

Beatriz Espejo Díaz*

Leonardo da Vinci

Leonardo da Vinci

Abstract | Leonardo da Vinci is one of the most notable members of our civilization. Unparalleled scholar, he was an exceptional painter, architect, inventor and scientist at a time when humanity woke up from the long lethargy of the Middle Ages and was hungry for knowledge and development. In this work, which serves as an introduction to the rest of this issue, a tight synthesis is made of the highlights of his life and his work.

Keywords | Leonardo da Vinci, Renaissance.

Resumen | Leonardo da Vinci es uno de los miembros más notables de nuestra civilización. Erudito sin par, fue un excepcional pintor, arquitecto, inventor y científico en una época donde la humanidad despertaba del largo letargo de la Edad Media y estaba ávida de conocimientos y desarrollo. En este trabajo, que sirve de introducción a los restantes de este número, se hace una apretada síntesis de los aspectos más destacados de su vida y su obra.

Palabras clave | Leonardo da Vinci, Renacimiento.

Introducción

LEONARDO NACIÓ en 1452. No se sabía la fecha exacta; pero en los archivos florentinos se halló una hoja escrita: “Me ha nacido un nieto, hijo de Ser Piero, mi hijo, el 15 de abril, un sábado a las tres horas de la noche.” Corresponde al catorce de abril y a las veintidós horas de nuestro tiempo y el dato se debe a Ser Antonio da Vinci, cuyos antepasados habían sido notarios. Título de gran estimación, fuente de honores y riquezas. Ser Antonio había renunciado a eso; prefería vivir cultivando sus tierras en compañía de su mujer y de aquel nieto suyo, concebido por una labradora, que llegó a su casa tan pronto lo destetaron; a esa casa aislada en el cerro, entre olivares y sauces, un poco granja y un poco vivienda burguesa, donde desde muy pronto el niño se embelesaba observando

Recibido: 11 de junio de 2019.

Aceptado: 20 de octubre de 2019.

* Instituto de Investigaciones Filológicas-UNAM.

animales y plantas y arrobado veía que arriba el aire arrastraba las nubes de distintas figuras o a la araña tejiendo su tela magistral para guardar sus presas o a la oruga dejando su capullo para ascender al cielo aleteando. Leonardo con ojos adormecidos de soledad miraba todo, comulgaba con la naturaleza y prestaba oído a sus voces, a sus potencias confusas, enemigas y fraternas.

Se tienen pocas noticias respecto a su juventud; sin embargo, en uno de sus escritos se halla esta confidencia: “En el más remoto recuerdo de mi infancia acude a mi memoria el que estando todavía en mi cuna, vino un águila, me abrió la boca con la cola y repetidas veces me golpeó con ella entre los labios. Tal era mi sino.” Se apoyaba en ello para considerarse excepcional. Esa águila lo protegía como una mensajera de Júpiter o como la que Cristo mandó a San Juan en la isla de Patmos. Siempre tuvo dos sentimientos, temor a lo desconocido y deseo de ver lo que tenía de misterioso y extraordinario. Hasta el final, conservó esa dualidad.

Un colono llevó a Ser Piero una rodela tallada en una antigua higuera pidiéndole que mandara pintarle algún ornamento. El notario se la dio a su hijo que juntó una extraña colección de animales repugnantes e inspirado en ellos hizo un motivo extraño y lo colocó en un rincón donde se iluminaba con un rayo de luz. El padre horrorizado al verlo, se pegó contra la pared. Leonardo lo tranquilizó diciendo: “Pensé que un escudo debía inspirar miedo y logré mi propósito.” Ser Piero entregó al sonriente campesino otro ornamentado con un corazón traspasado por una flecha y vendió en cien escudos el que pintó Leonardo, por el que más tarde el duque de Milán pagó trescientos.

Ser Piero siempre sagaz notó las cualidades de Leonardo que estudió latín y griego, anonadaba a sus maestros con razonamientos matemáticos, tocaba el laúd, dibujaba con ardor de adolescente, era bello, discreto y tenía una buena voz. Andrea del Verrochio, uno de los artistas más famosos de Florencia, notó tales prendas y lo tomó como aprendiz en su taller. Por entonces, el principiante vivía en casa del maestro, aprendía a moler los colores y fundir los metales, de manera que Verrochio, sin haber cumplido los treinta, fue en el más amplio sentido de la palabra el maestro de Leonardo. Le enseñó pintura, escultura, filosofía y contestaba las múltiples preguntas de su discípulo: ¿En qué consiste el cuerpo umbroso? ¿Qué es la sombra primitiva? Y otros principios de los que era necesario echar mano: tinieblas, iluminación, cuerpo, figura, lejanía, proximidad, movimiento, reposo. Mientras tanto, estudiante y mentor solían pasear juntos admirando el entorno del que formaba parte el San Jorge de Donatello, ese escultor que acababa de morir muy joven. A veces se nutría el grupo con la presencia del Perugino y Boticelli. Todos tenían el anhelo de universalidad característico de su siglo. Y Leonardo asentaba: “Yo digo a los pintores que nadie debe imitar la manera de otro, pues siendo tal no sería sino el sobrino y no el

hijo de la naturaleza en lo que al arte respecta.” Y también: “Los que no toman por modelo a la naturaleza que es la educadora de todos los maestros, se empeñan inútilmente en hacer arte.” Seguramente conocía la leyenda de Dibutada que inventó la pintura al dibujar la sombra de su amante que partía para la guerra. Porque Da Vinci dijo: “La primera pintura no fue sino la sombra de un hombre reflejada por el sol en una pared”. Y: “El objeto primero de la pintura consiste en mostrar un cuerpo en relieve, destacándose de una superficie plana. Quien en este punto sobrepasa a los demás merece ser tenido por el más hábil en su profesión.” Y: “La perspectiva es la guía y es la entrada; sin ella nada bueno puede hacerse en obras de pintura”.

En aquel tiempo, otro artista, Baldovinetti, llamaba la atención por sus investigaciones, destacando uno de los principios formulados por Leonardo. Además, despertaba interés con un barniz líquido que según creía respetaba la humedad. No fue así. Desdichadamente, Leonardo se aficionó desde temprano por aquellas propuestas creyendo que él las haría mejor. A pesar de sus largos y minuciosos intentos los resultados fueron también deplorables.

Entre 1468 y 1470, Verrochio lo asoció a una de sus obras más importantes: *El bautismo de Cristo*, ordenada por los frailes del convento de San Salvi. Se representa a Jesús asistido por dos ángeles para ser bautizado por San Juan. Se deduce que Leonardo pintó uno de ellos que presenta un perfil purísimo, mejillas de fruta, boca de doncella y profusa y encrespada cabellera. Algunos meses después, Verrochio terminó su *David*, un joven hermoso con la misteriosa sonrisa que aparecerá luego en *La Gioconda*, *La Santa Ana*, el *San Juan Bautista*, porque para ambos artistas un rostro solo es bello cuando expresa pasiones del alma. Y se ha comentado con insistencia que el *David* era el propio Leonardo, rubio, con ojos azules que a los veinte años podía dominar las riendas de su caballo, romper una herradura y dibujar con enorme rapidez. Se ha comprobado que era ambidextro. Cantaba acompañado de su laúd no solo las melodías de su época, también inventaba una serie de *canzoni* a la fecha perdidas. Reunía pues el concepto renacentista de las ideas y la pluralidad de los oficios. Tenía una enorme cultura filosófica en la que destacaban las obras de Marsilio Ficino, así como *El Banquete* y *El Fedro* de Platón.

Junto con su sensibilidad abierta a lo circundante era afamado por mantenerse invulnerable al sufrimiento ajeno y propio porque afirmaba: “Es preciso quitarle la llave al corazón y guardarla en el bolsillo. Los que dejan la llave en la cerradura son unos necios.” Aunque sus complejidades contradecían esta sentencia, lo llevaban a oponerse a la crueldad, durante largas temporadas no comía carne deseando no perturbar el ciclo de la vida y compraba pájaros enjaulados para soltarlos y dejarlos libremente. Desde entonces, la idea de volar se convirtió en una de sus obsesiones y se le considera el padre de la aviación.

En 1472, se inscribió en la sociedad de pintores florentinos sin abandonar su tendencia a perseguir por las calles caras desconocidas o personajes extraños aprendiéndolos de memoria, interpretando sus cambios al expresarse, queriendo leer en sus rasgos pensamientos internos. Al llegar a su casa trasladaba todo al papel. Se conservan muchos de tales apuntes. En algunos, la fantasía del creador parece aprisionarse en los laberintos del cabello, en la profundidad insondable de los ojos, en los labios que tanto dicen y callan, en las temblorosas ventanillas de la nariz, porque la belleza lo inquietaba al descubrir un sentimiento oculto.

De sus primeros años como pintor solo quedan unas cuantas obras: *La madona Bonois*, una tabla que representa el sentido divino de la maternidad, el *San Jerónimo*, del Vaticano, la *Adoración de los reyes magos*, de Florencia, el *Paisaje de los oficios*, la *Anunciación de los oficios* y el bajo relieve de *Escipión* del Louvre. El más reciente descubrimiento de su trabajo lo titularon *El hacedor del mundo*, está en la Galería Nacional de Londres y se desconoce la fecha de su factura. Al analizarlos se advierte que el creador logra la hondura psicológica que caracteriza sus obras dándoles esa universalidad propia del Renacimiento.

Cuando dejó a Verrochio, se encaminó a Milán para regalarle a Ludovico el Moro una lira con forma de cráneo de caballo, lo cual sirvió para que se le atribuyera, sin mayor fundamento, la invención del violín. El ducado de Milán era uno de los más ricos de Italia y, en una carta donde ofrece sus servicios, Leonardo se propone como ingeniero de guerra y enlista muchos de sus inventos: pontones ligeros para perseguir o evitar al enemigo, bombardas fácilmente transportables, medios para sacar agua de los pozos durante el asedio de una plaza, carros cubiertos con los cuales penetrar en las filas enemigas, catapultas, balistas y otros pertrechos de efectos insospechados. Y en tiempos de paz, desempeñar el puesto de constructor para edificios públicos o privados. Luego añadía: "Asimismo puedo ocuparme del equino en bronce que será memoria del señor su padre y de la casa de los Sforza".

Sin dudarle, Ludovico le confió la construcción del monumento; pero en vez de iniciarla inmediatamente, el artista se entretuvo analizando una serie de caballos en distintas posturas y en las diversas maneras de fundir bronce. Mientras tanto, hizo un retablo notable que contribuye a su fama, *La virgen de las rocas*, con ilusión tan perfecta que la música parece resonar dentro de una cueva. Todo estructurado en forma piramidal, como la *Santa Ana* luego. *La virgen de las rocas* revolucionó la pintura. Antes, se representaban las figuras superpuestas al paisaje, a partir de aquí se fusionaron ambos elementos.

Los años pasaban y Leonardo tomó su turno. Se preocupó por los talentos jóvenes, recibió a varios ayudantes y adoptó a Andrés Salaino como hijo espiritual. Dormía hasta tarde y combatiendo esta tendencia inventó un despertador

muy complicado. Caminaba a las orillas del lago Como o subía montañas captando las difusas visiones del amanecer que luego incluyó a su arte. Se interesaba en las deformaciones del terreno, por los fósiles y concluyó que en siglos remotos existía un golfo de mar ocupando todo el valle del Po. Los geólogos modernos confirmaron esa tesis.

Ludovico el Moro pidió a Leonardo que pintara la Santa Cena en el refectorio del convento dominico de Santa María de las Gracias. Tres años le llevó terminarla. Juntó a los apóstoles en grupos de tres en torno a Cristo quien ocupa una parte de la mesa y el drama se plantea al momento en que dice: “Uno de vosotros me traicionará”. Los apóstoles adoptan distintas posturas alegando inocencia, Simón se inclina hacia Juan y Judas aprieta una bolsa de dineros. La actitud apasionada de los presentes contrasta con la tranquilidad de Jesús. Esta creación revela como ninguna las observaciones del autor con el realismo de algunos gestos. El tercer apóstol comenzando por la izquierda abre la palma protestando pureza, otro levanta un dedo con igual intención. Se advierte un momento de inquietud generalizada.

La Cena cobró reputación desde sus orígenes. Se ha dicho que es la suma de todos los estudios y escritos de su autor y cronológicamente se considera la primera obra de arte del Renacimiento en el periodo de su apogeo. Por desgracia se realizó con procedimientos técnicos que no dieron resultado y ha sido objeto de serias restauraciones. Un prior desafecto la mutiló abriendo una puerta en la parte baja y sin embargo a la fecha despierta una curiosidad reverente. Para conocerla precisa apuntarse en una larga lista de visitantes que solo pueden verla quince minutos.

En 1493, el modelo del caballo de bronce ya estaba terminado, se expuso en la plaza pública y causó admiración, pero nunca logró fundirse, fallaron todos los procedimientos. Entre tanto, la situación política de Milán se volvió difícil, Ludovico necesitó prepararse para la guerra y desentenderse del arte. Leonardo abandonó el viejo palacio con el laboratorio donde ya se había iniciado en sus estudios anatómicos. Envio sus dibujos, unos cuantos libros y mandó sus ahorros a Florencia. Con sus discípulos Boltraffio y Salaino se encaminó a Venecia y se supone que en esa ciudad acuática diseñó un traje de buzo que permitía acercarse a los barcos enemigos para hundirlos. Se negó a descubrir su invento temiendo la pérdida de vidas humanas. Y en un párrafo escribió: “Pienso qué crimen es quitarle la vida a un hombre cuya composición parece ser tamaño maravilla; pienso en el respeto que le debes al alma que habita esa arquitectura, la cual es en verdad cosa divina”. Estos pensamientos explican su interés por la anatomía que no lo abandonó nunca, visitaba el hospital, el depósito de cadáveres, disecó más de diez cuerpos siguiendo atentamente el desarrollo de las venas, el curso de los músculos, con lo que legó a la posteridad innumerables di-

bujos, conservados muchos en el castillo de Windsor o en la Academia Veneciana. La verdad es que modificó el concepto de la anatomía más allá de Della Torre, al tiempo que redactaba para el taller monetario del Papa, hermano de Julián de Médicis, su protector en Roma, un informe sobre la acuñación, realizó experimentos mecánicos y se dedicó a fabricar espejos ustorios. Pensaba publicar un *Tratado de la pintura*, compilación de notas y manuscritos que no se conocieron sino hasta 1651.

Con la *Gioconda* modificó el concepto mismo del retrato. Aconsejó a los otros pintores que no se preocuparan demasiado por la semejanza física de sus modelos atendiendo a la armonía. Esta pieza, como otras de su mano, marcó una serie de innovaciones por la sencillez del atuendo, los dedos sin anillos y las dimensiones casi naturales. Se dice que mientras la pintaba mandaba traer músicos que distrajeran a su modelo y ello explica su vaga y sutil sonrisa símbolo del misterio universal que Leonardo persiguió desde que un águila llegó a su cuna.

León X desconfiaba de aquel espíritu inventivo que se dejaba arrastrar por su pasión a las máquinas y no lo nombró arquitecto de San Pedro. Para tal cargo designó a Rafael que solo tenía treinta y uno, Leonardo se sintió postergado, aceptó un ofrecimiento del rey de Francia, tomó la ruta de los Alpes y llegó hasta su nuevo protector que lo albergó en el hermoso palacio de Cloux. El autorretrato que se encuentra en Turín es un documento elocuente realizado por entonces. Con la mano izquierda mojó la pluma en una sanguina más oscura que la de Italia. Dibujó la rebeldía, el dolor de sus ojos hundidos expresando el sufrimiento hecho de infinidad de sufrimientos olvidados que le plegaron los párpados, grabaron las mejillas y acusaron las sienas. Sin precisar la fecha, se admite que fue ejecutado en Francia. Al contemplarlo se piensa ¿Qué fue del bello joven Leonardo? ¿Qué de su brazo derecho domador de caballos luego paralizado por la gota? ¿Qué de su rubio pelo rizado? La sanguina representa a un hombre calvo, sin dientes ¿Causa de una existencia esforzada por alcanzar la superación? ¿O un castigo por intentar descubrir los secretos del infinito? Con una mueca de asco adelantó el labio inferior, un pliegue de amargura le estiró la boca hacia abajo, se contempló en un espejo. Captó la imagen de un viejo e insaciable Prometeo.

A los sesenta y siete años, después de recibir la extremaunción, murió probablemente con la única compañía del leal Francesco Melzi. Leonardo conoció por fin al operador de tantas maravillas que anonadan a los hombres. Su discípulo comunicó la noticia a Francisco I que se puso a llorar por este genio que representa en toda su gloria los conceptos de una época. ■

César Guevara Bravo*

La geometría de las sombras en la visión de Leonardo

Shadow geometry in Leonardo's vision

Abstract | Leonardo was a great observer of natural phenomena, emotions, mechanisms and the beauty of forms. His whole life was devoted to capture his emotions and experiences in the paintings and in the thousands of pages that form the codices. He had among his primary challenges to understand the inseparable phenomenon of light and shadows, since if he understood how they were governed in nature, then he could achieve the greatest realism in painting. In this article are exposed and founded some of his contributions in the work of the shadows; fundamental results of his proposal of the book of light and shadows contained in the *Painting treaty* will be shown; mainly those in which he showed more interest, such as those of illuminated bodies through windows, will be exposed. It will often be pointed out how Leonardo is perceived to pass from a geometry of the discrete to another of the continuous and although he does not state it that way, this work shows why it is relevant in his treatment of shadow geometry.

Keywords | Leonardo da Vinci, optics, shadows.

Resumen | Leonardo fue un gran observador de los fenómenos naturales, las emociones, los mecanismos, así como de la belleza de las formas. Vivió para capturar sus sentimientos y experiencias en las pinturas y en los miles de folios que forman los códices. Tuvo entre sus retos primordiales comprender el fenómeno inseparable de la luz y las sombras, pues si entendía cómo se gobernaban en la naturaleza, entonces podría llegar a conseguir el mayor realismo en la pintura. En este artículo se exponen y fundamentan algunas de sus aportaciones en el trabajo de las sombras; se mostrarán resultados fundamentales de su propuesta del libro de luz y sombras contenido en el *Tratado de pintura*, y se expondrán, principalmente, aquéllos en los que mostró más interés, como fueron los de cuerpos iluminados a través de ventanas. Con frecuencia se señalará cómo se percibe el paso en Leonardo de una geometría de lo discreto a otra de lo continuo y, aunque no lo enuncia así, en este trabajo se muestra porque es relevante en su tratamiento de la geometría de las sombras.

Palabras clave | Leonardo da Vinci, óptica, sombras.

Recibido: 15 de julio de 2019.

Aceptado: 30 de noviembre de 2019.

* Departamento de Matemáticas, Facultad de Ciencias, UNAM.

Guevara Bravo, César. «La geometría de las sombras en la visión de Leonardo.» *Interdisciplina* 8, n° 21 (mayo-agosto 2020): 17-45.

doi: <https://doi.org/10.22201/ceiach.24485705e.2020.21.75146>

La sombra

EN EL OCASO del Sol al ver nuestras sombras proyectadas en escorzo sobre las baldosas se nos genera una sensación de sorpresa. Percibir nuestros cuerpos alargados con dimensión desproporcionada nos puede producir la duda de cómo somos verdaderamente, es decir, si vacilamos de la realidad de nuestra sombra, podríamos dudar de cómo nos perciben los que nos observan (figura 1).

Las sombras han sido nuestro espejo más primigenio —así como también lo fue el reflejo en el agua—. En ellas, si se trazan los contornos, se pueden obtener los primeros esbozos de un retrato. Ese acto de poder eclipsar al sol y mirar la imagen en el piso, pared o lienzo bajo la proyección que elijamos para lograr la deformación que más nos agrade, sin duda nos cautiva.

La sombra que procede de eclipsar la fuente luminosa nos proporciona el contorno de nuestra proyección bidimensional, pero de ninguna manera nos podría dar elementos para trazar un bosquejo de lo que está dentro del contorno, es decir, de la parte totalmente oscura. Para poder representar al objeto tridimensional en una proyección bidimensional tenemos que contemplar más que solo el contorno que nos proporciona la sombra, para tal propósito se requiere conocer los relieves propios del objeto real.

Para conocer las características del objeto completo, en particular, lo equivalente a la zona oscura de la sombra, es indispensable la intervención del elemento opuesto: la luz. Al extraer las características del objeto tridimensional cuando están integradas la luz y las sombras, estaremos en posibilidad de ver los relieves y los contornos juntos. Sin la luz adecuada, las sombras generadas no permitirán apreciar lo tridimensional de los objetos (figura 2). Si no se logra apreciar totalmente el conjunto de relieves de un objeto, entonces su representación en una pintura o dibujo nunca se acercará a lo real.

Desde el siglo XIV, algunos artistas de occidente se percataron de que al comprender con mayor profundidad esta fusión inseparable de luz y sombras, se podrían crear mejores representaciones en dos dimensiones de lo que se observa en tres. En las primeras décadas del XV, en particular en 1435, un personaje

Figura 1. Cholula, Puebla, México.



Fuente: Elaboración del autor.

de gran influencia en la cultura Italiana, Leon Battista Alberti, planteó que una imagen debería ser como mirar a través de una ventana un suceso real, y para tratar de trasladar esa realidad a la representación gráfica escribió una obra que contiene sus principios de la perspectiva lineal (Alberti 1996). Pero, algunos artistas de las últimas décadas del siglo XV no encontraron los elementos suficientes solo en la perspectiva lineal para la representación pictórica de la realidad tridimensional. Se presentaban situaciones ambiguas de representación de los objetos lejanos y grandes —edificios, montañas, grandes árboles— que se intersectaban con el plano horizontal del piso, por lo que ya no bastaba con los conjuntos de líneas en fuga que se podrían intersectar para así dar una proporción más realista del tamaño de los objetos a la distancia. Parte de la ambigüedad se resolvía al agregar cambios de tonalidades tanto en el entorno aéreo, así como en los objetos mismos, según las distancias entre unos y otros.

Un artista que se cuestionó esta disyuntiva y propuso como vía de solución la perspectiva aérea fue Leonardo da Vinci. A partir de sus paradigmas que incluyeron el estudio de las sombras para dar el máximo de realismo a la pintura, esta pasó a tener un estatus más allá de las artes plásticas, ahora podríamos decir que ya era parte de las enseñanzas

Figura 2. La luz y las sombras permiten apreciar los relieves o en este caso los pliegues de la tela.



Fuente: Leonardo Da Vinci, de la *Royal Collection Trust*, dentro de la presentación “The drapery of a kneeling figure”. Fragmento.

de la óptica, los fenómenos atmosféricos, etcétera.

Las sombras de Leonardo

Hasta mediados del siglo XV no había existido otro artista tan interesado y analítico con el tópico de las sombras como Leonardo. En sus *Cuadernos* (Leonardo 1958) menciona que “la primera pintura era solo un esbozo que circunscribía la sombra de un hombre proyectado por el Sol en una pared”. En estos casos Leonardo ya contemplaba que la fuente de luz podría ser el Sol y no solo la luz de candelas, porque la luz de los exteriores da lugar a las sombras en su estado natural, es decir, las que se generan con los árboles, montículos y edificios. Aunado a lo anterior, e igual de importante, es que contempla y estudia las sombras

que se generan a través de la luz que se expande en lo que él llama “el aire”, y se refiere a lo que entendemos por luz indirecta de los reflejos, lo que algunos llaman resolana. Leonardo considera que estos rayos estaban interactuando en lo que se concebía en aquella época como la bóveda del cielo.

Esta luz en “el aire”, la visualiza como las variaciones de la opacidad de las cosas a la distancia, de tal modo que, según esta variante, podríamos reconocer las diferentes distancias entre edificios o montañas encontradas en la misma línea del plano del horizonte. Dicho de otra manera, si se vieran a la distancia varios de ellos y todos pintados con la misma altura, entonces, para representar que unos están más lejos que otros, se tiene que pintar el entorno del aire más denso, mediante los tonos azul. Leonardo considera que entre más distancia exista entre el ojo y los edificios o montañas, más aire existe entre ellos, por lo tanto, aumenta la tonalidad azul. De este modo, los edificios más cercanos al observador se pintan sin cambios de tonalidad en el aire y, por el contrario, a mayor distancia, la delineación de los contornos es más difusa y aparecen los cambios en los tonos de azules que son los que dan la sensación de distancia.

En el *Tratado de pintura*¹ (1980, 262), capítulo “Perspectiva de color y perspectiva aérea”, y párrafo 293 “De cómo el pintor ha de poner en práctica la perspectiva de los colores”, se encuentra un inicio de sus reflexiones respecto a lo antes mencionado. Ahí, enuncia la proporción de tamaños que se tienen que conservar según la distancia entre objetos desde la posición del observador. Escribió lo siguiente:

“[...] observarás las cosas que cada 100 brazas estén situadas en la campiña, tal como árboles, casas, hombres y parajes. [...] dibujarás un árbol trazado sobre la forma del árbol primero. [...] Darás entonces color a tu dibujo, de suerte que guarde la semejanza de color y forma [...]. [...] harás los árboles segundo y tercero a una distancia de 100 brazas cada vez. [...] Mas yo he descubierto una regla, según la cual el segundo se reduce a 4/5 del primero cuando está situado a 20 brazas de él.”

Cuando se refiere a que “el segundo se reduce a 4/5 del primero cuando está situado a 20 brazas de él”, seguramente no considera las 20 brazas en un equivalente de 40 metros, es posible que considere una distancia mayor. Por el contexto, posiblemente consideró que por la densidad del aire el color se altera y da la impresión de que el segundo árbol se redujo 4/5 partes, porque de no ser así, la reducción en 20 metros sería mucha, a esa distancia no disminuye tanto la proporción de las alturas entre el primero y segundo árbol.

1 Para este trabajo se usó la edición de Ángel González García [1980], realizada con base en la de Jean Paul Richter de 1939.

Recuérdese que Leonardo consideró que a mayor distancia entre los edificios o montañas aumentará la tonalidad azul. Para tratar de entender estas de liberaciones entre distancias e intensidades del azul es necesario acceder en primera instancia a las ideas que tenía de la relación entre colores dominantes. Pensaba que el color más predominante entre dos cuerpos será el que finalmente permeará en la tonalidad del entorno. En la edición española de 1827 del *Tratado* (1827), en el párrafo CLXII, menciona que “[...] la cosa que más participe del color de este, se representará en él con mucha mayor fuerza”. Podemos interpretar esta cita en términos de que si la montaña está rodeada de un gran cielo azul entonces la montaña quedará inmersa en esas tonalidades.

Más adelante, en el mismo párrafo, explicará que esa tonalidad que permeará en el entorno dependerá de la distancia que media entre el observador y el objeto. La cita es esta:

“El intervalo que media entre la vista y el objeto, trasmuta a este, y lo viste de su color, como el azul del aire tiñe de azul a las montañas lejanas; el vidrio rojo hace que parezcan rojos los objetos que se miren por él; y el resplandor que arrojan las estrellas a su contorno está ocupado también por la oscuridad de la noche, que se interpone entre la vista y su luz. El verdadero color de cualquier cuerpo solo se notará en aquella parte que no esté ocupada de ninguna cualidad de sombra ni de brillantez, si es cuerpo lustroso”.

Se puede entender que a mayor distancia el azul del aire altera más la coloración que vemos en los objetos junto con las sombras y el brillo. Los verdaderos colores los podemos ver a corta distancia porque no se “ocupaba de ninguna cualidad de sombra ni de brillantez”, es decir, la distancia es tan corta que casi no influye el azul de aire.

En el párrafo CLXIII de la misma edición española del *Tratado*, Leonardo nos permite entender más sobre su propuesta de las montañas azules. Este párrafo se titula *Del color de las montañas*, en él comenta por qué las montañas pueden tener diferentes tonalidades en la intensidad del azul. La cita señala lo siguiente:

“Cuanto más oscura sea en sí una montaña, tanto más azul parecerá a la vista; y la que más alta esté, y más llena de troncos y ramas será más oscura; porque la multitud de matas y arbustos cubre la tierra de modo que no puede penetrar la luz; y además las plantas rústicas son de color más oscuro que las cultivadas. Las encinas, hayas, abetos, cipreses y pinos son mucho más oscuros que los olivos y demás árboles de jardín. La parte de luz que se interpone entre la vista y lo negro de la cima, compondrá con él un azul más bello, y al contrario”.

Esta cita nos indica que entre más cerca estemos de una montaña la veremos más oscura porque su composición de vegetación y árboles nos impide ver los reflejos de la luz del Sol, pero a la distancia podemos ver que la montaña tiene un color verde uniforme, por lo tanto, la diferencia de tamaños y colores de la vegetación y árboles ya no se distingue, todo se ve como un solo objeto de color más brillante. Por esta razón, Leonardo menciona que “Cuanto más oscura sea en sí una montaña, tanto más azul parecerá a la vista; y la que más alta esté, y más llena de troncos y ramas será más oscura”. Se entiende que entre más cerca estamos de una montaña es menos el azul del cielo, por eso él antes mencionó que “[...] la cosa que más participe del color de este se representará en él con mucha mayor fuerza”. Se entenderá de las citas que si la distancia es menos entre el observador y la montaña, esta será más oscura y participará menos del azul del cielo, por lo tanto, el azul influye menos en la montaña, y vemos la montaña con azul más intenso; de lo contrario si la distancia es mayor, la montaña se verá más pequeña y el azul del cielo participará más, es decir, veremos la montaña más clara y brillante.

En el parágrafo 294 del *Tratado* que tiene por título “De la perspectiva aérea” se puede completar este análisis de las sombras y colores de las montañas, que dan la impresión de tener tonos azules según la distancia a la que se observen. Leonardo nos sugiere una proporción entre distancia y uso de las tonalidades del azul. En la cita que sigue se puede constatar lo mencionado:

“Hete aquí una otra perspectiva que llamo aérea, pues por la variedad del aire podemos conocer las diversas distancias de los distintos edificios que aparecen dispuestos en una sola línea. [...] cuando ves algunos edificios al otro lado de un muro, que todos parecen [...] tener la misma dimensión, y quieres tú representarlos en la pintura a distancias dispares y fingir un aire someramente denso. Tú sabes que en un aire de uniforme densidad, las cosas últimas vistas a través de él, como las montañas, parecen, por culpa de la gran cantidad de aire interpuesto entre tu ojo y la montaña, azul [...]. Habrás, pues, de pintar sobre el muro el primer edificio, según su real color, y el más lejano menos perfilado y más azulado. Aquel que desees ver cinco veces más lejano habrás de hacer cinco veces más azul [...]”.

Todas las citas se complementan. Se enuncia la variación de los tamaños según la distancia entre ellos y la densidad del color también es proporcional; a mayor distancia más intensidad en las tonalidades azules que nublan su entorno, es decir, “Aquel que desees ver cinco veces más lejano habrás de hacer cinco veces más azul”. Afortunadamente Leonardo sí nos dejó ejemplos explícitos de su teoría del color y las sombras de las montañas azules. Enseguida se presentan tres ejemplos de sus obras:

I). La Anunciación (1472-1475). A la izquierda y arriba de la mano derecha de María se ven las montañas, las del fondo cada vez son más las claras y tienden a perderse en la claridad del color. Aquí usa las tonalidades en azules que tienden a grises y las montañas que están más al fondo se aprecian cada vez más pequeñas, sin duda está usando lo que ha teorizado en los tratados: tonalidades de azul, la luz del aire, proporción de tamaños, el color dominante del cielo permea sobre las montañas.

Figura 3. *La anunciación* (1472-1475). Fragmento.



Fuente: Leonardo da Vinci. *La anunciación* (1472-1475). Fragmento.

II). Retrato de Ginebra Benci (1474-1476). En el paisaje del fondo están los árboles y los que están más cerca del observador se ven prácticamente con sus colores reales y los del fondo ya se aprecian con las tonalidades azules. Aquí podemos constatar lo que se mencionó antes, que lo “más cercano al observador se pinta sin cambios de tonalidad en el aire, por el contrario, a mayor distancia la delineación de los contornos es más difusa y con cambios en los tonos de azules que le dan la sensación de la distancia”. Algo semejante a lo señalado con las montañas de los ejemplos anteriores se puede decir de las dos torres que aquí se ven.

Figura 4. *Retrato de Ginebra Benci* (1474-1476). Fragmento.

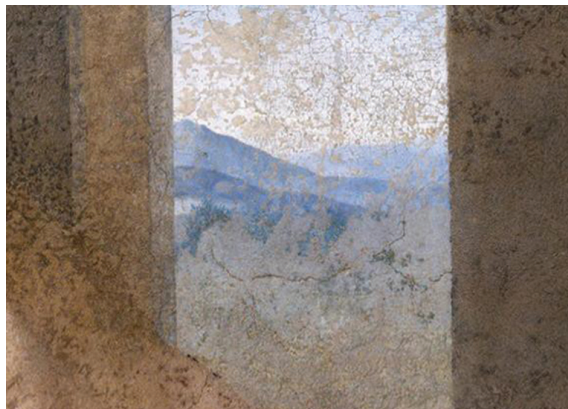


Fuente: Leonardo da Vinci. *Retrato de Ginebra Benci* (1474-1476). Fragmento.

III). La última cena (1495-1498). En la ventana izquierda del fondo se pueden ver tres montañas y su intersección con el plano horizontal del piso —como se mencionó antes—. Como se quiere dar la impresión de que existe una distancia considerable entre ellas, entonces usó los tres tonos de azul, la más cercana es de un azul más intenso y la del fondo la más clara, esto es, a mayor distancia más uso del azul para aclarar la montaña

Todo lo anterior nos permite reconocer que las reflexiones de Leonardo sobre el color y las sombras serían elementos fundamentales para entender su visión de la perspectiva aérea, las cuales, sin duda, fueron el complemento requerido para la perspectiva lineal. Desafortunadamente Leon Battista Alberti ya no pudo ver esto.

Figura 5. *La última cena* (1495-1498). Fragmento.



Fuente: Leonardo da Vinci. *La última cena* (1495-1498). Fragmento.

Los antecedentes

Leonardo seguramente no llegó totalmente solo a sus ideas sobre las sombras, el color, la perspectiva aérea y el manejo de la saturación de la luz. El entorno de su época estaba en deuda con los filósofos naturales del pasado, como Aristóteles, Alhazen y Roger Bacon.² Ellos proveyeron los términos, palabras, primeras ideas y conceptos que finalmente fueron la base de las preguntas que surgirían, y más importante aún, de las primeras respuestas que serían el punto de partida de la perspectiva lineal y aérea.

En el pasaje antes citado del parágrafo 294 del *Tratado*, Leonardo probablemente tenía presente una propuesta de la *Óptica* de Alhazen. En esta obra árabe se demostró que para la percepción más precisa de la distancia se requería que

² Véase Bell (1993a y b).

el conjunto de objetos en la escena se visualizara dentro de un plano de tierra continuo.³ Presenta un ejemplo de muros concurrentes vistos desde una mirilla. Leonardo usó un principio semejante de este ejemplo de Alhazen, donde se ven torres y árboles altos desde el interior de un jardín amurallado (figura 3). Después, aplicó la teoría de la perspectiva lineal al color, y resultó la perspectiva aérea, que es lo que se ha planteado.

Todo lo expuesto en este trabajo hasta ahora indudablemente muestra su interés por la interpretación de la naturaleza, perfil que eligió Leonardo. Estos caminos los inició Giotto, pero en las primeras décadas del siglo XV, su espontáneo interés naturalista ya estaba muy cercano a la indiferencia, pero Massaccio lo trajo de nuevo al entorno de los artistas italianos jóvenes. Este interés naturalista permeó en particular en Leonardo y nunca se alejó de él.

Ya se señaló que sus bases teóricas posiblemente estaban cerca de Alhazen, Roger Bacon y otros conocedores de las teorías matemáticas, y a pesar de que él nunca fue un teórico de esta disciplina sí criticó a aquéllos que las estudiaban solo de manera teórica con base en las aportaciones de otros autores, pero que no se acercaban a extraer de la naturaleza esos vínculos teóricos. Leonardo dice:

“Así, quiero decir que estas cosas matemáticas, que quienes solamente estudian a los autores, más no las obras de la naturaleza, son por su arte nietos, que no hijuelos de esa naturaleza, maestra de nosotros.”⁴

Por otro lado, parece que sí reconoce virtudes en las maneras de exposición de las obras de corte axiomático como las de Euclides, Paccioli o Alhazen, y a pesar de que no conocemos un manuscrito que nos proporcione una obra totalmente planeada y terminada por él, sí podemos encontrar en sus manuscritos una clase de exposición axiomática gráfica. Es decir, Leonardo dejó una serie de principios, que vienen a ser como nociones comunes; también múltiples resultados producto de la observación y la experiencia, a los que se le puede dar la categoría de axiomas esquematizados. Empero, ya mencionamos que no hay una obra que refleje de manera estructurada lo dicho, pero de las selecciones que hicieron de sus manuscritos para dar lugar a las síntesis conocidas, como es el caso del *Tratado de pintura*, el *Libro de pintura* y los *Cuadernos*, se puede apreciar esa axiomatización gráfica que mencionamos antes y de la que daremos ejemplos más adelante.

Una muestra sobresaliente de su interés por los fenómenos naturales⁵ se presenta en su trabajo sobre luz y sombras, en él se tiene una construcción in-

³ Véase Sabrá (1989).

⁴ Codex Atlanticus, 141a, Richter, 660.

⁵ Al decir fenómenos naturales nos referimos a un Leonardo que quería plasmar en sus

tegral de los elementos teóricos que constituirían su marco conceptual para que los artistas se formaran en las técnicas más depuradas que les permitieran las representaciones perfectas de las escenas naturales.

La teoría geométrica de las sombras

Antes de presentar una parte de sus estudios sobre las sombras, en el *Tratado* primero se proporcionará una de sus posibles bases teóricas en el ámbito de la geometría de la perspectiva y color. Ya antes se mencionó la influencia de Alhazen pero fue de manera muy acotada, pues solo fue para la interpretación pictórica de la saturación de los colores en las pinturas. Ahora se retoma la influencia de este autor de manera más detallada para comprender cómo pudo marcar su enseñanza.

Se tiene la certeza de que una de las lecturas principales de Leonardo fue *De aspectibus* de Alhazen.⁶ Lorenzo Ghiberti lo consultó, transcribiendo grandes secciones para su *Comentario* (Ghiberti 1998). Está documentado que Leonardo conoció *De aspectibus* de Alhazen a partir de finales de la década de 1480, cuando comenzó a escribir sobre el color y la perspectiva aérea. Para entender más el entorno de la óptica de la segunda mitad del siglo XV, se presenta un panorama general del contenido de *De aspectibus*.

De aspectibus

Con la aportación de Alhazen de manera inmediata llegan a la memoria los tópicos de sombras, colores, los paradigmas de la perspectiva desde la filosofía natural aristotélica y por el otro lado la geometría euclidiana, además, leyes de refracción, los colores y sus alteraciones por la densidad de la atmósfera.

De Aspectibus es una obra compuesta por 7 libros, pero las aportaciones las podemos repartir en seis apartados.

- (i) Las teorías de la visión con base en el intramisionismo. Alhazen ofreció bases teóricas para respaldar su preferencia por el intramisionismo y mos-

obras no solo los objetos rígidos como si fueran fotografías, él iba más allá, quería representar los movimientos, las expresiones, los fenómenos atmosféricos, las variaciones, los colores, el comportamiento animal, etc. Un elemento común y fundamental en cada una de las representaciones, para lograr el máximo realismo, son el manejo y representación de las sombras.

6. No se puede pasar por alto que detrás de la obra de Alhazen se encuentran Euclides y Apolonio, quienes aportan el trasfondo geométrico; Ptolomeo sugiere problemas y aporta directrices específicas; la anatomía del ojo se toma casi directamente de los trabajos de Galeno. También en alguna medida está Biagio Pelacani de Parma en las *Questiones super perspectivam*. Ellos le proporcionaron la posibilidad de explorar la composición de las sombras desde su integración en el entorno atmosférico sustentado con la óptica geométrica.

- tró cómo podía usarse en este contexto el paradigma de la pirámide euclidiana, concebida en un principio para modelaciones extramisionistas.
- (ii) Pirámide visual euclidiana. El observador es el vértice de la pirámide; el objeto observado es la base; la pirámide completa es como un barrido visual; el punto y el ojo podrían no ser equivalentes desde el argumento de que el punto no tiene partes, entonces, para concebir que el ojo es el vértice de la pirámide visual, Alhazen recurre a las enseñanzas anatómicas de Galeno y así establece la funcionalidad geométrica de las partes del ojo.
 - (iii) Descripción de los mecanismos de percepción directa, a partir de la anatomía del ojo y desde la sensación e interpretación de lo que se percibe. Por un lado, se consideran las propiedades que se distinguen de un objeto por la apreciación de los elementos anatómicos del ojo; por otro lado, se tienen las propiedades que son observadas debido a nuestros elementos de juicio, donde entran las emociones y sensaciones que nos generan las formas percibidas.
 - (iv) Estudiar las propiedades de la óptica con base en la exploración y la modelación matemática. Dedicó partes considerables para el estudio de la reflexión de la luz sobre superficies brillantes. Para esto, desarrolló los modelos de líneas de incidencia y de reflexión sobre planos con rectas normales en los puntos de intersección.

En esta parte del estudio, Alhazen muestra que la geometría es el andamiaje con el que se deben presentar los problemas, así como las soluciones asociadas con el estudio de los fenómenos de la óptica. Así, la geometría no será un elemento complementario para estudiar estos temas, será el fundamental.

- (v) Aquí se presenta el problema y solución del famoso *Problema de Alhazen*.
- (vi) Lo dedica a estudios de refracción. Alhazen de alguna manera retoma ciertos resultados de Ptolomeo sobre refracción de la luz. Se plantean problemas astronómicos de tamaños aparentes de la Luna y otros que combinan el trabajo de observación con la modelación geométrica.

Grosso modo, este es el contenido de *De aspectibus* y esto nos permite contextualizar la lectura del *Tratado de pintura* de Leonardo.

El *Tratado de pintura*

Con los antecedentes que se expusieron ya es más enriquecedor llegar al análisis de la sección “Seis libros sobre la luz y la sombra” del *Tratado de pintura* y entender ese contexto de carácter axiomático que mencionamos anteriormente.

Del interés de Leonardo respecto a las sombras se ha escrito mucho y de gran calidad, todos los autores hacen referencia a los manuscritos que contienen estos tópicos, pero solo en algunas ocasiones exponen qué es lo que contienen. Por lo mencionado en esta sección se expondrán los temas de los “Seis libros sobre la luz y la sombra” con el objetivo de que el lector tenga una idea del contenido directo de Leonardo en la teoría de las sombras y no solo las interpretaciones de otros autores. La exposición no será párrafo a párrafo, porque si se considera que el *Tratado de pintura* es una recopilación de fragmentos tomados de diferentes manuscritos, entonces no tiene una estructura totalmente lógica y ordenada. Lo que aquí se expone son los párrafos de la sección de luz y sombras, pero tomados en otro orden, para dar un arreglo más estructurado de la exposición y darle prioridad a lo que se consideran los resultados centrales de dicha sección.⁷

Se muestra ese perfil que pudiéramos llamar axiomático-geométrico en su exposición, que nos lleva a reconocer que Leonardo no solo pretendía compartir sus observaciones sobre luz y sombras, se percibe que tuvo la intención de crear una obra con toda la estructura y fundamento a semejanza de las obras matemáticas que él seguro conoció.

El proemio de los “Seis libros” es una clase de prólogo, en él se define lo que es la sombra “Sombra es privación de la luz”, después, justifica el enunciado de la primera proposición que dice: “todo cuerpo opaco está circundado y superficialmente vestido de sombras y luces”. Para justificar la proposición dice que sin las sombras “los cuerpos opacos y sólidos serían entendidos malamente [...] lo que se contiene en sus contornos y malamente esos mismos contornos”. Esta es la primera muestra de cómo se parte de una definición y con base en ella se intenta construir la proposición, pero a esto se le agrega que él previamente justifica la primera proposición. Esta manera de proceder no es común en la forma como se presentan las proposiciones en las obras matemáticas, generalmente se presentan axiomas y definiciones y enseguida entran las proposiciones sin justificar la razón práctica de su existencia. En el *Tratado* se encuentra el elemento que justifica para no quedar solo en el marco teórico.

Se muestra una serie de definiciones de tipos de sombras, estas serán fundamentales para entender la manera como percibimos los objetos, pero no tanto desde la teoría de la visión o de la estructura del ojo, mejor dicho, es desde lo que la apreciación de los elementos externos del aire y la atmósfera, y nos lleva a no tener unicidad en cómo interpretamos lo que vemos. Esto se debe a que la manera en la que se iluminan las cosas varía según la fuente de luz, la cual pue-

⁷ Los números que se indican en la exposición son los del párrafo correspondiente, inician su aparición a partir de la definición de luz.

de cambiar según las circunstancias en la que se genera, que pueden ser desde climáticas hasta de los materiales con los que se genera la fuente luminosa.

En el proemio, las definiciones usan conceptos que se consideran verdaderos, como es el caso de la noción de luz. Leonardo supone que esta existe, y ya no trata de explicar qué es, dentro de un entorno atomista, simplemente la usa para poder dar lugar a las definiciones de tipos de luz. Diversas definiciones quedan sustentadas en términos de la apreciación y la experiencia, pero esto no es novedoso, lo mismo pasó con los trabajos que tienen base axiomática, es decir, se parte de ciertas verdades o existencias que ya no serán cuestionadas.

Ahora se presenta un esquema de definiciones o proposiciones del proemio, pero —como ya se mencionó— no se hace en el orden en que se presenta en la obra, aquí se presentará un orden que podría ser más didáctico y con cierta jerarquía de implicaciones encadenadas:

Definiciones de Luz

- 111, 125, 126. **Luces confinadas**: son las que se proyectan a través de una ventana o de manera más dirigida. Es aquella luz que pasa por un orificio.
- **Luces libres**: son las que alumbran a los cuerpos de manera libre. Es la luz de las campiñas.
- 116, 117. Hay géneros de luz que iluminan cuerpos opacos.
- **Particular**: es la del Sol, del fuego, o alguna otra luz de ventana.
- **Universal**: es la que ocurre en días nublados o con niebla. Es a la vez la del aire comprendido en los confines del horizonte.
- **Compuesta**: cuando al alba u ocaso el Sol está oculto bajo el horizonte.
- **Separada**: la que ilumina un cuerpo. A esta se le llamará **primitiva** y es la que ilumina los cuerpos sombríos.
- **Inseparable**: la que participa del cuerpo iluminado por esa luz. A esta se le identificará como **derivativa** (aquellas partes del cuerpo iluminadas por las primitivas).

Además, en 117 plantea un tipo de luz emanada a partir de **cuerpos translúcidos**, esta es la luz que pasa a través de tela o papel, pero no a través de superficies como cristales que son totalmente transparentes.

Definiciones para sombras

118, 119. Sombra es carencia o disminución de luz y mera obstrucción de los rayos luminosos por los cuerpos densos; la sombra es de la naturaleza de las tinieblas.

Sombra es subrogación del rayo luminoso cortado por un cuerpo opaco (figura 6).

Figura 6.



Fuente: Las figuras 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 17, 20 son una intervención de figuras tomadas de: Leonardo da Vinci. 1980. *Tratado de pintura*. Capítulo: Seis libros sobre la luz y la sombra. Edición preparada por Ángel González García. Madrid: Editora Nacional.

Esto queda demostrado porque el rayo sombrío es de la misma forma y tamaño que el rayo luminoso que se trasmuta en sombra.

Este se puede considerar como una clase de axioma gráfico, que es lo que se mencionó antes.

118, 120. Ahora que ya se tienen las definiciones de luz y sombra se puede ver de qué manera Leonardo ubica la importancia de cada una de ellas. Así, enuncia:

“La una oculta, la otra revela. Siempre están unidas a los cuerpos en mutua compañía. Pero la sombra es más poderosa que la luz, puesto que niega y priva por entero a los cuerpos de la luz, en tanto que la luz nunca puede expulsar toda sombra de los cuerpos, esto es, de los cuerpos densos”.

Y por esta razón considera que “La sombra es la acentuación de las figuras de los cuerpos. Sin sombras no podrán las figuras de los cuerpos dar noticia de sus cualidades”.

En Leonardo las sombras no son solo parte de los fenómenos ópticos o atmosféricos, son, incluso, más relevantes que la luz, porque ellas son las que dan cuenta de las formas, relieves y contornos de las figuras.

Definición de tiniebla y tipos de sombra

120, 122, 127. Las tinieblas son carencia de luz y la sombra disminución de luz. Pero se puede ver como que la luz es la que desaloja las tinieblas.

La sombra es disminución de las luces y de las tinieblas, y está situada entre esas mismas luces y tinieblas. El principio y fin de la sombra se extiende entre luces y tinieblas y son infinita mengua y aumento infinito.

En el proemio se presentan los tipos de sombras, que serán fundamentales, porque Leonardo construirá sus proposiciones con base en los tipos de sombra

que se generan con las variantes de fuentes luminosas que previamente ya definió. Los tipos de sombras son:

- **Primitiva:** la que es inseparable de los cuerpos sombríos. Es aquella parte de los cuerpos que no puede ser vista por la luz.
- **Derivativa:** la que se desprende de los cuerpos sombríos y el aire recorre, llevando consigo hasta el plano del muro la forma de su causa (125); es la mera proyección de los rayos sombríos.
- **Arrojada:** la que está circundada por una superficie luminosa.
- **Simple:** la que no ve parte alguna de la luz que la causa. Esta comienza en la línea que parte de los contornos del cuerpo luminoso. Es la que ignora toda luz.
- **Compuesta:** es la alumbrada por una o más luces.

124. Se pueden presentar otras variantes de sombras que incluso se pueden preservar bajo movimientos del cuerpo opaco. Estas son:

- **Inseparable:** es la que nunca se ausenta de los cuerpos luminosos, así una esfera que, aún cuando está en la luz siempre tiene alguna parte ocupada por la sombra, la cual nunca desiste, ni siquiera con ocasión de los desplazamientos de lugar de la tal esfera.
- **Separada:** puede ser o no engendrada por el cuerpo, es decir, supongamos que la esfera está a una braza de un muro y que al otro lado hay una luz que proyectará sobre el muro una sombra tan dilatada, y de la forma que tiene la parte sombreada de la bola, que no será visible cuando la luz esté bajo la esfera, pues la sombra se elevará hasta el cielo y se perderá.
- **Corruptas:** 197 dicese de aquéllas que se proyectan sobre paredes iluminadas u otros cuerpos luminosos.

El contenido de los seis libros

Se sabe que Leonardo revisó el conjunto de sus manuscritos para seleccionar los preceptos sobre luces y sombras, y que llegó a tener una síntesis casi exclusivamente dedicada al tema. Uno de estos manuscritos se conoce como el MS C y se conserva en el Institut de France, París, mientras que el otro, el Libro W, está perdido, pero se tiene una idea de su contenido gracias a otras fuentes.⁸ Leonar-

⁸ Tanto MS C como el Libro W pertenecían a Francesco Melzi, quien los mencionó entre sus fuentes para dar forma al *Libro di pittura* y en especial el capítulo *Ombra e Lume*. Por esta razón, se sabe de la propuesta de Leonardo de estructurar una obra sobre luz y sombras en seis secciones llamadas libros.

do estructuró el manuscrito MS C con la firme idea que sería el libro sobre luz y sombra. Alrededor de 1490 escribió una nota donde parece que describe el contenido del libro, esta se conserva en el *Codex Atlanticus*. Según la nota de Leonardo, la obra estaría dividida en siete libros.

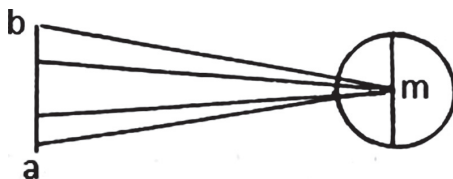
En el mismo Proemio del *Tratado de Pintura* se encuentra la descripción de los siete libros que conforman su teoría de la luz y sombras. Con todas las definiciones y proposiciones ya enunciadas enseguida se describe cada uno de ellos.

Uno

Que los cuerpos opacos están circundados y superficialmente cubiertos de sombras y luces.

129. Es una larga exposición donde compara la manera en que el ojo percibe los objetos, como si fuera una fuente luminosa concentrada en un solo punto *m* (figura 7), es decir, como si el ojo lanzara rayos de visión y atrapara parte del objeto *ab* y las partes que no podemos ver es donde se generan las sombras.

Figura 7.



Leonardo plantea que:

“La luz actúa de semejante manera, puesto que, en los efectos de sus líneas, y particularmente en la perspectiva, mucho se asemeja al ojo. Su centro es el que arroja la verdadera sombra. Cuando el objeto situado frente a la luz sea presto alcanzado por los aciagos rayos, mostrará una sombra grande y desproporcionada, nunca definida [...]”

En este mismo párrafo proporciona las ideas de la luz que pasa por un orificio y se proyecta en una cámara oscura.

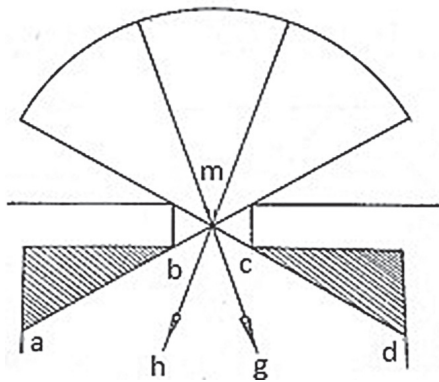
130. Aquí se inicia una serie de reflexiones sobre la luz que entra por una cavidad, que puede ser ventana o puerta. Particularmente, nos presenta el caso de la ventana, pero intrínsecamente está pensando en rayos lineales de luz y que más adelante son los que generarán las pirámides de sombras cuando se interponga un cuerpo opaco. Este párrafo se titula “Los rayos sombríos y luminosos

son más intensos y diestros en sus vértices que en sus lados”.

Leonardo nos plantea que las pirámides luminosas o las de sombra (figura 8) pueden tener los mismos ángulos, aunque tengan bases desiguales como mn u on . En la figura se aprecia que pueden existir diferentes fuentes de luz pero que al pasar por la misma ventana st el ángulo de la pirámide puede llegar a ser igual, como los ángulos efd y bca . Si se da el caso que parte de las pirámides son de sombra, entonces se infiere que se pueden tener cuerpos opacos de diferente tamaño pero que generan el mismo ángulo.

137. Aquí parece que se tiene el caso de la luz que se está reflejando en la bóveda de la atmosfera y se manifiesta a través de los rayos que siguen trayectorias lineales y todos son concurrentes en un punto, al que llama m (figura 9). Plantea de alguna manera rayos individuales y no sectores luminosos

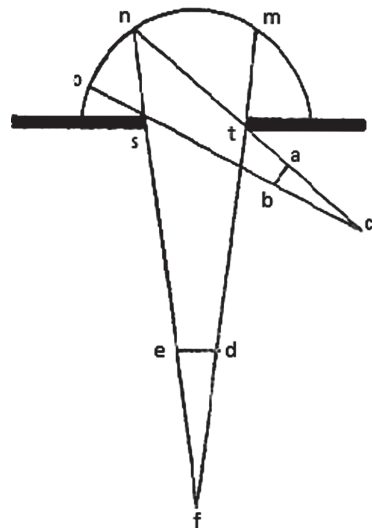
Figura 9.



que dan lugar a pirámides de sombras (como en 130). En este caso son rayos concurrentes, e incluso sombras concurrentes como lo muestra al final de su proposición, donde se ven las sombras en h y g . Algo interesante pero que no lo menciona aún en este párrafo es que se generarán sectores de sombras, como se muestra en los triángulos sombreados de hipotenusa ab y cd (figura 9). Lo anterior, visualmente nos sugiere que las sombras son inevitables y que dependerán del ancho de la ventana.

138. Tenemos dos párrafos concatenados. El primero —el 138— da la idea de cómo se pueden generar sombras de pirámide con vértice en la parte superior o inferior (figura 10), respectivamente, al cuerpo opaco. La idea es que si se tiene una ventana AB , y un rayo parte de B y toca al cuerpo opaco, entonces se sigue a m ; de la misma forma para A , y llega a n . Esto nos genera una sombra de base mn que se puede extender indefinidamente o no. Pero, si los rayos se recorren de B hacia A , entonces después de tocar el cuerpo opaco se recorren desde m hacia n , y de la misma

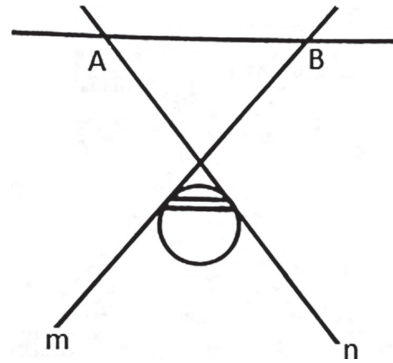
Figura 8.



manera pasa con los rayos que parten alejándose de *A* hacia *B*, estos llegarán en la dirección de *n* hacia *m*. Lo que sucede en estos casos es que el aire luminoso va cerrando la distancia de la base del cono de sombra hasta que se tenga una pirámide de sombra con el vértice en la parte baja del cuerpo opaco, como se ve en la figura.

Lo expresado en 138 es una especie de variable discreta dentro del estudio de los rayos, razón por la cual se estudian los rayos en lo individual y en ocasiones se menciona el aire luminoso que sería el conjunto denso de los rayos.

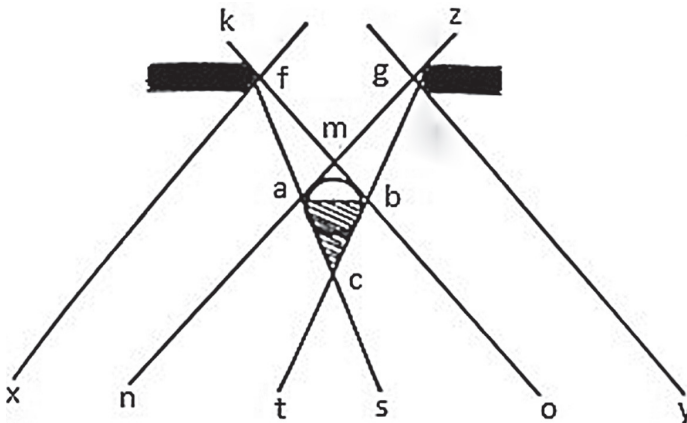
Figura 10.



En 139 —el segundo artículo concatenado— se presenta como una generalización del 138, ahí se señala que “todo cuerpo sombrío está situado entre dos pirámides, una oscura y otra luminosa. La una vemos, más no la otra. Sólo ocurre así cuando la luz entra por una ventana”.

En la figura 11 se puede apreciar que se forman dos conos de sombra, por un lado el *nmo* que es una sombra de base amplia, pero es cono de sombra trunco porque sí está iluminada la parte *abm* y por el otro lado el cono *cab*. Se puede notar que la única sombra que persiste es la del segundo cono, el *cab*, ya que las sombras de las regiones *nact* y *scho* serán iluminadas por los rayos *zn* y *ko* cuando se ubiquen más a la derecha o la izquierda, respectivamente, como se ilustra en 138. Y es claro que los rayos no se estarán moviendo en lo individual, pues todo se tiene que ver como un continuo, donde la luz permea en todas las direcciones.

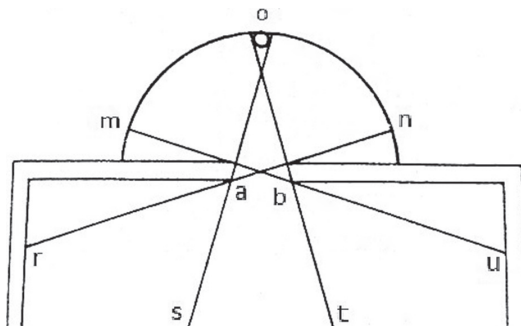
Figura 11.



En 139 se pueden inferir los diferentes tipos de sombra. Por un lado, la sombra del cono *cab* que será de algún modo más **pura**, es decir, solo recibe de manera homogénea la luz del aire que la circunda; por otro lado, las regiones *nact* y *scho* ya están iluminadas pero están entremezcladas con las sombras del cono trunco *nabo*; entonces, la tonalidad del color será diferente al de otras zonas de la habitación por donde entra la luz. Por ejemplo, no será la misma tonalidad para las zonas *xfan*, *nact*, *tcs*, todas estarán iluminadas, pero con diferente tonalidad, porque unas tendrán más o menos interferencia de sombras y esto modificará también el color de la sombra. Sin duda, Leonardo fue un gran observador de esta composición de las sombras y de la geometría intrínseca que las compone.

145. Ahora, la ventana *ab* recibe luz desde el mismo hemisferio y aunque las luces —dice él— sean iguales en claridad, pero con mayor amplitud en lo que cubren del hemisferio (por ejemplo, la región del hemisferio *mn* que es más grande que la zona que cubre el objeto *o*), no reflejarán dentro de la habitación la misma amplitud (figura 12). Se puede ver que la región *mn* de hemisferio ilumina la zona *ru* en la habitación y lo que cubre *o* ilumina *st*.

Figura 12.



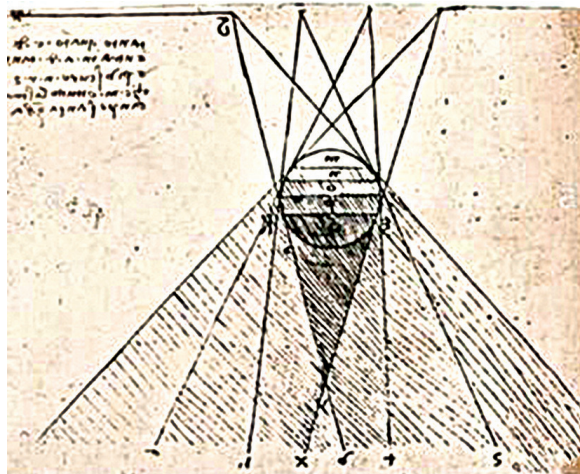
Ya se vio que el primer libro de luz y sombras tenía como elementos centrales la luz que entra a través de una ventana, y a partir de esto Leonardo nos adentró en lo que ahora podríamos percibir como un tránsito entre lo discreto y lo continuo. Por un lado, están los rayos que generan las aristas de las pirámides de sombra y nos plantea cómo es que esos rayos pueden ocupar posiciones que dan lugar a un barrido; por el otro lado, plantea cómo se puede conceder la existencia conjunta de pirámides de sombra y de luz, y que al interactuar de manera conjunta, pero ya vista como un continuo y no como un barrido, se apreciarán sombras que solo se pueden generar con ambas pirámides, las de luz y sombra.

Los otros párrafos de este Libro Uno son los que dan cuenta de cómo se cubren los cuerpos opacos con la luz; además trata sobre las formas de las pirámides de sombra y cómo las percibimos según la posición donde se encuentre el observador. Se podría decir que estos párrafos son complementarios a los que se expusieron con más detalle antes, que son como el eje principal del Libro Uno.

Dos

147. Se presenta el caso de la luz que entra por la ventana, la cual ilumina un cuerpo opaco y sus observaciones se centran en la geometría de lo discreto para analizar los puntos luminosos sobre la ventana, esto es, cada punto es una fuente de luz que lanza una pirámide de luz iluminando un sector del cuerpo opaco (figura 13). En consecuencia, cada punto genera una pirámide de luz e ilumina un sector diferente, así se tendrá un sector común iluminado por todas las pirámides (como el sector *m*), y otros sectores solo por algunas, que serán las secciones más oscuras (como el *p*). El extremo es la sección que no es iluminada por ninguna pirámide de luz (sector *q* que es más oscuro de la esfera), y esta será la parte oscura a partir de la que se genera la pirámide de sombra. Aquí hacemos énfasis en que los vértices de las pirámides de luz están alineados con la ventana, por lo que el desplazamiento lineal de los vértices en el análisis de lo discreto sugiere que Leonardo piensa posiblemente en una luz artificial que ilumina la ventana o de un fenómeno translúcido, es decir, los puntos luminosos de los vértices alineados pudieron formar parte de una tela que permite pasar la luz de las candelas.

Figura 13.

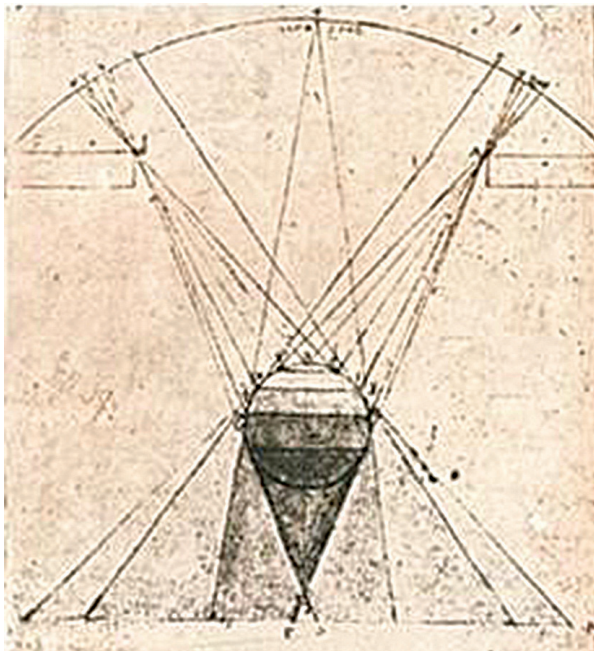


Fuente: Leonardo Da Vinci. *Cuadernos*. Dibujo de grados de luces y sombras, Manuscrito B.N. 2038, fol. 13v.

Cabe señalar que Leonardo escribió no solo para pintores, también se dirigió a los teóricos que estudian los fenómenos de la luz y el color, porque si solo fuera para aquéllos, ya sabrán con su experiencia cómo trabajar la tonalidad de las sombras hasta llegar a la oscuridad. Si se dirige también a los teóricos, ellos se interesarán en este manejo de la geometría de lo discreto de los rayos de luz que daría al artista la estructura que le indicaría hasta qué punto se presentan las sombras en el objeto, y a partir de dónde ya se tiene que pintar una oscuridad más profunda. Así, se sabrá cómo pasará de lo discreto de los rayos de luz a un continuo que es la tonalidad de las sombras.

148. Este párrafo es la continuación directa del anterior. Nos presenta un caso semejante al de 147, pero con la variante de que la luz es parte de la reflexión que se da en el hemisferio. Aquí nos muestra cómo la luz entra por la ventana ab, pero los rayos llegan desde el hemisferio abovedado, lo cual indica que la fuente de luz parte desde el exterior de manera natural. La conclusión es semejante, se generará una pirámide de sombra con los matices que rodean la pirámide y a los sectores del cuerpo opaco (figura 14).

Figura 14.



Fuente: Leonardo Da Vinci. *Cuadernos*. Dibujo de grados de luces y sombras, Manuscrito B.N. 2038, fol. 14v.

149 a 156. Se aborda la relación entre la parte más iluminada de un cuerpo y su cercanía a la fuente de luz. De 147 y 148 se puede reflexionar el vínculo de la frontera entre las sombras primitivas y las derivativas, ambas figuras (13 y 14) muestran cómo las primitivas habitan en la esfera y las derivativas se extienden a las pirámides; por lo tanto, es natural cuestionar qué pasa en la frontera, pues esto es lo que hace Leonardo en parágrafos 149 a 156.

Los matices de las sombras sobre las dos esferas anteriores es lo que entenderemos como las sombras primitivas, estas son las que nos ayudarán a visualizar los relieves de los cuerpos opacos y entender cómo es la definición de los contornos de un cuerpo en términos de las luces y sombras. En el parágrafo 154 se explica:

“Los contornos y la forma de todas y cada una de las partes de los cuerpos sombríos resultan indiscernibles en sus sombras y en sus luces; pero en las partes situadas entre la luz y las sombras alcanzan su más alto grado de comprensión.”

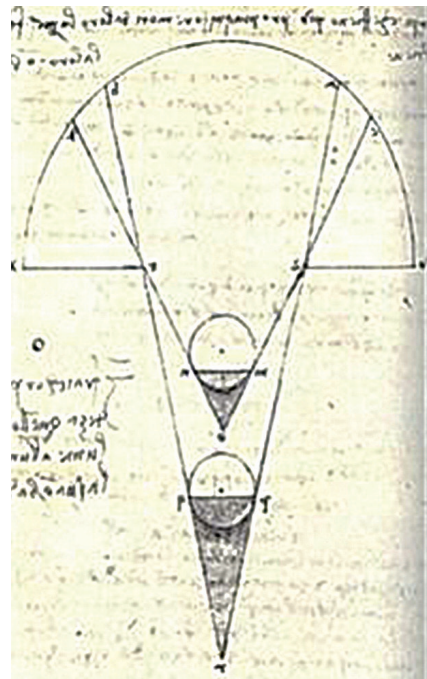
Tres

157 a 167. Son las relaciones entre sombras derivativas y primitivas lo que permea en estos parágrafos, y algunas partes ya se habían mencionado en capítulos anteriores.

168. Aquellos cuerpos que estén más próximos o alejados de su luz original proyectarán, respectivamente, una mayor o menor sombra derivativa.

Se tiene otro caso de los rayos que entran por una ventana ab (figura 15), recordemos que entre más cerca se encuentre a la fuente de luz más grande será la parte iluminada y menor será la pirámide de sombra. Ahora se presenta el caso comparativo de dos objetos del mismo tamaño, pero a diferente distancia de la región hemisférica que es donde se encuentra el efecto refractivo de la luz. El efecto de la diferencia de distancia se notará en que las pirámides de sombra serán notoriamente distintas.

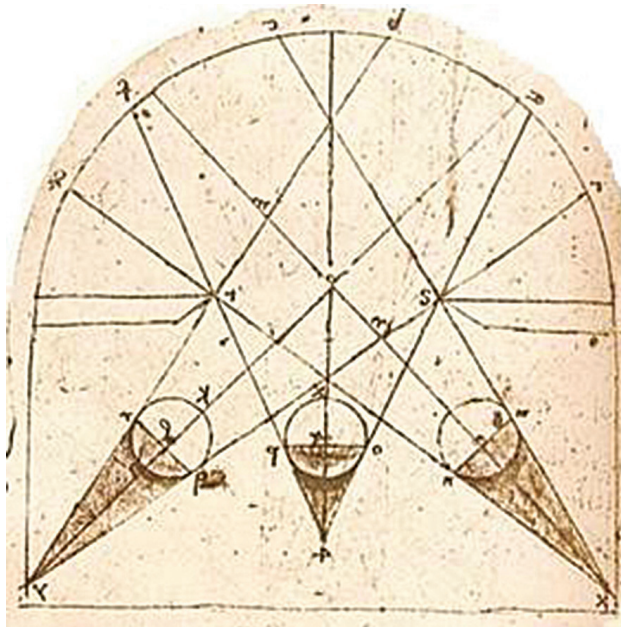
Figura 15.



Fuente: *The Literary Works of Leonardo Da Vinci*. 1883. Vol. 1 por Jean Paul Richter. Londres: Sampson Low, Marston, Searle & Rivington. Página 83.

172. Tenemos sombras proyectadas por cuerpos de igual forma pero que estarán ubicados a distancias diferentes de la parte central de la ventana que es por donde entra la fuente de luz. Las sombras más largas corresponden a los que reciben menos luz; los que tienen la sombra más corta son los que están más cerca de la parte media de la ventana, y se debe a que reciben la luz de manera más amplia, es decir, el ángulo de la pirámide de luz es más grande y, en consecuencia, el ángulo de la pirámide de sombra será del mismo valor. Consideremos que la luz viene de la reflexión que se genera en el hemisferio, porque si se diera el caso que la fuente de luz estuviera alineada con la ventana entonces las sombras cambiarían de forma (figura 16).

Figura 16.

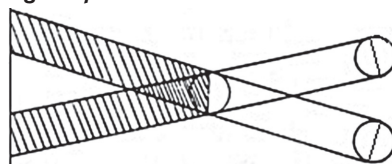


Fuente: *The Literary Works of Leonardo Da Vinci*. 1883. Vol. 1 por Jean Paul Richter. Londres: Sampson Low, Marston, Searle & Rivington. Página 83.

173, 178. Estos párrafos se complementan de manera directa. Ellos conjuntan la idea de que si el cuerpo que ilumina sobrepasa las dimensiones del cuerpo opaco, entonces se tendrá una intersección de sombras como si se tratara de tener dos o más fuentes de iluminación y la sombra resultante será la pirámide de sombra más oscura que notamos en la figura 17, pero que a la vez está cercada por sombras de otra tonalidad. En 173 se enuncia:

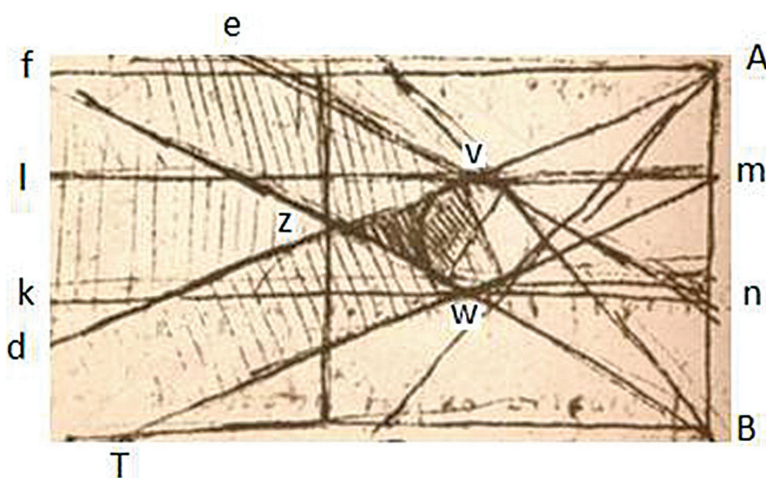
“Si el tamaño del cuerpo que ilumina sobrepasa el cuerpo iluminado, resultará una intersección sombría; más allá de la tal, las sombras concluirán en dos opuestas direcciones, cual si de dos luces distintas derivasen.”

Figura 17.



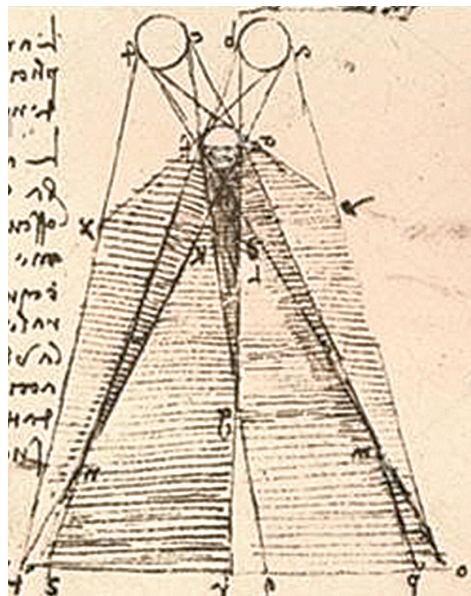
En 178, el párrafo abordará una fuente luminosa nuevamente mayor que el cuerpo opaco y, como se mencionó en 173, el efecto se podría ver como si fueran dos fuentes de luz. Ahora, en 178 se podría observar el efecto de una tercera, que es la parte central de la fuente de luz. Esto es, si la fuente de luz es una ventana AB (figura 18) entonces llegará la luz desde el sector nB y de manera semejante desde el opuesto Am , y así se generan las sombras que llegarán a ef y Td , respectivamente. Leonardo ahora considera explícitamente la acción de la luz en la parte central mn de la fuente luminosa, y con esta sombra lk junto con las dos anteriores en la posición transversa se genera la pirámide final vwz . Esta manera de visualizar las franjas de sombra nos proporciona las tres posiciones más representativas, que son los extremos y la parte media; el paso natural que sigue es transitar al continuo y contemplar la infinidad de bandas que se pueden tomar a lo largo de la ventana AB . Con el paso al continuo se tendrá finalmente la pirámide de sombra y sus matices de colores que genera el cuerpo opaco.

Figura 18.



Fuente: *The Literary Works of Leonardo Da Vinci*. 1883. Vol. 1 por Jean Paul Richter. Londres: Sampson Low, Marston, Searle & Rivington. Página 83.

Figura 19.



Fuente: *The Literary Works of Leonardo Da Vinci*. 1883. Vol. 1 por Jean Paul Richter. Londres: Sampson Low, Marston, Searle & Rivington. Página 102.

181, 182. Aquí ya se escala al caso real de más de una fuente de luz y se exploran las sombras correspondientes (figura 19). En primer lugar, se plantea que las dos luces sean iguales. En 181 propone que:

“Un cuerpo situado entre dos luces iguales proyectará desde sí dos sombras que se orientarán en la línea de las dos luces. Y si tú desplazas dicho cuerpo, situándolo más cerca de una de las luces que de la otra, la sombra que se dirija hacia la luz más próxima será de menor oscuridad que aquella que se dirija hacia la más remota.”

Este es un problema que ya fusiona por un lado la propuesta de que si un cuerpo opaco de menor tamaño que la fuente de luz se acerca a esta, entonces la sombra primitiva será menor

que si se aleja el cuerpo opaco, esto se puede recordar en 168 (figura 15). Si se tienen dos fuentes de luz iguales, entonces:

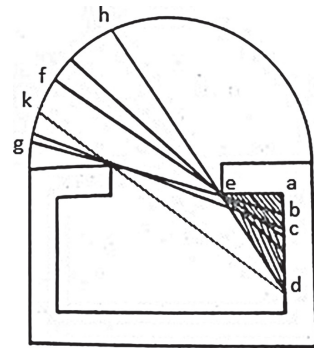
182 muestra la gran variedad de intensidades de sombras que se intercalan, Leonardo clasifica cinco tipos de sombras según su grado de oscuridad, pero en la realidad él sabe que de manera directa podemos percibir dos, las otras se entremezclan para dar lugar a un entorno matizado que funde todas las variantes. Lo que intenta es dar una serie de elementos que nos permitan distinguir dónde se pueden dar los cambios de tonos más fuertes en las sombras. Con estas directrices de las sombras el artista podrá pintar de manera continua y no por sectores las sombras y a la vez dará la sensación de cambios de intensidad en los colores, que en la realidad es la influencia de las sombras.

170. Regresamos a la luz que entra por la ventana. Este párrafo ejemplifica de manera directa la relación que se da entre la intensidad de la sombra y las fracciones de luz que se proyectan en las paredes, a la vez se entenderá de manera más tangible cómo se pasa de la práctica de lo discreto cuando se analizan las fracciones de sombras, a lo terminal del continuo cuando lo anterior se apli-

ca a la representación de las sombras desvanecidas en una pintura. Enseguida presentamos lo que se describe en 170 (figura 20):

“¿Por qué la sombra *eab* alcanza el más alto grado de oscuridad; *bc* el segundo y *cd* el tercero? La razón es que *eab* no ve parte alguna del cielo y, en consecuencia, ninguna parte del cielo la ve; por lo tanto, carece de luz original. *bc* ve el sector de cielo *fg* y es por él iluminada. *cd* ve el cielo en *hk*. Siendo vista *cd* por una mayor extensión de cielo que *ab*, es lógico que sea más luminosa. Y así, el muro *ad* irá clareándose, en razón de lo dicho, hasta cierta distancia: hasta que la oscuridad de la habitación triunfe sobre la luz de la ventana.”

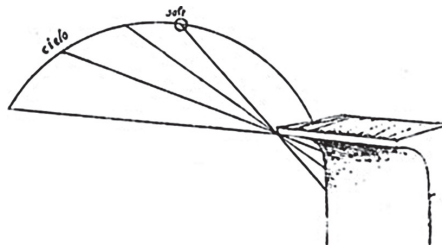
Figura 20.



Aquí se presenta un gran ejemplo de la manera como se puede visualizar la sombra que entra en una habitación. En 170 tenemos una partición del muro en diferentes intensidades de sombras. Se parte de la sombra más profunda *eab* hasta que se llega a la claridad total después del punto *d*. La divisibilidad de la pared puede ser una infinidad de secciones cuyas sombras tendrán una variación imperceptible cuando son de particiones consecutivas. Así, cuando se mira la sombra en su totalidad dentro de la habitación, lo que se aprecia es una sombra continua cuya tonalidad va de lo más oscuro a lo totalmente soleado.

En el *Libro de pintura*⁹ (párrafo 694b) se tiene una situación semejante que es aplicada directamente en una construcción. Cuando se tiene una clase de columna con capitel campaniforme o una saliente en los muros, se puede encontrar el mismo arreglo de las sombras que en 170. En la ilustración correspondiente en el *Libro de Pintura* se aprecia (figura 21) lo que sucede en 170 del *Tratado de pin-*

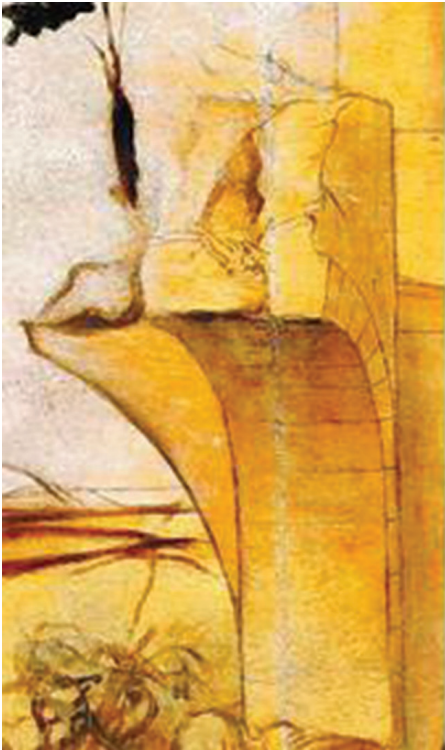
Figura 21.



Fuente: Leonardo da Vinci. 1995. *Libro di pittura*. Edición de Carlo Pedretti. Florencia: Giunti Gruppo Editoriale. Pag. 407.

9 Leonardo (1995).

Figura 22.



Fuente: Leonardo Da Vinci. 1995. *Adoración de los Magos*. Fragmento.

menguantes a través de ventanas; tonalidad de sombras según su cercanía con la fuente luminosa; se retoma la relación de acercamiento entre sombras derivativas y primitivas; definición de contornos y el tamaño de las sombras derivativas; sobre sombras corruptas; sobre cuerpos opacos triangulares; las reverberaciones (reflexiones) en cuerpos de naturaleza luminosa o semiopaca; donde no puede existir reverberación; sombras no estáticas sobre agua; espejos e imágenes paralelas y cómo las percibe un observador; dos cuerpos sombríos y uno se encuentra en movimiento; 211 la geometría y la velocidad del movimiento de las sombras en arreglos triangulares; los efectos de perspectiva que se provocan en la imagen de un cuerpo cuando los rayos de luz pasan a través de un orificio.

No hay duda de que los *Siete libros sobre luz y sombras* hacen que recordemos la idea de Leon Battista Alberti, acerca de que una imagen debería ser como mirar a través de una ventana un suceso real. En la propuesta para luz y sombras encontramos que de manera recurrente Leonardo nos regresa a la idea de interpretar los sucesos que se presentan detrás de una ventana, que finalmente

tura, y, afortunadamente, sí podemos encontrar en las escasas obras que Leonardo dejó una muestra de estos paradigmas teóricos de las sombras. El ejemplo se encuentra en la *Adoración de los Magos*. En dicha pintura se percibe una especie de arco destruido (figura 22), el cual genera una saliente para que se den las condiciones de luz y sombras como se ha descrito en los últimos párrafos. En la pintura se ve cómo la sombra tiene una tonalidad más oscura en la medida que más se acerca a la posición casi horizontal de la piedra; y entre más se acerca a lo vertical, las sombras prácticamente se desvanecen. En ninguna parte se nota que la sombra tenga una partición en su intensidad, en la pintura sin duda es un desvanecimiento continuo que es lo que sucede en la realidad.

Libros cuatro a siete

Los cuatro libros que restan están enfocados en temas variados como: que las sombras proyectadas uniformes no serán semejantes al cuerpo donde nace; sobre proyecciones de sombras

es parte de lo que está sucediendo en algunas de sus pinturas. Sucede que se tiene una escena y parece que el observador contempla lo que se desarrolla del otro lado de la ventana. Para dar la mayor realidad a la pintura, Leonardo proporciona los elementos teóricos de la óptica geométrica que requiere el artista.

Presenta, en cada uno de los siete libros, resultados de la geometría de las sombras que valdría la pena trabajar ya solamente en el ámbito de la geometría y desarrollar las demostraciones. La intención de Leonardo no fue desarrollar la geometría de las sombras y dirigirse solo a los lectores matemáticos, también estaban los artistas, y para ellos era más importante la práctica que las justificaciones matemáticas; además, Leonardo no estaba en condiciones adecuadas de conocimientos matemáticos como para enfrentar las demostraciones rigurosas.

Conclusión

Para apreciar la obra de Leonardo, en la pintura y en la gráfica, es necesario entender cuáles fueron sus retos para tratar de lograr el máximo realismo. Se sabe que experimentó con materiales para las pinturas al fresco, con diversos pigmentos para crear los colores, con barnices para los acabados finales, pero lo que más le ocupó fue la teoría de las sombras y la luz. En este artículo se pudo mostrar lo importante que fue la perspectiva aérea para interpretar los cambios en la intensidad de los colores que eran el producto de la interacción de la luz y las sombras. Por otro lado, está todo el entramado teórico de los *Siete libros de la luz y las sombras* que nos permite tratar de interpretar cómo Leonardo construyó el realismo de sus obras. Se tiene el ejemplo del trabajo de Francesca Fiorani [2009] en el que examina las sombras de la *Anunciación*.

Después de analizar la geometría de las sombras en los *Siete libros* no hay duda de que se debe seguir con los estudios de estas partes de su pensamiento, pero desde una visión más cercana de la matemática teórica. Leonardo no lo podía hacer, pero nos dejó las bases para retomarlo y reconstruir de manera más profunda sus ideas en estos temas. ■

Referencias

- Alberti, Leon Battista. 1996. *De la pintura*. Traducción y estudio preliminar: Rafael Martínez-E. Introducción de J. V. Field. México: Facultad de Ciencias UNAM. (Colección Mathema).
- Bell, Janis. 1993a. «Aristotle as a source for Leonardo's theory of colour perspective after 1500.» *Journal of the Warburg and Courtauld Institute*. LVI: 100-118.

- Bell, Janis. 1993b. «Leonardo and alhazen: the cloth on the mountain top.» *Achademia Leonardi Vinci*, VI: 108-111.
- Fiorani, Francesca. 2009. «The shadows of leonardo's annunciation and their lost legacy.» *Imitation Representation and printing in the Italian renaissance*. Pisa-Roma: Fabrizio Serra Editore.
- Ghiberti, Lorenzo. 1998. *I commentarii*. Introducción de Lorenzo Bartoli. Florencia: Giunti.
- Leonardo da Vinci. 1980. *Tratado de pintura*. Edición preparada por Ángel González García. Madrid: Editora Nacional.
- Leonardo da Vinci. 1827. *El tratado de la pintura por leonardo de Vinci, y los tres libros que sobre el mismo arte escribió Leon Bautista Alberti*. Reimpreso en Madrid en la imprenta Real.
- Leonardo da Vinci. 1995. *Libro di pittura*. Edición de Carlo Pedretti. Florencia: Giunti Gruppo Editoriale.
- Leonardo da Vinci. 1958. *The notebooks of Leonardo da Vinci*. Edición de Edward MacCurdy. Nueva York: George Braziller.
- Sabra, A. I. 1989. *The optics of Ibn al-Haytham, Books I-III: On direct vision*. Dos volúmenes. Londres: The Warburg Institute.