que, paradójicamente, es altamente absorbente en TL. Por su parte, la azurita, y particularmente el azul de Prusia son altamente absorbentes. La azurita responde mejor en longitudes de onda más profundas (Herrero-Cortell *et al.* 2020: 83-85). Por último, cabe mencionar simplemente que los pigmentos negros son igualmente absorbentes en el rango IR, aunque en aplicaciones muy sutiles pueden permitir cierto paso lumínico en IRT [figura, 2c].

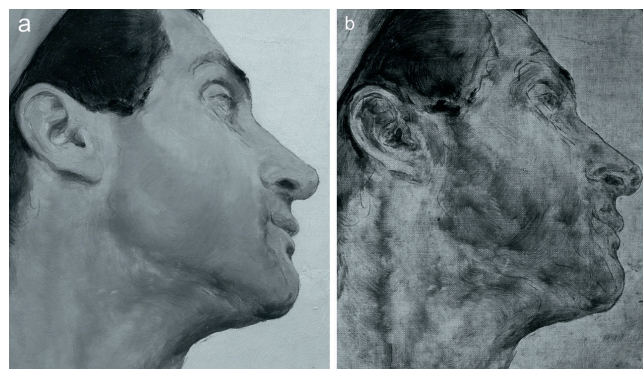
Por su parte el tejido, o el material que constituya el soporte translúcido, puede ser observado a la perfección bajo los estratos de color, pudiendo documentarse de un modo excepcional [figura 3 i], aunque conviene apuntar que ciertos pigmentos altamente absorbentes en el IR, así como la presencia de determinados reentelados, pueden dificultar tal observación.

#### Aspectos procedimentales

Probablemente sea en lo alusivo a la ejecución pictórica, donde más aportaciones pueda hacer la técnica de la fotografía IRT. De hecho, en comparación con una fotografía infrarroja estándar (IR), en pinturas sobre lienzo la IRT suele proporcionar mejores resultados en lo relativo al dibujo subyacente, y a la existencia reposicionamientos y arrepentimientos, pues, a diferencia de la IR, hace visibles la totalidad de las capas pictóricas (Kushel 1985).

Las técnicas de imagen en infrarrojo (exceptuando la fluorescencia IRF) se han utilizado particularmente para evidenciar el dibujo subyacente, elemento diferencial en el estudio de cualquier pintura y que

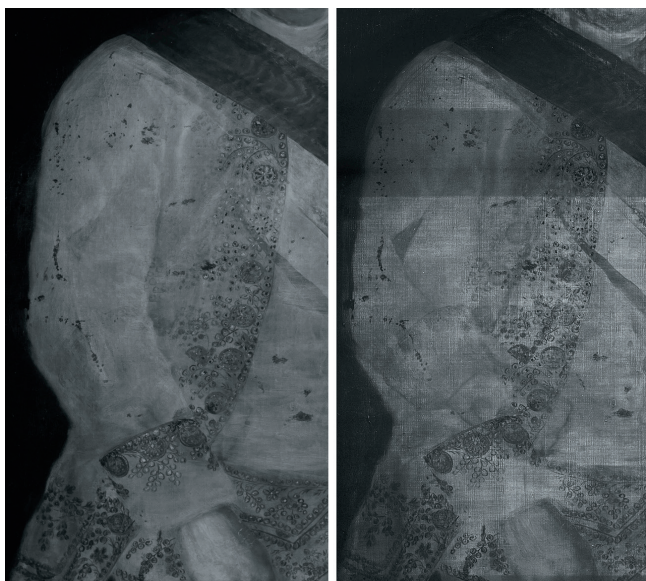
permite, entre otras cosas, una atribución más certera. Por regla general basta una simple fotografía IR para observar el diseño. Sin embargo, en muchas ocasiones no es tan perceptible, bien por el grosor de la película pictórica, o bien por la naturaleza de los pigmentos que la conforman. En cambio, la IRT es especialmente efectiva sobre pigmentos de alto poder de reflexión, como los blancos (Cosentino 2016 a: 4). Así, es habitual que en ciertos casos en los que la predominancia de estos pigmentos, ligados a un cierto espesor de la película pictórica hagan que el dibujo sólo pueda ser completamente revelado mediante IRT (Dafara *et al.* 2013: 215) [figura 5]. Por ello, mayoritariamente, de existir un dibujo subyacente ejecutado con un medio perceptible en IR, el trazado podrá apreciarse mejor en IRT (Kushel 1985), salvo casos puntuales en los que el tejido interfiera excesivamente.



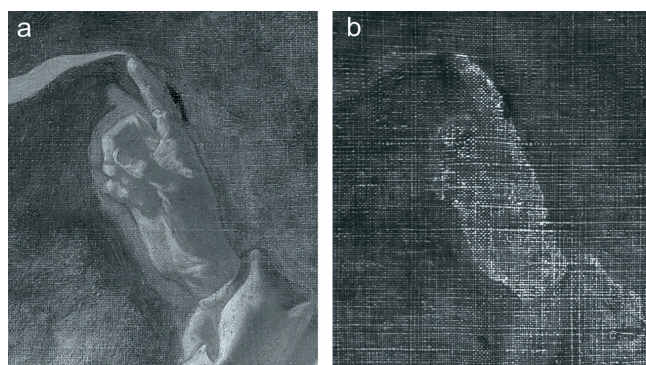
**Figura 5.-** a) Detalle de un rostro en IR. Se puede apreciar la construcción a lápiz del dibujo subyacente, aunque en algunos puntos el espesor de la película pictórica lo hace menos evidente. b) Detalle del mismo rostro en IRT. Obsérvese cómo el dibujo es mucho más legible mediante esta técnica, al tiempo que aporta información sobre el soporte y sobre la construcción pictórica. El manchón vertical correspondiente al esternocleidomastoideo es debido a una mayor acumulación de pintura. Fotografía: CAEM, (UDL).

A veces, los cambios en el planteamiento compositivo dejan evidencias en IRT, sin acabar de poder descifrarse con claridad en IR (Moutsatsou *et al.* 2011: 56-57; Cucci *et al.* 2012: 85-86). Pueden estar o no relacionados con el dibujo subyacente propiamente dicho, o bien constituir un encaje preliminar a pincel, o un manchado inicial que, a veces, por ser de un tono similar al estrato de color que lo cubre, dificulta mucho su percepción en IR. Algunos pigmentos, en función del grosor de la película pictórica tienden a comportarse de manera que forman manchas más oscuras en los puntos que presentan mayor acumulación [figura 5b], un efecto que se ha definido como un graduado tonal, capaz de escalas de grises dependiendo del espesor (Herrero-Cortell *et al.* 2020: 81). Por ello, ciertas pinceladas son perfectamente visibles mediante IRT. Otras veces la respuesta pigmentaria de los estratos de color que los cubre imposibilita el contraste

necesario para su visión en IR, pudiendo nuevamente ser percibidos en IRT [figura 6].



**Figura 6.-** Prototipo de la efigie regia de Carlos IV ejecutado por Francisco de Goya. a) Detalle del brazo y parte del torso en IR. b) El mismo detalle en IRT. Se puede apreciar una suerte de encaje diverso para el brazo, mucho más flexionado. La mano, en posición análoga, se encontraba más arriba, el puño más retirado y la casaca más abierta. Localizados estos cambios en IRT es fácil intuirlos en IR. Fotografía: CAEM, (UDL).



**Figura 7.-** Detalle de la mano de *San Vicente Ferrer*, obra de Jerónimo Jacinto Espinosa. Se trata de un lienzo con preparación terrosa [figura 2]. a) Obsérvese que en IR el manchado inicial es perceptible, describiendo un contorno ligeramente diferente para la mano. b) En IRT tal manchado es escasamente perceptible. La acumulación de estratos devuelve una tonalidad oscura mientras que las partes con menos pintura (con independencia de su color) se suelen mostrar más claras en IRT al favorecer un mayor paso lumínico. Un buen ejemplo de esta afirmación puede comprobarse en la filacteria, de color blanco. Obsérvese también que las partes de la mano en sombra son precisamente las más claras en IRT, al estar elaboradas aprovechando el tono de la preparación. Fotografía: CIMM, (UPV).

Conviene señalar, no obstante, que existe una minoría de casos en los que ciertos arrepentimientos pueden observarse mejor en IR que IRT. Así sucede, por ejemplo, cuando el encaje inicial se hace con un manchado liviano, y en cambio luego se recorta la figura con un pigmento absorbente en el rango IR [figura 7]. Por ello insistimos en la realización de ambas técnicas por su estrecha complementariedad.

La reutilización de lienzos o el replanteamiento total de la composición o el tema de una pintura son aspectos de sumo interés para los investigadores ya que, en términos de conservación, por ejemplo, pueden afectar al comportamiento de las capas superpuestas, y en términos histórico-artísticos se trata de una información que revela aspectos sobre quién, cuándo y cómo fue creada una obra, permitiendo, una atribución más precisa y una mejor aproximación espacial y temporal. La reutilización de lienzos fue un fenómeno muy común desde el siglo XVII, y se encuentran muy abundantes ejemplos hasta la actualidad, si bien, en ocasiones, tal práctica puede pasar desapercibida. Aunque se suele documentar mucho mejor en IRT, casi siempre basta una simple IR para poder evidenciar una reutilización del soporte, aunque no siempre es así (Moutsatsou *et al.* 2011: 58-59). De hecho, dependiendo de cómo se haya ejecutado tal reutilización, la fotografía IR podría llegar a no dar ninguna pista sobre tal hecho (Cucci *et al.* 2012: 85-85), y sería necesario otra técnica como la radiografía o alguna de las antedichas, para descubrir que una determinada pintura oculta otra bajo su superficie. Así sucede, por ejemplo, cuando sobre la pintura primigenia se incorpora un estrato cubriente de imprimación blanca, y se pinta de nuevo sobre esta.

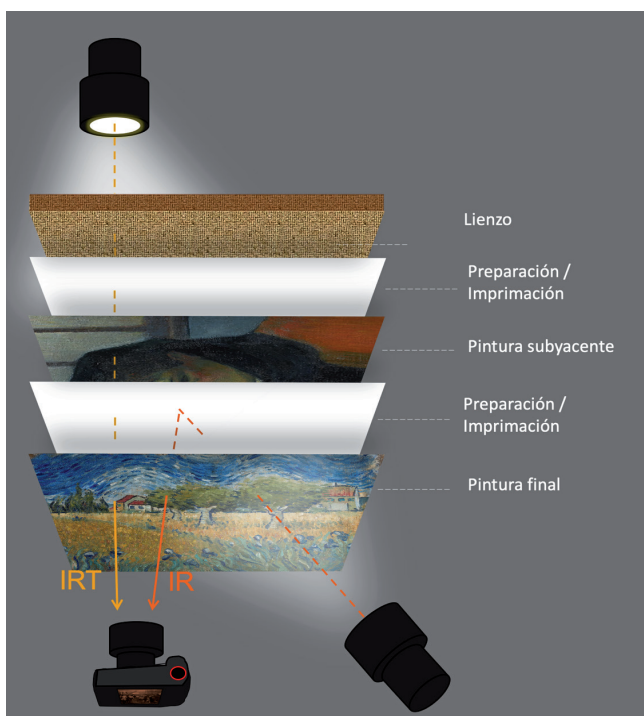
En un cuadro anónimo de un paisaje de un imitador o seguidor de Van Gogh se realizó una fotografía IR que no reveló ningún dato de interés en lo alusivo al dibujo y que tampoco mostraba cambios compositivos. Sin embargo, al realizar una IRT, con la intención de obtener información sobre el método usado por el pintor en su ejecución, pudo observarse que, bajo el paisaje subyacía un retrato de mujer, identificable como una copia del retrato de la señora Schuffenecker, tomado del retrato familiar homónimo de Gauguin [figura 8]. En tal caso, al reflejar la luz la capa blanca de la segunda imprimación, las técnicas de infrarrojo por reflexión pueden quedarse en ese último estrato, sin revelar la pintura que ocultan, [figura 9], especialmente cuando la segunda imprimación es gruesa y cubriente y sobre ella se superponen estratos matéricos. Una estratigrafía confirmó la segunda capa de imprimación blanca.

Por último, en ocasiones, la IRT permite observar con nitidez algunas partes que han sido alteradas, repintadas o manipuladas como resultado de procesos de falsificación (Gavrilov *et al.* 2008: 26). Precisamente en la detección de inscripciones y firmas ocultas (a veces bajo múltiples estratos) puede ser una técnica de gran





**Figura 8.-** Imitador/seguidor de Vincent Van Gogh, *Paisaje*, colección particular. a) Fotografía visible. b) Fotografía IR. No se aprecian restos del dibujo ni cambios en la composición. c) Fotografía IRT. Se evidencia la reutilización del lienzo que, originalmente contenía una copia del retrato de la señora Schuffenecker de Gauguin. Obsérvese cómo nada de esa composición primigenia es perceptible en la fotografía IR (b). Fotografía: CAEM, (UDL).



**Figura 9.-** Esquema que compara la realización de una fotografía IRT con un IR estándar. Como puede observarse, en el caso de la fotografía IRT la radiación infrarroja atraviesa todos los estratos hasta ser captada por la cámara. En el caso de la IR por reflexión se detiene al llegar a la imprimación blanca sobre la pintura original, razón por la que en la imagen [figura 8b] no se aprecia nada.

ayuda, siempre y cuando la naturaleza del pigmento con el que están elaboradas lo permita [figura 10].

### Conclusiones

El presente artículo ha pretendido profundizar en una técnica de imagen que, pese a la gran cantidad de información que aporta, es todavía muy desconocida y se aplica en contadas ocasiones, principalmente por desconocimiento. Se trata de un procedimiento no invasivo que puede hacerse cada vez que se realiza fotografía IR, si el soporte lo permite, sin mayor esfuerzo ni inversión que el tiempo de realizar la toma, pues no requiere ulteriores dispositivos. Para realizarla basta una cámara réflex modificada, de espectro completo, una fuente de luz y un filtro IR, pudiéndose realizar con cualquier sensor que trabaje en el rango IR (Moutsatsou *et al.* 2011: 59-60).

Ciertamente la información obtenida por IRT puede ser un complemento de otras técnicas (a menudo mucho más costosas), como la radiación de terahercios, o incluso la radiografía (Cardinali *et al.* 2002: 131). De hecho, ciertos estratos radiopacos pueden evitar la comprensión de aspectos procedimentales e, igualmente, estratos con poca densidad pueden no aportar ninguna información en la imagen radiográfica y, en cambio, arrojar datos interesantes en transirradiación infrarroja.



**Figura 10.-** Firma oculta (probablemente apócrifa) de Juan Gris. a) Fotografía visible. b) Fotografía infrarroja en la que ya se aprecia, aunque con poco contraste, la firma. c) Fotografía IRT que pone en evidencia el *ductus* de la firma, con mucho mejor contraste y mayor nitidez. Fotografía: CAEM, (UDL).

La fotografía IRT debería convertirse en una técnica documental de cabecera, complementando a la fotografía IR, habida cuenta de sus múltiples usos en el estudio de pinturas sobre lienzo. La razón es que aporta datos fundamentales que permiten una lectura holística sobre el modo en el que se gestó la obra; sobre los materiales que la constituyen; y sobre su estado de conservación. Entre las técnicas de imagen multi-banda es, a buen seguro, la que más datos ofrece y, paradójicamente una sobre las que menos literatura existe.

## Agradecimientos

Los autores desean dar las gracias al Dr. Marcello Picollo, del Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara"/ CNR - Consiglio Nazionale delle Ricerche (IFAC-CNR) por sus consejos, correcciones y precisiones; y a la Dra. María Antonia Zalbidea, de la Universitat Politècnica de Valencia (UPV), por su colaboración.

## Notas:

[1] Existen bases de datos con los objetivos válidos para el infrarrojo, como: <https://chsopensource.org/infrared-photography-lenses-database/>

## Referencias

ABRAHAM, E., YOUNUS, A., DELAGENS, J. C., & MOUNAIX, P. (2010). "Non-invasive investigation of art paintings by terahertz imaging", *Applied Physics A*, 100(3): 585-590. <https://doi.org/10.1007/s00339-010-5642-z>

ADAM, A. J., PLANKEN, P. C., MELONI, S., & DIK, J. (2009). "Terahertz imaging of hidden paint layers on canvas", *Optics Express*, 17(5): 3407-3416. <https://doi.org/10.1364/OE.17.003407>

ARTONI, P.; HERRERO-CORTELL, M.; RAICH, M.; BERTELLI, P.; PEDRET, A.; CAFÀ, V. (2018) "On Ars Gemina. Fakes, Forgeries and Copies of Medieval and Renaissance Paintings: Scientific Diagnostics for Art History", *Kunsttexte.de*, 3: 1-27. <https://doi.org/10.18452/19452>

CARDINALI, M., DE RUGGIERI, B., FALCUCCI, C. (2002). *Diagnostica artistica. Tracce materiali per la storia dell'arte e per la conservazione*, Roma: Palombi Editori.

COSENTINO, A. (2015). "Effects of Different Binders on Technical Photography and Infrared Reflectography of 54 Historical Pigments" *International Journal of Conservation Science*, 6 (3): 287-298. <https://chsopensource.org/effects-of-different-binders-on-technical-photography-and-infrared-reflectography-of-54-historical-pigments/>

COSENTINO, A. (2013). "A practical guide to panoramic multispectral imaging", *e-conservation Magazine*, 25: 64-73. [https://www.researchgate.net/publication/259468961\\_A\\_practical\\_guide\\_to\\_panoramic\\_multispectral\\_imaging](https://www.researchgate.net/publication/259468961_A_practical_guide_to_panoramic_multispectral_imaging)

COSENTINO, A. (2014). "Identification of pigments by multispectral imaging; a flowchart method". *Heritage Science*, 2 (1), 8: 1-12. <https://doi.org/10.1186/2050-7445-2-8>

COSENTINO, A. (2016a). "Infrared technical photography for art examination". *e-Preservation Science*, 13: 1-6.

COSENTINO, A. (2016b). "Transmittance spectroscopy and transmitted multispectral imaging to map covered paints". *Conservar Património*, 24: 37-45. <https://doi.org/10.14568/cp2015021>

COSENTINO, A. (2016 c). "Type II Super Lattice (T2SL) imaging technology for infrared reflectography of polychrome works of art". *e-conservation Journal*, 5: 1-6. <https://doi.org/10.18236/econs5.201709>

COSENTINO, A., et al. (2014). "Panoramic multispectral imaging: training and case studies". *Belgian Association of conservators Bulletin*, 2nd Trimester, 7-11. <http://www.brk-aproa.org/uploads/bulletins/BULLETIN%202-14%20Kleur.pdf>

CUCCI C.; PICOLLO, M.; VERVAT, M. (2012). "Trans-illumination and trans-irradiation with digital cameras: Potentials and limits of two imaging techniques used for the diagnostic investigation of paintings", *Journal of Cultural Heritage*, 13: 83-88. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2011.07.002>

KUSHEL, D.A (1985). "Applications of Transmitted Infrared Radiation to the Examination of Artifacts", *Studies in Conservation* 30(1): 1-10. <https://doi.org/10.2307/1506127>

DAFFARA, C; FONTANA, R.; PEZZATI. (2009). "Infrared Reflectography", en *Scientific Examination for the Investigation of Paintings. A Handbook for Conservator-restorers*, (D. Pinna, M. Galeotti, R. Mazzeo, eds.), Firenze: Centro Di.

DAFFARA, C.; MONTI, F.; FONTANA, R.; ARTONI, P.; SALVADORI, O. (2013). "Direct, trans-irradiation and multispectral infrared imaging of a Titian canvas", *AIP Conference Proceedings*, 1537, (1): 212-217. <https://doi.org/10.1063/1.4809714>

DIK, J.; JANSSENS, K.; VAN DER SNICKT, G.; VAN DER LOEFF, L.; RICKERS, K.; COTTE M. (2008). "Visualization of a lost painting by Vincent van Gogh using synchrotron radiation based X-ray fluorescence elemental mapping", *Analytical chemistry*, 80 (16): 6436-6442. <https://doi.org/10.1021/ac800965g>

DUPONT, F. (1977). "Correspondence: transmitted infrared photography", *Studies in Conservation*, 22: 42-44.

EL-RIFAI, I.; EZZAT, H.; MAHGHOUB, H.; BEBARS, Y.; IDE-EKTESSABI A. (2013). "Artwork digitization and investigation a case study of the loom weaver oil painting by Hosni el-Bannani", *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 13(2): 21-29. [https://www.academia.edu/9097059/ARTWORK\\_DIGITIZATION\\_AND\\_INVESTIGATION\\_A\\_CASE\\_STUDY\\_OF\\_THE\\_LOOM\\_WEAVER\\_OIL\\_PAINTING\\_BY\\_HOSNI\\_EL\\_BANNANI](https://www.academia.edu/9097059/ARTWORK_DIGITIZATION_AND_INVESTIGATION_A_CASE_STUDY_OF_THE_LOOM_WEAVER_OIL_PAINTING_BY_HOSNI_EL_BANNANI)

FUKUNAGA, K.; PICOLLO, M. (2012). "Characterisation of works of art", *Terahertz Spectroscopy and Imaging*, Berlin: Springer, 2012: 521-538.

GAVRILOV, D.; IBARRA-CASTANEDO; MAEYA, E.; CRUBE, O.; MALDAGUE, X.; MAEY, R. (2008). Infrared Methods in Noninvasive Inspection of Artwork", *Proceedings of Art'08 – 9th International Conference on Non Destructive Investigations and Microanalysis for the Non Destructive Investigations and Micro-analysis for the Diagnostics and Conservation of the Cultural and Environmental Heritage*, Jerusalem, May 2008, 2008, CD-ROM. <https://www.ndt.net/article/art2008/papers/040Gavrilov.pdf>

HERRERO-CORTELL, M.A.; ARTONI, P., RAÏCH, M., PEDRET, A. PIÑOL, A. (2019). "Luce attraverso il colore: il comportamento di alcuni pigmenti storici nei dipinti su tela in luce trasmessa nel visibile e in infrarosso (TL e IRT)", en *Colore e Colorimetria. Contributi multidisciplinari*, vol. XV, (A. Bottoli e V. Marchiafava eds.), 104-111. [https://www.academia.edu/41346546/2019\\_Luce\\_attraverso\\_il\\_colore\\_il\\_comportamento\\_di\\_alcuni\\_pigmenti\\_storici\\_nei\\_dipinti\\_su\\_tela\\_in\\_luce\\_trasmessa\\_nel\\_visibile\\_e\\_in\\_infrarosso\\_TL\\_e\\_IRT\\_in\\_Colore\\_e\\_Colorimetria\\_Contributi\\_multidisciplinari\\_XVA\\_a\\_cura\\_di\\_A\\_Bottoli\\_e\\_V\\_Marchiafava\\_pp\\_104\\_111](https://www.academia.edu/41346546/2019_Luce_attraverso_il_colore_il_comportamento_di_alcuni_pigmenti_storici_nei_dipinti_su_tela_in_luce_trasmessa_nel_visibile_e_in_infrarosso_TL_e_IRT_in_Colore_e_Colorimetria_Contributi_multidisciplinari_XVA_a_cura_di_A_Bottoli_e_V_Marchiafava_pp_104_111)

HERRERO-CORTELL; M.A.; ARTONI, P.; RAÏCH, M. (2020) "Transmitted light imaging in VIS and IR, in the study of paintings: a brief report on the behavior of the main historical pigments". *Cultura e Scienza del Colore - Color Culture and Science*, 12 (02): 79-88. <https://jcolore.gruppodelcolore.it/ojs/index.php/CCSJ/article/view/CCSJ.120210>

HERRERO-CORTELL, M. A.; RAÏCH, M.; ARTONI, P. (2018). "Multi-band technical imaging in the research of the execution of paintings. The case study of the portrait of Carlos IV, by Francisco de Goya," *Ge-conservación*, 14: 5-15. <https://doi.org/10.37558/gec.v14i1.583>

KUSHEL, Dan A. (1985). "Applications of transmitted infrared radiation to the examination of artifacts", *Studies in Conservation*, 30: 1-10. <https://doi.org/10.2307/1506127>

MARINGER F. "The Infrared examination of paintings", en *Radiation in Art and Archeometry* (Creagh, D.C; Bradley, D.A. D, eds.), Elsevier, 2000, 40-55 [https://books.google.es/books?id=jhIxNcV6JRQC&pg=PA40&hl=es&source=gbs\\_toc\\_r&cad=4#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?id=jhIxNcV6JRQC&pg=PA40&hl=es&source=gbs_toc_r&cad=4#v=onepage&q&f=false)

MATTEINI, M; MOLES, A. (2001) *Ciencia y Restauración. Método de Investigación*, Guipúzcoa: Nerea.

MOUTSATSOU, A.; SKAPOULA, D.; DOULGERIDIS, M. (2011). "The contribution of transmitted infrared imaging to non-invasive study of canvas paintings at the National Gallery-Alexandros Soutzos Museum". *e-conservation magazine*, 22: 53-61.

POLDI, G.; VILLA, G. C. (2006). *Dalla conservazione alla storia dell'arte: riflettografia e analisi non invasive per lo studio dei dipinti*. Pisa: Edizioni della Normale.

RHOADS, D.C.; Stanley D.J. (1966). "Transmitted infrared radiation: a simple method for studying sedimentary structures", *Sedimentary petrology*, 36: 1144-1149. <https://doi.org/10.1306/74D71622-2B21-11D7-8648000102C1865D>

RILEY, O. H.; BERGER G. A, (1971). "New developments in the conservation of works of art", *Art Journal*, 31: 37-40. <https://doi.org/10.1080/00043249.1971.10792967>

ROSSI, S. (2018). *Giorgione, Sebastiano del Piombo e Tiziano a Venezia: la diagnostica: conoscere per valorizzare*. Mantova: Universitas Studiorum.

VERHOEVEN, G. (2008). "Imaging the invisible using modified digital still cameras for straightforward and low-cost archaeological near-infrared photograph", *Journal of Archaeological Science*, 35: 3087-3100. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2008.06.012>

VERVAT, M., VIGNA, A., CUCCHI, C., PICOLLO, M. (2005). "Il restauro del pascolo a Pietramala di Telemaco Signorini: un esempio di diagnostica su dipinti moderni con impiego della ripresa fotografica in transilluminazione", *Lo stato dell'Arte III: Atti di convegno IGIC*, Palermo, Firenze: Nardini, 84-89.

## Autor/es



**Miquel Àngel Herrero Cortell**  
[mihercor@har.upv.es](mailto:mihercor@har.upv.es)  
Universitat Politècnica de Valencia

Doctor en Historia del Arte; Máster en Producción Artística y Máster en Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Su investigación se liga especialmente a las técnicas, procedimientos y materiales de la pintura y a la diagnosis artística con técnicas de imagen. En la actualidad desempeña su labor docente como profesor de Historia del Arte en la Universitat Politècnica de Valencia.



**Paola Artoni**  
[paola.artoni@univr.it](mailto:paola.artoni@univr.it)  
Laboratorio di Analisi non invasiva sulle Opere d'arte Antica, Moderna e Contemporanea (LANIAC). Università degli Studi di Verona

Doctora en Historia del Arte. Ha trabajado durante una década para el Ministerio dei Beni Culturali, y actualmente es funcionaria responsable del Centro Laniac dell'Università di Verona, sede en la que enseña Técnicas de Diagnóstico no invasivo para obras de arte. Su especialidad es el estudio de la pintura mediante técnicas de imagen infrarrojas. es docente de Historia de las Técnicas artísticas en el Grado de Restauración de la Scuola di Restauro di Mantova.



**Marta Raich**  
[marta.raich@udl.cat](mailto:marta.raich@udl.cat)  
Centre d'Art d'Època Moderna (CAEM).  
Universitat de Lleida

Graduada en Comunicación Audiovisual por la Universitat de Lleida. Especialista en fotografía científica aplicada en obras de arte, especialmente en el análisis multibanda y en postproducción fotográfica, Actualmente desempeña su labor profesional en el CAEM de la Universitat de Lleida.



**Joan Aliaga**  
[jaliaga@har.upv.es](mailto:jaliaga@har.upv.es)  
Universitat Politècnica de Valencia

Doctor Historia del Arte y Académico correspondiente de la Real Academia de Bellas Artes de San Carlos de Valencia. Su investigación se centra en el estudio de la pintura medieval y moderna, oscilando entre aspectos vinculados con la documentación, la práctica artística o el dibujo subyacente. Es co-director del Máster Interuniversitario de Gestión Cultural (UV-UPV) y director del Museo de Santa Clara de Gandia.



**Isidro Puig**  
[ipuig@upv.es](mailto:ipuig@upv.es)  
Universitat Politècnica de Valencia

Doctor en Historia del Arte. Su trayectoria investigadora se centra en la pintura de los siglos XV y XVI de la antigua Corona de Aragón, con especial interés en aspectos relacionados con el dibujo subyacente. Ha sido coordinador del Centre d'Art d'Època Moderna (CAEM) de la Universitat de Lleida. En la actualidad desempeña su labor docente como profesor de Historia del Arte en la Universitat Politècnica de Valencia.

Artículo enviado el 20/09/2020  
Artículo aceptado el 30/01/2021



<https://doi.org/10.37558/gec.v19i1.840>