

La filosofía de la ciencia y la técnica en Leonardo

Juan José Colomina Almiñana
(Universidad de La Laguna)

“Muchos pensarán que tienen motivos para reprocharme diciendo que mis pruebas contradicen la autoridad de ciertos hombres tenidos en gran estima por sus inexperimentadas teorías teniendo sin considerar que mis obras son el resultado de la experimentación simple y llana, que es la verdadera maestra”, Leonardo.

1. Introducción: Leonardo como técnico-artesano

Leonardo nació en Vinci (de ahí que suele conocerse con el sobrenombre de da Vinci) en 1452. Fue pintor, arquitecto, escultor, sabio, literato, etc. pero, sobre todo, supo representar perfectamente el espíritu de su época.

Leonardo se consideraba a sí mismo no como un ilustrado, sino como un artesano que pretendía evolucionar la vida a través del ejercicio científicamente orientado su intelecto para lograr un verdadero avance en la ciencia y no a partir del desarrollo de ideas vanas y superfluas, tal y como, consideraba, habían hecho los sabios antiguos. Pero este avance de la ciencia no pretendía un desarrollo abstracto de nuestro conocer, sino que perseguía adecuar y mejorar el modo de vida humano a partir del mejor desarrollo posible del nivel de tecnología de sus contemporáneos, lo que, consecuentemente, permitiría mejorar su nivel de vida.

Por ello, el mismo Leonardo no se considera un letrado, sino que tan sólo se contenta con ser un sencillo artesano que en su taller desarrolla las ideas que, a partir de la observación sensible de la naturaleza, era capaz de inferir.

Lo más dificultoso de tratar de este autor, sin embargo, a pesar de su prolífico trabajo, no es tanto su escasa obra conservada, sino más bien lo angosto de su escritura. Leonardo no sólo carecía de suficientes conocimientos de latín y griego, sino que además no escribió en idiomas mayoritarios. Su escritura es una mezcla de italiano antiguo contaminado con extranjerismos, a menudo repleto de símbolos y de escritura

inversa para evitar que fueran robados sus proyectos, lo que añade dificultad a la ya complicada traducción e interpretación de sus textos. La escritura de Leonardo es difícil de descifrar, pero no tanto de describir: simplemente se limitaba a extraer conclusiones de la directa observación de la naturaleza, conclusiones que le permitieran experimentar por sí mismo aquellos datos y le permitieran diseñar leyes generales de aplicación y/o aparatos capaces de funcionar aprovechando dichas leyes.

Sus diversos estudios permiten ver que, además de un gran artista, fue un gran científico. No sólo empleó el método empírico de observación y experimentación, sino que también, como veremos, fue capaz de observar en el mundo una serie de leyes generales que permiten una interpretación matematizada de la realidad, facilitando con ello el nivel descriptivo de sus conclusiones y mejorando sustancialmente la capacidad operativa de sus experimentos. Y tenemos constancia que, de esa misma observación de la naturaleza, pudo extraer sus conocimientos sobre el universo: su descripción de la bóveda celeste, la especificación de elementos, etc., temas que sólo un científico experimental podría llegar a demostrar a partir de la práctica cotidiana.

Pero tanto o más importantes fueron sus observaciones y estudios acerca del movimiento: Leonardo no se quedó en la parte teórica de la explicación de la dinamicidad y el estudio del movimiento de las alas de las aves, sino que además también llegó a planificar la construcción de una máquina voladora, entre otros proyectos de armamento o navegación.

Pero lo más importante de la figura de Leonardo es que fue un humanista: no sólo consideró al hombre como el centro de la creación, sino que además contemplaba todos sus conocimientos extraídos de la observación de la naturaleza como un instrumento desde el cual facilitar la existencia a sus congéneres a partir de su uso en la construcción y fabricación de artilugios.

En pocas palabras, podemos afirmar que la observación directa de la naturaleza y la experimentación fueron su método, mientras que la construcción de artefactos a partir de sus resultados presupone una visión humanista de la tecnología. Sin embargo, como deja constancia las siguientes palabras, no era la tónica general en los científicos de su época.

“Soy plenamente consciente de que al no ser un hombre de letras, ciertas personas presuntuosas puedan pensar que tienen motivos para reprochar mi falta de conocimientos. ¡Necios! Acaso no saben que puedo contestarles con las palabras que Mario dijo a los patricios romanos: “aquellos que se engalanan con las obras ajenas nunca me permitirán usar las propias”. Dirán que al no haber aprendido en libros no soy capaz de expresar lo que quiero tratar; pero no se dan cuenta que la exposición de mis temas exige experiencia más que palabras ajenas”, Leonardo (1999: 202).

2. El método científico experimental en Leonardo

Como prácticamente todo gran científico innovador, Leonardo también tuvo problemas con la autoridad científica de su época:

“Muchos pensarán que tienen motivos para reprocharme diciendo que mis pruebas contradicen la autoridad de ciertos hombres tenidos en gran estima por sus inexperimentadas teorías sin considerar que mis obras son el resultado de la experiencia simple y llana, que es la verdadera maestra”, Leonardo (1999: 201).

Este fragmento demuestra dos cosas: en primer lugar, que Leonardo era plenamente consciente de lo revolucionario de sus ideas, hasta el punto de que algunas de sus afirmaciones contradecían las Escrituras y las teorías de insignes hombres que habían impuesto durante años sus teorías de forma inamovible; pero, por otra parte, también nos muestra su método. Sólo un método experimental que permita corroborar los datos observados en la naturaleza es capaz de permitir la extracción de conclusiones válidas.

“La experiencia ha sido la maestra de todo buen escritor; por esto será siempre ella la que yo citaré como maestra”, Leonardo (1999: 202).

Todo conocimiento tan sólo puede ser extraído a partir de la observación directa de la naturaleza. Y ello porque, como dice la tradición, si la naturaleza es creación de Dios, todo lo que se puede conocer debe estar en ella. Por lo que podemos concluir que Leonardo defiende una especie de panteísmo, donde la naturaleza es la representación de Dios en el mundo y en ella se que contiene toda la verdad. Sólo mediante la observación, mediante la experiencia sensible sería posible poder llegar a conocer la verdad que la naturaleza esconde.

“El origen de todos nuestros conocimientos está en nuestras percepciones.

El ojo, llamado ventana del alma, es el medio principal por el que podemos apreciar más plenamente las infinitas obras de la naturaleza”, Leonardo (1999: 204).

Leonardo afirma que si todo conocimiento posible está en la naturaleza, sólo la ignorancia del hombre y su mala visión del mundo es la que le hace caer en el error. Por tanto, el error en el conocimiento siempre dependerá la mala praxis del hombre: la mala interpretación de los fenómenos y hechos de la naturaleza es lo que hace posible que el hombre no llegue al conocimiento verdadero. Pero si la verdad se encuentra en la naturaleza, la buena observación e interpretación de la misma por parte del hombre permitirá extraerla. Y si todo conocimiento es extraíble a partir de la experiencia, y si todo conocimiento tiene pretensión de verdad y certeza, entonces toda ciencia que no esté fundada en la experiencia sensible deberá, por tanto, considerarse como falsa, lo que supone un ataque contra la especulación científica. Toda ciencia que pretenda ser verdadera debe basarse en la experiencia, ya que sólo ésta es capaz de proporcionar certeza.

Por tanto, es a través de los sentidos como se le permite al hombre observar la realidad y, a partir de ellos, éste puede extraer los principios que rigen los fenómenos naturales y fundar una verdadera Ciencia.

“La experiencia, intérprete entre la naturaleza y la especie humana, nos enseña que lo que esta naturaleza lleva a cabo entre los mortales forzada por la necesidad no puede operar de otras formas más que en la medida en que la razón, que es su dirección, le manda”, Leonardo (1999: 207).

Pero la mera observación de la naturaleza no es lo único que el hombre debe ejercer. También es necesario que el hombre interprete adecuadamente aquellos hechos y fenómenos de la naturaleza, y de su particularidad y multiplicidad extraer lo universal y verdadero (los principios reales de la naturaleza).

“... aunque la naturaleza empieza con la causa y termina en la experiencia, nosotros debemos seguir el camino opuesto, es decir, debemos empezar por la experiencia y por medio de ella investigar la causa”, Leonardo (1999: 207).

Por tanto, según Leonardo, sería necesario encontrar y explicar las verdaderas causas de las cosas. Todo fenómeno tiene, así, su causa y ésta debería poder encontrarse en la naturaleza. Al hombre sólo le quedaría la tarea de extraer de su experiencia sensible múltiple las causas universales y necesarias de todo aquello que existe y acontece. Y sólo mediante la demostración empírica y la experimentación debe comprobar y demostrar la verdad de esas causas primeras. Y una vez conocida la certeza de estos principios, ya no sería necesaria la experimentación.

Pero lo más sorprendente de todo no es tanto que Leonardo introdujera un nuevo método (la observación y la experiencia empírica) contradiciendo la autoridad establecida por la Biblia (donde el principio de todo es Dios como Providencia) y la verdad del método inductivo empleado por otros autores, sino que también dio las primeras nociones de hacia una matematización de la realidad (posteriormente recogidas por Galileo y Newton).

“No hay certeza alguna allí donde no se pueda aplicar alguna de las ciencias matemáticas o alguna de las que se relacionan con las ciencias matemáticas”, Leonardo (1999: 209).

Las matemáticas son el ejemplo de ciencia que Leonardo concibe como verdadera, ya que el conocimiento de los primeros principios se deduce de la multiplicidad experiencial. Pero la importancia que Leonardo concede a las matemáticas dentro de su método merece un capítulo aparte.

3. Leonardo y las matemáticas

“Ninguna investigación humana puede ser denominada ciencia si no pasa a través de las pruebas matemáticas”, Leonardo.

Comenzaremos con una advertencia del propio Leonardo:

“Nadie que no sea matemático debe leer los principios de mi obra”, Leonardo (1999: 27).

No es una advertencia corriente en el siglo XVI. Si Leonardo concebía un mundo escrito en signos y leyes matemáticas, regulares, constantes, universales, entonces sólo pueden comprenderse si se mira hacia la naturaleza no con una mirada ingenua y supersticiosa, sino con la mirada de un científico que espera obtener de ella las respuestas a todo cuanto sucede. No me está de más recordar que la mayoría de los tratados de Leonardo están referidos a estudios relativos a la medición de la anatomía humana y a su proporcionalidad, principalmente para su aplicación pictórica.¹ La extracción de leyes matemáticas de la naturaleza permite su aplicación más allá de ella, con lo que es posible plasmar fuera de ella lo más fielmente posible las escenas y hechos que cotidianamente se repiten en este nuestro mundo. Por ello mismo, Leonardo afirma

“La ciencia de la pintura comienza con el punto, luego viene la línea y después el plano en tercer lugar. El cuarto es el cuerpo, formado de planos. Así es como procede la representación de los objetos. Porque, de hecho, la pintura no se extiende más allá de la superficie, y es por su superficie como es representado el cuerpo de cualquier objeto visible”, Leonardo (1999: 27).

¹ Un caso excepcionalmente preclaro lo encontramos en su gravado conocido como “El hombre de Vitrubio”, que no sólo nos transmite los extraordinarios conocimientos respecto de la anatomía y la proporción humanas, sino que también demuestra su concepción panteísta del mundo al considerar la existencia de un elemento ‘divino’ que se repite y se plasma en toda la naturaleza: el llamado número áureo. Para más información relativa a este hecho, ver anexo I.

En su *Tratado sobre pintura*, Leonardo siempre tenderá a simplificar el mundo a partir de su reducción a simples formas geométricas. Esto nos demuestra ser un primer paso hacia la matematización de la realidad, que concluirá con las famosas palabras de Galileo: “el libro de la naturaleza está escrito en lenguaje matemático”. Esta primera aproximación no busca tanto leyes universales de comportamiento como leyes universales de representación. Leonardo no persigue, por tanto, componer una física revolucionaria con múltiples leyes y ecuaciones, sino solamente pretenderá hacer ver que la composición del mundo es natural, y que lo natural se puede simplificar al máximo. Podemos entender este movimiento representacional como una versión débil de realismo: la representación de la unidad mínima es el punto, que se extiende componiendo líneas; cuando se unen varias líneas se forman planos, pero al contemplar los cuerpos en la naturaleza, podemos observarlos tan sólo como la unión de ciertos planos todos superpuestos en perspectiva. Es decir, todo cuerpo de la naturaleza es un cúmulo de puntos y líneas simples y, como tal, pueden descomponerse en ellas; es más, pueden también componerse a través de ellas, lo que posibilitará a Leonardo la aplicación este principio en el mundo de la pintura. Como él mismo nos dice,

“Primero hay que conocer las partes del cuerpo y sus mecanismos. Después de haber completado este estudio, será necesario conocer sus gestos en las diversas circunstancias. En tercer lugar, la composición de los temas cuyo estudio debe hacerse imitando las acciones que se le presentan en la naturaleza de cuando en cuando, según las circunstancias. Para ello hay que fijarse en las acciones que se desarrollan en las calles, plazas, campos, anotando sus formas por una breve indicación. Así, por ejemplo, para dibujar la cabeza, hagamos una O. Para un brazo, una línea curva, y lo mismo para las piernas y todo el cuerpo”, Leonardo (1999: 86).

Como hemos leído en este fragmento, Leonardo no pretende complicar el universo con leyes físicas de aplicación universal; él tan sólo se considera un observador, por tanto su única intención será simplificar al máximo la comprensión de la naturaleza para poder manejarse lo mejor posible en ella y poder aprovecharse lo máximo posible de ella. Y esta necesidad pragmática es la que lleva a nuestro autor a aseverar conclusiones como la siguiente:

“Entre los diversos estudios del proceso natural, el de la luz es el que produce mayor placer a quienes lo contemplan. Y entre las principales características de las

matemáticas, la de la certeza de las demostraciones es la que más eleva la mente de los investigadores. Por tanto, debe preferirse la perspectiva a todos los discursos y sistemas de los eruditos. En su campo, el rayo de luz se explica por métodos de demostración en los que encontramos la gloria no sólo de la ciencia matemática, sino de la física, adornado como está, con las flores de ambas”, Leonardo (1999: 31).

Leonardo verá en la perspectiva la forma de obtener de la realidad sus formas básicas, llegando a considerarla el axioma básico desde el cual partir en su investigación matemático-geométrica. Si la observación de la realidad permite extraer la composición básica de los elementos (que no son más que un conjunto organizado en el espacio de puntos, líneas y planos adecuadamente dispuestos), la perspectiva es la que permite componer y descomponer un orden en la misma a través de la superposición de los diferentes niveles de la realidad pluri-dimensional.

La observación de, precisamente, esta regularidad hará a Leonardo presuponer un principio teleológico dentro de la Naturaleza. Así, llegará a considerar que los diferentes elementos de la realidad están dispuestos a partir de una racionalidad natural, ya que podemos observar que nada ocupa un lugar arbitrario, sino que ocupa su justo lugar dentro de la realidad y que la distancia entre un objeto y otros siempre forma figuras geométricas. De este modo, concluye Leonardo, podemos ver que

“En cada punto de cualquier línea se entrecruzan líneas procedentes de los puntos sobre las superficies de los cuerpos, formando pirámides. En la cúspide de cada pirámide se entrecruzan líneas procedentes del todo y de las partes de los cuerpos, de tal manera que uno puede ver desde esta cúspide el todo y las partes”. Leonardo (1999: 30).

Según las líneas anteriores, para Leonardo, todo elemento forma la base de una pirámide desde la que podemos contemplar el resto de objetos. El ápex de dichas pirámides lo formaría el resto de objetos de la naturaleza, por lo que el mundo físico estará conformado por infinitud de pirámides cuya base parte de un cuerpo y cuya cúspide termina en todos los demás.

“Cada cuerpo se convierte en base de innumerables e infinitas pirámides. La misma base sirve de origen a innumerables e infinitas pirámides vueltas en varias direcciones y de distintos grados de longitud”, Leonardo (1999: 30).

Pero, si consideramos la posibilidad de una realidad pluri-dimensional en donde lo que prima respecto a las partes es la racionalidad organizativa del todo, tal y como hemos visto que está haciendo Leonardo a partir de su principio teleológico de la realidad, no es de extrañar que sea capaz de realizar afirmaciones tan contundentes como la siguiente:

“El aire está lleno de infinitas líneas rectas y radiantes entrelazadas e interferidas unas con otras, sin que ninguna ocupe el lugar de la otra. Estas líneas representan en cualquier objeto la verdadera forma de su causa originante.

La atmósfera está llena de infinitas pirámides radiantes producidas por los objetos que existen en ella. Éstas se entrecruzan unas con otras con convergencia independiente, sin interferencia entre ellas y pasando por toda la atmósfera circundante”, Leonardo (1999: 24).

Así, para nuestro autor vemos que la realidad no sería más que la correcta composición y distribución de una imaginaria multitud de líneas y formas geométricas que interrelaciona las cosas entre sí y que es capaz de conformar un orden en el reino de la naturaleza. Incluso podemos llegar a afirmar un cierto estoicismo en las opiniones de Leonardo, dado que para éste la naturaleza parece ser un todo casi-divino que contiene en sí todas las cosas y las interrelaciona por medio de una fuerza oculta, pero siempre presente, que impide que el orden establecido en la naturaleza pueda llegar a romperse. Este *pneuma*, que animaría la realidad, estaría compuesto por una infinitud de líneas y figuras que compondrían el universo y la realidad de la naturaleza.

Y esto lo muestra no sólo la simple observación pasiva de la realidad, sino también la ejercitación de una fuerza activa para con la naturaleza presente en los humanos: los sentidos, que conforman el “sentido común” o razón del hombre. La naturaleza le presenta al hombre ciertos hechos y fenómenos, pero existe una reciprocidad que permite al ser humano reaccionar frente a ellos, estableciendo por su capacidad racional una idea de orden y de interrelación en la naturaleza que le posibilite conformar una serie de modelos de comportamiento y de configuración de la naturaleza con la pragmática intención de aprovecharse al máximo de sus conocimientos.

Pero en este punto es donde aflora el dualismo antropológico de Leonardo. Si anteriormente había considerado un dualismo ontológico al considerar (muy spinozianamente) que el mundo es la realización plena de una esencia ‘divina’, pero que

toda ella era la suma de lo real, al postular la existencia de un “sentido común” (lo que se suele conocer como juicio) como separado del cuerpo y como necesariamente perteneciente a un alma, Leonardo se ve obligado a presuponer un mecanicismo en los cuerpos vivos (coherente con su explicación fisicalista de la realidad) de forma tal que, como una máquina, los cuerpos funcionen de forma establecida, pero siempre guiados, al menos los cuerpos humanos, por un alma racional que puede comprender la realidad, abriendo más problemas de los que es capaz de solucionar.

Pero todo este descubrimiento de la esencia de la realidad sería incongruente si los hombres no pudieran comunicarse con la naturaleza, según Leonardo, por ello se les ha dispuesto de sentidos físicos que permiten una interacción del hombre con la naturaleza. Pero de todos ellos, la vista es el principal, y éste se encuentra en el ojo. Veamos.

“¿Qué lengua puede revelar tan gran maravilla? En verdad, ninguna. El ojo es quien guía la reflexión humana para la consideración de las cosas divinas. Todas las formas, todos los colores, todas las imágenes de cada parte del universo se contraen en un punto. ¿Qué otro punto hay tan maravilloso? Maravillosa y admirable necesidad; por tu ley haces que todo efecto sea el resultado directo de su causa por la vía más cortas”, Leonardo (1999: 12).

Gracias a su sentido de la vista, el hombre puede establecer una ley en el mundo: las cosas se ven de forma diferente según el sitio desde el que se las observe. Si esta ley de la perspectiva hace que un mismo cuerpo aparezca como varios distintos según desde el punto desde el que se observa, entonces es posible establecer una relación matemática entre las cosas. El mundo debe estar formado por cuerpos que se relacionan entre sí mediante líneas y figuras geométricas. Pero aunque

“La perspectiva no es más que la visión de un lugar a través de un cristal liso y completamente transparente, sobre cuya superficie quedan grabadas todas las cosas que están detrás de aquél. Los objetos llegan al punto del ojo en forma de pirámides y éstas se entrecortan en el plano del cristal”, Leonardo (1999: 22),

en realidad, deberíamos suponer que

“Hay tres clases de perspectiva. La primera trata de las razones de la aparente disminución de los objetos cuando se alejan del ojo; es conocida como perspectiva de disminución. La segunda trata de la forma en que varían los colores al alejarse del ojo. La tercera y última explica cómo aparecerían los objetos menos precisos cuanto más lejos se encuentren. Los nombres son los siguientes: perspectiva lineal, perspectiva de color y perspectiva de desaparición”, Leonardo (1999: 20).

La perspectiva, por tanto, es lo que permite que el hombre observe la realidad y los cuerpos que en ella habitan a través de su ojo. Como hemos visto en el fragmento, existen varios tipos de perspectiva, pero todos ellos permiten de igual modo, aunque de forma diferente, observar la realidad.

Pero lo que a nosotros nos interesa de la perspectiva en este punto es la forma en la que es capaz de producir la visión. Del mismo modo que los cuerpos están interrelacionados entre sí mediante pirámides, nos dice Leonardo, el cuerpo observado se proyecta como una pirámide inversa hasta el ojo y esta proyección se corta en el cristalino del ojo (el “espejo”) conformando la visión del cuerpo. Pero la visión no sería completa si no hubiera una respuesta activa del hombre, por lo que el ojo también proyecta una pirámide (cuyo ápex sería el objeto) que posibilita captar la realidad sensible. Pero este objeto será captado en perspectiva, por lo que de forma activa el hombre verá el objeto desde un cierto punto, mientras que de forma pasiva el objeto se mostrará en sí al hombre. Y esto es lo que permitió a Leonardo insinuar la idea de la cámara oscura, haciendo gala de unos amplísimos conocimientos de la ciencia óptica y de las leyes que gobiernan los principios de refracción de la luz:

“La razón es la siguiente: sabemos con toda certeza que este agujero tiene que dar entrada a algo de luz de dicho edificio y que esta luz procede de uno o muchos cuerpos luminosos. Si estos cuerpos son de varias formas y colores, los rayos que forman las imágenes serán de varios colores y formas, y la representación en la pared será asimismo de diversas formas y colores”, Leonardo (1999: 16).

Así, siempre según nuestro autor, la imagen del cuerpo observado se proyecta a través de la atmósfera, que se supone recogerá del objeto su misma naturaleza, y llegará hasta el ojo en forma reducida, donde se plasmará en el cristalino y será captada. Pero del mismo modo, el ojo proyecta su imagen al objeto para captarlo y, de esta forma, el juicio del alma humana puede formarse una idea del cuerpo observado y extraer de la

particularidad toda una serie de generalidades que le posibilitarán la comprensión de la realidad. Pero como la imagen del objeto se ve de forma inversa al ser cortada por un “espejo” (el cristalino), Leonardo acabará concluyendo que esta imagen es cortada dos veces de forma consecutiva: una primera vez en la pupila (que la hace inversa) y otra en el cristalino (que la devuelve a su forma habitual).

Pero como hemos dicho, no sólo es el objeto el que proyecta su imagen hasta el ojo, sino que es también el ojo el que proyecta una fuerza espiritual hasta el objeto para captarlo (lo que está haciendo aquí Leonardo no es ni más ni menos que avanzar una proto-teoría corpuscular de la luz propia de las concepciones estoicistas del mundo, que parten de un materialismo atomista para acabar en un dualismo ontológico). Y una vez el objeto ha sido captado por el ojo, el juicio o “sentido común” conforma ideas universales desde la particularidad, haciendo que aparezca un orden regular y general en la naturaleza y ofreciendo una relación entre todos los elementos de la realidad. Pero debemos tener cuidado, como insinúa Leonardo, dado que

“La experiencia nos enseña que el ojo capta diez cualidades diferentes de los objetos: la luz y la oscuridad –la primera sirve para descubrir las otras nueve y la segunda para ocultarla-, el color y sustancia, la forma y posición, la distancia y cercanía, el movimiento y reposo”, Leonardo (1999: 10).

Esto mismo también nos ofrece una imagen múltiple de realidades dentro de la naturaleza. La observación nos enseña que no todos los cuerpos tienen la misma composición y que existen disposiciones secundarias en la realidad, aunque todo derive de principios generales y universales (un avance de los que, posteriormente, el empirismo de Locke distinguiría como propiedades primarias y propiedades secundarias). Por ello, surge la necesidad de preguntarnos acerca de la composición del cosmos que concibió nuestro autor.

4. La imagen del universo de Leonardo

Anteriormente hemos comentado la existencia de un dualismo ontológico en las ideas de Leonardo, pero ¿en qué consiste exactamente para nuestro autor la realidad?

¿De qué está compuesta? El propio Leonardo comienza marcando los límites de la realidad material:

“1· La superficie es el límite de un cuerpo. 2· El límite del cuerpo no forma parte de él. 3· Lo que no es parte de un cuerpo no es nada. 4· La nada es aquello que no llena ningún espacio. El límite de un cuerpo está en el comienzo de otro”, Leonardo (1999: 28).

Posteriormente, Leonardo distinguirá entre la forma y el contenido de un objeto: el contenido es lo que realmente un cuerpo es, mientras que la forma sólo delimita al objeto y lo distingue del resto de las cosas; pero la forma no pertenece al objeto, por lo que la forma nunca puede ser una característica de un cuerpo, sino es la parte esencial que lo posibilita. Si un cuerpo se distingue de otro por su contenido y la forma tan sólo es aquello que permite distinguir los objetos entre sí, podemos afirmar que los cuerpos ocupan un espacio determinado y que ese espacio no puede ser ocupado por dos cuerpos al mismo tiempo. Por ello mismo, dos cuerpos se diferenciarán por ocupar espacios diferentes. Pero el espacio existente entre los cuerpos es la nada, el vacío, es el espacio no ocupado por nada ni por nadie y que sólo contiene la fuerza inmaterial que interrelaciona entre sí a los objetos. Contiene, por tanto, según Leonardo, las líneas y figuras geométricas que establecen una relación entre los cuerpos.

Nuestro autor considera un atomismo como base física del mundo, un mundo compuesto por cinco elementos esenciales (agua, aire, fuego, tierra y éter), y que todo cuerpo está formado por partículas de todos los elementos en mayor o menor medida y que la naturaleza de dicho cuerpo será similar a la naturaleza del elemento predominante en él (al modo de una física aristotélico-estoicista). Pero entre esas partículas que conforman los cuerpos no es posible que exista el vacío, sino que todas las partículas deben fundirse y fusionarse formando un solo cuerpo con unas características bien definidas. Y la forma que el contenido del cuerpo adopte será la encargada de establecer las propiedades secundarias físicas de dicho cuerpo.

Pero los elementos se disponen según su orden natural, según Leonardo. Los elementos tienden a ocupar su posición natural. Los elementos más pesados tienden a ocupar el centro del mundo (como la tierra). Pero, como las partículas de los elementos se entremezclan entre sí conformando cuerpos, este proceso tardará mucho tiempo, pero

es inevitable la destrucción de toda la realidad del modo en que la conocemos, por lo que acabará concluyendo que, cuando esto ocurra,

“Entonces la Tierra será forzada a unirse con el fuego y su superficie quedará reducida a cenizas; siendo este el fin de toda vida terrestre”, Leonardo (1999: 219).

Esto hace pensar que Leonardo, posiblemente, concibiera la posibilidad de la existencia de un eterno retorno de lo idéntico, a la manera estoica; es decir, que considerara posible que, una vez todo ha llegado a ocupar su lugar correspondiente (la tierra el centro del universo, y así sucesivamente), el gran fuego primordial lo absorbiera todo y volviera a dispersar nuevamente todas las partículas conformando un nuevo mundo.

El agua es el segundo elemento más pesado, tras la tierra. Por ello, tiende a fluir siempre hacia abajo, arrastrada por su peso. Pero cuando ocupa su lugar natural queda inmóvil y la inmovilidad la corrompe, a no ser que alguna fuerza actúe sobre ella, como la fuerza del aire (el viento), que es el tercer elemento más pesado, que permite su movimiento. Esto permite a nuestro autor decir:

“Así llegamos a esta conclusión: que todos los elementos, a pesar de estar sin peso en su propia esfera, lo tienen fuera de ella, es decir, cuando se alejan hacia el firmamento, pero no cuando se dirigen hacia el centro de la tierra”, Leonardo (1999: 223).

Los elementos ejercen una fuerza hacia abajo por la presión que su peso ejerce sobre los cuerpos, pero en el momento en que han llegado a ocupar el lugar que por naturaleza les corresponde, esa presión desaparece y tan sólo reposan en su lecho natural, como indican las plantas que crecen en el fondo de los ríos, que no sufren aplastamiento por parte de la presión del agua. Pero el aire se encuentra por encima de la tierra y del agua, por lo que, según Leonardo, cuando el aire se enfría se convierte en agua, por lo que no existen elementos puros en la naturaleza, sino que todo surge de lo mismo y todo puede transformarse en los demás elementos. Lo único esencial es el fuego primordial que conforma y destruye el mundo.

Pero hay que decir que la tierra ocupa el lugar central del universo por la presión que ejerce su peso, pero cuando llega a ese lugar deja de actuar esa presión. Y el agua se sitúa sobre la tierra, pero no de forma desordenada, sino que todas las partículas se situarán de forma equidistante al centro de la tierra y del universo, y del mismo modo se dispondrán las partículas del aire sobre el agua y las partículas de fuego sobre el aire.

Leonardo es uno de los primeros hombres que se dan cuenta de la lejanía de los astros del cielo, por ello afirma que se deben preparar lentes especiales de aumento que permitan salvar las grandes distancias existentes entre nosotros y los cuerpos celestes. Afirma que la Luna no tiene luz propia, sino que refleja la luz que le llega del Sol y que sólo vemos la cara de ésta que tenemos inmediatamente enfrente. Pero afirma que ese reflejo se debe a la cantidad de agua que existe en la Luna, siguiendo su propia especulación a falta de posibilidad de una observación directa.

El Sol permanece inmóvil y dota del calor necesario para la vida a la Tierra. La razón por la que parece que el sol se mueve es la observación, pero ello es provocado por la gran distancia existente entre el Sol y la Tierra, porque también parece que el Sol no sea muy grande, cuando en realidad es enorme. Y del mismo modo, parece que es el Sol el que se mueve formando el día y la noche, cuando en realidad es la Tierra la que se mueve alrededor del Sol.

Vemos como Leonardo sabía de la distancia enorme entre la Tierra y el resto de astros, ya que afirma que las estrellas son astros enormes situados a grandes distancias, y aunque no haya pruebas de la utilización del telescopio por parte de Leonardo, lo que es seguro es que se planteó teorías ópticas con la intención de fabricar lentes de aumento que fueran capaces de salvar la distancia entre los astros y el observador. Lo cierto es que Leonardo afirmó que el hombre y la Tierra compartían una propiedad: su composición dualista. Mientras que su esencia era de naturaleza espiritual, su materialidad debía responder a las leyes que rigen la realidad.

5. El mecanicismo de Leonardo

Leonardo afirma que un espíritu no puede estar nunca entre los elementos, porque

“Crearía un vacío continuo en cualquiera de los elementos en que se encontrara y por esta razón estaría volando incesantemente hacia el firmamento hasta haber dejado atrás esos elementos”, Leonardo (1999: 256).

Por ello, hemos de concluir que, para nuestro autor, un espíritu no puede estar nunca sin un cuerpo porque es necesario que un espíritu esté siempre contenido en un cuerpo, ya que si no desaparecería. Pero no es la única razón: además, el espíritu por sí sólo no puede nunca comunicarse con el mundo, y ello por puro principio mecánicos. Así, Leonardo nos dice

“... la voz es movimiento de aire en fricción contra un cuerpo denso o de un cuerpo denso en fricción con el aire, que es lo mismo. Esta fricción del denso con el de poca densidad condensa el de poca densidad y causa resistencia. Es más, dos de poca densidad, uno moviéndose con rapidez y otro con movimiento lento, se condensan mutuamente al ponerse en contacto y producen un gran ruido. El sonido producido por uno de poca densidad moviéndose a través de otro del mismo estilo a una velocidad moderada, es como una gran llama que hace ruidos en el aire. El ruido más fuerte hecho por los pocos densos tiene lugar cuando moviéndose uno con rapidez penetra en el otro que está en movimiento. Por ejemplo, la llama de fuego que sale de un gran cañón al chocar con el aire, y lo mismo la llama que sale de la nube que golpea el aire y produce así los rayos.

De aquí podemos afirmar que el espíritu no puede producir una voz sin movimiento de aire, y en él no hay ninguno, por lo que no puede emitir lo que no tiene”, Leonardo (1999: 257ss.).

De aquí se desliga la necesidad de la unión de un espíritu y un cuerpo. Si el espíritu no poseyera un cuerpo no podría nunca comunicarse con el mundo, ya que no es extenso ni es denso, por lo que le sería imposible detectar en sí y por sí la naturaleza. Por ello, concluye Leonardo

“... nada de poca densidad puede moverse a no ser que tenga un punto estable de donde tomar su movimiento...”, Leonardo (1999: 258).

Una vez establecida la dualidad entre cuerpo y alma, Leonardo se dedica a establecer al hombre como centro del mundo y a ponerlo como medida universal de las cosas, hasta el punto que tan sólo aquello que respete las proporciones humanas podrá ser considerado como bello y perfecto.

Esta es la razón por la cual Leonardo considera a la proporcionalidad como el principio sobre el que debe sostenerse toda la realidad, ya que desde la correcta correlación de las partes para conformar una unidad podemos observar la perfección del todo, como en el caso del hombre de Vitrubio.

“Vitrubio, el arquitecto, dice en su obra de arquitectura que las medidas del cuerpo humano están distribuidas por la naturaleza de la manera siguiente: cuatro dedos hacen un palmo; cuatro palmos hacen un pie; seis palmos hacen un codo; cuatro codos hacen la altura de un hombre; cuatro codos hacen un paso, y veinticuatro palmos hacen un hombre. Estas medidas las usó él en los edificios.

Si abrimos las piernas, hasta disminuir la altura en un cuarto, y extendemos los brazos, levantándolos de tal modo que los dedos medios estén al nivel de la parte superior de la cabeza, debemos saber que el ombligo será el centro de un círculo del que los miembros extendidos tocan su circunferencia. Asimismo, el espacio entre las piernas formará un triángulo equilátero”, Leonardo (1999: 52).

La proporción entre las diferentes partes del cuerpo de un hombre y su todo es lo que permite establecer la proporción del resto de los cuerpos de la realidad. Si el hombre es el cuerpo más perfecto creado por la naturaleza y se sitúa en el centro del universo, entonces todo cuerpo posterior debe respetar la proporción de dicho ser. Así, todo cuerpo para ser considerado bello debe permanecer en idéntica proporción con el cuerpo humano, tal y como lo hacen las diferentes partes de dicho cuerpo con su todo. De este modo, si, por ejemplo, consideramos que

“La largura del pie desde el fin de los dedos al talón es dos veces menor que la que hay desde el talón hasta la rodilla, es decir, donde el hueso de la pierna se une con el hueso del muslo”, Leonardo (1999: 55),

o que

“La largura entre la mano y la muñeca es cuatro veces menor que la distancia entre la punta del dedo más largo a la articulación de las espaldas”, Leonardo (1999: 55),

no tendríamos más remedio que considerar, como de hecho hace nuestro autor, que la proporción de todo cuerpo debe respetar la proporción que las partes del hombre tienen con respecto a su todo.

Leonardo se dedica ahora a describir diferentes procesos corporales humanos. Describe, por ejemplo, el movimiento de miembros y extremidades gracias a la contracción o expansión de músculos, tendones y nervios (figura 1). Cuando un miembro se mueve, la maquinaria interna que lo conforma (tendones, músculos, etc.) se ponen también en movimiento; es más, si no fuera por el movimiento interno de músculos y tendones, el miembro no se movería. Vemos aquí un mecanicismo explícito en el que el movimiento del cuerpo supone un movimiento sincrónico de ciertas partes internas del mismo cuerpo, como el movimiento de un reloj supone el movimiento sincrónico de los engranajes internos que lo conforman. Y el movimiento sincrónico de los distintos miembros y articulaciones del cuerpo humano permitiría el movimiento completo del cuerpo humano como tal; es decir, por el movimiento conjunto de los miembros de un cuerpo es por lo que dicho cuerpo es capaz de moverse.

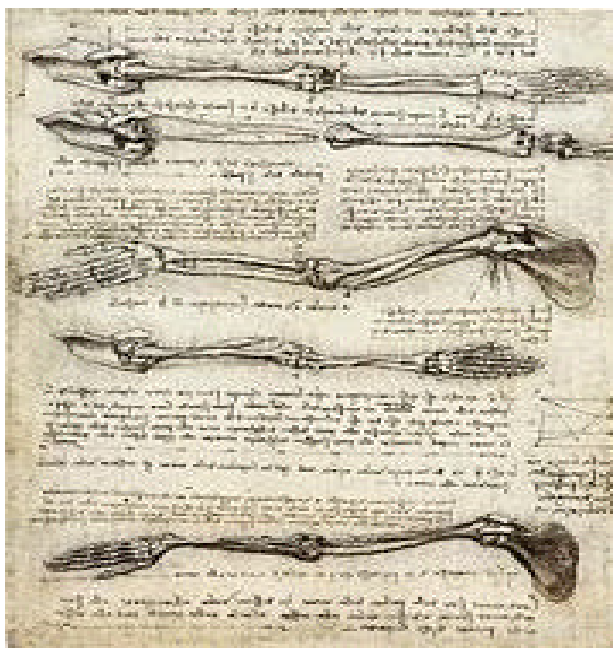


Figura 1. Representación del movimiento del brazo

Pero si el centro de gravedad de un cuerpo es el centro exacto de dicho cuerpo (en el hombre lo sería el ombligo, según Leonardo), cuanto más alejado está el punto de apoyo del punto de gravedad de un cuerpo, menos presión ejerce sobre el mismo, por lo

que su movimiento es más rápido, ya que el cuerpo es más ligero porque ejercen menos presión sobre él. Por ello mismo, dice nuestro autor,

“Un hombre corriendo proporciona a su pierna menos peso que cuando está inmóvil en pie. De la misma manera el caballo cuando corre es menos consciente del peso del jinete, y por esto muchos consideran maravilloso que un caballo en una carrera pueda apoyarse solamente en un pie. De aquí podemos concluir, refiriéndonos al peso en un movimiento transversal, que cuanto más rápido es el movimiento menor es el peso hacia el centro de la tierra”, Leonardo (1999: 64).

Leonardo también describe el ojo humano. Afirma que en el centro de su córnea existe un círculo que le permite ver en muchas direcciones, según la perspectiva. Y ese círculo es la pupila, que se dilata o se contrae según el exceso o la falta de luz, respectivamente. También se detiene en la descripción de los músculos y forma de la lengua y los labios, y como su movimiento acompasado provoca en el hombre la voz y los diferentes sonidos característicos en el resto de animales (figura 2).

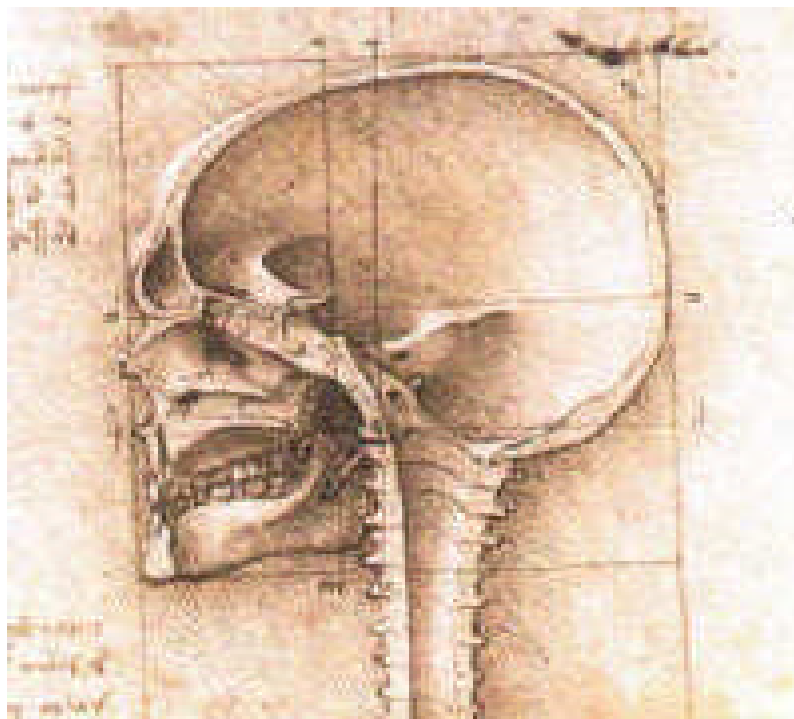


Figura 2. Descripción de la parte interna de una cabeza humana

Leonardo acaba afirmando que todo posible movimiento, e incluso la vida, depende de la médula espinal (figura 3), ya que, según nuestra evidencia experimental,

“La rana muere instantáneamente cuando es atravesada su médula espinal, a pesar de que antes vivió sin cabeza, sin corazón, sin huesos, sin intestinos y sin piel. Por tanto, parece ser que es en la médula espinal donde reside la raíz del movimiento y de la vida”, Leonardo (1999: 72ss.).

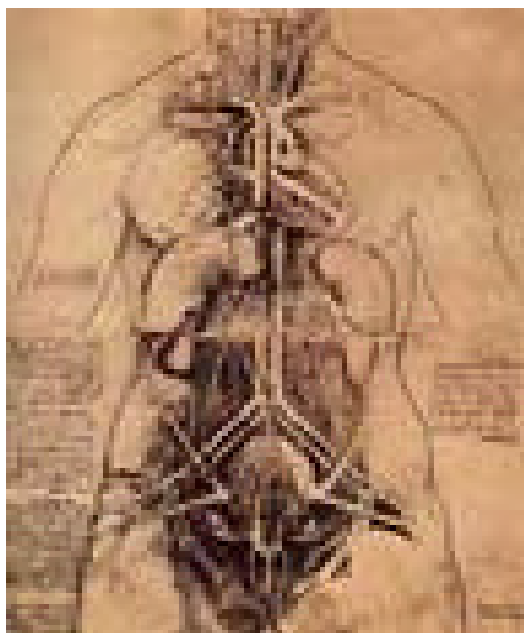


Figura 3. Representación de la composición interna de un cuerpo femenino

Leonardo completa su descripción anatómica del ser humano exponiendo su concepción del embrión (figura 4):

“... el alma de la madre que forma primero en su seno la forma del hombre y a su debido tiempo infunde el alma para que viva en él. En los comienzos de la gestación, el alma está como dormida bajo la tutela del alma materna, que la alimenta y la vivifica, por medio del cordón umbilical, con todos sus miembros espirituales. Todo esto continuará para el tiempo que el cordón umbilical esté unido al feto por medio de las secundinas y cotiledóneas, por las que el niño está unido a la madre. Estas son las razones por las que el niño experimenta con más intensidad que la misma madre un fuerte deseo o una experiencia de miedo, llegando en muchos casos a morir el niño”, Leonardo (1999: 71).



Figura 4. Exposición del desarrollo embrionario humano

El alma de la madre sostiene dos cuerpos hasta que el cuerpo del niño está capacitado para afrontar el mundo. Mientras tenga al niño en su interior, el alma de la madre alimentará los dos cuerpos y los deseos y emociones de su alma serán también los del alma del niño. Pero en el momento en que el cuerpo del niño está totalmente formado, podrá vivir por sí mismo, y su alma despertará y tomará posesión completa de su cuerpo.

Así, vemos que Leonardo afirma que el alma de la madre conforma tanto el alma como el cuerpo del niño mediante la división de las partes espirituales de la materia que da forma a su cuerpo, contradiciendo a toda la tradición anterior, como él bien dice al afirmar que,

“Acerca de esto, Avicena sostiene que el alma da a luz al alma y el cuerpo al cuerpo, pero está en un error”, Leonardo (1999: 72).

6. La concepción del movimiento. La dinámica en Leonardo

Respecto a su concepción de movimiento, Leonardo afirma que,

“Lo mismo que una piedra arrojada al agua se convierte en el centro y en el origen de muchos círculos, y como el sonido se esparce en círculos por el aire, así cualquier objeto, colocado en una atmósfera luminosa, se difumina en círculos y llena el aire que le rodea con infinitas imágenes de sí mismo”, Leonardo (1999: 110).

Las ondas se expanden formando círculos desde su centro hasta el infinito, como en el agua y en el aire. Pero del mismo modo que las ondas que una piedra forma al ser arrojada a un estanque rebotan en las orillas y retornan al centro desde el que partieron, las ondas que forma la imagen de un objeto rebotan en el ojo del observador y retornan al objeto del que partieron, formando así la visión.

El movimiento en Leonardo es estudiado en dos ámbitos bien distinguidos: en primer lugar, el movimiento de los cuerpos por tierra, que es mecánico, como se ha descrito en el capítulo anterior; pero en segundo lugar encontramos el movimiento por aire y por agua, que es similar entre sí, y que acontece de forma diferente.

Tanto en el agua como en el aire, los cuerpos pueden moverse porque su ímpetu (fuerza propulsora que actúa como motor) permite a los cuerpos dirigirse hacia algún lugar, pero el lugar o espacio que ocupaban ahora queda vacío, por lo que el aire o el agua que lo circunda tiende a ocupar ese lugar, de modo que desplaza hacia delante al objeto (la teoría del *ímpetus* probablemente la recoja de las teorías de Juan de Buridán). A diferencia que en Aristóteles, la fuerza del motor no está actuando continuamente sobre el cuerpo, para Leonardo, sino que actúa una vez originariamente y el movimiento seguirá por el proceso antes descrito. Y esto sólo es posible porque el cuerpo mantiene la fuerza del impulso, ya que de lo contrario, la densidad del elemento en el que se mueva y la fricción que sobre el mismo ejerce el cuerpo, harían que, finalmente, se detuviera. (Tanto la teoría de Buridán como la de Leonardo son precursoras de las leyes de la inercia de Newton).

Pero tanto en el caso del aire como del agua, la sustancia que se encuentra por debajo del cuerpo ha de ser densa, porque de lo contrario los cuerpos caerían

inmediatamente, y los elementos que se encuentran por encima deben enrarecerse al ocupar el espacio vacío que ha dejado el agua, porque de lo contrario ejercerían presión y el cuerpo acabaría cayendo.

Lo que realmente persigue nuestro autor es llegar a descubrir una ley universal de movimiento que permita plasmar esta realidad regular observada en la naturaleza y que pueda ser aplicada a la construcción de artefactos capaces de una utilidad práctica, ya sea en una maquina bélica (figura 5) o en una máquina pensada para el futuro: una máquina voladora (figura 6).



Figura 5. Proyecto de carro blindado

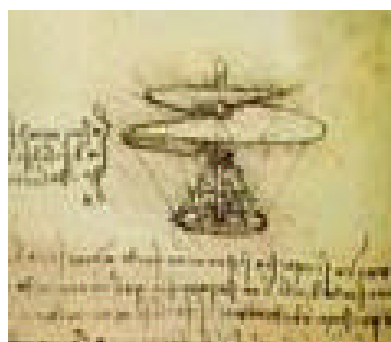


Figura 6. Proyecto de artefacto volador

Por ello mismo, se centra en el estudio del movimiento de las alas de las aves y afirma

“La fuerza del motor tendría que ser siempre proporcionada al peso del móvil y a la resistencia del medio en que se mueve el paso. Pero uno no puede deducir la ley de esta acción, a no ser que primero descubra la cantidad de condensación del aire cuando es golpeado por cualquier objeto movible. Esta condensación será más o menos densa, según la velocidad del móvil. Esto aparece en el vuelo de las aves...”, Leonardo (1999: 269).

Leonardo afirma que las aves tienen una potencial fuerza siempre adormitada en sí y que sólo emplean en casos extremos (huir de un depredador, etc.), ya que normalmente no necesitan de gran esfuerzo porque se aprovechan de la densidad del aire para su movimiento. Las alas tienen la parte inferior cóncava, lo que les permite

elevarse cuando el aire se arremolina bajo ellas; pero su parte superior es convexa, por lo que pueden descender gracias a la presión y condensación del aire sobre ellas.

Pero las aves, además, pueden moverse libremente en cualquier dirección gracias al empleo de su cola, que les sirve a modo de timón. Según quieran girar, ascender o descender, el movimiento de su cola les proporcionará la dirección adecuada.

Pero la máquina voladora que Leonardo pretende realizar (toldos de doce brazas de alto por doce de ancho, figura 7) necesitarán de una fuerza “sobrehumana” que el hombre no es capaz todavía de proporcionar y que el aire no puede sustentar porque la presión que ejerce sobre el aire un cuerpo tan pesado como es un hombre rompe la densidad del aire que pasa por debajo de él.



Figura 7. Proyecto de montaje de alas

Aunque Leonardo está convencido de que el hombre será capaz de volar mediante ingeniosos artilugios mecánicos, sus soluciones no parecen muy satisfactorias porque la fuerza impulsora de sus mecanismos llega a ser la suficiente para emprender el vuelo. Aunque estos intentos fracasaron, el convencimiento de Leonardo de la traducción de estos principios de movimiento en fórmulas matemáticas fue el germen para que el ingenio humano siguiera estimulándose hasta lograr una solución satisfactoria.

Anexo I. La explicación matemática de las medidas proporcionales de “El hombre de Vitrubio”

En su “El hombre de Vitrubio”, Leonardo realiza una visión del hombre como centro del Universo al quedar inscrito en un círculo y un cuadrado. El cuadrado es la base de lo clásico: el módulo del cuadrado se emplea en toda la arquitectura clásica, el uso del ángulo de 90° y la simetría son bases grecolatinas de la arquitectura. En él se realiza un estudio anatómico buscando la proporcionalidad del cuerpo humano, el canon clásico o ideal de belleza. Sigue los estudios del arquitecto Vitrubio (Marcus Vitruvius Pollio) arquitecto romano del siglo I a. C. a quien Julio Cesar encarga la construcción de diversas máquinas de guerra. En época de Augusto escribió los diez tomos de su obra *De architectura*, que trata de la construcción hidráulica, de cuadrantes solares, de mecánica y de sus aplicaciones en arquitectura civil e ingeniería militar. Vitrubio tuvo escasa influencia en su época pero no así en el Renacimiento, ya que fue el punto de partida de sus intentos y la justificación de sus teorías. Su obra fue publicada en Roma en 1486 realizándose numerosas ediciones como la de Fra Giocondo en 1511, Venecia o la de Cesare Cesarino en 1521, Milán, dedicada a Francisco I. Parece indudable que Leonardo se inspiró en el arquitecto romano.

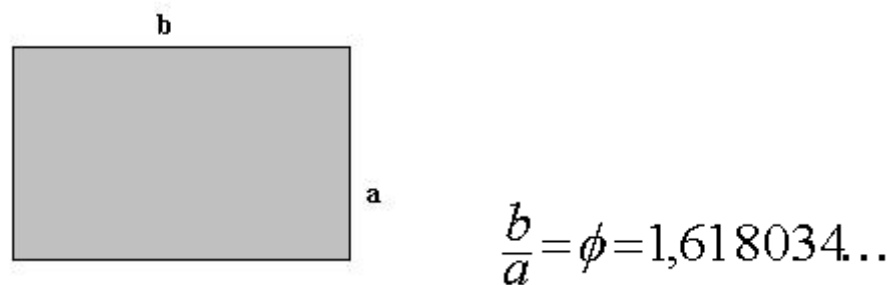
El hombre de Vitrubio es un claro ejemplo del enfoque globalizador y humanístico de Leonardo que se desarrolló muy rápidamente durante la segunda mitad de la década de 1480. Trataba de vincular la arquitectura y el cuerpo humano, un aspecto de su interpretación de la naturaleza y del lugar de la humanidad en el "plan global de las cosas". En este dibujo representa las proporciones que podían establecerse en el cuerpo humano (especialmente a partir de la denominada proporción áurea). Para Leonardo, el hombre era el modelo del universo y lo más importante era vincular lo que descubría en el interior del cuerpo humano con lo que observaba en la naturaleza.

Durante los últimos siglos, creció el mito de que los antiguos griegos estaban sujetos a una proporción numérica específica, esencial para sus ideales de belleza y geometría. Dicha proporción es conocida con los nombres de razón áurea, media áurea, o divina proporción. Aunque recientes investigaciones revelan que no hay ninguna prueba que conecte esta proporción con la estética griega, ésta sigue manteniendo un cierto atractivo como modelo de belleza.

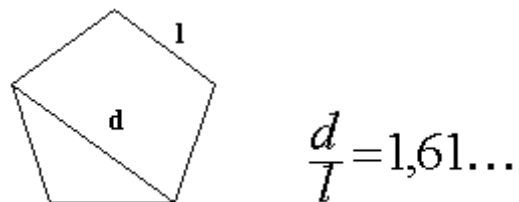
El valor numérico de esta razón, que se simboliza normalmente con la letra griega ϕ , es:

$$\phi = \frac{1 + \sqrt{5}}{2} = 1,618034\dots$$

La fama que tiene de estético le viene dada por el rectángulo áureo, cuya altura y anchura están en la proporción 1 a ϕ . Es decir, si siendo su altura a y su anchura b se cumple que



La **razón áurea** también podemos encontrarla en otras figuras geométricas, por ejemplo el pentágono regular, en el que la razón entre la diagonal y el lado cumple la divina proporción



Pero lo que quizá nos pueda resultar más curioso es la presencia de la razón áurea en la naturaleza. Incluso los cuerpos humanos exhiben proporciones cercanas a la razón áurea, como puede verse comparando la altura total de una persona con la que hay hasta su ombligo.

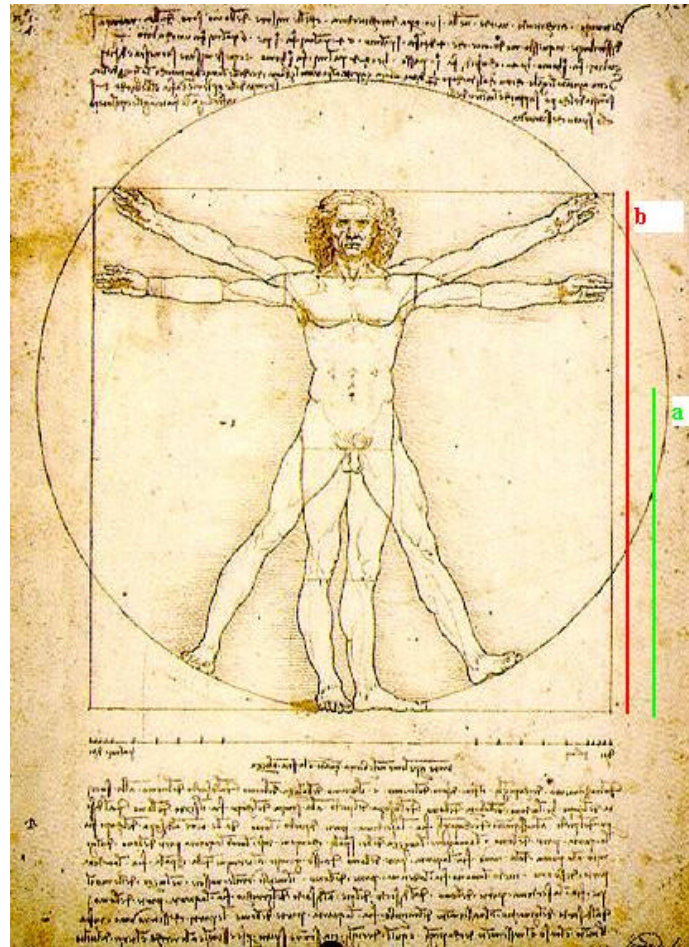


Figura 8. El hombre de Vitrubio. Se han añadido dos segmentos: la altura hasta el ombligo (a) y la altura total (b), cuya proporción corresponde a ??

Referencias

- CASSIRER, E. (1970); *El problema del conocimiento, volumen 1*. México D. F.: Fondo de Cultura Económica.
- MUNTZ, Eugene (1956); *Leonardo da Vinci: el artista, el pensador, el sabio. Libro tercero "Leonardo en Milán"*. Buenos Aires: El Ateneo.
- VINCI, Leonardo DA (1999); *Cuadernos de notas*. Traducción castellana de José Luis Velaz. Madrid: Edimat.
- (2004); *Tratado de la pintura*. Madrid: Akal.