

**EN TORNO A UNA OBRA MAESTRA:  
LAS MENINAS**

***PINCELADAS DE CIENCIA  
EN LAS MENINAS***



**Ponencia presentada por  
Fernando Ignacio de Prada Pérez de Azpeitia y  
José Antonio Martínez Pons.**

## 1. INTRODUCCIÓN

*“Contra toda opinión, no son los pintores  
sino los espectadores quienes dan vida a los cuadros”*

(Marcel Duchamp. Pintor francés 1887-1968)

Es frecuente ver en el museo del Prado, a padres y madres que llevan a sus hijos para que descubran las obras de arte que el museo expone. Entre ellas no puede faltar la visita a *Las Meninas*. Aunque toda la familia esté mirando el mismo cuadro, cada uno ve cosas diferentes, dependiendo de su formación, experiencia personal e intereses. Pero, ¿qué puede ver un niño, cuando mira *Las Meninas*?

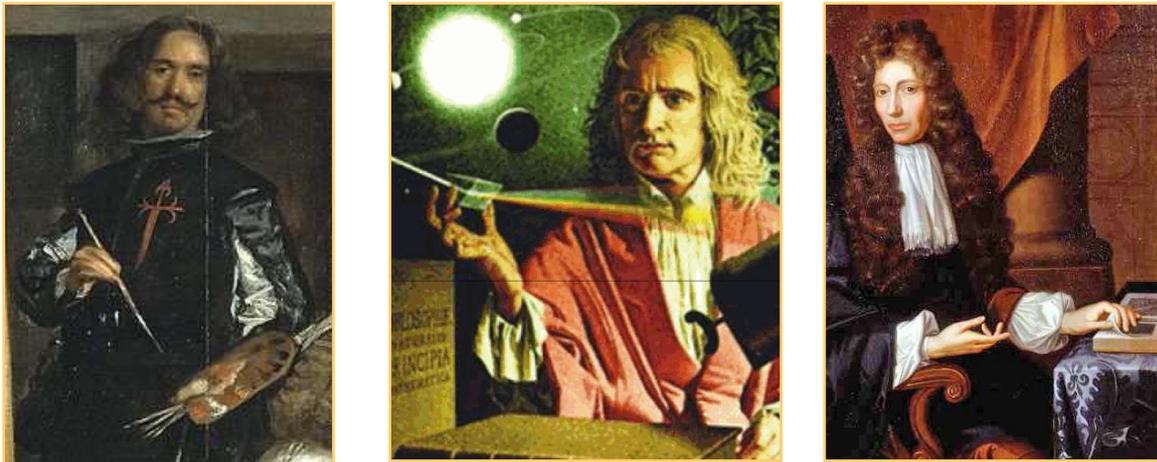
Una conversación a la salida del Museo, entre una niña y su madre, nos puede dar una pista: *“Mama, mama, los cuadros serán todo lo bonito que tu quieras, pero son aburridos, son muy aburridos”*.



**Figura 1. Comprender un cuadro, no significa entender su contenido, sino asumir su significado.**

Al igual que la pequeña que se aburría en el museo, en cualquier nivel educativo, como bien sabe cualquier docente, puede suceder algo semejante. El poeta clásico Ovidio, decía que *“No se desea, lo que no se conoce”*, pero no es suficiente conocer algo para llegar a desearlo. Es necesario acercar y presentar el conocimiento de una forma atractiva, sencilla y motivadora con el fin de facilitar el paso del conocimiento al deseo de conocer. Precisamente este es el objetivo de esta ponencia, acercar a nuestros estudiantes a *Las Meninas*, presentando el conocimiento de una forma sugerente para aumentar su atractivo y estimular las ganas de aprender tanto de Ciencia como de Arte.

A pesar de que existe una idea generalizada de que el arte y la ciencia no tienen mucho que ver, y que son inmiscibles, como el agua y el aceite. Opinión probablemente basada en los actuales planes de estudio, donde los estudiantes tienen que elegir entre opciones científicas, humanísticas o artísticas. Pretendemos demostrar que ciencia y arte no solo no son contrarios, sino complementarios, y que es posible utilizar *Las Meninas* para enseñar Ciencia, a la vez que disfrutar del Arte.



**Figura 2. “Todas las Artes y Ciencias son ramas del mismo árbol dirigidas a ennoblecer la vida humana” (Albert Einstein)**

Ciencia y Arte son dos formas de mirar el mundo y comprender la verdad y la belleza que nos rodea. Ambos son sistemas de investigación que utilizan ideas, plantean hipótesis, que son comprobadas en lugares específicos (taller o laboratorio) donde se unen la mente y la mano, y para todo ello utilizan diferentes instrumentos. El artista buscando conclusiones en forma de imágenes, realistas o abstractas. El científico, buscando conclusiones en forma de leyes matemáticas que expliquen la naturaleza.

Así por ejemplo, tanto Diego Velázquez (1599-1660) como Isaac Newton (1643-1727) experimentaban con la luz y el color. Compartían intereses comunes en comprender y aprovechar fenómenos relacionados con la materia, la luz y el color. El primero, para crear obras maestras, el segundo, para descubrir la naturaleza de la luz.

En el mismo siglo XVII, Robert Boyle (1627-1691), escribía la obra titulada *El Químico Escéptico* (1661), criticando las teorías de los alquimistas (“*muy vistosas pero poco prácticas, como las plumas de los pavos reales*”) y estableciendo las bases para el nacimiento de una nueva ciencia, la química, basada en la experimentación, donde se describen algunas técnicas para obtener pigmentos. En la actualidad, la industria química ofrece gran variedad de pigmentos que imitan fielmente a la naturaleza para que los pintores puedan reproducir toda la gama de colores imaginables en sus paletas.

## 2. LUCES Y COLORES EN LAS MENINAS

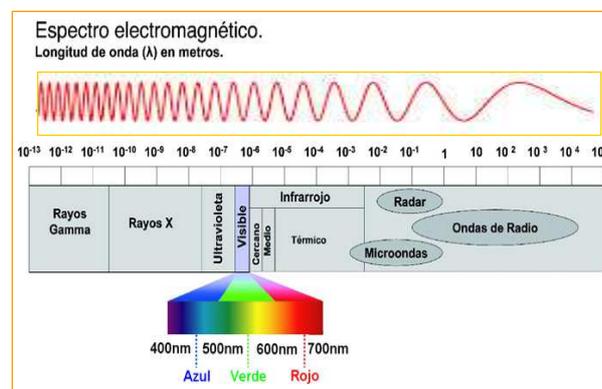
“En resumen, la luz es la forma  
más refinada de la materia”

(Louis De Broglie 1892-1987)

El tratamiento de la luz y el color por Velázquez en *Las Meninas* es uno de los temas más admirados del cuadro. Pero ¿qué es realmente el color?, ¿existe realmente el color o es en realidad una ilusión óptica que alegra la vida?

Para entender qué es el color, primero hay que comprender que es la luz. La luz se suele definir en general como la porción del espectro electromagnético visible para el ojo humano. De todas las radiaciones del espectro, el ojo solo puede distinguir una pequeña parte, comúnmente llamada "luz visible", que se encuentra entre la luz infrarroja y ultravioleta, y se subdivide en varios colores, que tradicionalmente se consideran: rojo, naranja, amarillo, verde, azul, añil y violeta.

La descomposición de la luz blanca en un espectro continuo, como fue demostrado por Isaac Newton utilizando un prisma. Aunque ya se conocía este fenómeno de forma natural cuando se formaba un arco iris después de una lluvia. Curiosamente se habla de que la luz blanca está formada por 7 colores, pero si es un espectro continuo en el que un color se va convirtiendo en otro, ¿por qué se dice que hay siete colores? Newton, además de establecer las bases de la física moderna, pasó gran parte de su vida estudiando alquimia, y era un fiel creyente de la *ley de los siete* como ley que regía el Universo, (7 días de la semana, 7 notas musicales, 7 astros conocidos, etc.), así que no dudo en bautizar como siete los colores en que se descomponía la luz blanca.



**Figura 3. Espectro electromagnético ordenado por longitudes de onda.**

Hoy sabemos que el color está relacionado con la longitud de onda de determinadas radiaciones que forman parte del espectro electromagnético, y que fisiológicamente, excitan

células especializadas localizadas en los ojos, que transmiten impulsos nerviosos al cerebro, que interpreta como diferentes colores.

Todas las ondas electromagnéticas tienen propiedades semejantes. La diferencia entre los distintos componentes del espectro electromagnético (rayos X, ultravioleta, luz visible, infrarrojo, microondas, ondas de radio, etc.) radica en su longitud de onda (distancia entre dos puntos de la onda que se encuentran en el mismo estado de vibración), que oscila desde millonésimas de metro hasta varios kilómetros.



**Figura 4. Visualización simulada de ondas electromagnéticas a nuestro alrededor.**

El Sol emite radiación electromagnética prácticamente en todas las longitudes de onda, afortunadamente la atmósfera absorbe la mayoría de las que son peligrosas para nuestra salud. Los rayos de menor longitud de onda, o mayor frecuencia (ya que ambas magnitudes son inversamente proporcionales) son los que transportan más energía y aunque son los más peligrosos (rayos X, rayos ultravioleta) tienen aplicaciones tanto en medicina como en el diagnóstico y análisis de las obras de arte.

### **- Ciencia y Tecnología al servicio del Arte.**

En la antigua Grecia, la palabra utilizada para denominar el arte era *techne*, de la que se derivan técnica y tecnología, términos que se aplican a prácticas científicas y artísticas. Al igual que los médicos utilizan técnicas de diagnóstico de la imagen y técnicas químicas para analizar el estado de sus pacientes, los restauradores de arte aprovechan estas mismas técnicas físicas y químicas, para conocer el estado de las obras de arte, protegerlas y restaurarlas.

Para el estudio de la superficie del cuadro, se realizan una serie de fotografías técnicas, con radiaciones visibles (macro y microfotografía), pero para investigar lo que no se ve, cubierto por la pintura, se utilizan otros métodos con luz no visible basados en diferentes

componentes del espectro electromagnético: luz infrarroja, luz ultravioleta y rayos X.

Una de las técnicas de análisis más reciente en el arte es la reflectografía por rayos infrarrojos. Aplica lámparas de cuarzo emisoras de luz infrarroja y películas especiales para tomar numerosas fotografías, que luego se unen para dar una imagen completa del cuadro. Dependiendo de la permeabilidad del pigmento, del espesor y de las capas pictóricas la penetración del infrarrojo es mayor o menor.

Esta técnica se utiliza principalmente para detectar la existencia de un dibujo subyacente, algo que no se suele apreciar utilizando otras técnicas. Este dibujo era realizado por los pintores en la preparación del lienzo antes de proceder a pintarlo. El dibujo preparatorio es esencial para el historiador del arte porque muestra el proyecto de la obra realizado por el artista.



**Figura 5. Reflectografía IR de las Meninas y de La Piedad de Fernando Gallego.**

En *Las Meninas* no se aprecia la presencia de un dibujo subyacente, lo que indica que Velázquez pintaba “*a la prima*”. Solamente se observan algunas líneas para marcar la situación de los cuadros colgados en la pared derecha. Tampoco se han detectado firmas ni inscripciones, que saldrían a la luz con este tipo de análisis

En otros cuadros analizados, como *La Piedad* (1470), de Fernando Gallego, se observa perfectamente el dibujo preparatorio realizado antes de comenzar a pintar y sobre el que luego el pintor añadía los colores.

La reflectografía infrarroja, también sirve para interpretar las zonas de la radiografía que no presentan un contraste suficiente a causa de la ligereza en las pinceladas, sacando a

la luz los arrepentimientos, como es el caso del perfil de Doña Isabel de Velasco, rostro del guardadamas (boca y nariz) y de Doña Marcela de Ulloa (toca de mujer).

La luz infrarroja, al tener una longitud de onda mayor que la luz visible, traspasa varias capas de pinturas que son opacas para la luz visible, pero es absorbida por componentes de las capas internas a base de carbono (procedente del dibujo con lápiz de mina de carbón), permitiendo que las capas de preparaciones del fondo de la tela reflejen dicha radiación

En resumen, esta técnica de infrarrojos, aplicada a la capa pictórica, facilita el conocimiento del proceso de elaboración de la obra pictórica, de la técnica utilizada por el pintor, del dibujo oculto o subyacente, del estado de conservación, manipulaciones e intervenciones anteriores. Además, proporciona información para esclarecer la autoría de una pintura, los materiales, métodos y técnicas utilizados por Velázquez.

Más de cien años después de su descubrimiento, los rayos X siguen siendo una valiosa herramienta de diagnóstico, no solo para los médicos, sino también para el análisis de los cuadros. Los rayos X permiten atravesar cuerpos opacos proporcionándonos una imagen de la estructura interna de la obra. Los contrastes diferentes que se impresionan en las placas radiográficas dependen de la densidad de los elementos existentes, que es función de la masa atómica y del volumen atómico. Entre los pigmentos que producen un mayor contraste radiográfico, se encuentran: el blanco de plomo y el bermellón de mercurio, pigmentos utilizados por Diego Velázquez.

Del análisis radiográfico se sabe que el pigmento básico empleado en las Meninas es el llamado blanco de plomo (albayalde), uno de los pigmentos que ofrecen mayor contraste radiográfico. Utilizado en la imprimación para preparar el lienzo antes de empezar a pintar el cuadro. Este pigmento, que es la base de la mezcla de otros pigmentos, hace que se reflejen en la radiografía las figuras y objetos dibujados.

En la radiografía del cuadro podemos observar algunos aspectos en los que difiere la obra en sus primeras fases de realización y en su forma definitiva. Muestra toda la estructuración, de dentro hacia fuera, que ha seguido Velázquez en su obra.

El documento radiográfico es esencial para la restauración e imprescindible para el conocimiento de la obra. Con esta tecnología se pueden determinar: -la técnica del pintor: forma de aplicar la preparación, tipos de pinceladas, estructura de las capas, -los cambios de composición introducidos por el artista en el transcurso de la obra, y -el estado de conservación del cuadro: faltas de pintura producidas por roturas o golpes.

Uno de los arrepentimientos descubiertos y que han dado mucho que discutir, es un cambio de composición no de forma. Aparece una figura femenina con una postura girada a la derecha y la cabeza vuelta hacia el lienzo, donde luego se superpone la imagen del pintor. Algunos piensan que podría ser la hija del pintor, María Teresa de Austria, hija de su primera mujer y que no aparece en el cuadro.

En la fecha de realización del cuadro, el Rey tiene 51 años y su familia estaba formada por su segunda esposa, Mariana de Austria, que tenía 21 años en esa fecha, su hija María Teresa de Austria, y Margarita, hija ya de su segunda esposa.



**Figura 6. Cambio de composición visible en la radiografía. Retrato de la infanta María Teresa.**

Las radiografías de rayos X han proporcionado más información sobre el cuadro:

- al fondo, y a la izquierda del pintor, se aprecia una sombra, ¿una figura femenina? (quizás de Doña Marcela de Ulloa, que luego sitúa detrás de la menina Isabel de Velasco).

- inicialmente no estaba la figura de la reina, que se añadió posteriormente. Hay que indicar que la imagen radiográfica no se corresponde con el estado inicial de la obra, es una superposición de imágenes.

La radiografía no detecta los trazos característicos de las cuadrículas pintados para encajar las figuras, que era una de las principales dificultades al dibujar en perspectiva. El pintor sevillano coloca las figuras en el lienzo sin necesidad de plantillas. Esto confirma la hipótesis de la pintura directa o “*a la prima*”.

En resumen, la reflectografía infrarroja nos revela esencialmente el proyecto del artista, la radiografía, el proceso de ejecución de la obra y las transformaciones sufridas a través del tiempo, y otras técnicas, como la iluminación ultravioleta, permite una primera determinación de su estado de conservación superficial, repintes, añadidos y barnices.

## - **¿Existen realmente los colores o son una ilusión?**

En realidad el color es una ilusión óptica que nos hace la vida más atractiva. La visión del color es la consecuencia de la separación de la luz en sus componentes y un efecto producido por la combinación de tres elementos: la luz, un objeto que la refleja y un sistema visual compuesto de los ojos y de un cerebro que interpreta la información de la luz reflejada. De manera que realmente el color es una ilusión o descodificación que realizan simultáneamente el ojo y el cerebro. Se puede considerar un concepto fisiológico más que físico. El color puede ser definido tanto en términos científicos y objetivos, por su longitud de onda, como en términos subjetivos, por lo que percibimos en nuestro cerebro.

Los componentes objetivos del color fundamentalmente son tres:

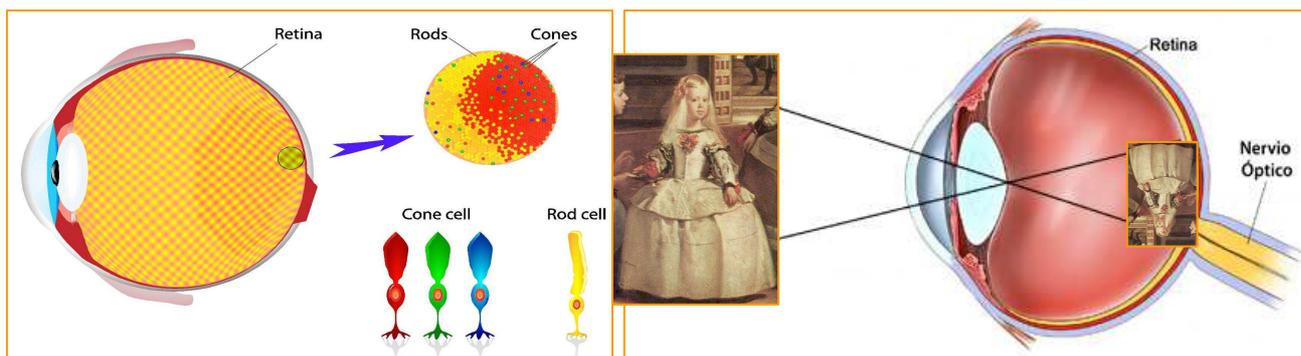
- un cuerpo que emite energía radiante (como la luz que emite el Sol e ilumina a los personajes del cuadro)
- un medio a través del cual viaja la radiación (como el aire que tan magistralmente representó el pintor, en palabras de Salvador Dalí)
- y los objetos (como los personajes representados en el cuadro), que absorben y reflejan determinadas zonas del espectro electromagnético.

Por otro lado, los componentes subjetivos del color son:

- las células de la retina sensibles a la luz y el color: - los conos (5 millones), que contienen tres tipos de pigmentos sensibles a la intensidad de la luz y a la visión de los colores, sensibles a longitudes de onda específicas (en la visión tricromática: rojo, verde, azul),
- los bastones (100 millones), que contienen fotorreceptores que detectan el blanco y negro, así como los distintos tonos de gris. Son células más sensibles a la luz que los conos, por eso vemos en blanco y negro cuando no hay mucha luz, ya que los conos no se activan. Su función es permitir la visión en entornos con poca intensidad de luz. El refranero popular recoge este fenómeno “*de noche todos los gatos son pardos*”,
- el nervio óptico, que transporta la información visual desde la retina, donde se enfoca la imagen, hasta al cerebro,
- el cerebro, que interpreta la información recibida y la hace consciente, transformándola en color.

Como ya afirmaba el físico Isaac Newton, “*En realidad, los rayos de luz no tienen color, los colores sólo existen en nuestro cerebro*”.

El primer paso para que podamos disfrutar de un cuadro, es que la luz que refleja pase a través de la córnea y llegue a la pupila, que puede contraerse si hay exceso de luz, o dilatarse si la luz es insuficiente. Para enfocar la imagen, tenemos el cristalino, una lente convergente biconvexa, que se achata o estira mediante unos pequeños músculos en la retina. Con los años, esta lente pierde capacidad de acomodación y origina la presbicia o vista cansada.



**Figura 7. Foto-receptores del ojo y formación de una imagen invertida en la retina.**

La imagen que se proyecta en la retina, después de pasar por la lente del cristalino, es una imagen invertida y de menor tamaño que el objeto real que estamos mirando.

El cerebro es quien realmente ve las imágenes, actúa como un procesador de datos que endereza la imagen, interpreta la información de color, tamaño, posición, etc.

El pintor alemán, y gran colorista, Paul Klee (1879-1940), decía que *“pintar bien es muy sencillo: poner el color correcto en el lugar correcto”*. Aunque el pintor sevillano era también un gran colorista, sin embargo, en *Las Meninas* no utilizó una paleta con gran variedad cromática, predominando los grises y los ocre, con pequeños detalles de rojo en vestimentas y adornos.

La paleta que sostiene el pintor en su mano izquierda, nos da una idea de los colores y pigmentos que aplicó. Es una síntesis, exceptuando el azul, de sus pigmentos preferidos a lo largo de su carrera.

Es el análisis químico de las muestras tomadas del cuadro lo que nos indica con exactitud los pigmentos utilizados por Velázquez. La preparación del lienzo se hizo a base de blanco de plomo mezclado con óxidos de hierro (ocres), calcita y negro orgánico, formando una base de color blanco. Los colores los ha obtenido añadiendo al blanco de plomo el pigmento correspondiente al color deseado en cada zona, aunque en

algunas zonas aparecen en finos retoques los pigmentos casi puros sin mezclar para producir determinados efectos.

Para dar los colores, se han detectado los diferentes pigmentos empleados:

- Color amarillo: amarillo de plomo o estaño y óxido de hierro amarillo. El amarillo de plomo y estaño de tipo I es un óxido doble de plomo y estaño de fórmula  $Pb_2SnO_4$

En la restauración se ha sustituido por ocre amarillo (óxido de hierro hidratado)

- Color azul: azurita (carbonato de cobre) y azul ultramar (obtenido del mineral lapislázuli) en algunos puntos.

- Color marrón: fundamentalmente empleo la tierra sombra natural o tostada, procedente del óxido de hierro y manganeso.

- Color verde: mezcla de azurita y pigmentos verdes (de plomo y estaño, de óxido de hierro)

- Color negro: pigmento conocido como negro de carbón y negro de humo, es un producto orgánico de origen vegetal y también animal.

- Color rojo: bermellón de mercurio, laca orgánica roja y óxido de hierro rojo.

- Color blanco: el pigmento denominado blanco de plomo, químicamente es un carbonato básico de plomo,  $2 PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2$ , conocido también como albayalde o blanco de España. Es un pigmento que utilizará a lo largo de todas sus obras, y lo mezcla con calcita, para aumentar la densidad de la mezcla con aceite de lino y hacerla menos transparente.



*Figura 8. . Colores de la paleta dibujada en Las Meninas y pigmento blanco de plomo.*

Dos de los pigmentos más interesantes históricamente, son el blanco de plomo y el bermellón, este último utilizado para obtener colores rojizos y rosados.

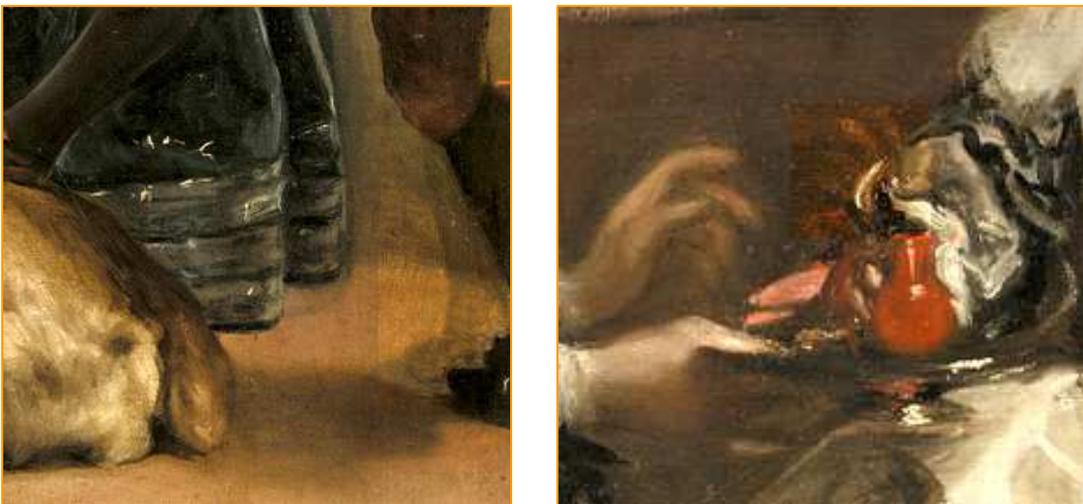
El blanco de plomo, es un pigmento artificial, utilizado desde la antigüedad hasta principios del siglo XIX, que se obtenía al hacer reaccionar el plomo con un ácido.

Una de las propiedades básicas de los pigmentos es que deben ser inertes químicamente y no alterar su color con el paso del tiempo debido a procesos químicos. Pero el blanco de plomo, presenta el inconveniente de que al utilizarse en un medio acuoso, con el tiempo tiende a oscurecerse (amarillea), por efecto del sulfuro de hidrógeno (presente en el aire contaminado), y originar sulfuro de plomo de color negro, según la reacción:



Sin embargo, este efecto de ennegrecimiento no se produce en pinturas al óleo, porque los componentes del óleo lo protegen del efecto del aire contaminado y de la humedad. Al ser el carbonato un producto básico, neutraliza los ácidos grasos resultantes de la descomposición del aceite, actuando como estabilizante de la pintura: flexibiliza la película pictórica y reduce el agrietamiento causado por el paso de los años.

Pero por otro lado, al envejecer la pintura al óleo, el blanco de plomo pierde su capacidad cubriente al reaccionar químicamente con el aceite de linaza. El resultado es que disminuye su índice de refracción y se vuelve transparente, aflorando los arrepentimientos (*pentimenti*) o cambios realizados sobre la idea original.



*Figura 9. Arrepentimientos en pierna izquierda de Nicolás Pertusato y en mano derecha de la infanta Margarita (inicialmente rechazando el búcaro).*

Otro inconveniente del blanco de plomo, es su toxicidad al ser inhalado en forma de polvo. Produce daños en el sistema nervioso (saturismo) presentándose síntomas como dolores de cabeza, cólicos, sordera e incluso pudiendo causar la muerte. Pintores,

como Francisco de Goya, fabricaban sus propios colores y manipulaban directamente los pigmentos, con lo que el riesgo de intoxicación era elevado. Es posible que Goya, que prefería moler él mismo los pigmentos y pintaba con blanco de plomo las telas, padeciese esta enfermedad.

Afortunadamente, cuando se encuentra este pigmento incorporado en una pintura de aceite (óleo), es más seguro de usar porque el pintor no tiene que manipular el pigmento en polvo y se reduce la posibilidad de inhalación.

Algunos pintores modernos siguen utilizando el blanco de plomo por cuestiones históricas y estéticas, ya que fueron utilizados por los grandes maestros. Como ningún pigmento tóxico es volátil a temperatura ambiente, es difícil la intoxicación por vía respiratoria, pero en la molienda, hay que evitar el contacto directo con la piel, las mucosas y, por supuesto, evitar su ingestión.

Como advertencia, conviene saber que muchas casas construidas antes de 1960, tienen mayor riesgo de contaminación por utilizar este pigmento de plomo en la pintura blanca de las paredes. Especialmente, si la pintura se va a raspar o lijar, para volver a pintar, ya que se libera el plomo al aire y es inhalado en mayor concentración.

Actualmente, al blanco de plomo ha sido sustituido por otro pigmento blanco, el dióxido de titanio, conocido como pigmento desde el siglo XIX, pero no fue hasta después de la primera Guerra Mundial en que se empezó a fabricar como pintura blanca. Este pigmento ni es tóxico ni se oscurece con el transcurso del tiempo.

El dióxido de titanio es el pigmento blanco utilizado en la última restauración del cuadro y es utilizado universalmente en la industria de pinturas y recubrimientos, sustituyendo a cualquier otro pigmento blanco. Se utiliza para pintar de blanco a todo tipo de electrodomésticos (línea blanca), aparatos electrónicos, muebles, etc.

También, tiene la propiedad de absorber parte de la radiación ultravioleta y proteger la superficie que recubre. Como además es compatible con la piel, se utiliza en la elaboración de cremas solares, barras de labios y cosméticos.

El bermellón es el pigmento rojo brillante más conocido y utilizado desde las primeras civilizaciones. Se obtiene de forma natural al pulverizar el mineral cinabrio (sulfuro de mercurio) y de forma artificial, por vía seca hasta el siglo XVII, y actualmente, por vía húmeda, a partir de azufre y mercurio.

Con el bermellón, fueron obtenidos numerosos tonos rosados y anaranjados. Por ejemplo, el tono rosado de las mejillas de la infanta Margarita se consigue con cinabrio, laca y blanco de plomo.

Este pigmento, se oscurece por acción de la luz. Sin embargo, en la pintura al óleo, los aceites actúan como filtros protectores frente al efecto de la luz, por lo que el pigmento permanece inalterable.



*Figura 10. Bermellón y Cruz de la Orden de Santiago.*

A partir de un mismo pigmento, variando el grado de molienda se pueden conseguir diferentes colores. Este proceso era conocido por los artistas, que molían intencionadamente el pigmento de diferente forma. Según el grado de molienda del pigmento, se podían conseguir diferentes tonalidades, desde el escarlata a rojo anaranjado.

Como todo compuesto de mercurio es tóxico y al entrar por vía pulmonar hasta la sangre, se puede acumular en el cuerpo, llegando a provocar graves problemas en el sistema nervioso (neurotóxico). Muchos de los alquimistas que utilizaban mercurio terminaban con graves alteraciones en la salud, dementes o locos.

Actualmente, ha sido sustituido por otros pigmentos, como el utilizado en su restauración, el rojo de cadmio (sulfuro de cadmio) o el rojo indiano, elaborado a base de óxido de hierro.

Precisamente, uno de los grandes enigmas que encierra el cuadro de Velázquez se encuentra en saber quien fue el autor de la cruz de color rojo de la Orden de Santiago que aparece pintada en su pecho.

La cruz de Santiago es una cruz de *Gules* (en heráldica significa rojo intenso) que simula una espada, con la empuñadura y sus dos brazos terminados en una flor de lis. La lucían los monjes-soldados en sus capas, estandartes y en el pecho.



**Figura 11. Detalle de la Cruz de Santiago en el retrato de Velázquez y en una copia del retrato realizado por Velázquez de Francisco de Quevedo.**

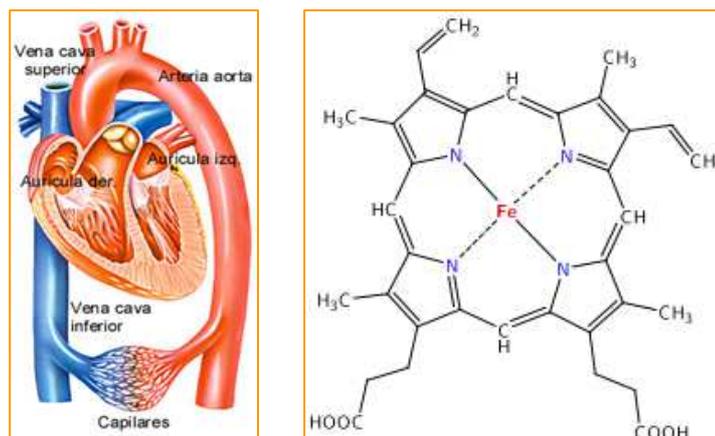
La cruz de la orden de Santiago le fue concedida a Velázquez tres años después de pintar el cuadro y un año antes de morir, por lo que sería impensable que la pintase el mismo antes de que se la concedieran. Según cuenta el biógrafo de su época Antonio Palomino, fue después de muerto el pintor, cuando mandó el rey que en su figura se le pintase sobre el pecho la cruz de Santiago. La gran amistad que unía al rey con el pintor, queda patente en dos palabras que el monarca escribió en un memorando después de su muerte: “*quedo consternado*”.

Aunque puede ser inventada la anécdota de que el propio rey Felipe IV pintara la cruz de la Orden de Santiago en el pecho del pintor en *Las Meninas*, enfadado porque este reconocimiento le hubiese llegado tan tarde, después de muerto Velázquez. Sin embargo, contiene algo de verdad, porque existía un vínculo entre la nobleza artística y la nobleza social. Velázquez quería ser admitido en la Orden de los Caballeros de Santiago, para probar su nobleza artística. Según Ortega y Gasset, “*la autentica vocación de Velázquez, era la de ser noble*”.

Una de las dificultades que tuvo Velázquez para ingresar en la Orden de Santiago era la exigencia de pureza de sangre y que no subsistía por un trabajo artesanal.

La idea de la limpieza de sangre, surgió para diferenciar la sangre pura de los cristianos (que teñía de azul sus venas), sin ascendencia hebrea o morisca, y les diferenciaba de los campesinos que trabajaban bajo el Sol. Era una de las condiciones impuestas para ingresar en las Órdenes Militares. Los nobles demostraban su pureza de sangre, sosteniendo en alto el brazo con su espada para mostrar las venas azuladas bajo su piel pálida, sin mezclas con pieles oscuras. De esta costumbre se acuñó el término “sangre azul”, que se usa todavía para diferenciar a la gente de la realeza.

En realidad, la sangre de una persona siempre es del mismo color, solamente cambia de tono. De un rojo brillante cuando va cargada de oxígeno, y de un rojo más oscuro, cuando circula por las venas antes de llegar a los pulmones. De los constituyentes de la sangre, los glóbulos rojos son los que aportan el color rojo debido a una molécula que se llama hemoglobina, que capta el oxígeno y lo transporta hasta los tejidos y órganos del cuerpo. Curiosamente la sangre de color azul existe en los moluscos, en vez de tener hierro en la hemoglobina, tienen cobre en la hemocianina.



**Figura 12. Esquema clásico que representa la sangre venosa de color azul y la arterial de color rojo. Molécula de hemoglobina.**

Entonces, ¿si ni las venas ni la sangre de su interior son azules?, ¿por qué las vemos azules? Cuando la luz incide en la piel, las longitudes de onda más largas (color rojo) penetran hasta mayor profundidad y son absorbidas por los vasos sanguíneos, reflejando las longitudes de onda más cortas (colores azul-violeta-verde). La piel de las personas de raza negra, contiene mucha melanina que absorbe prácticamente todas las longitudes de onda de la luz al incidir sobre ella, y por tanto, no reflejan ninguna, por eso las venas se ven de color casi negro.

### 3. PROPIEDADES DE LA LUZ

*“La sombra no existe;  
lo que tu llamas sombra  
es la luz que no ves”* (Henri Barbusse)

Una de las propiedades de la luz, que explica el contraste de luz y penumbra que magistralmente aparecen en el cuadro de Las Meninas, es su propagación rectilínea. Si la luz no se propagase de esta forma, no existirían las sombras ni la oscuridad.

La luz como creadora de sombras, ocupa una gran parte de la superficie del cuadro. Apenas se distinguen los cuadros que cuelgan en las paredes. La atmósfera nebulosa de la parte alta del cuadro, ha sido destacada como la parte más lograda de la composición. Este escenario en penumbra resalta frente al grupo fuertemente iluminado de la infanta. Aunque las primeras sombras en el arte datan del siglo IV a.C, la sombra proyectada hace su verdadera aparición durante el Renacimiento, donde el centro del mundo es el hombre, los artistas representan la naturaleza y el amor humano, a diferencia de la Edad Media donde el arte es un medio donde lo celestial estaba por encima de lo terrenal.

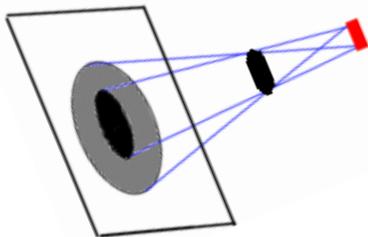


***Figura 13. Detalle de La Anunciación (1426) y detalle de Las Meninas que muestra la sombra en la falda de la infanta Margarita.***

En el cuadro de “La Anunciación” de Fra Angélico, que representa el tema religioso como aparece narrado en el Nuevo Testamento, podemos contemplar los rayos de luz emitidos por el Sol que se propagan en línea recta, en un medio transparente y homogéneo como es el aire. Sin embargo, en esta época, los pintores no representaban las sombras de los cuerpos ni de los objetos.

Velázquez experimentó con la sombra, como resultado de la interposición de un cuerpo sólido y opaco entre una fuente de luz y una superficie de proyección.

La penumbra, en su forma más simple, se produce cuando el foco luminoso es extenso, entonces las tangentes comunes exteriores al foco y al obstáculo determinan la zona de sombra, y las interiores la de penumbra.



**Figura 14. Esquema de formación de sombras y penumbras en *Las Meninas*.**

En *Las Meninas* existen varias entradas de luz, unas a través de los ventanales laterales, otra por la puerta del fondo y la de mayor intensidad que ilumina a la figura de la infanta (casi una luz irreal como si tuviese luz propia) que al resto de personajes, para destacar su importancia.

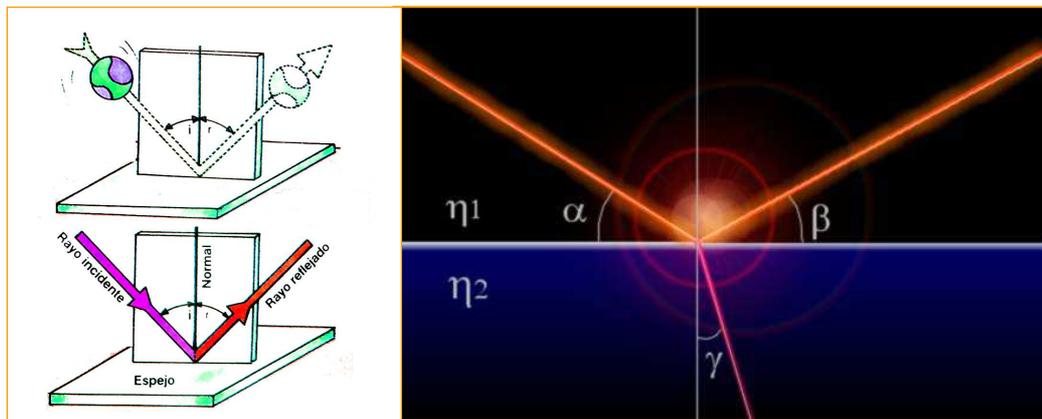
El tratamiento de las sombras es diferente según los personajes. Debajo de la falda de la infanta Margarita, se observa que no llega ningún rayo de luz, apareciendo una zona oscura de sombra (zona de sombra), a la izquierda de la falda, hay una zona donde llegan solamente algunos rayos de luz (zona de penumbra), y en la figura de la infanta Margarita, una zona donde llegan todos los rayos de luz (zona fuertemente iluminada). Sin embargo, la figura de la menina que tiene a su izquierda, interfiriendo la luz que le llega, no produce ninguna sombra sobre la infanta.

Este efecto de representar figuras y objetos iluminados sin representar sus sombras reales para conseguir un mayor contraste, se puede observar en el *Bodegón con cacharros*, pintado en el siglo XVII por Francisco de Zurbarán, amigo de Velázquez. La ausencia de sombras indica que el pintor fue representando cada objeto (de materiales diferentes: metal, porcelana, cristal, cerámica) individualmente y en orden, tratando la obra por partes, no como un todo.



*Figura 15. Bodegón con cacharros (1650) de Francisco de Zurbarán.*

Otra de las propiedades de la luz, es que al incidir sobre una superficie plana se comporta semejante a una pelota de tenis que al golpear contra una pared: retrocede reflejándose o saliendo disparada con el mismo ángulo (ángulo de reflexión) que con el que hizo contacto (ángulo incidente). Esta es la denominada ley de la reflexión de la luz. Físicamente, la reflexión de la luz es el cambio de dirección que experimenta un rayo luminoso al chocar contra la superficie de los cuerpos y sucede porque todo cuerpo refleja una parte de la luz que incide sobre él.

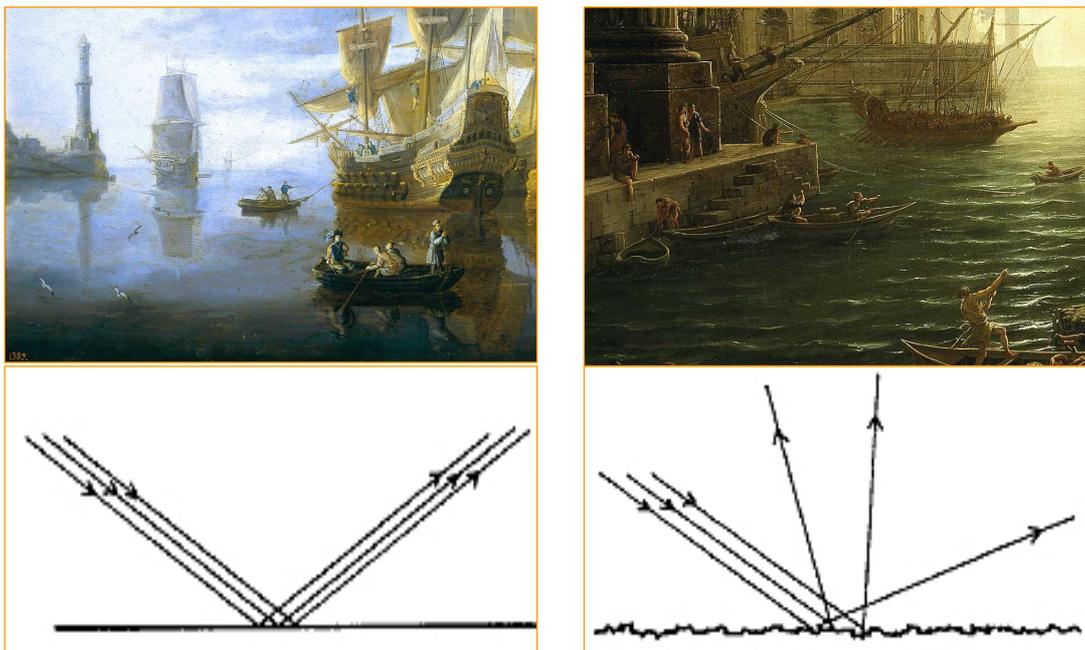


*Figura 16. Reflexión de la luz.*

Cuando un rayo de luz llega a la superficie de separación entre dos medios, como desde el aire hasta la superficie del agua o de una lámina de vidrio, una parte se refleja y otra se refracta, propagándose por dicha superficie y cambiando de dirección.

Las superficies lisas y pulidas producen una reflexión regular; la luz que incide en una dirección determinada, la refleja en otra dirección determinada, originando imágenes nítidas de los objetos. Este fenómeno físico se representa en el óleo de Jan Peeters, “*Un puerto de mar*”, realizado sobre un soporte de cobre, en el que aparecen la torre, los barcos, barcas y pasajeros reflejados en las tranquilas aguas del mar.

Sin embargo, la mayoría de las superficies de los cuerpos son irregulares y producen una reflexión difusa, enviando la luz reflejada en todas las direcciones posibles, los rayos no salen paralelos al reflejarse. Gracias a la reflexión difusa una parte la luz reflejada llega hasta la retina de nuestros ojos y podemos ver las superficies iluminadas. Si comparamos el cuadro anterior con el paisaje de Claudio Lorena, “*Desembarco a Ostia de Santa Paula Romana*” se puede comprobar como la distorsión de la imagen reflejada, causada por la agitación de las aguas del mar, no permite ver la imagen de las barcas en el agua, debido a que la luz reflejada por los cuerpos se proyecta en todas las direcciones (reflexión difusa) y no en una sola (reflexión especular)



**Figura 17. Reflexión especular y reflexión difusa en el agua: “Un puerto de mar” (1640) de Jan Peeters y “Desembarco de Santa Paula Romana”(1639) de Claudio Lorena.**

Para lograr que todos los rayos se reflejen para obtener una imagen clara en un espejo se recubre la cara posterior de la superficie pulida con un material muy refractante, como por ejemplo la plata o el aluminio. En este caso no se ve la superficie, pero si lo que se refleja.

Los espejos se pueden clasificar, según la forma de la lámina reflectora, en planos y esféricos. A su vez, los esféricos pueden ser cóncavos y convexos, con distintas características cada uno.

## 4. VELÁZQUEZ Y LOS REFLEJOS

A todos nos ha pasado en alguna ocasión que ante la ilusión de realidad creada por un gran espejo que cubría una pared, hemos estado a punto de chocar contra él. La causa es que los espejos alteran la percepción del espacio que nos rodea y el cerebro no puede diferenciar una imagen real de una reflejada.

El pintor sevillano, era un gran aficionado a los espejos y al estudio de la luz reflejada. Recurrió a ellos para pintar varias de sus enigmáticas obras. El espejo como recurso pictórico ya lo había utilizado anteriormente en 1434 Van Eyck en *El matrimonio Arnolfini*, donde se aprecian algunas figuras reflejadas en un espejo curvo, que no están directamente en la escena. Este cuadro, admirado por Velázquez, formaba parte de la colección de Felipe IV, y muy probablemente le sirvió de inspiración para pintar el espejo de *Las Meninas*.



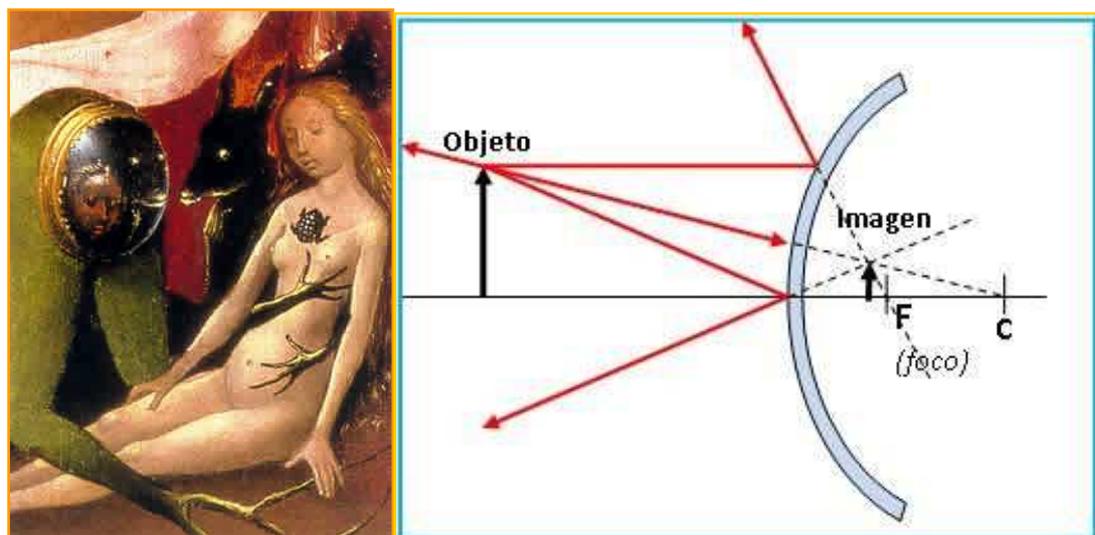
**Figura 18.** *El Matrimonio Arnolfini (1434) de Jan Van Eyck y detalle de espejo convexo.*

En el cuadro, un espejo circular y convexo refleja a dos personajes, el comerciante de Lucca, Giovanni Arnolfini, y su esposa, que tendrían el mismo ángulo de visión que el espectador de la pintura de las Meninas. La estancia resulta ampliada gracias al espejo convexo, que descubre a otros dos personajes en la parte no visible de la estancia y un paisaje diferente en la nueva perspectiva de la ventana reflejada.

Este tipo de espejos dentro de un cuadro es una forma de crear ilusión y profundidad, creando un punto de vista alternativo al poder ver el cuadro desde atrás.

Los artistas flamencos, eran muy hábiles en representar detalles de la realidad incluyendo espejos planos o convexos, así podían incluir en la escena la presencia de otros personajes ocultos. Estos peculiares espejos convexos, que aumentan la iluminación de una estancia al colocarlos frente a una ventana, eran típicos de las casas flamencas. Se conocían como “*espejos de los banqueros*” porque permitían un control visual del espacio donde trabajaban, de esta forma podían ver lo que hacían sus clientes a sus espaldas y evitar que les robasen.

Un espejo semejante lo incluyó Hieronymus Bosch, conocido por El Bosco, sobre el año 1500, en “*El Jardín de las Delicias*”. En uno de los detalles de la tabla derecha del tríptico, que representa el infierno y los refinados castigos que esperan a los pecadores, se observa una joven desnuda sentada con un sapo en el pecho (símbolo de la herejía), abrazada por un asno frente a un espejo convexo acoplado al trasero de un diablo, para que contemple su belleza reflejada y deformada.



**Figura 19. Detalle de *El Jardín de las Delicias* y formación de la imagen reflejada en un espejo convexo (virtual, derecha y de menor tamaño).**

Los espejos esféricos convexos se curvan hacia fuera (como el dorso de una cuchara), proporcionan una imagen derecha, virtual (no se puede recoger en una pantalla, y reducida, más pequeña que el objeto reflejado. Actualmente este tipo de espejos, que amplían el campo visual como si fuese un gran angular, se utilizan en los cruces con visibilidad reducida y en los comercios como sistema de seguridad para vigilar ángulos muertos, además de cómo espejos decorativos.

Una de las primeras obras de Velázquez, considerada como de las más misteriosas y perteneciente al periodo sevillano, es “*Cristo en casa de Marta y María*” (1618),

conservado en la National Gallery de Londres. Probablemente el pintor ha utilizado, aunque de forma no visible en el cuadro, un espejo para la ejecución de la obra.

En este cuadro, inspirado en otro del mismo tema pintado 50 años antes por Joachim Beuckelaer en 1568, y expuesto en el Museo del Prado, se desarrolla la yuxtaposición de planos. En primer plano, la escena profana, encarnando el mal ejemplo, en segundo plano y al fondo, la escena religiosa, le permite al autor el juicio moralizante.

En la obra de Velázquez, se representa, en primer plano, a una anciana, que regaña con el dedo índice de la mano derecha a una joven sirvienta que machaca ajos con un almirez de bronce. En segundo plano, aparece un cuadro colgado en la pared, que reproduce el pasaje bíblico (Evangelio de Lucas) en el que Jesucristo, durante una visita a la casa de María, reprende a Marta por quejarse de las tareas del hogar.

De esta forma, el ejemplo bíblico se muestra como un ejemplo de un hecho cotidiano traído al presente. Una alegoría de las vidas activa y contemplativa, un bodegón a lo divino, un cuadro dentro de otro cuadro.



**Figura 20. Comparativa de “Cristo en casa de Marta y María” de Velázquez y de Beuckelaer**

Si analizamos con detalle la escena religiosa del fondo, observamos una anomalía que ha hecho famoso a este cuadro. Cristo aparece levantando su mano izquierda para dirigirse a Marta, en lugar de la mano derecha, como era lo habitual en el siglo XVII.

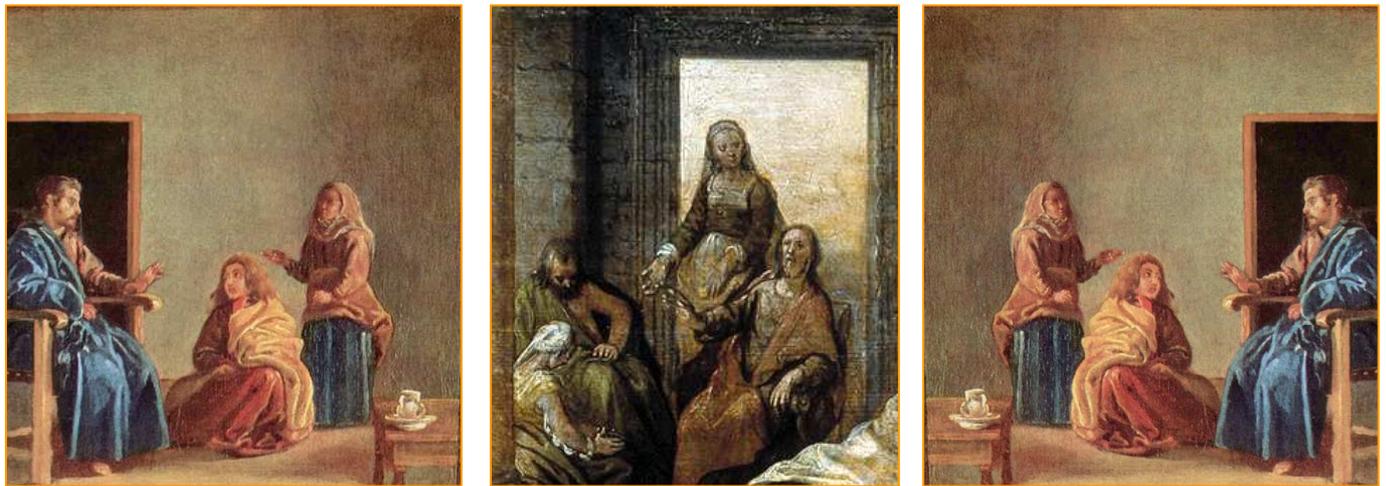
A lo largo de la historia siempre se ha representado a Cristo como diestro. Ser zurdo ha sido considerado como algo negativo, de hecho la palabra *siniestro* procede del latín, *sinister*, que significa izquierdo. La explicación a esta anomalía es que el joven Velázquez ha dibujado el cuadro bíblico visto desde un espejo plano que cubría la pared de su estudio, y que refleja la escena religiosa situado detrás del pintor y no delante.

Cuando nos situamos delante de un espejo, no vemos en realidad nuestro verdadero aspecto, sino una imagen que no se corresponde exactamente como nos ven los demás:

en el espejo el lazo izquierdo, lo vemos en el derecho, y viceversa (inversión lateral). Es posible comprobar este efecto al intentar leer la imagen reflejada de un texto escrito.

La posibilidad de que la escena religiosa no fuese un cuadro, sino un espejo o una ventana, está limitada, además de por argumentos ópticos y de perspectiva, porque los ropajes tendrían que ser del mismo tipo en los personajes representados en los dos planos, sin embargo, corresponden a épocas diferentes: unos de la época de Cristo y otros del siglo XVII.

Si comparamos la escena religiosa de la obra de Velázquez y la de Beuckelaer, es fácil observar la similitud en la imagen representada en ambas obras. Especialmente si invertimos la imagen reproducida por el pintor sevillano, como se muestra en las figuras.

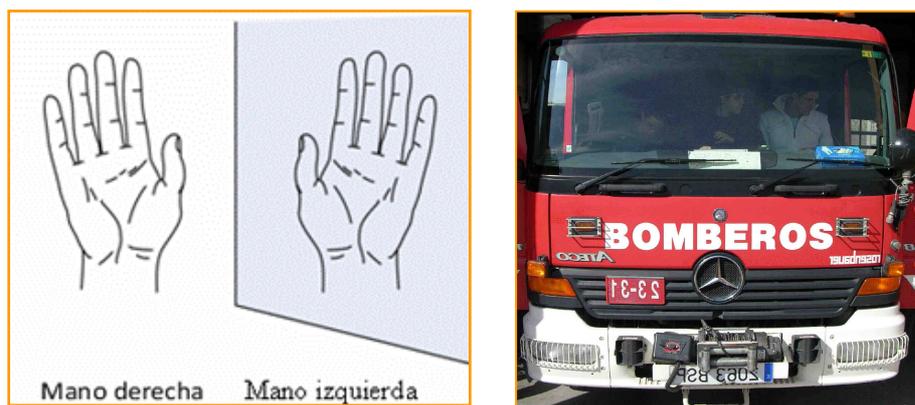


**Figura 21. Detalle de “Cristo en casa de Marta y María” de Velázquez (1618) junto al mismo detalle de Joachim Beuckelaer (1568) y al detalle invertido de Velázquez.**

El cuadro se expone en la National Gallery de Londres y ha podido ser contemplada en el Museo del Prado en diferentes ocasiones, la última, en el año 2007 durante la exposición “*Las Fábulas de Velázquez*”

Objetos como una esfera, un cubo o un tetraedro son simétricos y pueden ser superpuestos con sus respectivas imágenes especulares reflejadas en un espejo. Pero otros objetos no pueden superponerse con sus imágenes especulares. Por ejemplo, la mano derecha frente a la mano izquierda no son superponibles, se dice que son quirales (término que deriva del griego *cheir*, que significa mano) o enantiomorfos (termino derivado del griego *enantion*, que significa opuesto).

La quiralidad es una propiedad que no solo puede presentar determinados objetos, sino que también es propia de ciertas moléculas. De hecho, la quiralidad molecular es tan importante que en muchos casos la orientación espacial que presenta una molécula determina su actividad química. Por ejemplo, el medicamento conocido como *ibuprofeno*, solamente uno de los dos enantiómeros tiene actividad analgésica y antiinflamatoria, el otro carece de propiedades terapéuticas.



**Figura 22. Imagen especular (no superponible) de las manos. Palabra invertida en coche de bomberos para verse reflejada correctamente por el espejo retrovisor de los automóviles.**

La primera obra en que Velázquez representa un espejo, incluyendo una imagen reflejada, fue pintada en 1648, y expuesta en 2007 en el Museo del Prado dentro de la exposición *Las Fábulas de Velázquez*. Representa a Venus (diosa romana del amor, belleza y fertilidad) posando de espaldas. Probablemente la imagen fue inspirada en la escultura clásica *Hermafrodita Borghese*. El rostro de la diosa desnuda, único desnudo de la pintura española del siglo XVII, se refleja en un espejo que sostiene Cupido, el único elemento mítico representado en el óleo.

Este no es un retrato mitológico de estilo clásico semejante a la *Venus y Cupido* de Tiziano (o a la de Rubens), sino de una mitología que se manifiesta en una mujer real. Ortega y Gasset, se refería al lienzo como el mito desmitificado y vuelto del revés.

Algunas de las preguntas que se pueden plantear desde el punto de vista de la óptica, y que vamos a tratar de resolver, son las siguientes:

- ¿Es posible que la diosa miré hacia el espectador de la pintura, a través de su imagen reflejada en el espejo?
- ¿La imagen reflejada en el espejo es fiel a la realidad y respeta leyes de la óptica geométrica?
- ¿En la posición de la Venus se puede estar mirando en el espejo a sí misma ?

Para responder a los enigmas de este cuadro, previamente hay que recordar cómo es la imagen que refleja un cuerpo en un espejo plano. En primer lugar, se forma detrás del espejo y no se puede recoger en una pantalla (imagen virtual), es derecha (no invertida), del mismo tamaño y situada a la misma distancia que el objeto. Por esta razón, si un objeto está a cierta distancia de un espejo, su imagen estará a mayor distancia del observador que ella, y por razones de perspectiva, se verá de menor tamaño.



**Figura 23. Venus del espejo: de D. Velázquez (1648) y de P. Rubens (1615)**

Teniendo en cuenta estas características, se puede deducir que la Venus del espejo de Velázquez incluye tres anomalías ópticas.

- El tamaño del rostro es demasiado grande al que le correspondería al reflejo verdadero. Debería tener un tamaño más reducido, como corresponde al doble de la distancia a la que se encuentra la Venus del espejo vista por un observador. Excepto que el espejo fuese cóncavo, que forma imágenes de mayor tamaño que el objeto, pero en esa época no utilizaban esta clase de espejos.

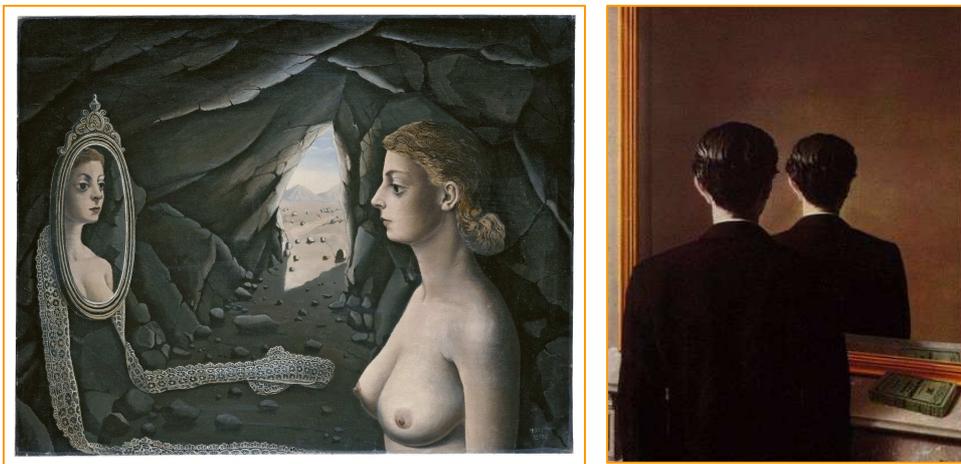
En el cuadro “Mujer ante el espejo” de Paul Delvaux, se puede observar, como en este caso, al pintar el rostro de la mujer, la reduce a un 70% de su tamaño.

- La imagen reflejada no es una imagen clara, no se reconoce la imagen de la modelo, está muy difuminada para ser una reflexión especular. El que el rostro de la diosa se muestre difuminado, como en el espejo de Las Meninas, solo se podría explicar por una reflexión difusa característica de las superficies irregulares y no de las superficies pulidas de los espejos.

- El espejo está en una posición tal que debería reflejar el cuerpo de la diosa, no su rostro. Teniendo en cuenta las leyes de la reflexión de la luz (el ángulo incidente de la

luz es igual al ángulo reflejado) el espejo debería reflejar su cuerpo (vientre y senos), no su cara. La Venus no puede estar contemplando su propio rostro.

Sin duda alguna, Velázquez conocía perfectamente las leyes de la reflexión de la luz en los espejos, pero al igual que otros pintores, adaptaban las leyes de la óptica al efecto que quería producir en sus cuadros, estando lo representado por encima de la realidad. Otros pintores más modernos, sobre todo los de la escuela surrealista, han seguido haciendo uso de las licencias artísticas, de forma mucho más acentuada, representando juegos visuales y situaciones imposibles. Este es el caso de la paradoja representada en el falso espejo de René Magritte, donde se ve en un espejo la misma imagen que ve el espectador, no la reflejada realmente por el espejo.



**Figura 24. *Mujer ante el espejo*(1936) de Paul Delvaux y *La reproducción prohibida* (1937) de René Magritte.**

En las Meninas, además de la incógnita irresoluble de qué está pintando, la imagen de los reyes que aparece a sus espaldas es otro de los grandes enigmas del cuadro.



**Figura 25. *Detalles de la figura reflejada de los reyes en Las Meninas.***

Es posible plantear varias hipótesis respecto al retrato de los reyes representados en segundo plano: - es un cuadro de los reyes, - es un espejo convexo que refleja a los reyes, - es un espejo plano que refleja a los reyes situados fuera del cuadro, en la posición del espectador, y - es un espejo plano que refleja el retrato de los reyes pintado en el cuadro.

Si observamos los cuadros mitológicos colgados en la pared, todos se ven muy oscuros debido a los pocos rayos de luz que inciden sobre su superficie. Sin embargo, la imagen de los reyes tiene una mayor luminosidad, que procede del primer plano donde se encuentra pintando Velázquez. Por lo que se podría deducir que se trata de un espejo.

En cuanto al tipo de espejo no podría ser convexo, ya que este tipo de espejos amplía el campo visual y las imágenes que reflejan son de menor tamaño, como resultado se tendrían que ver más pequeñas. Por tanto podría ser un espejo plano.

Respecto al origen de la imagen de los reyes, el especialista Georges Kubler, afirma que el espejo colgado en la pared, según las leyes de la reflexión especular, no reflejaría la presencia real de los reyes, sino que sería un reflejo de lo que está pintado en el propio lienzo.

No faltan quienes basándose en el espejo, postulan que el pintor era miope. Esta hipótesis se basa en que la imagen reflejada de los reyes está borrosa. Como la distancia que recorre la luz desde un objeto hasta nuestros ojos es mayor (dos veces la distancia que nos separa del espejo) si se mira el objeto reflejado en un espejo que si se mira directamente, cuando los miopes se miran en un espejo ven los objetos del fondo aún más borrosos que de costumbre. Sin embargo, otros expertos afirman que, la borrosidad y el desenfoque, es un efecto visual selectivo buscado por el pintor consecuencia de sus experimentaciones con espejos.

Jonathan Miller indica que aparte de *"la adición de destellos luminosos en los bordes biselados, el modo más importante que el espejo desvela su identidad es revelando imágenes cuyo resplandor esta tan poco acorde con la penumbra de la pared adyacente que sólo se pueden haber sido proporcionadas por la reflexión de las figuras fuertemente iluminadas del Rey y la Reina"*.

El pintor sevillano ha invertido el problema planteado por el pintor flamenco Van Eyck cuando retrata al matrimonio Arnolfini y a través del espejo convexo nos devuelve su propio retrato y el espacio que existe delante de los retratados. En *Las Meninas*, Velázquez pinta la expectación que produce su retrato y sitúa al espectador dentro del cuadro formando parte activa de la obra.

## 5. CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SEGURIDAD EN LAS MENINAS

La ciencia y la tecnología no solo están al servicio del arte para analizarlo e investigarlo, sino también para protegerlo. Empezando por el acceso al museo, que se hace siempre a través de un arco que detecta objetos metálicos (llaves, monedas, navajas, etc.). Este sistema de seguridad se basa en campos electromagnéticos que interactúan con los materiales metálicos y producen una señal modificada, que se traduce en una señal acústica cuando ha detectado una cantidad peligrosa de metal. Los bolsos y bolsas se hacen pasar por un escáner que mediante rayos x de baja intensidad, permite ver su contenido sin tener que abrir y revisar su interior.

Además de estos sistemas que saltan a la vista, hay otros que permanecen ocultos, para no dar pistas a los ladrones de arte y vándalos, y para que el público pueda disfrutar de los cuadros sin sentirse demasiado vigilado o acechado.

Ya en el interior y frente a *Las Meninas*, es posible disfrutar a una distancia muy próxima y sin ninguna mampara de vidrio que se interponga entre el visitante y el cuadro. Solo un cordón situado a un par de metros, establece la distancia de seguridad para evitar la tentación de estirar el brazo y tocar con los dedos la pintura. Los restos de grasa y suciedad en las manos perjudicarían a los cuadros. Estos pequeños toques pueden acarrear un daño a la tela comparable al que un alfiler produciría en nuestra piel. Los vigilantes de la sala y las cámaras de seguridad, controlan en todo momento que no se sobrepase el cordón de seguridad. El protocolo de seguridad establece que la respuesta humana frente a cualquier incidencia no debe superar los treinta segundos.



*Figura 26. Comparativa de la distancias de seguridad entre el cuadro de Las Meninas (Museo del Prado) y el cuadro de La Mona Lisa (Museo del Louvre).*

Muchos lienzos de Velázquez, están dotados de sensores de proximidad que emiten pitidos, en una de las salas de seguridad donde se encuentran los vigilantes o en la propia sala, cuando el visitante se aproxima demasiado al cuadro.

Al igual que otros cuadros expuestos, lleva incorporado un chip, oculto para evitar que un ladrón sea capaz de quitarlo, con el fin de realizar un seguimiento, a tiempo real, del cuadro, en el caso de que se consiguiera sacar del museo por algún procedimiento.

Uno de los mayores enemigos de las obras de arte, no tiene manos, es el fuego. Una obra que se quema se pierde para siempre, por esto, el museo esta equipado con un sistema de extinción con agentes químicos y físicos adecuados para preservar los cuadros y que sufran el menor daño posible. Durante muchas décadas, los museos españoles han utilizado gases halones (compuestos clorofluorocarbonados) para la protección contra incendios, dada su eficacia como agente extintor, inocuidad para el personal y lienzos, Sin embargo, desde el año 2003, la reglamentación medioambiental Europea, ha obligado a prohibir su uso por alterar la capa de ozono.

A pesar de todos los medios de seguridad (cámaras, vigilantes, sensores, etc.), no es posible evitar que se produzcan algunos incidentes, como el que tuvo lugar durante una visita didáctica de docente con su grupo de alumnos adolescentes. Uno de ellos, defraudado por las expectativas que el profesor les había creado, mostró su decepción escupiendo sobre el lienzo. Rápidamente, se activaron todos los sistemas de seguridad, produciéndose un gran revuelo en la sala, ante la cara atónica del profesor que no daba crédito a lo sucedido.

### **- El trabajo de los restauradores**

Los restauradores del Museo del Prado, son los encargados de reparar los pequeños percances que sufre el cuadro, al igual que los actos vandálicos, incluidos los realizados por insectos (moscas) al depositar sus residuos sin ningún miramiento.

Afortunadamente, el lienzo de *Las Meninas* no ha sufrido ningún atentado, como fue el caso del apuñalamiento sufrido por la *Venus del Espejo*, por la sufragista Mary Richardson en 1914 después de romper el cristal de protección del lienzo. Los daños producidos por siete puñaladas (espalda y hombros) asestadas con un cuchillo de carnicero fueron reparados por el restaurador jefe de la National Gallery. También La Gioconda ha sufrido diferentes atentados consistentes en el lanzamiento de sustancias corrosivas (ácidos), y de objetos (piedras, taza). Para protegerla de los impactos, la Gioconda se parapeta detrás de un cristal blindado a prueba de balas.

La ciencia acude al rescate de las grandes obras, no solo cuando son atacadas y agredidas, sino también debido a restauraciones deficientes antiguas o al paso del tiempo.

En la última restauración del cuadro de *Las Meninas*, se eliminaron repintes y retoques antiguos de una restauración anterior, tratadas las faltas y zonas desgastadas del lienzo, y con la precisión de un cirujano, se limpiaron con un bisturí las zonas manchadas por excrementos de moscas en la sien izquierda del rostro de la infanta Margarita.

Con el paso de los años, el barniz pierde las propiedades de ser incoloro y transparente, va tomando un tono amarillento que impide apreciar el color original, efecto que se potencia por la polución del aire y a la contaminación atmosférica.

Esta capa gruesa de coloración amarillenta (sucia) impide apreciar la claridad del primer plano, la penumbra de los techos, y la totalidad de los matices del cuadro. El barniz que se obtiene es transparente, elástico y de color amarillo claro, y produce una película muy brillante. Sin embargo, tiende a amarillear con el tiempo y a volverse cada vez más frágil y a cuartearse.



**Figura 27. Con el tiempo la belleza se esconde tras el barniz.**

Las fotografías de la superficie realizadas con luz ultra-violeta, muestra una ligera veladura de tonalidad grisácea y opaca, que corresponde al barniz restante. En la última restauración, el barnizado final fue realizado por el profesor J. Brealey. Utilizó barniz de resina natural *damar* (resina con buena reversibilidad y poco sensible a la humedad) aplicada con pistola para producir una superficie uniforme y satinada.

Para disolver las capas de barniz, constituidas por resinas naturales de almáciga (arbusto mediterráneo), llamada también resina *mastic*, por su consistencia gomosa al masticar, se utilizaron disolventes poco reactivos y muy volátiles, como acetona, alcohol isopropílico y esencia de petróleo, que permiten una actuación lenta y gradual del disolvente sobre el barniz. Así, se favorece que no se llegue hasta la capa original de pintura y no sufra alteraciones por contacto con los disolventes químicos.

## **- ¿Cómo la Ciencia ayuda a autenticar un cuadro?**

Mediante el análisis químico de los pigmentos coloreados se puede determinar la autenticidad de una obra de arte. Este método descubre los elementos que la constituyen, algo esencial para identificar los materiales que ha utilizado cada pintor. Al igual que los materiales con los que se fabrican los objetos han cambiado a lo largo de los siglos, los pigmentos que utilizan los pintores son distintos dependiendo de la época. Para determinar si un cuadro es una falsificación, se recurre a este tipo de análisis, ya que el uso de un determinado pigmento es la clave para aceptar una pintura o rechazarla. Como algunos pigmentos actuales no existían en épocas precedentes. Si aparece en el lienzo un pigmento de una época posterior a la del pintor, la obra no puede ser original, sino una copia pintada posteriormente por otro autor.

Así, una supuesta obra de Velázquez que contenga como pigmento blanco óxido de titanio, indica que es una falsificación, porque los pintores no empezaron a utilizar este óxido hasta varios siglos después de su muerte. En su época se utilizaba blanco de plomo.

Pero incluso aunque se utilice el mismo pigmento blanco, puede diferenciarse del utilizado unos siglos antes. El plomo presente en el compuesto se extrae del mineral galena (sulfuro de plomo PbS) el cual contiene trazas de uranio y de sus productos de descomposición con los que se encuentra en equilibrio, lo que significa que un isótopo particular se forma de su precursor tan rápido como se degrada, de modo que su concentración y radiactividad se mantiene constante en el tiempo.

Este equilibrio se altera durante la extracción química del plomo del mineral, de manera que analizando la concentración (desintegración) de los isótopos de la serie radiactiva se puede demostrar que una pintura determinada tiene, por ejemplo, menos de 100 años, con lo que no podría haber sido pintada en siglos anteriores a esta fecha.

A pesar de todas las formas de identificación de copias, no siempre es fácil en algunos casos. Esto ocurre con *Las Meninas*.

## **- ¿Velázquez pintó dos *Meninas*?**

Existe otro cuadro de *Las Meninas*, con un tamaño bastante menor (1,42m por 1,22m frente a 3,18m por 2,76m) y que pertenece a la colección privada de la mansión Kingston Lacy de Dorset (Reino Unido). Esta obra fue expuesta recientemente en el Museo del Prado dentro de la exposición “*Velázquez y la Familia de Felipe IV*”.

Algunos especialistas, como Matías Díaz Padrón, apuntan que se trataría de un boceto, ensayo previo o *modeletto*, como fase previa a la obra definitiva. Sin embargo, otros, como Javier Portús, aseguran que es una copia posterior que atribuyen a Juan Bautista Martínez del Mazo (1611-1667) pintor español, discípulo y yerno de Velázquez. Su argumento se basa en que la parte izquierda de *Las Meninas* era distinta originalmente a como la conocemos actualmente. El pintor la comenzó de una manera y después fue rectificando sobre el propio cuadro, como se ha podido comprobar gracias a las radiografías realizadas al cuadro.



**Figura 28. *Las Meninas de Dorset y Las Meninas del Museo del Prado.*** Entre las pequeñas diferencias que se encuentran en ambas pinturas, destaca el curioso detalle de la ausencia del reflejo de los monarcas en el espejo.



**Figura 29. *Detalles de los espejos: las Meninas de Dorset y las Meninas del Prado.***

Este detalle aporta uno de los argumentos fundamentales a los que opinan que es un boceto con carácter esquemático. No tendría explicación dibujar una copia y olvidar este importante detalle. Sin embargo, Velázquez no pintó ningún boceto preparatorio de sus pinturas. Siempre trabajaba directamente sobre el lienzo. Este caso sería una posible excepción a la regla.

## LECTURAS RECOMENDADAS

### - Libros

- A. Domínguez, A. Pérez, J. Gallego. *Velázquez*. Ministerio de Cultura. Museo del Prado. 1999.
- A. Palet. *Tratado de pintura: color, pigmentos y ensayo*. Universitat de Barcelona. 2002.
- C. Garrido. *El trazo oculto. Dibujos subyacentes en las tablas del Museo del Prado*. Edición Museo del Prado. 2006.
- C. W. López. *Luz, Arte y Física*. Copistería San Rafael. Cádiz. 2010.
- D. Bertani. *El nacimiento de una pintura. De lo visible a lo invisible*. Generalitat Valenciana. 2010.
- P. Ball. *La Invención del Color*. Turner. Fondo de Cultura Económica. Madrid. 2003.
- X. Durán. *El artista en el laboratorio*. Cátedra de divulgación de la Ciencia. Valencia. 2008.

### - Artículos

- C. Garrido. *El gabinete de documentación técnica del Museo del Prado*. Revista de la Asociación Profesional de Museólogos de España. Nº 2. 1997. 172-177.
- C. Garrido. *Aplicación de la metodología científica al estudio de la pintura*. Arte: materiales y conservación. 1998. 4-págs. 43-65.
- J. Moffitt. *Anatomía de las Meninas: realidad, ciencia y arquitectura*. Boletín del Museo del Prado, t.VII, n.21, Madrid, 1986, pp.173-183.
- M. Mena. *La restauración de Las Meninas de Velázquez*. Boletín del Museo del Prado. 5(14), 1984, págs. 87-108.
- V. Nieto. *Velázquez, el cuadro oculto y la metáfora del espejo*. UNED. Espacio, tiempo y forma. Serie VII. H. del arte, t. 20-21. 2007-2008. págs, 57-83.

### - Vídeos

Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología en colaboración con Gisme y el Museo Nacional del Prado *Arquitectura: el espacio real y fingido a través de Las Meninas de Velázquez*. Arte y Ciencia. Otros ojos para ver el Prado. 2012.

[https://www.museodelprado.es/pradomedia/multimedia/las-meninas-de-velazquez/?pm\\_cat=7&pm\\_subcat=90&pm\\_video=on&pm\\_audio=on&pm\\_interactivo=on](https://www.museodelprado.es/pradomedia/multimedia/las-meninas-de-velazquez/?pm_cat=7&pm_subcat=90&pm_video=on&pm_audio=on&pm_interactivo=on)

RTVE. *Las Meninas de Diego Velázquez*. La mitad invisible. 2012.

<http://www.rtve.es/alacarta/videos/la-mitad-invisible/mitad-invisible-meninas/1313247/>

*La divulgación científica es un Arte*  
(Federico Mayor Zaragoza.  
Exdirector General de la UNESCO)



*La enseñanza de la Ciencia debe estar rodeada  
de ilusión, imaginación y belleza.*  
(Fernando Ignacio de Prada Pérez de Azpeitia y  
José Antonio Martínez Pons)