

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO

FACULTAD DE HUMANIDADES Y ARTES

LICENCIATURA EN FILOSOFÍA

TESINA DE GRADO:

EL LUGAR DE LEONARDO DA VINCI EN LA HISTORIA DE LA CIENCIA.

UN ENFOQUE KUHNIANO

MAÍRA POUHEY BRAGOS

DIRECTOR: JAVIER CASTRO ALBANO

CO-DIRECTOR: JOEL J. LORENZATTI

ROSARIO, 31 DE AGOSTO DE 2018

Índice

Introducción	3
1.- Diferencias de modelos	6
1.1.- Modelo tradicional	6
1.2.- Modelo kuhniano	11
1.3.- Comparación de modelos	18
2.- Leonardo da Vinci	20
2.1.- Breve biografía	20
2.2.- Códices vincianos	22
2.3.- Una imagen mitificada: genio universal y hombre sin letras	28
2.3.1.- Genio universal	28
2.3.2.- Hombre sin letras	32
3.- El rol de científico en Leonardo según sus investigaciones sobre la naturaleza	43
3.1.- Análisis de Karl Jaspers	43
3.2.- Interpretaciones según la imagen mitificada de Leonardo	55
3.3.- Propuesta alternativa para la crítica a la imagen mitificada de Leonardo	64
4.- Análisis kuhniano: caso Leonardo	72
Consideraciones finales	93
Bibliografía	95
Bibliografía de consulta	97

Introducción

Resulta problemático escribir sobre Leonardo da Vinci. Principalmente porque se ha escrito y se continúa escribiendo demasiado sobre su figura. El abanico de tópicos para estudiar al vinciano es enorme. Por eso decidimos, en primer lugar, advertirle al lector aquello que no haremos. Queda por fuera del alcance e interés del trabajo que realizaremos tratar temas como: analizar los motivos por los cuales Leonardo utilizaba una escritura especular; estudiar cronológicamente o pictóricamente los bocetos de la cabeza de Leda para la ulterior obra *Leda y el cisne*; evaluar si la personalidad de Leonardo ha beneficiado o ha perjudicado su producción artística o sus investigaciones de la naturaleza; profundizar sobre la rivalidad con otros artistas renacentistas; analizar su sexualidad; hacer una recopilación de los inventos originarios atribuidos a él; y un largo etcétera.

Con ello queremos decir que no haremos un estudio sobre Leonardo según disciplinas tales como estética, psicología o historia, o por lo menos, no en un sentido estricto. Deseamos presentar otra vía de análisis poco tratada: cómo la figura de Leonardo puede ser abordada desde la epistemología kuhniana y cuál es la relevancia que tiene tal análisis para la filosofía de la ciencia. Por lo tanto aquí sí nos interesará investigar qué cuestiones estudiaba Leonardo sobre los fenómenos naturales, sus reflexiones sobre ellos, qué consideraciones tenía acerca de la ciencia, la matemática, la mecánica, y otras disciplinas, cuál era la relevancia de tales estudios para ultimar sus producciones ya sean artísticas o científicas.

Si bien no son novedosos los estudios sobre Leonardo y sus producciones científicas, en este trabajo partiremos de una base epistemológica que no ha sido explorada en relación a la figura de Leonardo. El interés de Leonardo en cuanto a científico tiene su mayor auge a comienzos del siglo XX y continúa hasta nuestros días. Pero hemos encontrado que estos estudios se encuentran atravesados por una particular línea epistemológica: la epistemología tradicional o pre-kuhniana. Entendemos que, desde este enfoque epistemológico, el análisis del vinciano no resulta satisfactorio o convincente en la mayoría de los resultados que nos pueda llegar a proporcionar, generando incluso ciertas ambigüedades sobre si Leonardo fue o no científico, cuáles fueron sus aportes científicos o si su producción resulta ser un adelanto a producciones científicas posteriores.

Nuestra propuesta es analizar la figura del vinciano bajo un enfoque que creemos que nos liberará de aquellas ambigüedades o insatisfacciones. Tomamos la epistemología kuhniana como herramienta de análisis. Esta manera de encarar el estudio no ha sido utilizada, por lo menos de manera explícita, a la hora de realizar un análisis de Leonardo en lo referente a sus investigaciones científicas y sus reflexiones filosóficas sobre aquellas. Aportando el enfoque kuhniano, además de obtener resultados más satisfactorios que otro enfoque epistemológico, creemos que poseemos en Leonardo un ejemplo para esclarecer ciertas nociones kuhnianas.

Por ello, en el presente trabajo se hará mención de algunos autores que analizan la figura de Leonardo desde el enfoque de la epistemología tradicional, el cual cuestionaremos a lo largo de las sucesivas páginas. La diferencia entre estos modelos epistemológicos, tradicional y kuhniano, atraviesa la lectura y la interpretación que realizaremos en cada texto a tratar a lo largo de nuestro trabajo. Nuestra primera tarea a realizar será identificar estos modelos siguiendo los lineamientos generales de cada uno para luego ver cómo son aplicados por los distintos autores que trataremos concretamente. Según la adopción de un enfoque u otro se tendrán resultados no sólo diferentes sino también más o menos satisfactorios en cuanto al análisis del aporte a la ciencia del vinciano. Desde un enfoque kuhniano, consideramos que Leonardo hizo sus aportes en un periodo de revolución científica y que, a su vez, resulta un ejemplo de los momentos de crisis entre paradigmas.

Nuestro trabajo constará de cuatro capítulos:

En el primer capítulo expondremos la diferencia entre los dos modelos epistemológicos: el tradicional y el kuhniano, que nos será útil en el desarrollo ulterior del trabajo. Así, esbozaremos las tesis y las nociones fundamentales de ambos modelos. Luego realizaremos una breve comparación entre ambos enfoques, señalando sus diferencias fundamentales de acuerdo con los finales que perseguimos.

En el segundo capítulo consideraremos algunas cuestiones puntuales referentes a Leonardo y su imagen mitificada. En primer lugar, presentaremos una breve biografía del vinciano según sus estadías en diferentes ciudades a lo largo de su vida. En segundo lugar, mostraremos cómo fue conformándose esa imagen mitificada a través de la historia, según comentaristas e historiadores de Leonardo, focalizándonos en dos características atribuidas

al vinciano: genio universal y hombre sin letras. Intentaremos mostrar, además, cómo esta caracterización influyó la concepción que se tiene del aporte de Leonardo a la ciencia.

Estos dos primeros capítulos nos darán una base para comprender los siguientes, puesto que nos permitirá diferenciar tanto los enfoques epistemológicos como el empleo de una imagen mitificada o desmitificada del vinciano. Las lecturas subsiguientes tendrán en consideración dichas diferencias para poder identificarlas y, de este modo, poder criticarlas.

En el tercer capítulo trataremos diferentes análisis de la figura de Leonardo según las investigaciones sobre la naturaleza que hubo realizado. Abordaremos, en primer lugar, una postura epistemológica tradicional donde el criterio de cientificidad empleado da como resultado que ni Leonardo ni sus investigaciones pueden ser consideradas científicas. Aquí nos centraremos en el análisis de Karl Jaspers. En segundo lugar, abordaremos varias interpretaciones que se suscitan a través de la imagen mitificada de Leonardo considerado como precursor de la ciencia moderna. Esta línea de interpretación corresponde cronológicamente a autores tanto anteriores como posteriores al escrito de Jaspers. En particular nos detendremos en las interpretaciones de Filippo Bottazzi, Rodolfo Mondolfo y Fritjof Capra. En tercer lugar, se expondrá una alternativa de análisis crítica a la concepción mitificada del vinciano expuesta por Raymundo Morado en un artículo editado recientemente.

En el cuarto capítulo aportaremos nuestras objeciones y críticas al enfoque epistemológico tradicional como herramienta para comprender la obra del vinciano. En contrapartida, realizaremos nuestro análisis de acuerdo con el enfoque kuhniano, lo cual permitirá sustentar el círculo virtuoso que encontramos entre la epistemología kuhniana y la figura de Leonardo. Veremos como algunas características que señala Kuhn de las investigaciones científicas en época de crisis paradigmática se corresponde con la práctica científica realizada por Leonardo y con sus propias reflexiones filosóficas en torno a la ciencia.

1.- Diferencias de Modelos

En este primer capítulo esbozaremos, en diferentes apartados, las tesis principales del modelo tradicional y del modelo kuhniano. Por lo tanto, este capítulo estará dedicado, por completo, a cuestiones de carácter epistemológico.

En el primer apartado, se expondrá cuáles son las características principales que la epistemología tradicional considera como importantes a la hora de realizar un estudio de la ciencia, en particular cuál es el objeto de estudio, a saber: el método científico y los principales problemas que pretende resolver. En el segundo apartado, considerablemente más extenso, trataremos la epistemología kuhniana como una epistemología alternativa que pretende quitar del centro de la escena la cuestión del método científico como ocupación primordial. En el último apartado, por su parte, compararemos ambos modelos.

Es fundamental que tengamos presente esta comparación de modelos dado que nos servirá para comprender mejor las lecturas sucesivas y lograr identificar en los autores tratados, cuál es el enfoque epistemológico que utilizan. También creemos que es importante que tengamos en mente el cambio conceptual entre ambos modelos y con ello las distintas maneras de comprender y estudiar la dinámica científica.

1.1.- Modelo tradicional

La epistemología tradicional pone el acento en el estudio del método científico. Pretende también dar solución a dos problemas dentro del ámbito de la epistemología: i) el problema de la demarcación: adquirir un criterio que permita distinguir aquellas actividades científicas de las que no son, pretendiendo que la ciencia tenga un desarrollo autónomo; ii) el problema de la justificación: elaborar un método que permita la correcta evaluación de las teorías científicas (Lorenzano 1993).

Una primera distinción que suele hacerse desde la epistemología clásica es aquella entre el contexto de descubrimiento y de justificación, siendo éste último el objeto de estudio

de la epistemología¹. La distinción entre estos contextos tiene larga data y fue tratada por varios autores. Durante la década de 30 autores como Karl Popper, Hans Reichenbach, Carl Hempel estudian estos contextos marcando en la agenda de la epistemología tradicional la relevancia de la distinción entre ambos contextos. Quien realiza un estudio en detalle diferenciando ambos contextos es Hans Reichenbach. En su artículo *On Probability and Induction* indica cuál es importancia de esta distinción entre contextos:

Si deseamos construir una filosofía de la ciencia, debemos distinguir cuidadosamente entre dos tipos de contextos en los cuales las teorías científicas pueden ser consideradas. El contexto de descubrimiento debe estar separado del contexto de justificación; el primero corresponde a la psicología del descubrimiento científico, el último es objeto de la lógica de la ciencia² (Reichenbach, 1938, p. 36).

Unos años antes de la publicación de Reichenbach, Popper también aboga a esta distinción, con distinta terminología, en *La lógica del descubrimiento científico*. Posteriormente, en la década del 60, Hempel dedica su estudio a estos contextos en *Problemas recientes de la inducción* problematizando dicha distinción:

[...] si la noción de aceptación de una hipótesis independientemente de cualquier acción contemplada puede ser satisfactoriamente elucidada dentro del marco de un análisis puramente lógico y metodológico de la investigación científica o, si es posible alguna construcción iluminadora de la idea, entonces tendrá que darse en el contexto del estudio psicológico, sociológico e histórico de la investigación científica (Hempel, 1966, p. 19).

Veamos la distinción entre contextos. En el contexto de descubrimiento se estudian los procedimientos por los cuáles se llega a elaborar una teoría. Dado que se pretende buscar los motivos o las formas por los cuales se postuló tal teoría, el área que va estudiar estas

¹ Utilizamos el término ‘epistemología’ en el sentido de ‘filosofía de la ciencia’ y no, tal como suele entenderse en algunos contextos de habla inglesa, como ‘teoría del conocimiento’ (Moulines 2011).

² “If we want to construct a philosophy of science, we have to distinguish carefully between two kinds of context in which scientific theories may be considered. The context of discovery is to be separated from the context of justification; the former belongs to the psychology of scientific discovery, the latter alone is to be the object of the logic of science” (Reichenbach, 1938, p. 36). Las traducciones del inglés son de mi autoría a menos que se referencie una obra traducida al español.

cuestiones serán disciplinas como la psicología o sociología. Lorenzano señala que Popper determina que los eventos que se suceden en el contexto de descubrimiento “no poseen reglas, y por lo tanto no son susceptibles de tratamiento lógico” (Lorenzano, 1999, p. 1). En cambio, y en oposición, se encuentra el contexto de justificación tiene que ver con la validación de aquellas teorías o hipótesis, que es aquella esfera que admite un tratamiento lógico y será el campo de la lógica el encargado de establecer los criterios y los procedimientos para poner las teorías a prueba. Por lo tanto, el contexto de justificación, tal como hemos mencionado, será el objeto de estudio de la filosofía de la ciencia.

Una segunda distinción es la demarcación entre ciencia y metafísica. A principios del siglo XX los integrantes del Círculo de Viena pretenden separar la ciencia de otras esferas no científicas (Carnap 1993). Para ello proponen el criterio de verificación: “los enunciados de la ciencia deber ser verificables por la experiencia, por los sentidos” (Lorenzano, 1993, p. 3). Esta línea divisoria separa los enunciados científicos, es decir, los verificables, aquellos que poseen sentido, de aquellos que no lo poseen, es decir, de los enunciados metafísicos.

La cuestión radicaré entonces en ver cómo se justifican los enunciados científicos. Según los miembros del Círculo de Viena será: “por experiencia directa si son acerca de hechos, por inducción a partir de éstos si son leyes” (Lorenzano, 1993, p. 4). Surge así un problema con respecto a las leyes: cómo verificarlas si no se puede contrastar todos los casos de una ley. Si no se puede acceder a todos los casos, no se podría verificar y por ende, según el principio de verificación, quedarían fuera de la ciencia (Lorenzano 1993). Según Popper, la cuestión no radica en separar entre aquellos enunciados que tienen sentido, los científicos, de aquellos que no lo tienen, los metafísicos. Sin embargo, tanto Popper como los autores del Círculo de Viena, en general, comparten la idea general de que la demarcación entre ciencia y metafísica, no sólo puede ser realizada, sino que debe ser hecha.

Entonces la tarea de la epistemología tradicional es el análisis lógico de las teorías científicas. El método científico será aquel que aplicado a las teorías establezca si éstas pueden ser aceptadas o no. A su vez, se debe contar con un criterio que permita trazar una línea divisoria entre el conocimiento científico y otras formas de conocimiento. Aquí interesa que los enunciados de la ciencia tengan un correlato con la experiencia que expresen, de manera objetiva, los hechos. La racionalidad científica ocupa el centro del escenario, vale

decir, el contexto de justificación: proponer teorías y contrastarlas será la función principal. Aquello que no sea susceptible al análisis lógico o no se siga de ello, no es de interés para esta tradición.

Ahora bien, ¿por qué resulta tan atractiva para la tradición la idea de método científico?

Alexander Bird denomina a la epistemología tradicional como ‘viejo racionalismo’. Bajo este rótulo, el autor, incluye a filósofos que si bien tienen proyectos y concepciones que podrían llegar a ser contrarias, comparten los mismos intereses sobre la racionalidad científica.

La racionalidad es entendida de una manera especial como aquello que abogue principalmente a las estructuras lógicas del conocimiento científico y a la elaboración de un procedimiento metodológico para la obtención y la aprobación de teorías. Por lo tanto, la tarea principal es la constitución de un método racional que facilite el conocimiento científico. Aquellos filósofos que se dedicaron a tratar de ilustrar y de explicar de la mejor manera posible la cuestión del método científico, cuál es la mejor forma de obtener teorías y aceptarlas, en qué consisten las hipótesis para el conocimiento científico adecuado, etc. son parte del viejo racionalismo. Entre los filósofos que caen bajo este rótulo se encuentran Rudolf Carnap, Karl Popper, Carl Hempel e Imre Lakatos (Bird 2000).

La simpatía hacia este viejo racionalismo, radica en que sus propios adherentes creían que los logros científicos eran producto del empleo del método científico. Al mismo tiempo, el avance tecnológico, el surgimiento de teorías más acordes a la naturaleza de los fenómenos, la acumulación de datos y hechos observados o experimentados, etc., eran entendidos como evidencia o prueba de la prosperidad del conocimiento científico en virtud de la aplicación un método racional. De esta manera también la ciencia se acerca aún más a la verdad o se encuentra más próxima a ella. En palabras de Bird:

Los viejos racionalistas creían que no solo podían dar cuenta de la racionalidad científica sino que también con ello podían explicar el actual desarrollo de la ciencia. Quedaron impresionados por los reales logros de la ciencia y consideraron el conocimiento científico como modelo para todo el conocimiento. Esto se debe a que

los científicos, en términos generales, hacen lo que la filosofía normativa de la ciencia les dice, o les diría, que la ciencia converge en la verdad y el conocimiento científico se acumula³ (Bird, 2000, p. 6).

Lo que considera como racionalidad científica, agrega Bird, sirve también para desarrollar un tipo de historia de la ciencia. La imagen tradicional de la ciencia suele abogar por una concepción de la historia como el resultado de la acumulación de conocimiento. Es decir, se compone de un conjunto de teorías que han sido mejoradas o reemplazadas por otras más próximas a la verdad. En realidad, explica Bird, hoy en día, a fuerza de la costumbre, se tiene la tendencia de comprender a la ciencia como acumulación porque se puede acceder, a través de los distintos medios de divulgación, a nuevos descubrimientos, hechos o teorías superadoras a las anteriores entendidos en clave de progreso y de desarrollo científico acumulativo.

De esta forma, se adquiere una idea de que los conocimientos son superiores tanto cualitativamente como cuantitativamente: “Es natural que pensemos que el conocimiento científico moderno es acumulativo. A medida que pasa el tiempo, se hacen nuevos descubrimientos y se agregan nuevos conocimientos al inventario común”⁴ (Bird, 2000, p. 6). Esta imagen de la ciencia, entonces, hace que la historia de la ciencia resulte sencilla porque solamente se cuenta con la acumulación de datos, el rechazo de teorías y la aceptación de teorías mejores que las anteriores consideradas como más próximas a la verdad y a las antecesoras como falsas. Así el conocimiento científico también es acumulativo y la ciencia entonces podría decirse que se dirige hacia la verdad. Solamente se trata de un ejercicio racional en el cual no se ven involucrados otros factores externos a la ciencia (Bird 2000).

³“The Old Rationalists believed not only that they could give an account of scientific rationality but also that such an account could explain the actual development of science. They were impressed by the actual achievements of science and regarded scientific knowledge as the model for all knowledge. It is because scientists by and large do what a normative philosophy of science tells them to, or would tell them, that science converges on the truth and scientific knowledge accumulates” (Bird, 2000, p. 6).

⁴ “It is only natural that we should think of modern scientific knowledge as cumulative. As time passes, new discoveries are made and new knowledge added to the common stock” (Bird, 2000, 6).

1.2.- Modelo kuhniano

Kuhn discutirá tanto la manera tradicional de hacer filosofía de la ciencia como historia de la ciencia. ¿El desarrollo de la ciencia es meramente una acumulación de conocimiento científico hacia la verdad? ¿La elección de teorías o su corroboración, se basan en un descarte por prueba y error por parte de los científicos? ¿La ciencia recuerda sólo los nombres de los héroes victoriosos en sus hazañas, en sus descubrimientos, en sus invenciones? O bien, ¿se puede considerar que la ciencia opera de otra manera, que la historiografía que se realice tenga en consideración otras cuestiones que no interpongan como meta última a la verdad como si fuese el único progreso científico posible a conseguir? ¿Qué sucede con las figuras caídas, aquellas no victoriosas, olvidadas en las reconstrucciones históricas? ¿La persuasión entre comunidades científicas no es un elemento a tener en cuenta para la elección de una nueva teoría?

La ‘nueva’ historiografía, presentada en el primer capítulo de *La estructura de las revoluciones científicas*, es formulada con la pretensión de diferenciarse de la historiografía previamente aceptada, heredera de la epistemología tradicional. Según Kuhn, el historiador tradicional de la ciencia tiene dos objetivos principales a la hora de reconstruir la historia del desarrollo científico por acumulación. El primer objetivo consta de realizar una especie de cronología atendiendo al intento (que luego se considerará como fallido) de fechar cuándo se hizo algún descubrimiento importante, quién lo realizó, determinar el autor de alguna ley, teoría, fórmula, etc. Este primer objetivo se trata de una recolección de hechos al estilo anecdótico. Mientras que en el segundo objetivo propuesto, el historiador deberá explicar por qué en algunas etapas del desarrollo de la ciencia no se avanzó tan rápidamente suponiendo que tuvo obstáculos de otra índole y asociados a creencias de tinte místico o supersticiones.

A su vez, esta clase de historiadores, o cronistas, como los caracteriza el propio autor, se encuentran en problemas o les resulta casi imposible satisfacer los objetivos marcados dado que dichos descubrimientos o inventos tienen solamente un carácter personalizado e individual o por estimar que las creencias o las supersticiones que no están dentro de la esfera científica entorpecen el trabajo científico. Dadas estas dificultades, Kuhn menciona otra posibilidad o vía de escape para estos historiadores que se encuentran atrapados en consideraciones que probablemente no tengan respuesta o solución por la manera en que

considerar el desarrollo científico: “Quizá la ciencia no se desarrolle mediante la acumulación de descubrimientos e invenciones individuales” (Kuhn, 2007, p. 59).

Cuando se pretende estudiar el desarrollo histórico según las etapas cíclicas de una ciencia madura, se emplean las siguientes nociones: ciencia normal, crisis, revoluciones científicas, ciencia normal. La ciencia normal, según la perspectiva kuhniana, es aquel estado en el cual la ciencia tiene un paradigma que le proporciona una guía para el trabajo científico. En ella los científicos se encargan de resolver problemas, rompecabezas. La eficacia de ese paradigma, producto del consenso de la comunidad científica, le da a quienes la practican una confianza en el quehacer científico dado que el propio paradigma proporciona los problemas que se deben resolver y de qué modo se pueden encontrar las soluciones. En este sentido, la ciencia normal es conservadora: trabaja con los problemas y soluciones propuestas. No se buscan novedades ni en las investigaciones empíricas ni en el nivel teórico de la disciplina científica (Pérez Ransanz 1993). Los resultados y la recolección de información tienen un carácter acumulativo. Aquí el rol de los paradigmas es fundamental para la investigación de la ciencia normal (Pérez Ransanz 1993).

Una de las primeras aproximaciones a la ciencia normal establece que es la actividad científica en la que mayor parte del tiempo los científicos realizan su labor teniendo un supuesto importante: “la comunidad científica sabe cómo es el mundo” (Kuhn, 2007, p. 63). ¿Cuál es la tarea de los científicos? Resolver problemas sobre un rango restringido de su campo, comprometidos con las reglas y las normas de la práctica científica que proporciona la ciencia normal. Hay un consenso sobre qué hacer, qué reglas y normas son las establecidas que es visto como el paradigma de la ciencia normal en cuestión.

La noción kuhniana de paradigma se emplea en dos sentidos. Según Kuhn expresa en el *Epílogo*:

Por un lado, hace alusión a toda la constelación de creencias, valores, técnicas y demás, compartidos por los miembros de una comunidad dada. Por el otro, denota un tipo de elemento de dicha constelación, las soluciones concretas a rompecabezas que, usadas como modelos o ejemplos, pueden sustituir a las reglas explícitas como base para la solución de los restantes rompecabezas de la ciencia normal” (Kuhn, 2007, pp. 302-303).

Además el paradigma es una promesa de éxito en lo referente a resolver los problemas de la comunidad científica. Dicha promesa no establece que se produzcan nuevos descubrimientos o novedades, sino más bien todo lo contrario porque los problemas resueltos son considerados como exitosos porque esa promesa se actualiza, de allí su carácter conservador. De hecho la ciencia normal evoca justamente “la actualización de dicha promesa [...] que se logra extendiendo el conocimiento de aquellos hechos que el paradigma exhibe como especialmente reveladores, aumentando la medida en que esos hechos encajan con las predicciones del paradigma, así como articulando más aún el paradigma mismo” (Kuhn, 2007, p. 83).

Entonces la práctica científica consiste en la resolución de problemas a través de los ejemplos paradigmáticos y estos mismos ejemplares, los paradigmas en el primer sentido, son aquellos de los cuales los científicos reconocen los componentes teóricos o los conceptos básicos de la disciplina. Así son considerados, según las palabras de Pérez Ransanz, “la conexión entre la experiencia y la teoría”, asimismo, “muestran como ver y manipular la naturaleza desde una cierta perspectiva teórica. El contenido cognitivo de dicha perspectiva no queda establecido por “enunciados y reglas” que estén bien formulados de manera explícita, aquello postulado por la tradición, sino en “sus casos ejemplares paradigmáticos” (Pérez Ransanz, 1993, p. 185). En suma, sin paradigma no hay ciencia normal.

Pero puede suceder que durante el curso de una investigación científica en particular, el científico encuentre casos anómalos a sus investigaciones, es decir, resultados que no están de acuerdo con lo previsto. En una primera instancia, estas anomalías, al ser pocas, no serán puestas en cuestión si no imposibilitan la investigación propiamente. Dado el caso que el científico, o un grupo de ellos, en el transcurso de su investigación se presenten más anomalías que el paradigma previsto no puede resolver, comienza los cuestionamientos acerca si el paradigma es tan eficaz como lo era considerado anteriormente. El paradigma parece ser que no puede proporcionar las herramientas adecuadas para resolver dichas anomalías. Al ser puesto en duda, intervienen otro tipo de reflexiones, filosóficas, sociológicas, etc.: “[...] hace pensar que algo anda mal a nivel profundo, y que sólo un

cambio en los supuestos básicos hará posible encontrar un solución” (Pérez Ransanz, 1993, p. 185).

Puesta en crisis la ciencia y a partir de dichas intervenciones externas se presentan nuevos candidatos de paradigma y los partidarios de cada paradigma postulante van a intentar persuadir de que el suyo es mejor que los restantes. Uno de estos candidatos al nuevo paradigma será el triunfador. El momento de proponer teorías alternativas, o candidatos a nuevo paradigma, es la actividad propia de aquello que Kuhn denomina ciencia extraordinaria. En este periodo las reflexiones filosóficas en torno a los fundamentos teóricos de una disciplina científica adquieren el rol principal.

Las crisis se resuelven o se terminan de tres maneras: 1.- el paradigma en cuestión logra resolver las anomalías y problemas producto de la crisis, 2.- los paradigmas alternativos no pueden dar solución a aquellos, por lo tanto las problemáticas son archivadas para una resolución ulterior y 3.- hay un nuevo candidato a paradigma capaz de resolver las problemáticas el cual entrará en conflicto con el paradigma vigente hasta ser reemplazado y aceptado por parte de la comunidad científica (Pérez Ransanz 1993).

En la conversión de un paradigma a otro, se ve involucrada la promesa de éxito de resolver los problemas de mejor manera. Además quienes estén a favor a un nuevo paradigma generalmente son aquellos que recién ingresados a una carrera particular frente a aquellos científicos que por más años ya han adquirido el paradigma anterior suelen ser más ‘dogmáticos’ y tener cierta resistencia al cambio. Pero aquellos que sigan con el viejo paradigma tras la aceptación del nuevo paradigma de alguna forma u otra quedarían excluidos de la esfera científica. Si bien la persuasión en este punto es importante otro factor que incide es el cambio generacional entre los científicos. La adopción de un nuevo paradigma culmina en la revolución científica cuando se acepta el nuevo candidato. Convertidos al nuevo candidato, los científicos guiarán sus investigaciones de acuerdo a los nuevos cánones establecidos y tratarán de ajustar con más precisión el nuevo paradigma. De allí se vuelve a una etapa de ciencia normal con un cambio de paradigma.

Este último punto se relaciona con la postura de Kuhn acerca del progreso científico diferente a la concepción tradicional. Desde una perspectiva kuhniana, el progreso, en la ciencia, no tiene un fin marcado que sería la verdad, no hay tal meta prefijada: “¿Pero acaso

hace falta que exista tal meta? ¿No podemos explicar tanto la existencia como el éxito de la ciencia en términos de evolución a partir del estado de conocimiento de la comunidad en cualquier momento dado?” (Kuhn, 2007, p. 296). El progreso que Kuhn tiene en mente se asemeja a la teoría de la evolución darwinista. No hay una teleología en la ciencia, una meta última. La ciencia no persigue la verdad como fin último, sino que persigue una mejor articulación del paradigma:

La resolución de las revoluciones es la selección mediante el conflicto dentro de la comunidad científica del modo más apto de practicar la ciencia futura. El resultado neto de una sucesión de tales selecciones revolucionarias, separadas por periodos de investigación normal, es el conjunto maravillosamente adaptado de instrumentos que llamamos conocimiento científico (Kuhn, 2007, p. 299).

El cambio de paradigma, entendido como revolución científica, para Kuhn tiene dos puntos de ataque a la concepción tradicional sobre la evaluación y elección de teorías científicas y acerca de la noción de racionalidad que conlleva (Pérez Ransanz 1993). La tradición propone que la elección y la corroboración de las teorías científicas se base en un algoritmo neutral. Sin embargo, dicha cuestión, bajo una perspectiva kuhniana, no pueden resolverse mediante la lógica deductiva o la inducción ni por reglas metodológicas. Entonces si no inciden el análisis lógico ni la experiencia ‘neutral’ a la hora de elegir una teoría sobre otra debe haber otros criterios para su correspondiente elección y evaluación, Kuhn propone un “modelo de razones” (Pérez Ransanz 1993).

Con respecto al primer punto de ataque kuhniano a la tradición, recuérdese que en el *Epílogo* Kuhn plantea que el término paradigma se puede usar en dos sentidos: como ejemplar o como matriz disciplinar.

El uso global es el paradigma considerado como matriz disciplinar. Desglosando el término, matriz porque contiene componentes ordenados y disciplinar por la posesión común por los científicos que practican una disciplina (Kuhn 2007). Los elementos de dicha matriz disciplinar son: generalizaciones simbólicas, partes metafísicas de los paradigmas, valores compartidos, ejemplares (segundo uso).

Los valores compartidos tales como la simplicidad, la consistencia y la plausibilidad sirven tanto para la corrección y la evaluación de teorías científicas como para generar un sentimiento de pertenencia a la comunidad en la cual los científicos realizan su labor. Una característica primordial de aquellos valores compartidos es su importancia fundamental para la identificación, por parte los integrantes de una comunidad científica, de una crisis (Kuhn 2007). Si bien los valores son aceptados por una comunidad la correspondiente aplicación de aquellos puede variar o diferir en cada persona integrante de la comunidad. Este es un rasgo distintivo y fundamental:

En resumen, aunque los valores sean ampliamente compartidos por los científicos y aunque el compromiso con ellos sea a la vez profundo y constitutivo de la ciencia, la aplicación de los valores se ve en ocasiones considerablemente afectada por los rasgos de las personalidades individuales y por las biografías que caracterizan a los miembros de un grupo” (Kuhn, 2007, p. 318).

Esto último quiere decir que esta red de valores deben ser contextualizados. No tienen carácter absoluto ni uniforme, no son reglas sino más bien criterios para evaluar el éxito o el fracaso de una teoría científica, identificar anomalías, etc. Dicha variabilidad es la que proporciona las funciones esenciales para la actividad científica y la ciencia en cuestión: “pueden ser el modo que tiene la comunidad de distribuir los riesgos y asegurar el éxito de la empresa a largo plazo” (Kuhn, 2007, p. 319).

Si la aplicación de estos compromisos no se da de manera igual ni en todas las circunstancias ni en los individuos, como pretendían los epistemólogos tradicionales, los métodos aplicados de manera universal no sirven para dar cuenta del cambio científico. Para Kuhn en los periodos de ciencia normal o en la investigación normal los científicos no están interesados en contrastar sus teorías o paradigmas. De hecho, según el autor, no lo hacen sino que se dedican a ajustar el paradigma a su práctica científica, es decir, a extenderlo lo máximo posible a la resolución de los problemas planteados. Una contrastación de un paradigma se da sólo cuando el fracaso al resolver los problemas es constante, es decir, sólo en momentos de crisis paradigmáticas que se da por la rivalidad entre dos paradigmas, a uno de los cuales la comunidad científica adherirá (Kuhn 2007).

Por ello, los criterios de verificación de teorías científicas para Kuhn quedan obsoletos. En primer lugar porque no hay criterios de carácter absoluto porque una teoría no puede dar cuenta de los casos posibles para su ulterior verificación. En segundo lugar, las teorías pueden explicar los componentes de una misma observación de diferente manera, es decir, que los componentes de la observación no son neutrales y la construcción de escenario o de pruebas imaginables son inagotables. Si hubiese una sola observación neutral y una sola manera de reconstruir dichos datos empíricos por lo tanto “no podría tener acceso a todas las experiencias posibles o a todas las teorías posibles. Como resultado de ello, las teorías probabilísticas “enmascaran tanto como iluminan la situación en que se plantea la verificación” (Kuhn, 2007, p. 261). En tercer lugar, aunque se ensaye la alternativa popperiana, para Kuhn las experiencias anómalas no son falsadoras porque no hay teoría alguna que pueda resolver en su totalidad los problemas planteados ni dar respuestas absolutamente correctas.

El segundo punto es sobre de la racionalidad científica. Kuhn pretende evocar otra noción de racionalidad alternativa a la tradicional de acuerdo con el concepto de inconmensurabilidad y los desacuerdos históricos (Pérez Ransanz 1993). La noción de racionalidad científica tradicional establece que los desacuerdos científicos se pueden resolver mediante los modelos tradicionales (algorítmicos). Para Kuhn esta consideración resulta imposible de sostener:

No existe un algoritmo neutral para la elección de teorías, no existe un procedimiento de decisión sistemático que, aplicado adecuadamente, haya de llevar a la misma decisión a todos los individuos del grupo. En este sentido, es la comunidad de especialistas más bien que sus miembros individuales la que toma la decisión efectiva. [...] Lo que hay que entender, sin embargo, es el modo en que un conjunto de valores compartidos interactúa con las experiencias particulares compartidas por una comunidad de especialistas para asegurar que la mayoría de los miembros del grupo termine por encontrar decisivo un conjunto de argumentos más bien que otro” (Kuhn, 2007, pp. 338-339).

Estos desacuerdos son aquellos que se presentan en los momentos de crisis paradigmáticas cuando los valores compartidos difieren de acuerdo a su aplicación. Las

revoluciones científicas, desde este enfoque, deben ser entendidas como racionales en el sentido de que se apoyan en buenas razones, siempre dependiendo del contexto. Lo que no puede haber son principios absolutos de racionalidad por encima de todo marco teórico o conceptual. Es decir que no puede haber un método universal aplicable a toda la empresa científica en cualquier periodo histórico en que se encuentre. Tanto los métodos como las teorías varían en los momentos de fractura entre el viejo paradigma y el nuevo paradigma. Esta dinámica explica el desenvolvimiento histórico de las disciplinas científicas.

1.3.- Comparación de Modelos

En líneas generales se puede considerar que hay tanto un cambio de nociones y de concepciones empleadas a la hora de estudiar la dinámica científica y qué conexión tiene con la filosofía y la historia:

- *Característica de la ciencia.* Según el enfoque tradicional, la ciencia es una empresa que desde su momento inicial va direccionándose y progresando hacia la verdad mediante la mejora de sus métodos y teorías. El conocimiento científico es acumulativo. En cambio en el enfoque kuhniano, la ciencia contiene dos estadios: ciencia normal y ciencia revolucionaria que no se dirigen hacia la verdad objetiva sino más bien la competencia entre visiones del mundo en donde juega un papel central la persuasión. Por lo tanto, su desarrollo no es acumulativo sino que tiene momentos de fractura.

- *Papel de la historia en la ciencia.* En el modelo tradicional el rol de la historia no tiene un lugar primordial a la hora de explicar la dinámica científica sino más bien se contará con una cronología de descubrimientos o datos anecdóticos que se correspondan con la idea del desarrollo acumulativo de la ciencia. Por el contrario, para el modelo kuhniano la historia juega un rol principal para la comprensión de la dinámica científica dado que la ciencia debe ser contextualizada.

- *Autonomía de la ciencia.* Bajo la perspectiva tradicional se encuentra que la ciencia y su dinámica funcionan aisladamente, los factores externos no intervienen en la formulación y en la evaluación de teorías científicas ni en la práctica correspondiente. Contrariamente, el enfoque kuhniano propone considerar que aquellos factores externos se encuentran en la

ciencia. Por lo tanto, la ciencia no tiene completa autonomía: no hay una frontera divisoria entre aquello que corresponde a la ciencia y aquello que no.

- *Objeto de estudio de la epistemología.* Para la concepción tradicional el objeto de estudio primordial es el método científico de carácter universal y ahistórico. En cambio para una concepción kuhniana, el objeto de estudio será el paradigma, un marco teórico más amplio que se encuentra contextualizado y con elementos filosóficos, aquellos ‘factores externos’.

Dadas estas diferencias, elegimos el modelo kuhniano para el análisis de la figura del vinciano por los siguientes motivos. En primer lugar, encontramos que explicar la dinámica científica bajo una perspectiva kuhniana, permite considerar que la filosofía no es un factor externo a la ciencia o en el cual no interviene. Esto nos permite que nuestro análisis sea más amplio y a la vez más enriquecedor, porque podemos vislumbrar de qué manera las reflexiones filosóficas se encuentran en la ciencia. En segundo lugar, la historia de la ciencia será más fructífera que una recolección de datos anecdóticos, es decir, que contextualizando la ciencia nos permite tener en cuenta aquellos ‘factores externos’ y los momentos de ruptura paradigmática que atraviesa la ciencia. En tercer lugar, adoptando una perspectiva kuhniana la escisión entre lo científico y lo extracientífico queda desdibujada por lo tanto no es necesario tener un criterio de cientificidad restringido al método científico. Estos motivos a su vez permiten que la figura del vinciano sea analizada de una manera diferente a los autores que veremos en el tercer capítulo y considerar su papel en la historia en cuanto a figura científica.

2.- Leonardo da Vinci

El segundo capítulo también resulta preparatorio para las lecturas sucesivas. Nos centraremos en algunos aspectos históricos que nos servirán para apoyar o ejemplificar algunas cuestiones que trataremos en los capítulos siguientes.

En el primer apartado expondremos sucintamente la biografía de Leonardo. En el segundo apartado nos encargaremos de los códices vincianos y cuáles han sido los tópicos estudiados por el vinciano a lo largo de su vida. En el tercer apartado, veremos cómo se va conformando la imagen mitificada de Leonardo bajo dos rótulos principales como lo son ‘genio universal’ y ‘hombre sin letras’.

Es importante tener en cuenta que esta caracterización mitificada de Leonardo es asumida en las interpretaciones y en los análisis que veremos en el capítulo siguiente.

2.1.- Breve biografía

Durante la noche, alrededor de las veintidós treinta del 15 de abril de 1452 nace Leonardo da Vinci; según las anotaciones de su abuelo. Leonardo fue un hijo bastardo dado que no hubo casamiento entre su padre, Piero de Ser Antonio, y su madre, Catarina. Sin embargo, el vinciano fue recibido felizmente por su familia paterna junto a varios hermanastros y hermanastras. Pasó los años de su infancia en Vinci, un poblado dependiente de la comuna florentina, conformado por terratenientes y campesinos que con el correr del tiempo algunos de ellos se dedicaron, también, al comercio y a profesiones urbanas.

Durante su adolescencia la familia del vinciano se mudó a Florencia. Apenas llegados a la ciudad, en 1468, su padre mandó a que Leonardo tenga una formación en el conocido taller de Andrea del Verrocchio, del cual surgían importantes artistas italianos, por ejemplo, Botticelli. Allí adquirió destreza y habilidades para el dibujo, la pintura y la escultura. Ya para el año 1472 Leonardo contaba con buena fama de pintor incluso apto para recibir encargos propios. En dicho taller se dedicaba también a colaborar con trabajos de su maestro Verrocchio, de ejemplo se puede nombrar la obra *La Anunciación*. Durante su periodo en Florencia, Leonardo tuvo algunos inconvenientes, en dos ocasiones fue acusado de sodomía.

Dado que de estas acusaciones no hubo pruebas concretas estas fueron desestimadas. En aquel entonces los casos de sodomía, aquellos que podían ser confirmados, eran penados con sentencia a muerte. Muchas veces se realizaban dichas acusaciones a los ‘enemigos’ sin estar realmente fundadas para generar daños en la imagen pública de los acusados. Probablemente este sea el motivo de las acusaciones del vinciano: para desprestigiarlo.

Al servicio de los Medici, Leonardo ideó algunas reformas arquitectónicas, bocetos para la construcción de jardines y sugerencias de algunos cambios de espacios públicos o catedrales. También se cuenta con la producción de obras conocidas como la *Adoración a los magos*. A través de un encargo por Lorenzo Medici, Leonardo viaja a Milán, dándole fin al periodo florentino. A partir de 1482 ingresa al servicio de la corte de Ludovico Sforza. Tras la invasión francesa en Milán, de hecho Sforza murió siendo prisionero de los franceses, Leonardo abandona la ciudad y vuelve por un breve tiempo a Florencia, pasando por Venecia. Durante el traspaso de Venecia a Florencia, el vinciano se sumerge en los estudios geométricos y a su vez comienza con los bocetos y la pintura de *Leda*. En este periodo, tiene contacto, y algunas controversias, con el joven Miguel Ángel. Vuelve a Milán y allí se establece unos breves años, en los cuales fomentó sus estudios anatómicos.

Hacia el 1506 en Milán ya estaba consolidado el poder francés, por lo tanto, la corte de los Sforza pasó a ser parte de la corte francesa. En este momento el vinciano estaba al servicio de Cesare Borgia. Sin embargo, a cargo de Carlos de Amboise, funcionario de Luis XII, Leonardo se instala en Lombardía con el fin de cumplir las mismas actividades que realizó para la corte de Ludovico *il Moro*.

Hasta 1513 reside en la ciudad milanese: “Sus actividades como ingeniero hidráulico y militar, diseñador de escenografía y vestuarios, inventor de autómatas y animador de fiestas de la corte parecen haberle absorbido parte de su tiempo” (Burucúa & Kwiatkowski, 2011, p. LXVI). Sin embargo, los acontecimientos bélicos provocaron que Leonardo abandone nuevamente la ciudad:

Gastón de Foix derrotó a los españoles y a sus coaligados en la batalla de Ravena, el día de Pascua de 1512, pero, en las escaramuzas que produjo la persecución de los vencidos, murió ese insigne caballero, sobrino del rey Luis XII. La noticia alentó al emperador Maximiliano a ingresar en la alianza hispano-pontificio-veneciana, de

modo que sus suizos invadieron Lombardía y los franceses se vieron obligados a abandonar Milán. Leonardo y sus ayudantes [Salai y Melzi] salieron en 1513 rumbo a Roma (Burucúa & Kwiatkowski, 2011, p. LXVII).

En 1513 Leonardo se incorpora al círculo de los servidores y protegidos en Roma dedicándose, de manera dispersa, a algunos experimentos y reflexiones filosóficas. Luego, en 1515, brinda sus servicios al rey Francisco I y abandona Italia para dirigirse a Francia.

En la corte francesa, pese a sufrir un derrame cerebral, se dedicó al estudio y teorización de los fenómenos naturales y al estudio particular de la óptica. También realizó el conocido león mecánico. Su salud iba deteriorándose, en los primeros meses del año 1519 estando en Amboise, el vinciano pide redactar su testamento y en el 2 de mayo de aquel año Leonardo fallece. De su muerte, Vasari inventó una historia en la cual el vinciano fallecía en manos de Francisco I. De hecho el mito vasariano ha llegado hasta varios siglos después: a principios del siglo XIX el pintor francés Jean-Auguste-Dominique Ingres realizó un cuadro basándose en el relato vasariano titulado *La mort de Léonard de Vinci*.

En el testamento del vinciano se indica el servicio fúnebre y su pedido de entierro en el templo San Florentino. De su herencia detalla: a sus servidores, Salai y Battista de Vilanis, le dejó la mitad de una parcela a las afueras de Milán; dinero a sus hermanos en Toscana; un donativo a los pobres del hospital de Amboise; y sus escritos, dibujos, vestimenta y el resto de sus haberes a su discípulo Francesco Melzi.

Cronológicamente, se pueden establecer los siguientes periodos de Leonardo según los diferentes lugares en los que ha estado: Vinci-Florenia (1452-1482), Milán (1482-1499), Venecia-Florenia (1499-1506), Milán (1506-1513), Roma-Amboise (1513-1519).

2.2.- Códices vincianos

Los manuscritos de Leonardo han tenido un largo y fatigoso viaje, a través de los siglos, hasta nuestro tiempo. Tras la muerte del vinciano, Francesco Melzi, su discípulo, hereda todos los manuscritos de Leonardo y vuelven a Italia hasta la muerte de Melzi 1570. A cargo del cuidado de los manuscritos, Melzi también reescribe y reconstruye a través de la

transcripción de los manuscritos vincianos bajo el título: *Tratado de la Pintura*. Su hijo Horacio, estuvo a cargo de los manuscritos a partir de 1570 de los cuales no tenía mucho interés, de hecho dejaba el libre acceso a sus amigos interesados en la lectura de los manuscritos vincianos de los cuales fueron robados trece folios. En 1558 el canónico Ambrogio Mazenta y su hermano, Guido Mazenta, pasaron a ser los cuidadores de los códigos, recuperando aquellos folios robados. En torno al 1590, el escultor Pompeo Leoni procuró dinero para tener los manuscritos de Leonardo, teniendo una colección de cincuenta manuscritos y cerca de dos mil folios dispersos (Pedretti & Cianchi 1995).

Durante el siglo XVI, los códigos de Madrid fueron comprados por el inglés Lord Arundel. En el siglo XVII, los manuscritos se encontraban dispersos en tres ciudades: Londres, Milán y Madrid. En 1795, Napoleón Bonaparte dio la orden de que los manuscritos de Milán sean transferidos a París. Tras el Congreso de Viena, en 1815, los códigos fueron trasladados de vuelta a la ciudad milanesa.

A mediados del siglo XIX ocurre el denominado ‘caso Guglielmo Libri’: un matemático francés robó folios de los manuscritos de Leonardo incluso el códice completo sobre el vuelo de los pájaros. Al respecto, los estudiosos del códex vinciano detallan:

[...] entró a la biblioteca, dejaba entre las páginas de los códices, a modo de señalador, un hilo mojado en ácido muriático para que, en el momento oportuno los folios resultaban ya sueltas y podrían ser fácilmente robados. Huyó a Inglaterra y recompuso los folios sustraídos en unos códices, los Libros logró vendérselos a Lord Ashburnham, hasta que fueron recuperados por Francia⁵ (Pedretti & Cianchi, 1995, p. 7).

Otra parte de los códices vincianos fueron adquiridos por Guillermo della Porta, provenientes de la herencia de Melzi. Luego fueron comprados por el pintor Giuseppe Ghezzi a principios del siglo XVIII y estos fueron vendidos al conde de Leicester, el inglés Thomas Coke. Por muchos años esta parte de los manuscritos fueron cambiando de propietarios pero

⁵ “[...] giunto in biblioteca, lasciava tra le pagine dei codici, a mo’ di segnalibro, un filo presentemente imbevuto di acido muriatico così che, al momento opportuno i fogli risultavano già staccati e potevano essere facilmente trafugati. Fuggito in Inghilterra, e ricomposti i fogli sottratti in ‘codici’, il Libri riuscì a venderli a Lord Ashburnham, finché questi vennero riacquistati dalla Francia” (Pedretti & Cianchi, 1995, p. 7). Las traducciones del italiano son de mi autoría a menos que se referencie una obra traducida al español.

todos fueron familiares de Thomas Coke. Luego Armand Hammer en una subasta en 1980 compró los manuscritos. Y siendo uno de los manuscritos más caros de la historia fue comprado por Bill Gates en 1994. Actualmente conocido como el código Hammer o Leicester que es el único que pertenece a una colección privada.

Los manuscritos vincianos actualmente disponibles, se catalogan de la siguiente manera: *Código Atlántico*, *Colección de Windsor*, *Código Arundel*, *Manuscritos de Francia*, *Código Foster*, *Código sobre el vuelo de los pájaros*, *Código Trivulziano*, *Código de Madrid* y *Código Hammer*. A continuación se hará una breve mención sobre cada código siguiendo la lectura y los datos aportados en la obra *Leonardo. I codici* de Carlo Pedretti y Marco Cianchi, quienes realizaron un seguimiento histórico en detalle sobre los manuscritos de Leonardo:

Código Atlántico: compuesto originalmente de 401 cartas, abarca un periodo vastísimo de cuarenta años, concretamente, desde 1478 a 1519. Por lo tanto, el material que se puede ver en dicho código es amplio en referente a los temas y disciplinas tratadas:

Se encuentran la más rica documentación de sus contribuciones a la ciencia mecánica y matemática, a la astronomía, a la geografía física, a la botánica, a la química y a la anatomía. Dibujos de instrumentos de guerra, máquinas para volar o para sumergirse en el fondo del mar, dispositivos mecánicos y herramientas junto a proyectos arquitectónicos y urbanísticos que Leonardo no logró terminar: de los primeros estudios para la renovación urbanística de la ciudad de Milán al último proyecto de una residencia real en Romaratin, en Francia, que prefigura el palacio de Versalles. Pero también se encuentra el registro de su pensamiento a través de fabulas, apologías, meditaciones filosóficas⁶ (Pedretti & Cianchi, 1995, p. 8).

⁶ “Vi si trova la più ricca documentazione dei suoi contributi alla scienza meccanica e matematica, all’astronomia, alla geografia fisica, alla botanica, alla chimica e all’anatomia. Disegni di strumenti da guerra, macchine per volare o per scender nel fondo dei mari, dispositivi meccanici e macchine utensili insieme a progetti architettonici e urbanistici che Leonardo non poté portare a termine: dai primi studi per il rinnovamento urbanistico della città di Milano al tardo progetto di una residenza reale a Romorantin, in Francia, che prefigura la reggia di Versailles. Ma vi si trova anche la registrazione dei suoi pensieri attraverso favole, apologhi, meditazione filosofiche” (Pedretti & Cianchi, 1995, p. 8).

Actualmente el Códice Atlántico se encuentra en la Biblioteca ambrosiana, Milán, Italia.

Colección de Windsor: aproximadamente se cuentan 234 folios que datan sobre los diseños y los estudios del vinciano entre el 1478 y el 1518. Los temas principales son: la anatomía y los paisajes. Sobre la anatomía se encuentran casi doscientos dibujos fruto del estudio de cadáveres en treinta disecciones que el propio Leonardo ha comentado. Sobre los paisajes se incluyen también aquellos ‘narrados’. De aquellas narraciones se pueden observar no tanto descripciones o representaciones de fenómenos sino más bien un “intento alegórico, casi una visión apocalíptica que documentaría el pensamiento de Leonardo próximo al fin de su vida”⁷ (Pedretti & Cianchi, 1995, p. 12). Actualmente la Colección de Windsor se encuentra en la Biblioteca Real del Castillo Windsor, Reino Unido.

Códice Arundel: libro con 283 folios. El tema central de este manuscrito es la matemática junto con otros estudios sobre la física, la óptica, la astronomía y la arquitectura. Las anotaciones datan entre el 1478 y el 1518. También se destacan los dibujos para el diseño de una nueva residencia real de Francisco I.

Manuscritos de Francia: son doce manuscritos que difieren en su tamaño, cantidad de páginas, contenidos y cronología. Son aquellos que Napoleón ordenó que fueran trasladados desde Milán a París. Se encuentran que algunas partes fueron elaboradas dentro de un estudio y otras en espacios exteriores según indica el uso del lápiz de color rojo. Dichos manuscritos son enumerados con letras desde la A hasta la M. Actualmente los Manuscritos de Francia se encuentran en el Instituto de Francia de París.

Códice Forster: compuesto por tres códices, con diferentes fechas y temas tratados. Actualmente se encuentra en el Museo Victoria and Albert en Londres, Reino Unido. *Forster I*: compuesto por dos manuscritos, el primero aproximadamente fechado en 1505 y el segundo entre 1487-1490. En el primero manuscrito Leonardo se dedica casi exclusivamente al estudio de la estereometría. También se incluyen anotaciones sobre la geometría basándose en *Elementos* de Euclides y la *Summa* de Luca. El segundo manuscrito corresponde a una compilación del primero periodo milanés en temas referentes a la ingeniería hidráulica.

⁷ “intento allegorico, quasi una visione apocalittica che documenterebbe il pensiero di Leonardo ormai prossimo alla conclusione della vita” (Pedretti & Cianchi, 1995, p. 12).

Forster II: compuesto también por dos manuscritos. El primero de 1497 incluye estudios y dibujos sobre los vegetales y las matemáticas, entre otros. El segundo es de 1495:

[...] es esencialmente un cuaderno de ejercicios en relación a un libro sobre la física escrito por el mismo Leonardo (que lo menciona en sus apuntes), lamentablemente perdido. La física, o ‘scientia de ponderibus’, como fue llamada con expresión medieval, es uno de los intereses profundos y constantes que Leonardo estudia con particular atención a la gravedad, la fuerza, el movimiento accidental⁸ (Pedretti & Cianchi, 1995, p. 35).

Forster III: cuaderno compuesto por 94 cartas. Fue usado por Leonardo entre el 1493 y el 1496. Incluye variados temas cuyas anotaciones no parecen regir un orden sino que escribe libremente sobre diversas cuestiones inclusive en la misma hoja por ejemplo trata sobre fabulas, recetas, sentencias morales, diseños de monumentos, etc.

Códice sobre el vuelo de los pájaros: libro con 13 folios. Parece ser que correspondía al Manuscrito B. Su contenido principalmente refiere al vuelo de los pájaros con anotaciones sobre la gravedad y la ciencia de los pesos, puede ser que haya habido, también, una tentativa de construcción de una máquina voladora. Actualmente se encuentra en la Biblioteca Real de Turín, Italia.

Códice Trivulziano: libro originalmente compuesto por 62 folios. Dichos folios datan sobre el periodo en el cual Leonardo inicia sus estudios en latín, entre 1487 y 1490, para tener mejor acceso a las obras clásicas. Se encuentran numerosas listas lexicales y algunos comentarios sobre arquitectura militar y religiosa. Actualmente el manuscrito se encuentra en la Biblioteca del Castillo de los Sforza de Milán, Italia.

Códice de Madrid: compuesto por dos volúmenes que fueron redescubiertos en 1966. El primer volumen data de 1490 al 1499 con algunas anotaciones del 1508 y el segundo fue escrito entre los años 1503 y 1505. Actualmente se encuentra en la Biblioteca Nacional de

⁸ “[...] è essenzialmente un quaderno di esercizi da mettere in relazione a un libro teorico sulla fisica scritto dallo stesso Leonardo (che lo menziona nei suoi appunti), poi purtroppo perduto. La fisica, o ‘scientia de ponderibus’, come veniva detta con espressione ancora medievale, è uno degli interessi profondi e costante di Leonardo che qui la studia con particolare riguardo alla gravità, la forza, il moto accidentale” (Pedretti & Cianchi, 1995, p. 35).

Madrid, España. Ambos manuscritos se encuentran digitalizados en la página web oficial de la Biblioteca Nacional en una plataforma interactiva se puede tener contacto con los folios originales del vinciano, incluyendo las traducciones en italiano y en español de dichos códices y videos que recrean las maquinarias e invenciones dibujadas por Leonardo. *Códice de Madrid I*: libro compuesto por 192 folios de los cuales faltan 8 desde la época de Leonardo. Este códice está dividido en dos partes: la primera, se encuentra diseños de maquinarias, de variado tenor, desde relojes hasta maquinarias hidráulicas y, la segunda, está dedicada a la parte teórica de las maquinarias incluyendo argumentos mecánicos acerca del movimiento, anotaciones sobre la resistencia de ciertos materiales y sobre la hidráulica. *Códice Madrid II*: libro de igual formato que el anterior compuesto por 157 folios. Contiene diseños de fortalezas, canalizaciones de ríos y varios estudios arquitectónicos. Además se incluyen anotaciones sobre la perspectiva y la óptica que fueron recopilados por Melzi en el Tratado sobre la Pintura. También se encuentra la lista de los libros de la biblioteca personal de Leonardo.

Códice Hammer: grupo de 18 folios compilados por el propio Leonardo entre 1506 y 1508 con algunas hojas anexadas de 1509. En dicho manuscrito se encuentra el estudio sobre el agua con dibujos de corrientes vórtices. Además se encuentra temas de astronomía como el tema de la iluminación de la Tierra, el Sol y la Luna:

Particularmente centrada en el punto de vista científico, y con valor poético, es la explicación del albor que se ve en la parte oscura de la luna cuando es nueva (el ‘lumen cinereum’), causado, según Leonardo, por el reflejo indirecto de la luz lunar, como solo ciento años más tarde será confirmado por Maestlin y por Galileo⁹ (Pedretti & Cianchi, 1995, p. 46).

Dicho manuscrito pertenece a la colección privada de Bill Gates en Seattle, Washington, Estados Unidos.

⁹ “Particolarmente centrata dal punto di vista scientifico, e di sicuro valore ‘poetico’, è la spiegazione dell’albor che si vede nella parte in ombra della Luna quando è nuova (il ‘lumen cinereum’), causato, secondo Leonardo, dal riflesso indiretto delle luce lunare, come solo cento anni più tardi verrà confermato da Maestrin e da Galileo” (Pedretti & Cianchi, 1995, p. 46).

2.3.- Una imagen mitificada: genio universal y hombre sin letras

2.3.1.- Genio universal

La imagen que se desea construir aquí de Leonardo da Vinci es un tanto compleja. Principalmente por dos cuestiones: el escenario renacentista y el interés multifacético del propio Leonardo. Además, desde una óptica actual nos parece difícil pensar que una persona se dedique a varios campos de estudios o investigaciones a la vez. Dichas complicaciones las podemos leer en la siguiente cita de Carlo Pedretti:

Considerado a medio milenio de distancia, Leonardo aparece como el máximo representante de la categoría de los hombres ilustres, y de hecho aún en vida era comparado con un sabio de la antigüedad quizás también en su apariencia. Hubo quienes veían en él la imagen en vida de Aristóteles, otros de Pitágoras o el druida Hermes, pero aún mejor Arquímedes, el hombre que Leonardo mismo hubiese preferido personificar, el científico que, como él, edificaba la teoría sobre la práctica y como Galeno que no perdía nunca de vista los ‘beneficios’ de la ciencia. El mismo rey de Francia, Francisco I, el último estimador y protector de Leonardo, no vaciló en reconocer públicamente los méritos que lo han hecho famoso, precisando a sus invitados (entre los cuales Cellini habría transmitido sus palabras) de estar convencido que no hubo ningún ‘otro hombre que nacido al monte que supiese tanto como Leonardo, no tanto de pintura, escultura y arquitectura sino en cuanto que él fue un grandísimo filósofo¹⁰ (Pedretti, 2006, p. 7).

¹⁰ “Considerato a mezzo millennio di distanza, Leonardo appare come massimo rappresentante della categoria degli uomini illustri, e infatti ancora in vita veniva paragonato a un sapiente dell’antichità, forse anche nell’aspetto. C’era chi vedeva in lui un redivivo Aristotele, altri Pitagora o il druido Ermete, ma meglio ancora Archimede, l’uomo che Leonardo stesso avrebbe preferito emulare, lo scienziato che come lui edificava la teoria sulla pratica e che, come Galeno, non perdeva mai di vista i ‘giovamenti’ della scienza. Lo stesso re di Francia, Francesco I, ultimo estimatore e protettore di Leonardo, non esitò a riconoscergli pubblicamente i meriti che lo avevano reso famoso, precisando ai suoi ospiti (fra i quali il Cellini, che avrebbe poi ripetuto le sue parole) essere sua convinzione che mai ‘altro uomo fosse nato al monte che sapessi tanto, quanto Lionardo, non tanto di pittura, scultura et architettura, quanto che egli era grandissimo filosofo’” (Pedretti, 2006, p. 7).

Resulta extraño que una persona tal comparada con grandes figuras como Aristóteles, Pitágoras, Arquímedes, no haya tenido un lugar en la historia, sea en historia de la filosofía o de la ciencia. No obstante, según Carlo Vecce, historiador y especialista en lengua italiana, Leonardo es una de las pocas figuras históricas que han tenido una gran difusión y conocimiento: “hoy es más difícil afrontar la figura de Leonardo a pesar de la enorme cantidad de información que ha sido recolectada en los dos últimos siglos sobre él y sobre sus obras”¹¹ (Vecce, 2006, p. 12). Por ejemplo, la obra pictórica del vinciano la *Gioconda* que fue reproducida masivamente tanto en arte contemporáneo (desde 1970 en adelante), grafitis, humor gráfico, variedad de merchandising.

A continuación veremos cómo se va configurando la figura de Leonardo a través de la historia. A finales del siglo XVIII la información que se poseía sobre Leonardo estaba basada en: los antiguos historiadores, particularmente, Giorgio Vasari y Paolo Giovio; la obra pictórica; y el la recopilación realizada por el discípulo del vinciano, Francesco Melzi, titulada *Tratado de la Pintura*. Los estudios e inventos sobre cuestiones más de índole científica serán recuperados recién a mediados del siglo XX. Por lo tanto, hasta el siglo XX la fuente oficial sobre Leonardo continuaba siendo la historia de Vasari.

En 1550 se publica una de las obras referentes en cuanto a historia y arte italiano a cargo de Vasari titulada: *Le vite de' più eccellenti pittori, scultori e architettori*. Leonardo se encuentra en la tercer parte de la obra mencionada:

[...] claramente las obras de Leonardo da Vinci, quien, dando inicio a la tercera manera que queremos denominar la moderna, más allá de la elegancia y la destreza del diseño y más allá de representar sutilísimamente todos los mínimos de la naturaleza tal como son, con buenas reglas, mejor orden, recta medida, diseño perfecto y gracia divina, con muchísimas copias y profundísimo arte, dándole verdaderamente a sus figuras el movimiento y el aliento¹² (Vasari, 1550, p. 554).

¹¹ “oggi è più difficile affrontare la figura di Leonardo, nonostante la quantità enorme di informazione che sono state raccolte negli ultimi due secoli su di lui e sulla sua opera” (Vecce, 2006, p. 12)

¹² “[...] chiaramente le opere di Lionardo da Vinci, il quale, dando principio a quella terza maniera che noi vogliamo chiamare la moderna, oltre la gagliardezza e bravezza del disegno, et oltre il contraffare sottilissimamente tute le minuzie della natura così appunto come elle sono, con buona regola, migliore ordine,

En esta obra, Vasari destaca todas las habilidades de Leonardo en cuanto a sus producciones artísticas, destacando sus destrezas en la pintura. No obstante no se encuentra mención ni referencia a los códices vincianos ni se utilizan fechas de carácter biográfico. Según Vasari, Leonardo ya poseía este talento artístico incluyéndole connotaciones divinas:

Grandísimos dones se ven llover por influencias celestiales en los cuerpos humanos, muchas veces naturalmente y otras sobrenaturalmente concordando extraordinariamente en un solo cuerpo la belleza, la gracia y la virtud de tal manera que en cualquier dirección que se dirija, cada acción suya tan divina que deja detrás a todos los otros hombres manifiestamente se hace conocer (tal como es) como obra conferida por Dios y no adquirida por el arte humano. Esto lo vieron los hombres en Leonardo da Vinci, sobre la belleza del cuerpo, no elogiada nunca lo suficiente, era la gracia infinita más que en cualquier de sus acciones; y tanto hizo la virtud que en todas las partes donde el alma se convertía en cosas difíciles con facilidad las hacía absolutas. [...] Y por experiencia se ve en cualquier estudio accidental se siguen los pasos de los espíritus milagrosos, si siendo ellos ayudados por la naturaleza, y cuando no lo son, al menos se acercan a sus obras divinas que participan de aquella divinidad¹³ (Vasari, 1550, p. 548).

La leyenda vasariana que considera a Leonardo como ‘genio universal’, se fomenta y se sustenta, además, con las historias de Giovo y con el manuscrito sobre artistas de las Grecia antigua y los florentinos del Renacimiento titulado *L’Anonimo Gaddiano* escrito diez años antes de la publicación de la obra de Vasari (Vecce 2006). Estos escritos fueron leídos bajo la búsqueda de una imagen de genio universal de Leonardo. Tiempo más tarde, ya a finales

retta misura, disegno perfetto e grazia divina, abbondantissimo di copie e profondissimo di arte, dette veramente alle sue figure il moto et il fiato” (Vasari, 1550, p. 554).

¹³ “Grandissimi doni si vengono piovere da gli influssi celesti ne’ corpi umani molte volte naturalmente; e sopra naturali talvolta strabocchevolmente accozzarsi in un corpo solo bellezza, grazia e virtù, in una maniera che dovunque si volge quel tale, ciascuna sua azione e tanto divina, che lasciandosi dietro tutti gli altri uomini, manifiestamente si fa conoscere pero cosa (come ella e) largita da Dio, e non acquistata per arte umana. Questo lo videro gli uomini in Lionardo da Vinci, nel quale oltra la bellezza del corpo, non lodata mai a bastanza, era la grazia più che infinita in qualunque sua azione; e tanta e sì fatta poi la virtù, che dovunque lo animo volse nelle cose difficili, con facilita le rendeva assolute. [...] E per esperienza si vede quegli che con qualche studio accidentale si volgono a seguire le orme di questi mirabili spiriti, se punto sono dalla natura aiutati, quando il medesimo non sono che essi, tanto almanco s’acostano a le divine opere loro che partecipano di quella divinità” (Vasari, 1550, p. 548).

del siglo XVIII y comienzos del siglo XIX la imagen mitificada de Leonardo se vincula con la idea de que el vinciano fue un precursor del progreso tecnológico por sus diseños de máquinas que eran considerados como un anticipo de la civilización industrial (Vecce 2006). De las maquinarias como adelanto tecnológico se pueden mencionar: tren, autos, submarinos, aviones, bicicletas, entre otras. A su vez dicha visión confluía una imagen del héroe romántico. Lo cual llevó a una consideración casi dicotómica:

De vez en cuando héroe romántico y decadente, dandy y esteta, santo y demonio, depositario de una inteligencia sin límites para la cual el resultado cuenta menos del método, Leonardo atravesó así todas las inquietudes de nuestro tiempo, encarnándose en figuras siempre diversas, de Michelet a Pater, de D'Anunzio a Válerý, hasta Merreshkovsky, quien lo describía como un Jano bifronte: por una lado, el rostro de Cristo, por el otro, el del Anticristo¹⁴ (Vecce, 2006, p. 14).

La relación entre la realidad y el mito sobre la figura del vinciano ha persistido durante muchas décadas. Recién a partir de la mitad del siglo XX comienza una nueva serie de problemáticas a la hora de la reconstrucción de una imagen de Leonardo en torno a sus multifacéticas actividades. Aquí, la cuestión radica en cómo interpretar y relacionar los distintos ámbitos que el vinciano ha dedicado en sus investigaciones y en sus dibujos. Actualmente, los estudiosos de Leonardo realizan una relectura de los códigos del vinciano dentro del contexto histórico.

En este proyecto de relectura de los códigos vincianos se destacan los siguientes autores: Augusto Marinoni, Carlo Pedretti, Martin Kemp, entre otros, quienes intentan romper con la tensión entre la imagen real y la imagen mitificada del vinciano. Los manuscritos son vistos, teniendo en cuenta desde una demostración geométrica proporcionada por Leonardo hasta su descripción sobre algún temporal, como “una ‘carta’

¹⁴ “Di volta in volta eroe romantico e decadente, dandy ed esteta, santo e demone, depositario di un’intelligenza senza limiti per la quale il risultato conta meno del metodo, Leonardo ha attraversato così tutte le inquietudine del nostro tempo, incarnandosi in figure sempre diverse, da Michelet a Pater, da D’Anunzio a Válerý, fino a Mereshkovsky, che lo descriveva come un Giano bifronte: da un lato il volto di Cristo, dall’atro quello dell’Anticristo” (Vecce, 2006, p. 14).

intercambiable (comodín), un momento de observación ininterrumpida y registro de lo real”¹⁵ (Vecce, 2006, p. 15).

Sin embargo, la variedad de temática de los manuscritos referentes a los fenómenos de la naturaleza crea dos problemáticas: la primera, si Leonardo tenía intención de publicar sus escritos y la segunda, la reorganización y el reordenamiento de todas las observaciones acumuladas durante muchos años en dichos manuscritos.

2.3.2.- Hombre sin letras

Además de ser considerado un genio universal también se lo ha calificado a Leonardo como ‘hombre sin letras’. Esta calificación surge porque Leonardo mismo se ha considerado ‘hombre sin letras’ y de allí considerar que fue un iletrado por no haber estado instruido en otras lenguas o no haber tenido una educación formal. Sin embargo, estas consideraciones no tienen en cuenta el contexto histórico-geográfico del Renacimiento italiano. Durante el siglo XV, gracias al mercado económico con Oriente y África, se recuperaron las obras clásicas que fueron traducidas del griego al latín de una manera más confiable. Y, desde el último cuarto del siglo XV, en Italia se encontraban textos clásicos traducidos al latín sobre geometría, matemática y astronomía (Pisano 2013). Ahora bien, el redescubrimiento de las obras clásicas traducidas al latín, de autores tales como Euclides, Platón, Pitágoras, estaban dirigidas un público instruido tanto en el griego como en el latín. Las versiones de traducciones al italiano o en lengua vulgar no eran tan fidedignas, muchas de ellas eran manuscritas y quizás fragmentaban la obra original en cuestión. De esta situación Leonardo era consciente y, probablemente, en defensa de no saber ni griego ni latín escribió:

Sé muy bien que, al no ser yo letrado, a algún presuntuoso le parecerá razonable poder criticarme alegando que soy hombre sin letras [...] Pero no saben ellos que mis cosas son más bien extraídas de la experiencia que de la palabra ajena; ya que experiencia

¹⁵ “una ‘scheda’ intercambiabile, un momento di un’ininterrotta vicenda di osservazione e registrazione del reale” (Vecce, 2006, p. 15)

fue maestra de quien bien escribió, y así por maestra la tomo, y a ella me remitiré en todos las cosas (da Vinci, 2011, pp. 102-103).

Dicha frase de Leonardo que se encuentra en Codex Atlántico, f. 327 es citada o comentada por la mayoría de los autores tratados en el presente trabajo. Podemos leer:

Citas textuales, en otros idiomas:

I well know that, not being a literary man, certain presumptuous persons will think that they may reasonably deride me with the allegation that I am a man without letters (Kemp, 2006, p. 82).

I know very well that because I am unlettered some presumptuous people will think they have the right to criticize me, saying that I am an uncultured man (Pisano, 2013, p. 33).

So bene che, per non essere io letterato, che alcuno presuntuoso gli parà ragionevolmente potermi biasimare coll'allegare io essere omo senza lettere (Vecce, 2006, p. 121).

Comentarios al respecto:

Entre ellos, retoma el estudio del latín para enfrentarse él, 'hombre sin letras', a los grandes textos de la tradición científica clásica y a los tratados de los humanistas (Crispino, 2017, p. 95).

Como ya dijimos, las obras más importantes son traducciones o comentarios de Euclides y Arquímedes en latín y en griego y se sabe que Leonardo fue 'hombre sin letras', autodidacta¹⁶ (Bagni & D'Amore, 2010, p. 50).

No excluimos que Leonardo pueda haber tenido un trato beneficioso de la publicación citada [*De expetendis et fugiendis rebus opus* de Giorgio Valla], pero no podemos

¹⁶ "Come abbiamo già detto, le opere più importanti sono traduzioni e commenti di Euclide ed Archimede in latino ed in greco e si sa che Leonardo fu 'omo senza lettere', autodidatta" (Bagni & D'Amore, 2010, p. 50).

olvidar la... escasa familiaridad del hombre sin letras con el latín docto de los textos geométricos del período¹⁷ (Bagni & D'Amore, 2010, p. 74).

Con sus escritos, de iletrado que se hecho de sí mismo, es decir, consciente de la eficacia de sus propios medios expresivos, él encuentra un lenguaje y un estilo y si permite autodefinirse, en polémica con los letrados de su tiempo, 'hombre sin letras'¹⁸ (Nardini, 2008, p. 84).

La cita propia de Leonardo podría indicar que no haya tenido acceso a las obras clásicas. Sin embargo, el vinciano poseyó las obras clásicas a través de traducciones a la lengua italiana. Una de las fallas es apresurarse la conclusión que sostiene que Leonardo no tuvo contacto de las obras clásica porque no se tiene en cuenta su biblioteca personal, la cual está documentada. Las bibliotecas renacentistas particulares, además de estar destinadas al tiempo de ocio y a la formación intelectual, juegan un rol dentro del prestigio social de acuerdo con la cantidad de obras adquiridas según una escala de treinta volúmenes a grandes coleccionistas de obras con doscientos volúmenes (Burucúa & Kwiatkowski 2011).

La documentación propia del vinciano acerca su biblioteca llega al centenar de obras adquiridas de variada temática: literatura, textos sagrados, fábulas, pintura, científica, gramática. Una biblioteca así conformada es semejante a la de un filósofo naturalista y humanista del Renacimiento. Dentro del listado de sus obras, se ve que el vinciano vuelca su interés hacia temas de investigaciones sobre la naturaleza aumentando la proporción de libros 'científicos' adquiridos.

En el Códice Atlántico, redactado por Leonardo en Milán 1495:

“1. *De abaco* de Leonardo Fibonacci de Pisa o bien de alguno de los otros tratados de aritmética de uso corriente a fines del siglo XV.

2. La *Historia Natural* de Plinio, probablemente en la versión italiana de Cristoforo Landino, Venecia, 1476, 1481 o 1489.

3. La Biblia.

4. *De re militari*, de Roberto Valturio, en la versión italiana de P. Ramusio.

5, 6, 7. Las *Décadas* de Tito Livio, versión italiana publicada en Roma en 1476.

¹⁷ “Non escludiamo che Leonardo possa aver tratto giovamento dalla pubblicazione citata [*De Expetendis, et fugiendis rebus opus* de Giorgio Valla], ma non possiamo dimenticare la... scarsissima dimestichezza dell'‘omo senza lettere’ con il latino docto dei testi geometrici del periodo” (Bagni & D'Amore, 2010, p. 74).

¹⁸ “Con i suoi scritti, da illetterato che si è fatto da sé, ossia consapevole dell'efficacia dei propri mezzi espressivo, egli trova un linguaggio e uno stile e si permette di autodefinirsi, in polemica coi letterati del suo tempo, ‘omo senza lettere’” (Nardini, 2008, p. 84).

8. Es el *Arte de Cyrurgica* de Guidonis de Cauliaco, cuya versión en lengua vulgar fue impresa en Venecia en 1480 (segunda edición, 1493).
9. Piero Cresenzio es un autor de un tratado de agricultura, *Opus ruralium commodorum*, traducido y publicado en italiano, Florencia, 1478; Vicenza, 1490; Venecia, 1495.
10. Es *Il Quadriregio del decorso della vita umana, overo libro de'Regni*, obra alegórica de moral por Federico Frezzi, Perugia, 1481.
11. Libro de gramática latina, probablemente el *Donatus minor sive de octo partibus orationes*, que tuvo muchas ediciones en el siglo XV.
12. Quizás sea el compendio de las historias escritas por Troco Pompeyo, obra de un tal Justino, publicadas en italiano en Venecia, 1477.
13. Es el mismo libro que el 8.
14. Ignoramos si el título se refiere a un doctrinal cristiano o a un manual de gramática y ejemplos de literatura latina, tal vez el *Doctrinal* de Alejandro de Villadieu.
15. Es el poema satírico burlesco *Il Morgante*, de Luigi Pulci.
16. Es el libro de viajes, entre reales y fabulosos, llevados a cabo por un legendario John de Mandeville o Mandavilla. Hay una versión italiana, publicada en Milán en 1480 con el título *Tractato delle più maravigliose cosse e più notabili...*
17. Es el *Opusculum de obsoniis ac honesta voluptate*, de Bartolomeo Sacchi, llamado Platina, bibliotecario del Vaticano. Leonardo recuerda esta obra y a su autor en los *Cuadernos de Anatomía*.
18. El *Manganello* es una extraña obra, en trece capítulos, de autor desconocido, una sátira violenta contra las mujeres. Se conocen dos ediciones del siglo XVI.
19. *Crónica* de San Isidoro de Sevilla, editada en Ascoli en 1477, que narra la historia del mundo desde la creación hasta comienzos del siglo VI d.C.
20. *Epístolas* de Ovidio, versión en lengua vulgar, Nápoles, 1474; Brescia, 1489 o 1491.
21. Puede tratarse de las *Epístolas* de Francesco Filelfo o bien del *Novum epistolarum sive ars scribendi epistolas* de Giovanni Maria Filelfo. Ambas obras tuvieron muchas ediciones anteriores al año 1500.
22. Alude al famosísimo tratado de cosmografía, la *Sphaera mundi*, de Sacrobosco, o bien al *Libro della Sfera*, de Leonardo Dati.
23. Son las *Facezie* (bromas) de Poggio Bracciolini, en la versión italiana publicada en Venecia alrededor de 1483.
24. Quizás sea la *Chiromantica scientia naturalis*, publicada varias veces en el siglo XV, por ejemplo Padua, 1483.
25. Alguno de los 'formularios' de epístolas en lengua vulgar, que publicaron Cristoforo Landino o un tal 'Bartolomeo miniaturista'.
26. *Fiore di virtù che tratta di tutti i vitii humani et come si deve acquistar la virtù* (Venecia, 1471, 1474, 1477, 1488).
27. Es la versión en lengua vulgar de las *Vidas de los filósofos* escritas por Diógenes Laercio, publicada en Venecia en 1480.
28. Podría identificarse con una obra de san Alberto Magno, el *Mineralum libri V*, Pavia, 1491; Venecia, 1495, o tal vez con una vulgarización del *De Lapidibus* de Marbodeo.
29. Véase el 21.
30. El *Tractato utilissimo circa la conservazion de la sanitade*, Milán, 1481.
31. Es el poema científico *L'Acerba*, de Cecco D'Ascoli, sobre temas de filosofía natural.
32. Muchas son las obras a la que podría referirse el nombre de este gran autor, san Alberto Magno, una la ya mencionada en 28, otra el *Libro della virtude delle herbe*, Bolonia, 1494, una tercera la *Summa naturalium*, Brescia, 1490, 1493, o Venecia, 1496.
33. Quizás sea el *Fiore di Rettorica*, de fray Guidotto de Bolonia, muy difundido a finales del siglo XV, o bien la obra retórica de Lorenzo Guglielmo de Saona.
34. Probablemente sea un tratado de medicina, *Opera del eccellentissimo physico magistrato Cibaldone electa fuori de libri autentici di medicina utilissimi a conservari sano*, el cual tuvo varias ediciones durante el siglo XV.
35. Las *Fábulas* de Esopo fueron publicadas muchas veces antes de 1500.
36. El libro de los Salmos de David.
37. Se trataría de la *Theologia Platonica sive animarum immortalitate*, de Marsilio Ficino, Florencia, 1482, pues otras citas de manuscritos vicianos permiten inferir que Leonardo conocía algunas páginas de la obra de Ficino, a pesar de que todavía no hubieran sido traducidas al italiano.

38. Libro de *Sonetos* del Burchiello, poeta florentino burlesco, muy editado a partir de 1475.
 39. El *Driadeo*, poema en octava rima de Lucas Pulci.

40. No sabemos si el *Canzoniere* de Petrarca o bien sus *Trionfi*” (Burucúa & Kwiatkowski, 2011, pp. 434-438).

En 1966, cuando se descubren los Códices de Madrid, la lista de obras de la biblioteca personal de Leonardo es mucho más amplia. Lo cual indica su modestia al caracterizarse como *omo sanza lettere*: “[...] la cultura clásica y moderna de Leonardo era mucho más amplia y rica [...] Aristóteles, Ovidio, Ptolomeo, san Agustín, Alberto de Sajonia y Alberti son algunos de los autores citados en el Códice de Madrid” (Burucúa & Kwiatkowski, 2011, p. 438).

Códice de Madrid:

- “1. *De expetendis et fugiendis rebus*, obra enciclopédica de Giorgio Valla, Venecia, 1501. En Arundel, 178v.-179 v. se encuentra la traducción de un pasaje de este libro relativo a la solución que los antiguos encontraron al problema de la duplicación del cubo. Marinoni sugiere que Pacioli podría haber sido el traductor.
 2. *Fasciculus medicine*, de John Ketham, Venecia, 1491-1495.
 3. *Romulion* es un manuscrito de *Il Romuleo*, de Benvenuto de Rambaldi da Imola (1338-1390), solo editado en 1867.
 4. La *Cirurgia* de Guidonis de Cauliaco, Venecia, 1498, en latín, texto ya publicado en italiano, en Venecia, 1480 y 1493.
 5. *Bibbia*, costó 61 sueldos según CA, 104, r. a, es vano indagar cuál de las numerosas ediciones y copias manuscritas era la de Leonardo.
 6-7-8. *Deche prima, terza, quarta*, Décadas primera, tercera y cuarta, de Tito Livio, casi seguro en versión en lengua vulgar, Roma 1476, o la veneciana de 1478.
 9. El *Tractatus de univrsarum iudiciis*, de Bartolomeo Montagnana, Padua, 1487.
 10. El nombre *Burleo* es el del filósofo inglés Walter Burley, comentador de Aristoteles en el siglo XIV. Podría ser una *Expositio* sobre la *Física* de Aristóteles, impresa en Padua en 1476 y en Venecia en 1482, o bien el *Sobre la vida y costumbres de los filósofos y los poetas* del mismo Burley.

11. La *Ciudad de Dios* de san Agustín, en latín o bien en la versión italiana impresa en 1475.
 12. *Historia Natural* de Plinio, traducción italiana por Cristoforo Landino, Venecia, 1476, 1481 y 1489.
 13. *Clonica del mondo* es una vulgarización del *Supplementum chronicarum*, Venecia, 1483.
 14. Piero Crescentio, autor de un *Tratado de agricultura* en latín traducido y editado en italiano, Florencia, 1478; Vincenza, 1490; Venecia, 1495.
 15. Un *Erbolaio* grande, que nos remite a varios libros posibles: el de Petrus Schoffer, Maguncia, 1484; el de Apuleyo de Madaura, Roma, 1480; el de Arnaldo de Vilanova, Venecia, 1499 y otros.
 16. *Prediche* puede ser *Prediche di fra Ruberto [Caracciolo] vulghare*, Florencia 1491, o las de Savonarola, Florencia, 1495; las *Homelie*, de san Gregorio Magno, Milán, 1479; los *Sermoni morali*, de san Bernardo, Milán, 1494, o los *Sermoni devotissimi* del mismo autor, Florencia, 1495.
 17. *Aquila di Lionardo d'Arezzo* es *L'Aquila composta per miser Leonardo Aretino et da ipso translata da latino in volgare sermone*, Nápoles, 1492.
 18. *Problemas de Aristoteles*, puede referirse a un *corpus* vastísimo de problemas y cuestiones aristotélicas publicadas antes de 1500.
 19. *Battista Alberti in architettura* es *De re aedificatoria*, Florencia, 1485, probablemente un edición en vulgar.

20. *Esopo* en lengua francesa puede ser *Les fables d'Esope*, Lyon, 1484, o *Les subtiles fables d'Esope*, 1493.
21. El *De re militari* de Ronerto Valturio en la traducción italiana de Ramusio.
22. *De quattro regi* es *Il Quadriregio del decorso della vita umana, ovvero libro de'Regni*, de Federico Frezzi, Perugia, 1481.
23. *Elementos* de Euclides, con las anotaciones de Campano, Venecia, 1482 o Vicenza, 1491.
24. Manuscrito de la *Vita civile* de Matteo Palmieri, impresa por primera vez en 1529.
25. *Geta e Biria* es *Il libro chiamato Geta e Birria*, Venecia, 1477, 1478; Florencia, 1483, de Gilippo o Ghigo Brunelleschi y Domenico da Pratto, poema en octavas derivado de la comedia *Geta*, de Vitale di Blois, que a su vez deriva de *Anfitrión* de Plauto.
26. Las *Regole* de Perotto son los *Rudimenta grammatices* de Nicolai Perotti, Roma, 1474.
27. El *Donato vulgare e latino* es el *Donatus latine e italice*, Venecia, 1499.
28. Las *Regole latine* de Francesco da Urbino, no identificadas.
29. *Dottrinale latino*.
30. *Opera di S. Bernardino da Siena*, no sabemos si se trata de un manuscrito de los *Sermones de Evangelio eterno*, Basilea, 1490, o del tratado *De vita christiano*, 1473 o *La confessione volgare*, Pescia, 1485.
31. Un tratado *Della memoria locale*, que podría ser un libro de mnemotecnia editado en Milán en 1485.
32. Un *Alcabizio*, que podría ser una obra del astrólogo árabe de ese nombre, o bien un nombre genérico referido a la astrología, tal como lo usa Leonardo en el Códice Arundel, 190, v., donde el Vinciano dice *Alcabizio vulgare del Serigatto*; de Francesco Serigatti se conoce un *De ortu ey occasu signorum*, manuscrito hasta 1531.
33. *Plisciano* es alguna edición del *De partibus orationis*, de ese autor.
34. Libro de ábaco de mediano formato.
35. Luca Pulci, *Ciriffo Calvaneo*. Muchas ediciones en el siglo XV.
36. Lucano puede ser una de las numerosas ediciones de la *Farsalia* en latín o la edición vulgar traducida por L. De Montichiolo, Milán, 1492 y Venecia, 1492.
37. *Esopo en verso* puede ser una de las múltiples ediciones y versiones del célebre texto.
38. *Galea de matti* es *Las Narrenschiff*, de Sebastián Brandt, en versión francesa de Ioce Bade, París, 1497 (en verso), o latina, de Iacobum Locher, Basilea, 1497.
39. Libro de ábaco pintado.
40. *Novellino di Masuccio*, es la obra de Mascuccio Guardati Salernitno, Nápoles, 1476.
41. Ovidio, *Metamorfosis*.
42. *Prospettiva comune* es la *Perspectiva Communis* de Johannes Peckham, en la edición milanesa de Facium Cardano.
43. *Proposiciones de Aristóteles*, vale la misma observación que para el número 18.
44. La *Rettorica nova* podría ser la obra de Lorenzo Guglielmo di Saona, o bien el *Fiore di retorica*, de Guidotto da Bologna,
45. *Atila* es *La historia di Atila detto flagellum Dei*, Venecia, 1472, de Nicolò Casola.
46. Un *Alberto de Sajonia*, que podría ser el *Quaestiones in Aristotelis de coelo et mundo*, Pavia, 1482; Venecia, 1492 y 1497, citado por Leonardo en los manuscritos F e I.
47. El *Opus philosophiae naturalis* de san Alberto Magno, Brescia, 1490, 1493, Venecia, 1496.
48. *Epístolas de Filelfo* también en CA, 21 a, 29 a; puede ser *Epistolarum libri XVI*, de Francesco Filelfo, o *Novum epistolarium sive ars scribendi epistolas*, de Giovan Maria Filelfo, ambos editados muchas veces.
49. Un libro de *Secretos*, que podría ser la versión italiana del libro sobre las virtudes de las hierbas y animales junto al *Tratado de los secretos de la naturaleza humana*, de san Alberto Magno, Bolonia, 1494 y Nápoles, 1495.
50. *Sermoni di S. Agostino* es *Sermoni dello egregio doctore divo Aurelio Augustino*, Florencia, 1493.
51. *Sobre la inmortalidad del alma*. Podría tratarse de la *Theología platonica* de Ficino, Florencia, 1482.
52. Las *Regole gramatice* podrían ser algunas de las *Regulae gramaticales* de varios autores impresas en el siglo XV, por ejemplo las de Guarino de Verona.
53. *Fiore di virtu*, que trata de los vicios y virtudes humanas, Venecia, 1471, 1474, 1477 y 1488.

54. *Passione di Cristo* puede ser la versión de Nicolò Cicerchia, Florencia, 1485, 1490, o la de Guiliano Dati, de 1500, o la de Bernardo Pulci, Bolonia, 1498; Florencia, 1490.
55. Alguna obra de Albumasar, es decir, el astrónomo árabe Abu Mashar, de quien se habían impreso por lo menos tres obras de astronomía en varias ediciones.
56. *Libro di medicine di cavalli*, podría tratarse de la obra de Giordano Ruffo editada antes de 1500 o bien de un manuscrito de la *Mascalcia* de Vegezio Renato, impreso solo en 1528.
57. Un Zilbadone que se ha identificado con una obra de medicina escrita por el médico y magistrado Cibaldone.
58. *Formulario di epistole* puede ser *Formulario di pistole vulgare missive e responsive et altri fiori di ornati parlamenti a lo excelso et illustrissimo principe Hercule da Esti*, de Cristoforo Landino, o una obra del mismo título de Bartolomeo Miniatore.
59. *Clonica di Santo Esidero* es una vulgarización de la obra de san Isidoro de Sevilla, que narra la historia universal desde los orígenes hasta el 515. Puede ser la edición de Ascoli, 1477.
60. Libro de ábaco de mediano formato.
61. *Las Vidas de los filósofos* de Diógenes Laercio en italiano, Venecia, 1480.
62. *De tentatione in asse* puede ser *Liber de tentationibus diaboli*, de Jean Gerson, Estocolmo, 1495.
63. *Fábulas de Esopo* puede ser una de las múltiples ediciones y versiones del célebre texto,
64. Ovidio, *Epístolas* puede ser la edición de Nápoles 1474, o la de Domenico Morticello, Brescia, 1489 y 1491.
65. El *Donadello* es el *Donatus minor sive de octo partibus orationis*.
66. El *Opúsculo sobre los manjares y el placer honesto del Platina*, Venecia, 1487, 1495 y 1500.
67. *Di anta Margherita* puede ser la *Rappresentazione e festa di S. Margherita*, Florencia, 1500, o la *Leggenda di S. Margherita*, incunable sin fecha.
68. Es el libro *Synonima seu variationes sententiarum*, obra de Stefano Flisco.
69. *Epístolas de Guasparri, Epistulae* de Gasparino Barzizza.
70. *Sonetos de Burchiello*, con muchas ediciones desde 1475.
71. *Guerrino* es una de las numerosas ediciones de *Guerrino detto il Meschino* de Andra da Barberino.
72. El *Vocalista in carapecora*, podría ser un manuscrito, o bien un volumen encuadernado en pergamino.
73. *Sonetos de Guasparri Visconti*, es el *Rithimi* de Gasparre Visconti, poeta de la corte sforzesca, Milán, 1493.
74. *L'Acerba*, poema de Cecco D'Ascoli.
75. *Liner phidionomie*, del astrólogo Miguel Scoto, editado varias veces a partir de 1477.
76. El *Calendario* de Regio Montano.
77. La *Sphaera mundi* que puede ser el libro de Sacrobosco, o bien el de Leonardo Dati.
78. *De mutationi aeri*, tal vez sea el *Tratado* sobre ese tema de Firman de Beuval, editado en Venecia en 1485.
79. *De natura humana*, obra de Antonio Feno, Venecia, 1491.
80. Leonardo menciona una *Conservazion di sanita*, que se ha identificado con varios títulos, el libro de Ugo Benzi, publicado en Milán en 1481, el libro de Antonio Gazius, editado en Venecia en 1491 y en 1500, un libelo sobre el tema de Benito de Nurcia, el *Tractatus aureus* de Bartolomeo Montagnana, o bien el famoso *Regimen sanitatis salernitanus* de Arnaldo de Villanova y de Juan de Milán.
81. Un *Lapidario*, que podría ser el tratado de san Alberto Magno o bien el *De lapidibus* de Marboedo.
82. *Sogni di Daniello* es un libro de interpretación de los sueños, *Somniorum expositio*, Augusta, 1477, traducido al italiano como *Il sogno di Daniello*, Bolonia, 1491; Florencia, 1495.
83. Dos *Reglas* de Domenico Macanio; tal vez sea un opúsculo derivado de la *Chorografía* de Domenico Maccagni, Milán, 1490.
84. *Este Vocabolista piccolo* podría ser el *Vocalista ecclesiastico* de Bernardo Savonesse, editado dos veces en Milán y una vez en Florencia antes de 1500. Leonardo cita un *Vocabolista volgare e latino* en la cubierta del manuscrito F.
85. *Elegancias* puede ser la obra de Lorenzo Valla, *Opus elegantiarum linguae latinae*, u otras derivadas de ella.

86. *De Chiromantia es Chyromantica scientia naturalis*, numerosas ediciones, entre ellas Padua, 1481.
87. *Del tempio di Salomone* no se ha sido identificado aún.
88. *Cosmografía* de Tolomeo.
89. *Poema del arte militar*, de Antonio Cornasano, Venecia, 1493.
90. Libro de ábaco que pertenece a Giovan del Sodo.
91. *Epístolas de Falari es Phalaris tyranni Agrigentini Epistule*, Napolés, 1472; Roma, 1475; Venecia, 1481; Milán, 1484; Florencia, 1488.
92. *Vita di S. Ambrosio es La vita et li miracoli del beatissimo Ambrogio* de Paolino da Nola, Milán, 1492.
93. La *Summa de arithmetica, Geometria, proportioni e proportionalità*, de Luca Pacioli, Venecia, 1494, adquirido por Leonardo en 119 sueldos (CA, 104, r.).
94. El *Donato gramático* es el *Ars maior* de Donato.
95. Un *Quadrante*, que podría ser un manuscrito de *Il quadrante d'Israele*, de Jacob ben Macis ben Tibbon.
96. Una *Quadratura del circulo*, que podría ser el tratado de Arquímedes, o bien el libro *Quadratura circuli per lúnulas*, pues un dibujo de este volumen aparece en el manuscrito K, 61, r.
97. Los *Meteoros* de Aristóteles. Podría ser una versión manuscrita del tratado aristotélico traducido al italiano, a la que Leonardo se refiere en el CA, 97, v. y en el Arundel, 190, v., 191, r.
98. *Manganello* es una obra rara, de trece capítulos, de un anónimo milanés, impresa dos veces en el siglo XVI, que se inspira en la Sátira VI de Juvenal.
99. De Francesco da Siena se conserva la copia anotada por el propio Leonardo en Ashburnham, 361, en la Biblioteca Laurenziana de Florencia, o sea, el *Trattato d'architettura civile e militare*, de Francesco di Giorgio Martini.
100. *Libro d'anticaglie* debe ser *Antiquarie prospettiche Romane composte per prospectivo Melanese depictore*, incunable sin fecha ni autor, luego identificado como G. De Angelis D'Ossat.
101. *Libro dell'Amadio* es sin dudas la *Vita del beato Amadio Ispano*, Milán, 1486.
102. Un *Libro de anatomía* que puede referirse a los cinco libros de Alejandro Benedetto, Venecia, 1498-1502, citado por Leonardo en el manuscrito F, o bien a la anatomía de Mondino dei Luzzi, citado varias veces en los folios de Windsor.
103. *Libro d'ingegni colla morte di fori* trata de las máquinas (*ingegni*) descritas por Leonardo en el Códice de Madrid, I.
104. *Libro di cavalli schizzati pel cartone* es el cartón para la *Battaglia d'Anghiari*.
105. *Libro de medida* de Leon Battista Alberti. Se cree que es un manuscrito de los *Ludi mathematici*.
106. *Libro de las aguas*, de Filón de Bizancio, manuscrito.
107. Librito viejo de aritmética. 108. *Libro di mia vocaboli* es seguramente un cuaderno personal, pero no el Trivulziano. Se trataría de un vocabulario en orden alfabético.
109. Libro de Urbino matemático.
110. Tres primeros libros de un Euclides en lengua vulgar, probablemente un manuscrito.
111. Libro de ábaco que pertenece a Sassetto.
112. *Libro dove si taglia le corde da navi*, no identificado.
113. Un libro de ábaco de gran formato.
114. *Dell'armadura del cavallo* es un manuscrito del Vinciano, probablemente los folios sobre la fusión del caballo de bronce, hoy en el Códice de Madrid, II.
115. *De Chiromantia da Milano es Chyromantica scientia naturalis*, numerosas ediciones, entre ellas Padua, 1481.
116. Libro viejo de Amelia. Se ha propuesto identificarlo con un libro sobre la conservación de la salud del hombre atribuido a san Alberto Magno, impreso en Nápoles en 1478 y editado por Bernardino de Gerandini de Amelia.” (Burucúa & Kwiatkowski, 2011, pp. 438-446).

De todos modos, Vecce considera que Leonardo sí fue un hombre de letras, a pesar de que le haya resultado dificultoso aprender el latín, por el contacto con las obras correspondientes a la tradición tanto filosófica como científica de la Grecia antigua y de la

Edad Media. El historiador italiano afirma que este contacto con la tradición griega y medieval permite catalogar a Leonardo como humanista pero no en un sentido literal de la palabra sino en un sentido más amplio porque pone como eje en sus investigaciones al hombre y a la razón en el mundo natural. De allí el rol primordial que le dará Leonardo a la experiencia: “no obstante, abogó por el uso de la ‘experiencia, la experimentación directa de los fenómenos, que también a menudo derivada de la ciencia tardomedieval, es el preludio de la llegada del método experimental y de la ciencia moderna”¹⁹ (Vecce, 2006, p. 16).

Este rol de la experiencia es debido a que Leonardo interpretó la mecánica de otra manera, conectándola con la matemática y la geometría, que le permitió intuir una teoría que explique todos los fenómenos naturales. Pero, a su vez, y contrariamente, muchas veces el vinciano proseguía de manera distinta: en vez de recurrir a la experiencia se sumergía en los libros y esbozaba experimentos jamás puestos en práctica es decir, que solamente los pensó. De allí, hay una seguridad en la ciencia y en la investigación por el optimismo intelectual, racional, que era común en los primeros años del *cinquecento*, esta confianza se extiende hasta la confianza del conocimiento según la percepción humana cuyo instrumento principal es el ojo:

Las últimas obras pictóricas de Leonardo, como sus escritos hasta el Diluvio, son la expresión de una nueva inquietud, que impregna la crisis del renacimiento: el sentimiento de una Naturaleza inmensa, incompresible en su Principio y en su Fin; objeto de alteraciones cósmicas y cíclicas, en el cual el hombre y la vida misma representan insignificantes fragmentos de polvo²⁰ (Vecce, 2006, p. 16).

En los últimos años de la vida de Leonardo, comenta Vecce, hay un pasaje de una ciencia universal a ciencias particulares. En vez de utilizar un principio de analogía que explique todos los fenómenos, se dirige a una fenómeno en particular aplicando los principios o teorizaciones cuya metodología al fenómeno u objeto de estudio singularmente. Y en un

¹⁹ “propugnò però il ricorso alla ‘sperienza’, alla sperimentazione diretta dei fenomeni, che, anche se spesso derivata dalla scienza tardomedievale, prelude all’avvento del metodo sperimentale e alla scienza moderna” (Vecce, 2006, p. 16).

²⁰ “Le ultime opere pittoriche di Leonardo, come i suoi scritti fino ai Diluvii, sono l’espressione di un’inquietudine nuova, che pervade la crisi del rinascimento: il sentimento di una Natura immensa, incompressibili nel suo Principio in ella sua Fine, oggetto di rivolgimenti cosmici e ciclici, in cui l’uomo e la vita stessa rappresentano trascurabili frammenti di polvere” (Vecce, 2006, p. 16).

segundo nivel, la exactitud y la visibilidad de la cual el vinciano hacía en su escritura con el fin de analizar en cada cambio o característica el fenómeno a estudiar lo acerca más, según Vecce, a un moderno, cuando Leonardo trata, por ejemplo, la caída de una gota o la densidad de la Luna. El autor advierte, en la escritura de Leonardo, la ansiedad de comunicar sus descubrimientos empleando no un vocabulario o lenguaje científico neutral como esperaría la tradición sino un lenguaje en el cual intervienen la imaginación y la poesía.

Este punto también confronta a la imagen de Leonardo que ha hecho de él una persona solitaria, el genio solitario, en cuanto realizaba sus experimentos o sus obras pictóricas:

Leonardo maestro y pedagogo recoge así también el ámbito pedagógico del humanismo, en aquella unidad de teoría y práctica que estaba, sobre todo, en Alberti y en Vittorino da Feltre; hombre universal, por la extensión universal de sus intereses a cada campo del saber, pero también un signo de contradicciones, como advirtió Luporini, entre la entereza humana del renacimiento y la división de las actividades intelectuales del mundo burgués²¹ (Vecce, 2006, p. 17).

La lectura de Vecce sugiere que Leonardo estaba entre dos mundos, el medioevo y la modernidad temprana:

Contar la historia de este hombre significa, por lo tanto, tratar de comprender el delicado momento de transición hacia la edad moderna, y rastrear en su palabra existencial algunos de los elementos que se han convertido parte integrante de nuestro presente y de nuestro futuro²² (Vecce, 2006, p. 17).

La reconstrucción histórica que realiza Vecce es parecida aquella que Kuhn propone a los historiadores de la ciencia en *La estructura de las revoluciones científicas*. Por lo tanto, reconstruir la imagen de Leonardo requiere, a su vez, contextualizarlo en un momento en el

²¹ “Leonardo maestro e pedagogo raccoglie così anche l’stanza pedagogica dell’umanesimo, in quell’unità di teoria e pratica che era stata soprattutto nell’Alberti e in Vittorino da Feltre; uomo universale, per l’estensione universale degli interessi ad ogni campo del sapere, ma anche segno di contraddizione, come ha avvertito Luporini, tra l’interezza umana del rinascimento e la divisione delle attività intellettuali del sorgente mondo borghese” (Vecce, 2006, p. 17).

²² “Raccontare la storia di quest’uomo significa dunque tentare di capire il delicato momento di passaggio che ha condotto all’età moderna, e rintracciare nella sua parola esistenziale alcuni degli elementi che sono ormai diventati parte integrante del nostro presente e del nostro futuro” (Vecce, 2006, p. 17).

cual la ciencia, la filosofía y el arte se encuentran en conflicto, entre los presupuestos y la práctica de cada disciplina establecidas en el medioevo y las tentativas, e incluso la necesidad, de un cambio en la manera de proseguir que da lugar a las inquietudes iniciales de la edad moderna.

3.- El rol de científico en Leonardo según sus investigaciones sobre la naturaleza

Los capítulos anteriores, en los cuales hemos recorrido, principalmente, dos modelos epistemológicos y la imagen mitificada de Leonardo, nos sirven para introducirnos en este tercer capítulo. A lo largo de este capítulo veremos cómo el enfoque tradicional y la imagen mitificada de Leonardo influyen en las interpretaciones que se puedan realizar acerca del rol que tuvo en la ciencia según las investigaciones que ha realizado sobre la naturaleza.

En el primer apartado expondremos el veredicto de Karl Jaspers, junto con los argumentos y criterios que, siguiendo una epistemología pre-kuhniiana, aporta el autor para considerar que Leonardo no puede ser calificado como científico. En el segundo apartado tomaremos diferentes autores, en orden cronológico: Filippo Bottazzi, Rodolfo Mondolfo y Fritjof Capra. Estos autores, siguiendo una perspectiva epistemológica tradicional y el empleo de la imagen mitificada, consideran a Leonardo como uno de los precursores de la ciencia moderna. En el tercer apartado, veremos una propuesta alternativa de análisis correspondiente a un artículo publicado por Raymundo Morado el cual considera que pese a que sus investigaciones sobre la naturaleza no hayan sido tan fuertes sustentadas teóricamente, las reflexiones de tinte filosóficas de Leonardo adquieren relevancia para la filosofía de las ciencias.

3.1.- Análisis de Karl Jaspers

Karl Jaspers en su libro *Leonardo como filósofo* presenta una reconstrucción de la filosofía vinciana. El interés en este texto deriva de que en dicha reconstrucción Jaspers también analiza el aspecto científico de las investigaciones de Leonardo acerca de la naturaleza. Para el análisis del estatuto de científico atribuido al vinciano el autor considera, en particular, dos ejes: algunas de las afirmaciones sostenidas por la tradición, que han contribuido a crear la imagen mitificada aún vigente en la actualidad y el contenido matemático de sus investigaciones.

Respecto del primer eje, Jaspers afirma que la tradición “llama a Leonardo el hombre universal, esto es, el que lo sabe y lo puede todo” (Jaspers, 1956, p. 9) y a partir de aquí afirma su carácter de ‘investigador’ atribuyéndole el título de ser “uno de los fundadores de las modernas ciencias de la naturaleza” (Jaspers, 1956, p. 10).

Según el filósofo alemán esta primera característica, hombre universal, fue dada gracias a los rasgos multifacéticos propios del vinciano que, siendo pintor, no se limitó al arte como el resto de los artistas renacentistas (Jaspers 1956). La tradición no sólo ha tomado sus obras de arte sino que ha resaltado dos cuestiones pictóricas fundamentales en Leonardo: la primera, ser uno de los primeros representantes del arte clásico italiano y la otra ser el creador de la técnica claroscuro. Además de la capacidad artística propia del vinciano la tradición ha tomado en cuenta sus escritos y dibujos en lo referente a distintas áreas de investigación sobre la naturaleza, sus construcciones asumiendo un rol de ingeniero, también como inventor tanto de maquinaria bélica como fantástica.

La tradición ha tomado frases de Leonardo en las cuales se ha ganado el mote de fundador de las ciencias modernas. Jaspers tiene en cuenta las siguientes citas:

Leonardo escribe: ‘Aquel que no se ajuste en mi forma de concebir la matemática, que deje de leerme’. Y escribe también: “La mecánica es el paraíso de las ciencias matemáticas’. Califica a ‘la ciencia instrumental o matemática de muy noble y extremadamente útil’. ¿Por qué? ‘Porque gracias a ella ejercitan su actividad todos los organismos vivientes y capaces de moverse’ (Jaspers, 1956, p. 34).

Esta última caracterización es la que será sometida a prueba por Jaspers. El autor no solamente cree que es una afirmación que da lugar al debate sino que también se la puede refutar teniendo en cuenta el escaso contenido matemático que Leonardo emplea en sus investigaciones sobre los fenómenos naturales; lo cual constituye el segundo eje para análisis de su estatuto de científico. En palabras de Jaspers: “Leonardo no llevó a cabo sus investigaciones de la naturaleza siguiendo métodos matemáticos [...] En Leonardo es bien limitado el empleo efectivo y real de la matemática” (Jaspers, 1956, p. 10).

Jaspers señala que en esta última caracterización los elementos que hacen de Leonardo un precursor de la ciencia moderna no son válidos para considerarlo y justificarlo

como tal. No obstante, hay rasgos o componentes que sí deberían considerarse como una disposición moderna científica en el vinciano.

Esta disposición moderna científica, Jaspers la denomina ‘espíritu de la ciencia moderna’, en Leonardo. A pesar de su carácter fragmentario puede valorarse la oposición del vinciano a la magia, los alquimistas y los especuladores (Jaspers 1956).

A propósito de esto último, Jaspers interpreta que lo moderno en Leonardo se encuentra en considerar que no puede haber ni seres incorpóreos ni magos que contradigan las leyes de la naturaleza. Los ejemplos que proporcionan son de la índole del levantamiento de pesos sobrehumanos, transformación de personas en animales:

Nunca pudo haber tales espíritus o magos [...] Porque si existieran [...] Podrían atravesar el universo en cualquier dirección. Si semejantes artes existieron alguna vez, ¿por qué desaparecieron luego? Si hubiera habido tales artes, hoy probablemente el mundo ya no existiría, puesto que son muchos los capaces de destruir a Dios y al universo con tal de satisfacer sus apetitos (Jaspers, 1956, p. 39).

En cuanto a los alquimistas, la actitud moderna en Leonardo se encuentra, según Jaspers, en estar en contra de la codicia que tienen los alquimistas, por ejemplo, en la búsqueda de la fabricación del oro de una manera artificial: “Solamente la naturaleza es capaz de crear las cosas simples” (Jaspers, 1956, p. 40). El hombre solo puede fabricar cosas o elementos compuestos a partir de los elementos simples que la naturaleza provee: “Nunca pudo un alquimista producir artificialmente lo que sólo puede darse naturalmente, por ínfimo que resulte” (Jaspers, 1956, p. 40). Este punto señalado por Jaspers puede leerse bajo clave baconiana: “el hombre intérprete y servidor de la naturaleza” (Bacon, 2003, p. 73). Es decir, que el hombre puede modificar y usar los elementos de la naturaleza pero no ir contra sus leyes de manera tal que el hombre puede generar ciertos complejos a través de los elementos simples naturales pero de ninguna manera crear algo de manera artificial que contradiga a la naturaleza o que no provenga en un inicio de ella. Esta actitud baconiana también se puede encontrar en Leonardo cuando considera de insensatos a quienes quieren fabricar artificialmente elementos que no se pueden realizar, en este caso el oro.

Acerca de los especuladores, Jaspers destaca el rechazo de Leonardo hacia “los sueños especulativos, los falsos argumentos y los enredos de quienes hablan de cosas misteriosas y elevadas” (Jaspers, 1956, p. 41). El autor cita al vinciano: “¿Quieres entregarte a los milagros y escribir que tiene conocimientos de hechos que el intelecto humano no capta y que no puede ser comprobados mediante ejemplos naturales?” (Jaspers, 1956, p. 41).

Estos son los aspectos mencionados por Jaspers para sostener que Leonardo desea una “experimentación crítica. Quiere realismo. Todo lo que es real debe pasar por los sentidos, los ojos, la probada experiencia” (Jaspers, 1956, p. 38). Estar en contra de los magos, los alquimistas y los especuladores quiere decir adoptar una postura en la cual se valore la comprobación de los hechos según aquello que acontece en la experiencia. El conocimiento tiene que estar comprobado mediante dicha experiencia. Cuestiones o justificaciones que vayan más allá de las posibilidades humanas del investigador y más allá de lo que la experiencia pueda otorgar para Leonardo no tienen lugar.

Jaspers agrega otro distintivo moderno en Leonardo: “Aquello que lo distingue de todos los filósofos de la Antigüedad y del Cristianismo es su afán de seguir los fenómenos sin considerarlos como subordinados fundamentalmente a lo ya conocido, sino como algo siempre nuevo, y también su disposición de no dar nunca las cosas por terminadas” (Jaspers, 1956, p. 65).

Bajo estos aspectos puede verse, según la interpretación de Jaspers, el espíritu de la modernidad en Leonardo: las investigaciones de la naturaleza deben estar fundadas en la observación y en la reflexión sobre ella. Las explicaciones acerca de los fenómenos naturales no se basan en dogmas ni en los cánones vigentes.

Empero estas características no contribuyen a considerarlo como científico. La razón fundamental, tal como se ha mencionado anteriormente, es que Leonardo carece de criterio matemático para ordenar y conceptualizar sus investigaciones sobre la naturaleza. En otras palabras, Jaspers sostiene que las investigaciones de Leonardo acerca de la naturaleza carecen de científicidad dado su escaso contenido matemático. Al relegar el uso de la matemática al campo de lo visual, sin poder concretar una abstracción que le permita establecer un método matemático riguroso, los descubrimientos de Leonardo, para el propio autor, tienen un rol secundario. Sin ese ordenamiento teórico-matemático solamente se obtiene un conglomerado

de observaciones de fenómenos naturales sin una base científica: “Desde el punto de vista de la ciencia definida y especial o el arte por el arte, reina confusión en la mente de Leonardo” (Jaspers, 1956, p. 63).

A lo largo del libro, el autor presenta una idea que es recurrente: no tener un apoyo o método matemático que sirva de guía para las investigaciones de la naturaleza hace que dichas investigaciones no sean consideradas científicas. Este es el criterio de cientificidad que Jaspers emplea y lo aplica en Leonardo.

En una primera instancia, Jaspers se propone derribar la segunda afirmación de la tradición la cual le atribuye a Leonardo de ser “uno de los fundadores de las modernas ciencias de la naturaleza” (Jaspers, 1956, p. 10). Para reconstruir tal refutación se seguirá el siguiente orden: (I) se analizará el rol de la matemática en las investigaciones de Leonardo, en particular, se intentará elucidar qué entiende Leonardo por la matemática y qué uso hace de ella; (II) se identificarán los rasgos científicos propios de la modernidad que la tradición le atribuye a Leonardo; (III) se establecerá el límite de aquellos rasgos científicos según las investigaciones realizadas por Leonardo. Por último, tras la vinculación entre los puntos anteriores, (IV) se sostendrá que el escaso uso de la matemática limita tanto la consideración de Leonardo como uno de los precursores de las ciencias modernas como el propio rol de científico del vinciano.

I. Jaspers establece que Leonardo tuvo una concepción completamente gráfica y visual de la matemática, una suerte de herramienta que permite dar cuenta de las cosas sensibles, es decir, de “todo orden y toda legalidad accesible al ojo” (Jaspers, 1956, p. 17). Puesto que para el vinciano, según Jaspers, la certeza está dada en la visualidad, es decir, todo aquello que pudiese llegar a percibirse, por medio de los sentidos, al contemplar la superficie y alcanzar los detalles particulares.

Jaspers está pensando en el uso de la matemática aplicada a la perspectiva y a las proporciones dentro de la creación artística. Por ello determina que para el vinciano lo importante es la aplicación matemática a la obra pictórica, como una herramienta o ayuda para representar lo más fiel posible la naturaleza en una obra de arte o en sus dibujos anatómicos o botánicos. La matemática, bajo esta concepción, permite ordenar y dar forma a ese caos sensible.

II. Jaspers evalúa las razones por las cuales buena parte de la tradición considera a Leonardo como uno de los fundadores de la ciencia moderna, a saber, se le atribuye “reproducción, percepción de los sentidos, certeza obligada, universalidad y conciencia del progreso hacia lo infinito” (Jaspers, 1956, p. 32):

La primera razón, el conocimiento como reproducción. Es la característica gnoseológica principal que apunta Jaspers siguiendo el elogio de la vista propuesto por Leonardo. Todo aquello que existe debe ser visible: con los ojos se accede a la existencia de las cosas, es decir, mediante la percepción. Dicha percepción debe ser reproducida por la mano: “lo que existe debe ser visible y lo que se conoce tiene que ser reproducidos con las manos” (Jaspers, 1956, p. 15). Pero esta reproducción para Jaspers es sólo contemplativa tiene que haber una actividad intelectual que ordene y estructure el caos de lo sensible, de lo visible, y “sólo la matemática hace que las cosas sean exactamente visibles” (Jaspers, 1956, p. 17). Jaspers sostiene que el sistema gnoseológico de Leonardo se funda en la reproducción de lo visible.

Por ello, la certeza se encuentra, para Leonardo, en visualidad: “Para él lo visible se convierte en lo conocido sólo en virtud de la tensión producida por la estructura ordenadora y por la infinita particularidad [...] De no ser en función del ojo y de la mano nada existiría para él” (Jaspers, 1956, pp. 17-18).

Jaspers nota el apoyo representativo que Leonardo le confiere a sus investigaciones mediante los dibujos sin embargo: “se prescinde de toda ley natural referente que necesite de mediciones, experimentación y fórmulas” (Jaspers, 1956, pp. 30). Las investigaciones científicas necesitan el uso de las palabras para expresar sus resultados pero en principio Leonardo solamente tomó de apoyo el dibujo para demostrar lo observado (Jaspers 1956).

La segunda razón, el conocimiento perceptual, se basa en el hecho de que para Leonardo todo saber nace de la experiencia sensible, allí se encuentra la certeza de la visualidad que anteriormente se ha mencionado: “es en la actividad donde está el conocimiento y no en la pasiva contemplación. El individuo pasivo es un repetidor; el activo, un inventor” (Jaspers, 1956, pp. 31).

La tercera razón, la exigencia de certeza, apunta al repudio de la mentira y a la imprecisión de las opiniones por parte de Leonardo dado que considera que la verdad no tiene un carácter falible: “El conocimiento cierto, irrecusable, tiene ya, como tal, un valor insustituible” (Jaspers, 1956, p. 31).

La cuarta razón, la universalidad en la ciencia, apunta al carácter extensivo de aquello que pueda caer bajo la lente del científico. Esa universalidad distintiva de las ciencias modernas se puede observar en Leonardo ya que para el vinciano “el conocimiento de cualquier cosa es siempre valioso. Su interés es ilimitado. Lo que existe, debe poder ser visto y conocido” (Jaspers, 1956, pp. 31-32).

La quinta razón, el progreso *ad infinitum*, apunta al afán de Leonardo por descubrir cosas nuevas, no dando nada por sentado y poniendo en duda los cánones de autoridad vigentes: “Para él ya no son las realidades ejemplos que confirman lo que se sabía en general, sino pretensiones que hay que revisar y conocer con exactitud. No se mueve en medio de la autoritaria sabiduría total, sino con la inquisidora y descubridora marcha progresiva” (Jaspers, 1956, p. 32).

III. Dichas características que darían cuenta del componente científico en Leonardo. Para Jaspers tienen sus límites más si se atiende a la manera en la que Leonardo realizó sus investigaciones sobre la naturaleza.

Para Jaspers las investigaciones que se realizan dentro del ámbito de las ciencias naturales tienen que estar sustentadas por una teoría que las explique y las guíe. De esta manera el autor considera que: “Los descubrimientos de Leonardo, sobre todo en anatomía, botánica y geología, no son guiados por una teoría constructiva, en el sentido moderno. Son producto de la contemplación óptica de las cosas, bajo la influencia de una conciencia del mundo que lo abarca todo” (Jaspers, 1956, pp. 52-53). Jaspers menciona, por ejemplo, los dibujos anatómicos del vinciano. Si bien son admirables por el detalle y la fidelidad de lo reproducido, el autor no encuentra un uso de conceptos ni de explicaciones anatómicas precisas o informes detallados que funcionen como complemento de tales dibujos –o en caso de haberlos, se trata de viejos conceptos medievales, explicaciones en desuso que carecen de relevancia, etc. (Jaspers, 1956, pp. 33-34).

En los escritos del vinciano hay muchas partes en las cuales se le da importancia a la matemática como un elemento fundamental de la ciencia (Jaspers 1956). Pero esto también es puesto en duda por Jaspers en la medida en que solo son afirmaciones fortuitas dado el escaso contenido matemático en las investigaciones vincianas: “llama la atención la poca importancia que esa ciencia [la matemática] tiene en sus conocimientos reales de la naturaleza” (Jaspers, 1956, p. 35). En particular Jaspers hace tres distinciones dentro de la matemática: la matemática pura, el conocimiento matemático de la naturaleza y la aritmética útil (Jaspers 1956). Siguiendo tales distinciones el autor concluye que: “Leonardo no creó nada en ninguno de estos tres campos” (Jaspers, 1956, p. 35).

Jaspers incluso llega a dudar que Leonardo realmente pudiese entender la matemática bajo estos tres campos. El autor considera que la matemática para Leonardo tuvo su valor con respecto a “la imagen intuitiva misma, que sólo en la geometría se manifiesta clara y exacta, y el cálculo útil” (Jaspers, 1956, p. 35). De esta manera, el filósofo alemán considera que Leonardo estaba más inclinado a pensar en la geometría según las formas y poco familiarizado con los conceptos matemáticos por la simple razón de que éstos no son visuales en el sentido gráfico.

Entonces, para Jaspers el conocimiento matemático de la naturaleza no es algo que se encuentre dentro del pensamiento del vinciano:

Desconoció el método riguroso ajustado a formas matemáticas fijas, no supo interpretarlo en sus consecuencias ni probarlo experimentalmente. Sólo así habría entrado en el camino del progreso del verdadero conocimiento matemático de la naturaleza que, por escalones seguros, lleva a la comunidad de investigadores a descubrimientos imprevisibles (Jaspers, 1956, p. 36).

Es decir, según esta interpretación, Leonardo intuía que las matemáticas sirven para el ordenamiento de la naturaleza pero no alcanzó a establecer un método ni a conceptualizar la matemática.

Estas son, básicamente, las exigencias que el filósofo alemán señala como condiciones necesarias para un conocimiento verdaderamente matemático de la naturaleza. En el caso de Leonardo sólo ve que “la matemática resulta un medio para lograr una exacta

formación de la visión y nunca el medio para alcanzar, más allá de lo visible, por la reducción de las medidas al mundo, ese mundo que se ha abierto a la ciencia de la matemática de la naturaleza” (Jaspers, 1956, p. 36).

Jaspers agrega que Leonardo busca plasmar lo invisible en la reproducción de lo visible sin embargo “Descarta la invisibilidad del acontecimiento físico que sólo puede captarse a través de la cuantitativa o formal diversidad matemática” (Jaspers, 1956, p. 36). Y esto está ligado con el porqué Jaspers cree que las investigaciones de la naturaleza de Leonardo están truncadas: el modo de conocer del vinciano no puede trascender “lo visible para conocer el proceso de lo invisible con mediciones mediante las cuales podría verificar su teoría” (Jaspers, 1956, p. 37). La exigencia de la visión hace que la tanto la matemática como la mecánica sean parte de lo visible: “puede ser reproducido con las manos en el espacio y sobre el cual es posible influir directamente o por medio de máquinas fabricadas por el hombre” (Jaspers, 1956, p. 37).

Y si bien la mecánica vinciana queda relegada a la actividad técnica para el autor no está claro cuál es la posición de Leonardo siguiendo la posterior antítesis entre lo vital y lo mecánico (Jaspers 1956). Jaspers propone dos conclusiones: la primera es que “si se considera le preeminencia de lo visible y de lo vivo en Leonardo, se llega a la conclusión de que no es un moderno investigador de la naturaleza” (Jaspers, 1956, p. 37) y la segunda es que “si se considera el pensamiento mecánico de la cosa viva, concebida desde Descartes como máquina corpórea, con lo cual quedan eliminados el auténtico conocimiento y la investigación biológicos, habrá que rechazar la idea de considerar a Leonardo como antecesor de tal error” (Jaspers, 1956, p. 38). Jaspers señala que Leonardo al no conocer esta distinción posterior entre vitalismo y mecanicismo sólo pudo entender el mecanicismo como “la claridad gráfica del movimiento mismos, no como teoría general del acaecer” (Jaspers, 1956, p. 38).

IV. Jaspers concluye que: “Tomar a Leonardo como espíritu de la ciencia moderna, es acertado; tomarlo como símbolo de las ciencias naturales con criterio matemático resulta erróneo” (Jaspers, 1956, p. 38). El filósofo alemán al querer objetar la afirmación de la tradición, según la cual, Leonardo fue uno de los precursores de la ciencia moderna, termina por señalar que los descubrimientos e investigaciones de Leonardo no cuentan con una teoría

científica que sirva como guía. En efecto, según Jaspers “Leonardo no piensa el universo en un sistema conceptual. Acepta todas las posibilidades del pensamiento, pero sin decidirse por ninguna [...] En su camino, va dejando atrás los descubrimientos científicos como si fuesen consecuencias incidentales” (Jaspers, 1956, p. 45). Por este motivo el autor considera que el rasgo científico en las investigaciones de Leonardo queda disminuido.

La tesis fuerte de Jaspers según la cual establece que Leonardo:

Desconoció el método riguroso ajustado a formas matemáticas fijas, no supo interpretarlo en sus consecuencias ni probarlo experimentalmente. Sólo así habría entrado en el camino del progreso del verdadero conocimiento matemático de la naturaleza que, por escalones seguros, lleva a la comunidad de investigadores a descubrimientos imprevisibles” (Jaspers, 1956, p. 36).

Ocupa un lugar central para determinar la científicidad en las investigaciones sobre la naturaleza.

La justificación de tal tesis cuenta con dos componentes. Por un lado, el componente epistemológico que da cuenta del porqué la matemática toma un rol central en el criterio de científicidad empleado por Jaspers. Y, por otro lado, el componente de carácter histórico que permite elucidar las razones por las cuales, según el filósofo alemán, Leonardo no hizo un uso adecuado de las matemáticas para la ciencia.

Con respecto al componente epistemológico, las investigaciones científicas sobre la naturaleza que se realicen deben tener un ordenamiento sobre los fenómenos a estudiar. Dicho ordenamiento, según Jaspers, debe ser bajo un criterio matemático: “el conocimiento matemático de la naturaleza, en el cual la matemática está ligada a la observación” (Jaspers, 1956, p. 35). Para ligar la matemática a la observación es preciso, según el autor, hacer una abstracción de los contenidos matemáticos, es decir, tener una matemática pura: “un universo construido con el intelecto que no está ligado a otra evidencia más que la suya propia” (Jaspers, 1956, p. 35).

Este universo construido matemáticamente ligado a la observación sensible da cuenta del conocimiento matemático que se pueda obtener de la naturaleza. El criterio matemático permite ir por los ‘escalones seguros’, un medio para ir más allá de lo meramente visible “por

la reducción de las medidas al mínimo, ese mundo que se ha abierto a la ciencia matemática de la naturaleza” (Jaspers, 1956, p. 36). En el caso de Leonardo al no poseer un método matemático “[n]o trasciende de lo visible para conocer el proceso de lo invisible con mediciones mediante las cuales podría verificar su teoría” (Jaspers, 1956, pp. 36-37). En esta última cita de Jaspers se observa que la matemática no solamente posibilita aquel ordenamiento sino que también la matemática cumple un rol en la contrastación de las teorías científicas sobre la naturaleza.

Otra cuestión a tener en cuenta es la visión del mundo natural a través de la matemática. Según Jaspers, mediante la percepción se accede a los fenómenos naturales pero no a sus fuerzas. Esas ‘fuerzas’ son reconocidas, aun siendo invisibles, gracias a las matemáticas abstractas. Este conocimiento matemático de las fuerzas permite incluso la capacitación, en el ámbito de la física, del propio ser humano para transformar la naturaleza (Jaspers 1956).

Entonces, el rol fundamental de la matemática para realizar investigaciones es debido a que: en primera instancia, los conceptos matemáticos empleados dan cuenta tanto de los fenómenos percibidos como aquellos componentes invisibles que a través de la abstracción matemática son posibles de reconocer incluso mediante formulaciones matemáticas; en segunda instancia, la abstracción matemática sirve para el ordenamiento del caos sensible; en tercera instancia, la matemática es un modelo de verificación de las teorías acerca de la naturaleza.

Estas características de la matemática permiten considerar la condición de científicidad de tales investigaciones. La matemática provee el método tanto de guía como de verificación de las teorías que puedan formularse sobre la naturaleza. Las investigaciones para considerarse científicas, según Jaspers, deben ajustarse al método matemático de lo contrario solamente se tendrían una acumulación de datos y de estudios sin una base de apoyo que los explique y los valide. En el caso de Leonardo, si se considerase que los métodos empleados en sus investigaciones fuesen ‘científicos’ “estarían desprovistos de estructura lógica, tan subjetivos y fortuitos como todo lo demás” (Jaspers, 1956, p. 89).

Sobre el componente histórico, Jaspers considera que Leonardo no hizo un uso adecuado de las matemáticas en sus investigaciones por dos razones principales: la primera,

el mero interés por la matemática en el periodo renacentista y la segunda, el empleo solamente de una matemática aplicada en las investigaciones del vinciano.

La primera está ligada a las citas de Leonardo sobre las matemáticas que Jaspers mencionó. Si bien no pueden justificar la atribución a ser considerado como uno de los fundadores de las ciencias naturales hay que tener en cuenta el interés renacentista por la matemática, en particular, el de la matemática y la técnica, ligado a la producción artística de los talleres de aquel entonces. Jaspers considera que son sólo “condiciones favorables para el posterior desarrollo matemático de las ciencias de la naturaleza” (Jaspers, 1956, p. 34). Sin embargo, el interés por la matemática dentro del ámbito artístico no corresponde a un uso científico de la matemática. Y esto último está relacionado con qué tipo de matemática Leonardo realizó sus investigaciones.

La segunda razón es sobre el uso que Leonardo hizo de las matemáticas fue solamente en su aplicación ya sea para estudiar las proporciones o dibujar formas geométricas. Es decir que el vinciano solamente pudo utilizar la matemática para cuestiones gráficas: “Para él la matemática resulta un medio para lograr una exacta formación de la visión” (Jaspers, 1956, p. 36).

Al respecto Jaspers concluye que el uso de la matemática por parte del vinciano es prácticamente limitado. En la Introducción de Leonardo como filósofo el autor considera que “ninguna parte de su obra revela nada del sentido de la investigación que tenía Galileo” (Jaspers 1956: 10). Y que las frases acerca de la matemática pueden ser engañosas para considerarlas como “anticipaciones de postulados fundamentales de las ciencias matemáticas de la naturaleza” (Jaspers, 1956, p. 37). Esto se debe a que, según el filósofo alemán, las investigaciones de la naturaleza del vinciano tuvieron escaso contenido matemático y no fueron como las realizadas por Newton o por Galileo: “corresponde precisar que en Leonardo no llegaron a separarse, todavía, los mundos de Goethe y de Newton. Pero en él el espíritu de Goethe predomina frente al de Galileo o el de Newton” (Jaspers, 1956, p. 37).

Para el autor en las investigaciones de Leonardo no se encuentra la importancia que debería tener la matemática a pesar de las frases que el vinciano escribió e incluso en su obra gráfica: “llama la atención la poca importancia que esa ciencia tienen en sus conocimientos reales de la naturaleza” (Jaspers, 1956, p. 35). A lo sumo, según Jaspers, Leonardo trabajó

con las figuras geométricas y con el cálculo útil pero no pudo abstraer o pensar mediante conceptos matemáticos por el hecho de que no le resultaban gráficos (Jaspers 1956).

3.2.- Interpretaciones según la imagen mitificada de Leonardo

La imagen tradicional, mitificada, de Leonardo criticada por Jaspers es sostenida por varios autores antes y después de la publicación *Leonardo como filósofo*. De hecho esta línea interpretativa que considera al vinciano científico y fundador de las ciencias modernas se puede encontrar en bibliografía actual. Aquí se presentarán tres autores, de distintos años, que han seguido esta imagen tradicional: I) Filippo Bottazzi, II) Rodolfo Mondolfo, II) Fritjof Capra.

En líneas generales, estos autores sostienen tres consideraciones acerca de Leonardo: a) científico, b) fundador de las ciencias modernas, c) único renacentista que se dedicó a la investigación de la naturaleza. Para sostener a y b, los autores se valen de componentes epistemológicos tales como: método, teorías, vocabulario científicos. Y para afirmar el punto c, una interpretación particular del período renacentista en el cual el conocimiento sobre la naturaleza estaba regido bajo cánones escolásticos y aristotélicos. Los cuales no se cuestionaban y por ello no hubo tanta actividad científica sobre la naturaleza.

I.- Filippo Bottazzi ha sido autor de varios textos sobre los descubrimientos científicos del vinciano, en particular, en el campo de las ciencias naturales. Algunos de sus textos son: *Saggi su Leonardo da Vinci: Leonardo da Vinci anatomico* (1907), *Leonardo biologo e anatomico* (1939), *La mente e l'opera di Leonardo da Vinci* (1941). Se hará mención del último texto ya que retoma las temáticas tratadas en las obras anteriores. Bottazzi reúne los autores que han escrito sobre el rol del vinciano como científico destacando, a su vez, el de anatomista y el de biólogo. La producción escrita de los autores referidos datan entre el periodo del comienzo del siglo XX hasta finales de la década del 1930. Entre los autores referidos por Bottazzi se pueden nombrar: Giuseppe Favaro, Moritz Roth, Moritz Holl, Giuseppe Lesca, Edmondo Soldi.

El autor se encarga de justificar la siguiente afirmación: “él merece ser, a justo título, considerado como el primer científico moderno”²³ (Bottazzi, 1941, p. 73). Para tal justificación tiene en cuenta tres características que ve en Leonardo: la primera, el uso del lenguaje científico moderno; la segunda, el uso del método experimental moderno; y, la tercera, la libertad y la independencia con los que se guió respecto de los cánones vigentes en la época de Leonardo.

Con respecto al primer punto, Bottazzi determina que Leonardo además de haber sido un escritor muy hábil y eficaz también debe considerársele como “el precursor de Galileo en la creación del lenguaje científico moderno”²⁴ (Bottazzi, 1941, p. 31). Según el autor, esto se debe a que el espíritu, geométrico y matemático, en Leonardo, fue una guía tanto práctica como teórica para las investigaciones sobre la naturaleza. En este punto Bottazzi toma en consideración las propias afirmaciones y definiciones sobre el campo de la matemática que Leonardo escribió en sus códices²⁵.

Sobre el método experimental, el autor comenta que la manera en proceder en las investigaciones dan cuenta que Leonardo no sólo fue defensor de dicho método sino también quien lo pudo esbozar en el plano teórico: “Del método experimental en las ciencia naturales, no solo fue el defensor perfecto, tal que con los principios formulados por él podrían componer un brillante tratado de metodología científica, sino también el primero que lo implementó en la vida diaria”²⁶ (Bottazzi, 1941, pp. 68-69).

El método experimental en Leonardo, según Bottazzi, consta de los siguientes pasos: primero, la observación minuciosa y en detalle de los fenómenos naturales; segundo, la reproducción experimental en condiciones diversas a la observación natural; y, por último, la aplicación del cálculo matemático a los resultados obtenidos para inferir leyes que puedan formularse de manera simple.

²³ “Egli merita d’essere a giusto titolo considerato come il primo scienziato moderno” (Bottazzi, 1941, p. 73).

²⁴ “Il precursore di Galileo nella creazione del linguaggio scientifico moderno” (Bottazzi, 1941, p. 31).

²⁵ Véase Bottazi, 1941, pp. 70-71.

²⁶ “Del metodo sperimentale nelle scienze naturali fu, non solo l’assertore teorico perfetto, tal che coi principii da lui formulati potrebbe comporsi un aureo trattatello di metodologia scientifica, ma anche il primo che lo attuasse nella pratica giornaliera” (Bottazzi, 1941, pp. 68-69).

Ligada a la metodología para proceder en sus investigaciones está otra característica del científico moderno. Es la libertad del juicio y la independencia con la que Leonardo se movió respecto de la tradición y autoridad vigente, “de la cual mantuvo, sin embargo, el debido respeto, el haber descartado cada preocupación teleológica y dogmática”²⁷ (Bottazzi, 1941, p. 65). Esta es la postura, frente a la tradición y a los dogmas establecidos, que amerita el título de científico moderno.

Otra cuestión que merece ser mencionada tiene que ver con los descubrimientos o los resultados de las investigaciones de Leonardo en el campo de las ciencias naturales. De los cuales tanto Bottazzi como los autores de los años 30 los consideraron como anticipos de varias teorías o descubrimientos propios de la modernidad. En este punto, se pueden mencionar las siguientes afirmaciones:

Leonardo deja una impronta indeleble de su genio en la geología y en la paleontología, en la cosmografía y en la geografía²⁸ (Bottazzi, 1941, pp. 74-75).

En cuanto a la botánica, Leonardo el primero que realizó investigaciones de anatomía y fisiología vegetal, además de las bellas observaciones que le permitieron establecer, mucho antes que Brown, Grew y Malphi, las leyes de la filotaxis y del nacimiento de las ramas, y estas a sus vez del tronco²⁹ (Bottazzi, 1941, pp. 90-91).

Leonardo hasta ahora es considerado por todos el fundador de la anatomía científica y de la técnica de la disección³⁰ (Bottazzi, 1941, p. 93).

Leonardo, sin embargo, no fue puro anatomista sino también el fundador de la fisiología experimental³¹ (Bottazzi, 1941, p. 95).

²⁷ “Per la quale ebbe tuttavia il dovuto rispetto, l’aver deposto ogni preoccupazione teleologica e dommatica” (Bottazzi, 1941, p. 65).

²⁸ “Leonardo lascia impronte indelebili del suo genio nella geologia en ella paleontologia, nella cosmografia e nella geografía” (Bottazzi, 1941, pp. 74-75).

²⁹ Quanto alla botanica, Leonardo per il primo fece ricerche di anatomia e fisiologia vegetale, oltre alle belle osservazioni che gli permisero di stabilire, assai prima del Brown, del Grew e del Malphi, le leggi della fillotassi e del nacimiento dei racimoli dai rami, e di questi dal tronco maggiore” (Bottazzi, 1941, pp. 90-91)

³⁰ “Leonardo è ormai tenuto da tutti per il fondatore dell’anatomia scientifica e della tecnica delle sezioni” (Bottazzi, 1941, p. 93).

³¹ “Leonardo, però, non fu puro anatomista, ma anche il fondatore della fisiologia sperimentali (Bottazzi, 1941, p. 95).

La interpretación del período renacentista utilizada por Bottazzi y los demás autores les permiten establecer afirmaciones tales como que Leonardo fue el primero en investigar sobre cuestiones de las ciencias naturales. El interés general en las ciencias naturales durante el Renacimiento se debió a la recuperación de los textos antiguos griegos pero, bajo esta interpretación, dicho interés no fue más allá de los misterios de naturaleza. Tampoco los académicos discutían o interrogaban sobre los testimonios antiguos ya que eran considerados como la fuente de autoridad en el las ciencias naturales:

Es un hecho que las ciencias naturales, durante todo el Renacimiento, fueron muy abandonadas, y que el único y el primero que tuvo plena conciencia de su importancia, y quien consagró gran parte de su actividad, hasta no trabajar en el arte como sus contemporáneos estimaban conveniente, fue Leonardo da Vinci³² (Bottazzi, 1941, p. 88).

II.- Rodolfo Mondolfo en su libro *Figuras e ideas de la filosofía del Renacimiento* dedica un subcapítulo a Leonardo titulado “Leonardo, teórico del arte y de la ciencia”. El autor considera que el vinciano es un científico moderno siendo, incluso, el precursor de Galileo. Para sostener tal afirmación tiene en cuenta dos componentes que se encuentran en la práctica científica del vinciano: el uso y la importancia de la matemática en las investigaciones y la conciencia del método científico.

Basándose en una vinculación entre el arte y la ciencia, Mondolfo defiende la idea de que tanto en las investigaciones y reflexiones sobre la naturaleza, como en sus pinturas y dibujos, hay conocimiento científico. Debido a que en la creación artística, según el autor, tiene un doble aspecto: la fantasía y la ciencia. Al respecto comenta que “arte y ciencia son formas mutuamente vinculadas de un mismo anhelo y esfuerzo de conocimiento y conquista; no permanecen separadas sino que se compenetran recíprocamente, en una misma exigencia de comprensión y creación” (Mondolfo, 1980, p. 9).

³² “Sta il fatto che le scienze naturali, durate tutto il rinascimento, furono assai trascurate, e che il solo e il primo che ebbe piena coscienza dalle loro importanza, e che ad esse consacrò gran parte della sua attività, fino a non operare nelle arti quanto si conveniva e quanto i suoi contemporanei esigevano, fu Leonardo da Vinci” (Bottazzi, 1941, p. 88).

Según Mondolfo para que un artista sea como tal también debe ser científico. Tiene que comprender no solo la técnica de la pintura sino también las leyes de la naturaleza: “Leonardo se quejaba de semejante incompreensión de las exigencias que eran para él intrínsecas no sólo a la técnica, sino a la propia creación artística, la que no puede prescindir de la investigación y el estudio científico de la naturaleza” (Mondolfo, 1980, p. 10).

Para el autor hay dos tipos de testimonios que avalan el conocimiento científico: los autores que proporcionan un corpus teórico y la experiencia. Si bien la postura de Leonardo contra los eruditos y a favor de una reivindicación de la experiencia es reconocida, no por ello, según Mondolfo, habría de ser catalogado el vinciano como un empirista puro. Mondolfo señala que un empirista “carece, según Leonardo, de la orientación indispensable para sus actividades: “los que se enamoran de la práctica sin la ciencia –dice– son como el piloto que está en un barco sin timón ni brújula, que nunca sabe con certeza a dónde va; siempre la práctica tiene que edificarse sobre la buena teoría” (Mondolfo, 1980, p. 17).

En la cita anterior Mondolfo encuentra que Leonardo realizó una distinción clara entre los dos elementos que se vinculan en el conocimiento científico, a saber, la experiencia y la razón: “la observación de los fenómenos reales y la comprensión de la necesidad causal y de las leyes de su producción” (Mondolfo, 1980, p. 17).

Esto último permite esbozar el procedimiento científico de Leonardo:

La investigación no puede detenerse en los límites del solo procedimiento que va de la experiencia a la causa, inverso al de la naturaleza que va de la causa a la experiencia, sino que debe superar tal oposición, integrando el método analítico o resolutivo con el sintético o compositivo (Mondolfo, 1980, p. 19).

Hay una vacilación en Leonardo entre cuál de estos dos elementos es más importante pero que le resulta imposible de evitar dado que el propio vinciano estaría ingresando a un nuevo terreno, a saber, el método experimental:

Leonardo, en efecto, es el precursor del método experimental de Galileo, y a pesar de las dificultades contra las cuales debe luchar, como todo precursor, logra ya la visión

de los elementos y las fases de ese método, al cual la ciencia moderna de la naturaleza le debe su propio desarrollo (Mondolfo, 1980, p. 20).

Este método experimental, según Mondolfo, tiene la primordial exigencia, que Leonardo mismo ha aseverado: los fenómenos naturales a investigar según las leyes de la naturaleza en las que dichos fenómenos están sujetos.

Para tal objetivo la naturaleza debe ser comprendida en un plano lógico “lo cual no puede alcanzarse sino pasando por la matemática” (Mondolfo, 1980, p. 21). Para obtener conocimiento de los fenómenos naturales es preciso el uso de la matemática que no sólo resulta útil para el estudio de las proporciones y las formas sino también para generar “rigor de las demostraciones (Mondolfo, 1980, p. 21).

En cuanto a Leonardo, comenta Mondolfo, la matemática que mejor fue desarrollado es en su aplicación a las maquinarias ideadas. El uso de matemática aplicada, tanto en las investigaciones de la naturaleza como en el invento de maquinarias, constituye otro elemento para considerar al vinciano como precursor de Galileo:

Es evidente que ha despertado en él la conciencia de la importancia científica de los instrumentos, que faltaba a los antiguos, y que al afirmarse en la física moderna se convierte, sobre todo de Galileo en adelante, en la fuerza impulsiva más eficaz de las conquistas y de los progresos de esta ciencia (Mondolfo, 1980, p. 22).

Con respecto a la conciencia del método científico. El autor considera fundamental comprender de qué manera se relacionan la experiencia y la razón. Para Mondolfo hay una doble vinculación en el método experimental empleado por Leonardo: por una lado, la fase analítica, las investigaciones sobre la naturaleza deben partir desde la experiencia de lo cual se deducen las hipótesis explicativas a los fenómenos observados y, por el otro lado, la fase sintética, la cual mediante el uso de la razón es la “causa productora en el experimento” (Mondolfo, 1980, p. 26). Esta doble vinculación indica dos procesos mentales que completan un “conocimiento verdadera de la causa y de su conexión con la causa” (Mondolfo, 1980, p. 26). El primer proceso, corresponde a la fase analítica, implica ir del efecto observado en el fenómeno natural a la causa por la cual es producido integrándose con el segundo proceso, correspondiente a la fase sintética, que es la reproducción del fenómeno natural.

Según Mondolfo, el experimento debe confirmar o refutar la hipótesis explicativa. En caso de no haber confirmación habrá que proponer otra hipótesis y comenzar de nuevo con las dos fases mencionadas “hasta alcanzar en la producción real del efecto la prueba del carácter necesario de la causa” (Mondolfo, 1980, p. 26). Incluso para el autor esta es la manera en la que deben proceder las investigaciones de las ciencias naturales: “por el camino recorrido luego de manera magistral por Galileo, pero ya diseñado y seguido, a pesar de las imprecisiones y vacilaciones de un primer esbozo de teoría, por Leonardo, el precursor” (Mondolfo, 1980, p. 26).

Esta última consideración le permite a Mondolfo sostener que el método experimental lleva a los científicos a grandes descubrimientos y a crear nuevas disciplinas científicas. Y es causa de asombro encontrar en los códices vinciano anticipaciones de la ciencia moderna: “la participación de Leonardo en las corrientes del nuevo pensamiento, precursor del moderno, contribuyó a dar a tales corrientes más fuerza y eficacia histórica” (Mondolfo, 1980, p. 26).

III.- Fritjof Capra en *La ciencia de Leonardo. La naturaleza profunda de la mente del gran genio del Renacimiento* propone analizar la figura científica de Leonardo a través de una concepción actual de la ciencia: “estudiar en serio los cuadernos de notas de Leonardo y evaluar su pensamiento científico desde la perspectiva de los avances más recientes de la ciencia moderna” (Capra, 2011, p. 19). Bajo este enfoque el autor sostiene dos afirmaciones sobre el vinciano. En una de ellas sostiene que Leonardo fue el verdadero fundador de la ciencia moderna. En la otra asegura que la ciencia del vinciano corresponde a una tendencia actual vinculada con el pensamiento sistémico, complejo y ecológico. Interesa aquí saber las razones que el autor emplea para sostener la primera afirmación.

Los elementos presentados por Capra para considerar a Leonardo un científico son: el desarrollo del método científico, la utilización del lenguaje científico, incluyendo términos y conceptos, y la ruptura con los cánones vigentes del Renacimiento sobre la teoría y práctica dentro del campo de las ciencias naturales.

Con respecto al primer elemento, el autor indica que Leonardo desarrolló el método científico moderno en solitario. Para Capra el método científico tiene las siguientes características, a saber: “el estudio de la literatura disponibles, las observaciones sistemáticas,

las mediciones cuidadosas y repetidas, la formulación de modelos teóricos y los frecuentes intentos de generalizaciones matemáticas” (Capra, 2011, pp. 212-213). Esta concepción del método científico Capra la vincula con otro rasgo distintivo que también se puede ver en Leonardo: el científico moderno tiene la tarea de revisar o modificar tanto teorías como métodos si no se ajustan con los resultados obtenidos.

El segundo elemento es el lenguaje científico. Según Capra, el vinciano utilizaba un lenguaje matemático aplicado a la geometría, incluso “a menudo utilizaba figuras geométricas para representar relaciones algebraicas” (Capra, 2011, p. 254). El autor considera que en varios pasajes de los códigos vinciano se encuentran contenidos matemáticos que hoy en día se encuentra formalizado en leyes matemáticas.

Por ejemplo, siguiendo la lectura del *Manuscrito M* de Leonardo, Capra comenta que:

Sabemos que la frase ‘cada grado de descenso’ se refiere a unidades de tiempo, porque en una página anterior del mismo cuaderno escribe: ‘La gravedad que desciende libremente adquiere en cada grado de tiempo [...] un grado de velocidad’. En otras palabras, Leonardo está aquí estableciendo la ley matemática según la cual, para los cuerpos en caída libre, hay una relación lineal entre velocidad y tiempo. [...] El concepto de función como relación entre variables no se desarrolló hasta el siglo XVII. Incluso Galileo describió la relación funcional entre velocidad y tiempo en un cuerpo en caída libre mediante el uso de palabras y en el lenguaje de las proporciones, como había hecho Leonardo ciento cuarenta años antes (Capra, 2011, p. 255).

El tercer componente que no es de carácter epistemológico sino histórico. El componente histórico adquiere relevancia en Capra. La ruptura con los cánones dogmáticos por parte de Leonardo permite, bajo la explicación de Capra, extraer dos consideraciones históricas.

En primer lugar, Capra interpreta al Renacimiento como aquel período histórico en el cual confluían, dentro de lo que se podría denominar pensamiento científico, teorías de los medievales y de los antiguos griegos, en particular, la aristotélica. Sin embargo, las investigaciones acerca de la naturaleza eran escasas. A su vez tanto las teorías sobre la

naturaleza como los autores de libros acerca de ellas estaban regidos bajo la vigilancia de la Iglesia católica:

El conocimiento acerca de los fenómenos naturales, a veces acertado, a veces erróneo, era el que había legado Aristóteles y otros filósofos de la antigüedad y que los teólogos escolásticos fusionaron luego con la doctrina cristiana y presentaron como credo oficialmente autorizado. Las autoridades condenaban los experimentos científicos como subversivos, pues cualquier crítica a la ciencia de Aristóteles era para ellas un ataque a la Iglesia (Capra, 2011, p. 23).

En segundo lugar, Capra considera que como factor importante que Leonardo haya sido el *único* renacentista que logró la ruptura con esta tradición. Este quiebre es indicador para que el autor pueda sostener por un lado, que Leonardo fue “el verdadero fundador de la ciencia moderna” (Capra, 2011, p. 28) y, por el otro, reconocer el linaje científico en todos los siglos posteriores en cuanto al conocimiento sobre la naturaleza. En este punto, Capra menciona figuras dentro de la filosofía y la ciencia: Immanuel Kant, Alexander von Humboldt, Georges Cuvier, Charles Darwin, Vladimir Vernadsky, Gregory Bateson, Humberto Maturana, Ian Stewart, entre otros.

Esta segunda cuestión permite considerar que el vinciano tuvo anticipo a teorías y a prácticas científicas que se esbozaron posteriormente. Por ejemplo, en cuanto a los dibujos de círculos paralelos de Leonardo mediante cintas lograr dibujar un triángulo. Sus intentos de seguir esta manera de proceder, comenta Capra, “presagia el desarrollo del cálculo integral [...] llevaban implícita la división de las superficies curvas en pequeños segmentos mediante el dibujo de una serie de lineal paralela” (Capra, 2011, p. 267). O para leer otra consideración, se puede tener en cuenta la siguiente cita:

Fue el primero en postular que las formas de la Tierra son el resultado de procesos que abarcan épocas muy prolongadas, lo que hoy conocemos como era geológicas. Con esta visión se aproximó a una perspectiva evolucionista más de trescientos años antes de Charles Darwin, cuyo pensamiento también se inspiró en la geología (Capra, 2011, p. 233).

3.3.- Propuesta alternativa para la crítica a la imagen mitificada de Leonardo

Raymundo Morado en *La filosofía de la ciencia en Leonardo da Vinci* (2000) propone un análisis crítico de la imagen tradicional y mitificada Leonardo. El punto de inflexión surge a partir de interrogar sobre el papel que desempeña la figura del vinciano tanto en la filosofía como en la historia de la ciencia. Para ello, Morado sostiene que es importante vincular los siguientes ejes dentro del corpus vinciano: (a) la concepción de la naturaleza, (b) el rol de la pintura y (c) la metodología científica. Estos tres ejes tienen como trasfondo el contenido y la aplicación de la matemática en las investigaciones sobre la naturaleza. De este modo, siguiendo a Morado, luego de elucidar el vínculo con respecto a la matemática es que se podrá obtener una respuesta a la pregunta acerca del rol de Leonardo en la filosofía de la ciencia.

Morado parte por preguntarse hasta qué punto se puede sostener la etiqueta de ‘genio universal’ que la tradición ha puesto sobre el nombre de Leonardo. La imagen mitificada del vinciano no sólo resalta su talento y su técnica como artista sino también el múltiple interés en distintos campos científicos. Extensivamente el autor comenta que “A tal punto nos asombra, que todo en él parece original e importante aunque no lo sea” y agrega que “sigue siendo difícil evaluar su originalidad o importancia en la historia de la filosofía y en especial de la filosofía de la ciencia” (Morado, 2000, p. 24).

Esta imagen mitificada de la figura Leonardo en lo tocante a su originalidad e importancia filosófica y científica conlleva dos dificultades. Por un lado resulta problemática su ubicación en la historia: ¿puede considerarse su pensamiento, en efecto, como antiguo, renacentista, moderno o contemporáneo? Por el otro, en cuanto al campo disciplinar de pertenencia, ¿se trata de un artista, un filósofo o un pensador científico? La perspectiva tradicional, por lo general hace del múltiple interés de Leonardo en las distintas áreas del saber una exaltación tal que acaba por convertirlo en un hombre universal y sobredimensiona su originalidad llegando a convertirlo en precursor de la ciencia moderna. En este sentido, Morado considera que la concepción tradición y mitificada de Leonardo cae en afirmaciones

casi absurdas, por ejemplo aquella que ubica a Leonardo como precursor de Bacon y Descartes.

De esta forma, un análisis claro y correcto sobre el rol y la relevancia filosófica y científica de Leonardo se torna imposible si se carga con dicha imagen mitificada. La vía de escape, propuesta por Morado, implica analizar el pensamiento vinciano partiendo de objetivos distintos. Su propuesta indica que tal análisis es útil: “No para dar la respuesta a si era filósofo o no, sino para adelantar algo en su búsqueda, analicemos algunas parcialidades de su vida intelectual: sus ideas sobre la naturaleza, sobre el método científico y, especialmente, sobre las matemáticas” (Morado, 2000, p. 28).

El punto clave será para Morado elaborar el criterio de científicidad que el propio Leonardo esboza en sus escritos ligados a su profesión como artista y a sus concepciones parciales sobre la matemática. Este trabajo de triple vinculación permite, por un lado, criticar a la concepción mitificada de Leonardo y, por el otro, fijar el rol que pueda llegar a tener Leonardo en la filosofía de la ciencia.

La concepción de la naturaleza corresponde dentro de la interpretación de Leonardo a una concepción antropomórfica y teleológica. Es decir, antropomórfica porque hay cierta analogía entre el hombre y la naturaleza sobre todo en la similitud entre el cuerpo humano y mundo. Morado cita pasajes del vinciano en los cuales hay una descripción del cuerpo humano, teniendo en cuenta, por ejemplo, los huesos, las venas en analogía con las rocas, los ríos (‘venas de agua’):

Sabemos que esta idea del mundo como un animal no es original en Leonardo: nos la encontramos lo mismo en el *Timeo* de Platón que en Campanella. La imagen del mundo como cuerpo humano probablemente le venga a Leonardo del *Della Composizione del Mondo* (1282) de Ristoro d’Arezzo” (Morado, 2000, p. 29).

A esta concepción antropomórfica de la naturaleza, característica del Renacimiento, Leonardo le agrega la concepción teleológica. La naturaleza ha adecuado en los seres vivos, sus órganos y sus partes de tal manera que cumplan una función o determinadas funciones. En este caso, Morado, cita como ejemplo la función del párpado descrita en el código vinciano: “La naturaleza ha ordenado que el ojo del hombre por sí mismo se cierre, de manera

que, de lo contrario, mirando durante el sueño, no sea herido por alguna cosa” (Morado, 2000, p. 30).

Siguiendo la exposición del autor, la conjugación entre estas dos concepciones permite establecer que la visión antropomórfica-teleológica brinda, también, explicaciones sobre la presencia y la ausencia de las cosas en la naturaleza. Para este caso, Morado menciona el ejemplo del dolor presente en los animales sirve para tener una advertencia de alguna herida y que en las plantas, no es necesario tal función ya que carecen de movimiento y por lo tanto de obstáculos que pudieran impedir o sufrir algún daño como en el caso de los animales. Al respecto, concluye:

El principio de razón suficiente en Leonardo es un principio de funcionalidad. El mundo entero es una máquina: entender el porqué de algo es entender su utilidad. Hoy nos podemos preguntar qué tan científico es un pensamiento que acepta tales principios de explicación. Pero tal vez sea incorrecto hacer exigencias metodológicas de este tipo a finales del siglo XV, cuando la ciencia y su método estaban menos comprendidos que hoy” (Morado, 2000, p. 31).

De este error anacrónico cometido por la tradición se pueden derivar afirmaciones tales como que Leonardo fue el precursor del método experimental o el predecesor de Galileo o de Bacon. De todos modos para Morado dichas afirmaciones están infundadas ya que considera que “no puede esperarse de un precursor aquello que él sólo anuncia” (Morado, 2000, p. 31).

El autor sugiere, como contrapartida, un estudio del contexto del Renacimiento, la manera en la que confluyen las concepciones medievales con las concepciones antiguas que fueron recuperadas. Además Morado considera que las investigaciones de la naturaleza eran un tanto dispersas, vagas, y con explicaciones teóricas no elocuentes y que las investigaciones vincianas son de este carácter, por lo tanto, éstas corresponden al clima renacentista.

En esta concepción de la naturaleza junto a la característica de la investigación de los fenómenos naturales, se une el estudio de la pintura. La representación como imitación de la naturaleza exige el estudio, por un lado de la perspectiva y de las figuras y, por el otro, de la naturaleza. Morado explica la conexión entre arte y ciencia de la siguiente manera: “Para

pintar la naturaleza hay que conocerla, hay que descubrir cómo son las cosas verdaderamente. Para ser buen pintor hay que tener intereses científicos” (Morado, 2000, p. 34). Al respecto el autor encuentra dicho interés científico en la siguiente cita del vinciano: “La mayoría de la gente ve por el intelecto más a menudo que por los ojos. En vez de espacios coloreados perciben conceptos” (Morado, 2000, pp. 35-36). De allí el énfasis y la relevancia que el vinciano le da a la experiencia.

Puede establecerse así que Morado sostiene que es fundamental conocer qué problemática tenía Leonardo en el ámbito de la pintura para llegar a conocer sus ideas sobre la ciencia. El problema al cual se enfrenta el vinciano en el arte, siguiendo esta interpretación es la búsqueda de la perfección en sus obras pictóricas. El autor entiende que el juicio de Leonardo va más allá de las pocas obras que haya concluido. Según el autor, el mismo anhelo de Leonardo por alcanzar la perfección en la representación pictórica despierta su interés por lo experimental. Esta exigencia de perfección en la representación artística podría llegar a explicar la independencia de Leonardo respecto a la autoridad vigente tanto en el ámbito del arte como el de la ciencia.

Entonces, para tal objetivo resulta necesario elucidar la metodología científica del vinciano. Si para Leonardo la experiencia tiene un lugar privilegiado es por dos cuestiones. La primera porque sostiene que tiene un grado más elevado de certeza y de confianza: “Leonardo confía más en lo que sus ojos le muestran que en lo que sus oídos reciben de la tradición, al grado de decir que así como los hechos son superiores a las palabras, la pintura es superior a la poesía” (Morado, 2000, p. 39). Y la segunda, siguiendo las consideraciones de Leonardo, porque la sabiduría proviene de la experiencia. De este modo, para tener conocimiento sobre algo o para que una ciencia sea de algún modo fructífera es necesario la experiencia accesible a los sentidos.

En este punto, Leonardo adquiere una postura crítica frente a las vanas especulaciones que no consideran los conocimientos adquiridos por la experiencia. Así el vinciano considera que es imposible sostener una demostración, por ejemplo, acerca de qué es el alma o el espíritu porque no son cuestiones que pasen por la experiencia, y por lo tanto no son susceptibles de demostraciones empíricas. Estos reparos son para Morado indicios de que Leonardo realiza planteos epistemológicos dado que ante dichas especulaciones y

abstracciones sin demostraciones accesibles a los sentidos, el vinciano considera y hace uso “[d]el primer postulado empirista: ‘Toda nuestra cognición principia por los sentidos’” (Morado, 2000, p. 40). En este punto, se debe tener en cuenta que para Leonardo la experiencia adquiere un grado de certidumbre, por lo tanto, las ciencias deben adquirir dicho postulado empirista dado que “aquellas pretendidas ciencias que no nacen de ella ni pasan por los sentidos ni terminan en alguna noción experimental, le parecen a Leonardo vanas y llenas de errores” (Morado, 2000, pp. 40-41).

Esto conlleva a considerar que la relevancia y la condición de certeza que adquieren todos los estudios provenientes de la experiencia tienen su origen en la pretensión de la pintura realista. La obra pictórica debe imitar lo más fielmente posible a la naturaleza. Pero quien realiza dicha obra deberá razonar, es decir, que no debe ser una mera copia de lo observado (Morado 2000). La reproducción artística no puede considerarse como un acto en el cual no haya cierto entendimiento por parte de quien la realiza: “En varios lugares Leonardo recomienda al joven pintor que tome al espejo por maestro [...] Pero quien debe ser un espejo es el cuadro, no el pintor” (Morado, 2000, p. 41).

Morado señala dos condiciones por las cuales Leonardo sostiene que en la reproducción artística interviene la razón. Una de ellas, porque hay una implicación entre la pintura y el conocimiento: “la pintura es un acto de amor y amor y conocimiento no pueden ir separados” (Morado, 2000, p. 41). La otra: “Leonardo cree que la buena pintura es función del buen criterio” (Morado, 2000, p. 41). Esta última es la que Morado rescata como más importante.

La condición del buen criterio en la reproducción artística es aquella que dará la metodología para conocer la naturaleza ya que para Leonardo lo que vale aquí es realizar algunas experiencias para luego mediante la razón intentar explicar porque la naturaleza opera de tal modo u otro. Leonardo tomará como regla ir a la experiencia para investigar con la razón como opera la naturaleza y este criterio es el que deberían tener en cuenta y aplicar todos aquellos que desean investigar al respecto.

El autor señala una distinción que a su parecer resulta crucial para comprender la vinculación entre la concepción de la naturaleza, el rol de la pintura y la metodología científica. La distinción es sobre metodología y ontología.

Por un lado, se encuentra que la experiencia en Leonardo cumple un rol metodológico en cuanto a ser considerada como un principio cognoscitivo ya que para el vinciano el conocimiento humano pasa por lo que se percibe de la experiencia a través de los sentidos y por otro lado, “ontológicamente es tan sólo la manifestación de una realidad subyacente a la que la experiencia se subordina” (Morado, 2000, p. 42). Para el estudio de la naturaleza se ve un criterio que rige como regla que es aquel de causa y efecto de los fenómenos naturales, el autor agrega que “en la naturaleza no existe efecto sin causa, al grado que bastaría comprender la causa para que no se necesitara la experiencia” (Morado, 2000, p. 42). Desde un nivel ontológico entonces se puede considerar la apreciación de Leonardo la cual establece que en la naturaleza puede haber razones que no se encuentran en la experiencia. Sin embargo, desde un nivel epistemológico debe haber una mediación entre la experiencia y la naturaleza. Esa mediación Leonardo la encuentra en la matemática.

Esto quiere decir que según el vinciano la naturaleza opera mediante la necesidad y por lo tanto, las leyes son aquellas que corresponden a explicar la manera en la que opera la naturaleza. Estas leyes son el nexo entre las teorías y la práctica de las investigaciones sobre la naturaleza. También el criterio por el cual se pueda determinar los errores y los engaños de los juicios o de las opiniones. Es el límite que marca Leonardo para establecer si falla la experiencia o los juicios sobre ella, o, si las explicaciones provenientes quebrantan o no las leyes de la naturaleza.

Para comprender las leyes de la naturaleza, Leonardo considera que se debe tener dos elementos que ayuden a tal comprensión: una buena teoría y una práctica científica viable. Estas leyes que subyacen a la experiencia son las leyes matemáticas. El interés de Leonardo por las matemáticas deviene de la necesidad de una ciencia que sea capaz de establecer la frecuencia y las leyes de los variados fenómenos en cuanto a una visión crítica de la naturaleza (Morado 2000). Esa ciencia debe tener el aspecto normativo y universal que dé cuenta de ello. Y Leonardo cree que esa ciencia capaz de emprender tal tarea es la matemática.

Si bien el uso de las matemáticas en Leonardo se ve aplicado, en particular, a la geometría, hay un requisito matemático que es el de las demostraciones matemática. Cabe destacar que el interés por la geometría surge a partir de las necesidades del pintor realista

que Leonardo evoca particularmente hacia el estudio de las formas geométricas, de las proporciones, de la perspectiva. Pero dado el múltiple interés de Leonardo en distintas áreas disciplinares también surge a partir de necesidades mecánicas teniendo en cuenta sus investigaciones y diseños edificios hidráulicos, construcciones de puentes, maquinarias bélicas, etc. Según Morado el interés de Leonardo se extiende a otras artes aplicadas, por lo tanto, el valor de la matemática para el vinciano es que vale como un instrumento para elaborar métodos tanto intuitivos como experimentados (Morado 2000).

El autor resalta los tres aspectos del papel que juegan las matemáticas dentro del pensamiento de Leonardo, a saber: i) concepción de la matemática aplicada a las ciencias; ii) el carácter universal e inmanente de las leyes matemáticas, iii) criterio matemático como criterio de cientificidad para aquellas ciencias dedicadas al estudio la naturaleza.

El último aspecto mencionado versa sobre el requisito que Leonardo exige para que una ciencia que sea considerada *verdadera*, a saber que debe pasar por demostraciones matemáticas y por la experiencia. Esto permitirá tener una ciencia que proporcione la mejor teoría posible para aplicarlas a las investigaciones científicas. Este punto para Morado es clave porque considera que “el requisito matemático se une al requisito empírico como criterios de validez empírica” (Morado, 2000, p. 51). Lo cual tiene dos ventajas para el autor, una que las leyes matemáticas que subyacen a los fenómenos naturales constituyen a su vez el criterio de validez y, la otra, tener un criterio contra el engaño o el error tanto en especulaciones infundadas como en la fe ciega de la experiencia. Bajo la interpretación de Morado, el requisito de la experiencia para Leonardo no es suficiente además de ello se debe aplicar el requisito matemático en cuanto a demostraciones matemáticas de allí la conjunción de ambos criterios hacen del criterio de cientificidad de Leonardo.

Sin embargo, este criterio de cientificidad del vinciano no lo hace precursor de la modernidad como aboga la concepción tradicional y mitificada de Leonardo. Sino que dicho criterio hace de Leonardo, según la interpretación de Morado, un pintor realista haciendo matemática. De allí que para Morado la filosofía de la ciencia tenga un interés en el estudio del pensamiento del vinciano en cuanto a la vinculación de sus aspectos en lo referente a: (a) la concepción de la naturaleza, (b) el rol de la pintura y (c) la metodología científica. Además, el autor considera que el estudio de Leonardo en filosofía y en epistemología resulta

fructífero para “refrescar la armoniosa y clara distinción entre un realismo que acepta la existencia de una legalidad ontológica, y la exigencia de un empirismo metodológico” (Morado, 2000, p. 53).

En conclusión, la propuesta de Morado conlleva a tener en cuenta tanto la vinculación ontológica y metodológica propia del vinciano como el criterio de científicidad que Leonardo elabora para tener en cuenta un análisis que supere las dificultades de evaluación. Los problemas de localización y clasificación de la figura del vinciano dentro de la filosofía e historia de las ciencias quedarían desdibujados ya que los criterios anacrónicos de la concepción mitificada de Leonardo no resultan apropiados. Según el autor su línea interpretativa permite, por un lado, reelaborar el pensamiento vinciano partiendo de los propios códices y, por el otro, considerar a Leonardo como una figura aceptable dentro de la historia.

4.- Análisis kuhniano: Caso Leonardo

En este último capítulo realizaremos un análisis kuhniano sobre la figura de Leonardo. Creemos que nuestra propuesta de análisis es superadora respecto de las interpretaciones expuestas en el capítulo anterior.

En primer lugar, presentaremos nuestras respuestas a aquellos autores que han considerado a Leonardo como precursor de la ciencia moderna. En segundo lugar, indicaremos nuestras objeciones y críticas al enfoque epistemológico tradicional como herramienta para comprender la obra del vinciano, focalizándonos en atacar los argumentos proporcionados por Jaspers. En tercer lugar, iniciaremos nuestro análisis de acuerdo con el enfoque kuhniano, lo cual permitirá sustentar el círculo virtuoso que encontramos entre la epistemología kuhniana y la figura de Leonardo. Para ello partiremos de algunas nociones kuhnianas y de algunos datos históricos que nos permitirá sustentar que algunas características de las investigaciones científicas en época de crisis paradigmática se corresponden con la práctica científica realizada por Leonardo y con sus propias reflexiones filosóficas en torno a la ciencia. Como conclusión, además de tener este círculo virtuoso, demostraremos cómo Leonardo puede ser considerado, en términos kuhnianos, un científico revolucionario.

a.- En el segundo apartado del tercer capítulo hemos visto que las interpretaciones Filippo Bottazzi, Rodolfo Mondolfo y Fritjof Capra presuponen la concepción de la imagen mitificada de Leonardo a la hora de evaluar, principalmente, si Leonardo fue precursor de la ciencia moderna. Allí, habíamos dicho que estos tres autores consideran que hay componentes epistemológicos en el pensamiento del vinciano para sostener que fue un científico y el fundador de las ciencias modernas: empleaba un método experimental, formulaba teorías que expliquen los fenómenos naturales y el uso de vocabulario científico en tales explicaciones. Ligada a estas consideraciones epistemológicas se encuentra la interpretación del periodo renacentista en el cual las pocas personas que se dedicaban a investigar sobre la naturaleza no se cuestionaban los cánones vigentes con la excepción de Leonardo. Esta excepción, a su vez, les permite sostener que el vinciano fue precursor tanto del método experimental como de teorías que fueron esbozadas posteriormente.

A modo de ejemplo, podemos mencionar las numerosas expresiones de Capra a lo largo de su libro: hace 500 años, 200 años antes, Leonardo descubrió, ideó, creó, esbozó tal o cual teoría, método o fenómeno, etc. Esto nos lleva al problema kuhniano sobre quién fue el primero que descubrió el oxígeno. Dicha problemática es tratada en profundidad en el capítulo 6 titulado “Las anomalías y el surgimiento de los descubrimientos científicos” de la obra de Kuhn. El autor presenta tres casos de descubrimiento: el descubrimiento del oxígeno, el descubrimiento accidental de los rayos x y el descubrimiento, inducido por las teorías, de la botella de Leyden. Produciéndose al respecto interrogantes tales como: “¿Quién fue el primero en descubrir el oxígeno, Priestley o Lavoisier, si es que fue alguno de ambos? [...] ¿Cuándo se descubrió el oxígeno?”(Kuhn, 2007, p.132). Para Kuhn respuestas a tales preguntas no son posible de conseguir. Efectivamente esta clase interrogantes que se plantean son producto o “un síntoma del sesgo en la imagen de la ciencia que confiera al descubrimiento un papel tan fundamental” (Kuhn, 2007, p.132).

Creemos que lo mismo sucede con Leonardo cuando se lo considera, por ejemplo, un precursor de la ciencia moderna o el primero en aplicar un método experimental. Además de caer en tales dificultades, consideramos que los autores que tratamos presentan ciertas problemáticas que pueden ser consideradas como anacrónicas. Tanto las afirmaciones como las nociones empleadas, en lo referente al método experimental, a la ciencia moderna y al vocabulario, no presentan su evidencia textual correspondiente al pensamiento propio del vinciano ni a la evidencia histórica que permita sustentar tales afirmaciones. Con esto queremos decir que faltan fundamentos para sostener que Leonardo fue el fundador de la ciencia moderna o el primero que realizó tal o cual descubrimiento científico o el primero en aplicar el método experimental, etc.

Además de la imagen mitificada de Leonardo que se presenta en estas interpretaciones podemos mencionar que una errónea concepción histórica que considera que durante el Renacimiento había escasa producción científica tampoco da cuenta con la perspectiva kuhniana de que en los periodos de crisis entre paradigmas la dinámica científica difiere de la actividad científica normal.

La propuesta de análisis que indicaremos no cae bajo estas dificultades. Más adelante, en nuestro trabajo, nos dedicaremos a desmitificar la imagen de Leonardo como genio

universal y como científico solitario; consideraremos que durante el periodo renacentista hubo dinámica científica y señalar que las reflexiones que realizó Leonardo sobre la ciencia dan cuenta de que él no fue el único quien discutió los cánones vigentes, provenientes de la escolástica y del aristotelismo, para la realización de investigaciones sobre la naturaleza.

b.- En la lectura jaspersiana de Leonardo se ha encontrado una línea interpretativa que se compromete con la epistemología tradicional. Esta línea establece la escisión entre lo científico y lo extracientífico. El criterio para determinar qué es ciencia y qué no lo es ciencia, y por lo tanto, quién es científico y quien no, se basa en la aceptación y aplicación de un *método* científico. Partir del método científico a su vez implica una justificación y demarcación de la esfera científica con respecto a las otras áreas del saber y del hacer. En particular, se considera que los resultados obtenidos a lo largo de las investigaciones científicas, producto de la aplicación de dicho método, son y serán los correctos dado que van dirigidos hacia cierta verdad pretendida. Pues el método dictamina aquello que se considera como conocimiento científico verdadero. En ese caso, si un científico aplica su método a la práctica obtendrá resultados correctos, o los esperados, y también adecuados a su teoría con su respectivo vocabulario específico. Entonces, suele considerarse que la empresa científica es externa a otros factores o valores de la vida humana o, lo que es lo mismo, que hay algo intrínsecamente científico puede sustraerse de todo condicionamiento histórico.

El análisis que se pueda realizar bajo un enfoque tradicional no enriquece el estudio que se pueda hacer acerca del pensamiento de Leonardo ni favorece su consideración como figura científica. La tesis de la epistemología clásica, para el caso del autor que nos ocupa, puede reconstruirse de la siguiente manera: para hacer ciencia se requiere que el científico emplee un método, Leonardo no hizo uso del método científico; por lo tanto, Leonardo no es un científico. En ésta tesis clásica puede subsumirse la tesis sostenida por Jaspers: dado que Leonardo no tuvo un método matemático riguroso en sus investigaciones, no se lo puede considerar un científico.

Esta respuesta no resulta satisfactoria y puede considerársela, incluso, problemática. Aquí se pueden mencionar dos objeciones. La primera tiene que ver con la posición epistemológica que asume Jaspers. La segunda está relacionada con rol que Jaspers le

atribuye a la matemática en las investigaciones de Leonardo. Estas objeciones complementarias creemos que podrían ser superadas desde una perspectiva alternativa propuesta por la epistemología kuhniana.

c.- Aun así, desde un enfoque kuhniano, Leonardo tampoco puede ser considerado como un científico o, mejor dicho, no puede ser considerado como un científico *normal*. En este sentido, las objeciones contra Jaspers no radican tanto en su conclusión sino más bien en las razones por las cuales el filósofo alemán fundamenta su posición.

La ciencia cuenta, según Kuhn, con dos momentos en su desenvolvimiento histórico: ciencia normal y ciencia extraordinaria o revolucionaria. Si se considera la concepción de ciencia normal, claramente, Leonardo no era partícipe de ella. Recuértese que en los momentos de ciencia normal, los científicos trabajan bajo el paradigma aceptado por la comunidad científica, tanto en el sentido, más restringido, de paradigma en tanto ejemplar, como en el sentido, más amplio, de paradigma en tanto matriz disciplinar. Al estar consensuado el paradigma, los científicos no tienen más que sus rompecabezas y es allí donde progresan sus investigaciones. Nótese que no se habla aquí de *método científico* sino de *paradigma*. Este cambio terminológico conlleva grandes variaciones que sería oportuno considerar: el método científico se pretende ahistórico e independiente de factores externos a la ciencia mientras que el paradigma es histórico y contiene presupuestos metafísicos, es decir, componentes que desde otras perspectivas serían considerados factores externos a la ciencia. En este sentido, el concepto de paradigma borra tanto la cuestión del método como determinante de la ciencia como la dicotomía entre lo científico y lo extracientífico.

En los procesos de cambio de paradigma la ciencia normal pierde su estabilidad y el paradigma operante comienza a fracturarse. Si los científicos no pueden resolver *normalmente* sus problemas empezarán a buscar y a ensayar distintas alternativas para solucionarlos. Las alternativas, a su vez, conllevan a cuestionar los fundamentos propios del paradigma, quizás proponiendo nuevos fundamentos o empleando otros que no eran aceptados. En la búsqueda de paradigmas alternativos es notario el recurso o la aparición de aquellos *factores externos*. Esas disciplinas que parecían ajenas a la ciencia aparecen para ayudar y esbozar un nuevo candidato a paradigma. Aquí nuevamente queda desdibujado ese carácter ahistórico e independiente que la epistemología tradicional le otorgaba a la ciencia.

Este es el otro momento que la ciencia atraviesa y en el cual se puede vislumbrar la intervención de la filosofía como uno de los factores externos: aquí ya no hay más ciencia normal sino *ciencia extraordinaria* o *ciencia revolucionaria*.

Este momento de ciencia extraordinaria es el que más conflictos acarrea. Principalmente porque aún se tiende a pensar tanto la ciencia como la actividad científica de una manera tradicional. Es decir que todavía quedan residuos de la epistemología tradicional. A esto apunta Morado cuando explicita la tendencia a desestimar las investigaciones de Leonardo dado a su escaso contenido matemático. Esto es producto de la visión en la cual se puede incluir también la postura de Jaspers, que considera que la matemática es un elemento condicionante para que una investigación sea considerada verdaderamente científica.

En los momentos de crisis paradigmáticas, surge la pregunta de cómo intervienen los factores externos: las reflexiones filosóficas, sobre los fundamentos del paradigma, por ejemplo. Dado que Leonardo se encuentra en un periodo de cambio de paradigma quizás hablar del *caso o ejemplo Leonardo* conlleve a un círculo virtuoso. Resultando de ello una elucidación recíproca para ilustrar los momentos de ciencia extraordinaria y para considerar a Leonardo como un ejemplo de *científico revolucionario*. La utilización del marco kuhniano aporta nuevas herramientas para el análisis tanto de la figura de Leonardo empleando nociones tales como ciencia revolucionaria, crisis de paradigma, investigación extraordinaria, entre otras. Y al mismo tiempo dichas nociones kuhnianas se ejemplifican o instancian con el caso Leonardo.

d.- Esto último conlleva también a tener buenas razones para criticar las consideraciones sobre Leonardo en cuanto al criterio matemático de cientificidad empleado por Jaspers dado que el autor hace una extrapolación de la matemática contemporánea al Renacimiento. En primera instancia se debe tener en cuenta la contextualización de la matemática a al periodo histórico renacentista y, la exposición de las propias reflexiones de Leonardo acerca de la matemática.

I.- Resulta difícil comentar sobre la matemática en el Renacimiento sin hacer mención al arte, a la filosofía y a las investigaciones sobre la naturaleza. También es dificultoso indicar cuál era el tipo de matemática que se empleaba en aquel entonces si se atienden a consideraciones actuales sobre la matemática en cuanto a sus formulaciones más abstractas.

Los artistas renacentistas, en general, aprendían de su disciplina en los talleres. Se dedicaban a variadas actividades pues su labor no consistía en sólo pintar cuadros por encargo también se instruían en otras disciplinas. Su formación consistía, además de las técnicas de pintura, escultura y dibujo, en adquirir teorías que fundamenten y expliquen aquellas actividades a realizar³³. Por lo tanto, se dedicaban a estudiar cuestiones ligadas a la matemática, a la perspectiva, a la geometría, a la anatomía, a la ingeniería, a la arquitectura etc.; aquellas disciplinas que enriquezcan la producción del arte realista. Ya que contaban con habilidades en estos campos disciplinares: “era forzoso que el pintor tuviera algo de científico” (Kline, 2012, p. 247).

El esfuerzo primordial de los artistas es la reproducción de la realidad, por lo tanto, el problema consiste en cómo alcanzar tal imitación verídica de la realidad. Para alcanzar tal objetivo consideraron que el estudio matemático permite plasmar de la mejor manera la realidad en la obra artística. Por ello, varios artistas se encargaron de idear una concepción matemática de la perspectiva.

En Italia, los arquitectos y artistas, Filippo Brunelleschi y Battista Alberti publicaron obras en las cuales se esboza un sistema matemático de la perspectiva pero también marcan la agenda del artista: la necesidad del estudio y del conocimiento que debe adquirir el pintor sobre matemática, geometría y perspectiva para tener exactitud en la reproducción realista. Posteriormente, Uccello, della Francesca, da Vinci y Dürero estudiaron acerca de la óptica y las líneas de la proyección en un lienzo. Se pueden mencionar las xilografías que realizó Dürero para compartir a sus colegas los estudios y conocimientos adquiridos en perspectiva y proyección para ser trasladados a su dibujo en papel según teoremas matemáticos.

³³ “[...] los talleres de un Ghiberti, de un Brunelleschi o de un Verrocchio eran a la vez lugares donde se aprendía una enorme cantidad de cosas. Tantas, si no más, como se aprenden hoy en la escuela: el cálculo, la perspectiva -es decir, la geometría-, el arte de tallar las piedras y de vaciar el bronce, el arte de dibujar un mapa y el de fortificar una ciudad, el arte de construir bóvedas y el de abrir canales. [...] estos talleres, el de Verrocchio sobre todo, eran mucho más que lugares donde se conservaba y mantenía una habilidad tradicional: eran, por el contrario, lugares donde se estudiaban problemas antiguos y nuevos, donde se discutían y aplicaban nuevas soluciones, donde se hacían experiencias y donde se estaba impaciente por aprender todo lo que pasaba en otras partes” (Koyré, 1978, pp. 94-95).

Estos conocimientos matemáticos se ven plasmados en las obras pictóricas de los artistas mencionados, es decir, que detrás de la obra hay un empleo de la perspectiva matemática y una estructura geométrica en dicha obra. Al respecto Kline concluye:

El artista del Renacimiento fue hombre de ciencia, y pintar fue ciencia no tan sólo por su contenido sumamente técnico y aun matemático, sino también porque se inspiraba en la finalidad primordial de la ciencia: la comprensión de la naturaleza [...] Las obras de los pintores del Renacimiento se exhiben en los museos de artes; con igual derecho podría exhibirse en los museos de ciencia. El amante del arte del Renacimiento es, consciente o inconscientemente, amante de la ciencia y las matemáticas (Kline, 2012, p. 267).

Entre el *quattrocento* y el *cinquecento* dentro de la matemática se incluían: las ecuaciones del álgebra, la perspectiva en relación con la geometría y la aritmética. Acerca del álgebra, rápidamente, se puede indicar que los estudiosos resolvían ecuaciones de primer y segundo grado, en simbología moderna corresponde a: $ax + b = 0$ y $ax^2 + bx + c = 0$ (Bagni & D'Amore 2010). En el Renacimiento aún se utilizaba el álgebra sincopada como simbolismo algebraico. Este tipo de álgebra no posee el simbolismo moderno citado arriba sino que contiene abreviaciones de algunos de los componentes de la ecuación. Del álgebra sincopada, que fue también utilizada por el matemático Luca Pacioli, se puede tener de ejemplo el siguiente simbolismo: Trouame 1.n°. che gioto al suo qdrat° facia .12. Equivalente a la simbología algebraica actual que se expresa de la siguiente manera: $x + x^2 = 12$ (Bagni & D'Amore 2010).

En lo que respecta a la aritmética en el Renacimiento era elemental incluso se realizaban sumas con los dedos (Bagni & D'Amore 2010). Y los algoritmos utilizados en el periodo renacentista eran diferentes a los que se utilizan actualmente. La manera de realizar dichas operaciones estaba guiada según un manual sobre matemáticas muy difundido en aquella época, cuyo autor sigue siendo desconocido, titulado *Larte de labbacho*. En dicho manual se ilustra didácticamente cómo realizar cálculos en lo referente a adición, sustracción, multiplicación y división. Además contiene definiciones de conceptos básicos tales como número, unidad, distinciones entre números simples, complejos y mixtos.

Ahora bien, ¿cuál era la concepción de matemático en el Renacimiento? No se puede trasladar la definición actual al periodo renacentista: “el término matemático tenía un sentido más amplio que el actual y apuntaba a quien recurría a explicaciones matemáticas para los procesos naturales” (Burucúa & Kwiatkowski, 2011, p. CLIII). De hecho el propio Leonardo determina que: “Ninguna certidumbre existe donde no puede aplicarse una de las ciencias matemáticas, o bien alguna que a estas esté unida” (da Vinci, 2011, p. 136).

De este rol importante que Leonardo le otorga a la matemática se vinculan otras disciplinas tales como la mecánica, a la cual considera el timón de la ciencia y el paraíso de la matemática, la geometría, la ciencia visual por excelencia y la dinámica, entre otras. Los traductores de los códices vincianos al español, Burucúa y Kwiatkowski, consideran que un matemático renacentista sería más parecido a un físico de la actualidad. Por otra parte, los italianos Bagni y D’Amore indican que la figura del matemático debe ser contextualizada, determinando que:

Qué entendía Leonardo por ‘matemático’ es fácilmente deducible de sus propios apuntes y de las ideas que circulaban en el momento: ‘matemático’ era aquel que, en vez de aceptar dogmas y doctrinas preconcebidas, buscaba la verdad de las cosas a través del razonamiento deductivo o pruebas empíricas. Por lo tanto, matemático era una persona que en otra época se llamaría escéptico o racional³⁴ (Bagni & D’Amore, 2010, p. 53).

De igual manera Leonardo sostiene que:

Ninguna investigación humana puede llamarse ciencia verdadera sino pasa por demostraciones matemáticas. Y si tu dijeras que las ciencias que comienzan y terminan en la mente encierran verdades, esto no es aceptable, sino que ha de negarse por muchas razones, la principal, que en esos discursos mentales no interviene la experiencia, sin la cual nada produce certidumbre (da Vinci, 2011, p. 134).

³⁴ “Che cosa intendeva Leonardo per ‘matematico’ è facilmente desumibile dai suoi stessi appunti e dalle idee che circolavano all’epoca: ‘matematico’ era colui che, invece di accettare dogmi e dottrine preconstituite, cercava la verità della cosse attraverso il ragionamento deduttivo o prove empiriche. Dunque, matematico era una persona che in altre epoche si sarebbe chiamato scettica o razionale” (Bagni & D’ Amore, 2010, p. 53).

II.- Epistemólogos y comentaristas actuales de Leonardo han realizado varios escritos sobre el rol de la matemática dentro del pensamiento del vinciano. Todos ellos marcan como fecha crucial el encuentro en el año 1496 entre Luca Pacioli, matemático eminente, y Leonardo da Vinci en la corte de Ludovico Sforza. De este encuentro, amistad y mutua admiración, nace en Leonardo un interés más enfático por las matemáticas. Dicho interés deviene en primera instancia por cuestiones anatómicas, pictóricas y estéticas, que darán un paso, tras la amistad con Luca, hacia cuestiones de cálculos matemáticos, incluso de las representaciones geométricas, en la búsqueda de una proporción armónica.

La estancia de Leonardo da Vinci en Milán (1482-1499) es uno de los sucesos más importante desde un punto de vista biográfico y de crecimiento intelectual más enfatizado hacia cuestiones científicas pero el menos documentado. El historiador italiano Carlo Vecce comenta que el primer viaje de Leonardo a Milán fue de parte a entregarle al propio Ludovico Sforza una lira, instrumento musical, por encargo de Lorenzo el Magnífico (Medici). Esto indica que a Milán no fue, por primera vez, por iniciativa propia. En Milán Leonardo vio la vida intelectual, cultural, económica, política y social de esta ciudad. De allí su interés y la redacción de una carta enviada a Ludovico Sforza en 1482 para ingresar a su corte, ofreciéndole sus variados servicios, en lo referente a los diseños de armas, de edificios, de entretenimiento, pintura, etc. Kemp resume en dos los motivos del porqué Leonardo se quedó en Milán: sociales y materiales.

Dentro del círculo de personas que trabajaban para Ludovico Sforza se encuentran algunos poetas y músicos de la tradición toscana (incluso algunos extranjeros provenientes de los Países Bajos y de Francia), médicos italianos para combatir principalmente la peste, cuestión que condujo a la construcción de un hospital para tal objetivo. Aunque no se encontraban científicos o matemáticos de renombre, aquellos que integraban dicho círculo tenían cierto prestigio en su época.

Para Kemp hay dos efectos importantes que surgieron en Leonardo tras la asociación con la corte sforzesca: uno en materia de proyectos y obras ejecutadas y otro en el desarrollo intelectual sobre la filosofía natural. Dichos efectos, también, se ven fomentados por la ubicación histórico-geográfica en la cual se encontraba Leonardo durante el siglo XV gracias al mercado económico con Oriente y África se recuperaron obras clásicas las cuales fueron

traducidas del griego al latín de una manera más confiable. Y desde el último cuarto del siglo XV ya en Italia se encontraban textos clásicos traducidos al latín sobre geometría, matemática y astronomía (Pisano 2013).

Considérese uno de los dibujos más célebres de Leonardo da Vinci es el hombre de Vitruvio. En dicho dibujo el vinciano analiza las proporciones matemáticas del cuerpo humano elaborando sus primeros estudios de anatomía humana cerca del 1490. Así determina que de la pintura resulta una proporción armónica. En este punto la representación pictórica tiene el protagonismo: “Quien desprecia la Pintura no ama la filosofía ni la naturaleza [...] ella es ciencia e hija legítima de la naturaleza [...] y pariente de Dios” (da Vinci, 2011, p. 10). A su vez el artista que represente cuerpos proporcionados debe guiarse por la perspectiva y los estudios anatómicos. Para Leonardo es el pintor es un pintor anatomista en relación a las consideraciones acerca de lo bello estético que el vinciano tiene en mente.

Con respecto a la matemática *antes* del encuentro con Luca el vinciano prueba algunas operaciones con fracciones. Pisano (2013) considera que sus resultados fueron bastantes inmaduros en comparación con el pensamiento y el nivel de erudición en referencia a la matemática de Luca Pacioli. Tanto Pisano como Bagni y D’Amore toman la misma operación de fracciones que el vinciano realizó para demostrar que él no fue muy habilidoso en cuestiones de fracciones y en la aritmética, citado del Códice Atlántico, f.191v. :

Leonardo escribe:

« (...) Será $\frac{12}{12}$ es decir $\frac{1}{0}$ ».

Luego trata con los siguientes números:

$1\frac{1}{12}, 1\frac{1}{6}, 1\frac{1}{2}$;

transformándolos (correctamente) en fracciones impropias:

$\frac{13}{12}, \frac{7}{6}, \frac{3}{2}$;

ahora Leonardo suma estas tres fracciones y obtiene $\frac{216}{78}$.

El resultado es completamente erróneo, del cual debería ser $\frac{45}{12}$ es decir $\frac{15}{4}$.

Leonardo no parece reconocer el 12 como el denominador común y consigue aquel improbable 78³⁵ (Bagni & D'Amore, 2010, p. 71).

Sin embargo, por el momento Leonardo no tenía un interés por la matemática tan arraigado. Ciertamente sólo se concentró en algunos problemas matemáticos ligados a la construcción geométrica de algunos polígonos (Kemp 2006 y Bagni & D'Amore 2010). A través de una circunferencia dividida en partes proporcionales construye los polígonos con regla y compás. De lo cual no otorgaba alguna fundamentación matemática y/o geométrica de cómo llegaba a la construcción de tales polígonos sino más bien una explicación de lo que realizaba.

Por lo tanto, para que Leonardo tenga un estudio y una formación más pormenorizados en la matemática habrá que esperar, dentro de su primer periodo milanés, al encuentro con Luca, como bien indica Kemp: “Un estudio más sistemático sobre cuestiones matemáticas no es evidente hasta 1496, año de la llegada de Luca Pacioli a Milán”³⁶ (Kemp, 2006, p. 130).

III.- Luca y Leonardo se conocieron en el 1496 cuando el *frate* matemático ingresa a la corte de Ludovico Sforza. Luca ya había publicado unos años antes (1493 o 1494³⁷) de dicha fecha la *Summa de arithmetica, Geometria, proportioni e proportionalità*. Obra que

³⁵ “Leonardo scrive:

$$\ll(\dots) \text{ sar\`a } \frac{12}{12} \text{ cio\`e } \frac{1}{0} \gg.$$

Poco oltre, sta trattando con i seguenti numeri:

$$1 \frac{1}{12}, 1 \frac{1}{6}, 1 \frac{1}{2};$$

li trasforma (correttamente) in frazioni improprie:

$$\frac{13}{12}, \frac{7}{6}, \frac{3}{2};$$

ora Leonardo somma queste tre frazioni e ottiene $\frac{216}{78}$.

Il risultato \`e del tutto sbagliato, in quanto dovrebbe essere $\frac{45}{12}$ cio\`e $\frac{15}{4}$.

Leonardo sembra non riconoscere 12 come denominatore comune e giunge a quell'improbabile 78” (Bagni & D' Amore, 2010, p. 71).

³⁶ “A more systematic study of mathematical questions is not apparent until about 1496, the year of Luca Pacioli's arrival in Milan” (Kemp, 2006, p. 130).

³⁷ Hay dos fechas tentativas, segun los autores:

“[...] En 1493, edito en Urbino su Summa... Leonardo, desde Mil\`an, encarg\`o en seguida una copia” “[...] Nel 1493, stamp\`o a Urbino la sua Summa... Leonardo, da Milano, ne ordin\`o subito una copia” (Nardini, 2008, p. 103).

“Finalmente, el 10 de noviembre de 1494 se publica en lat\`in”. “On 10th November 1494, in Venice, finally released in print in Latin” (Pisano 2013: 41).

Leonardo adquirió y realizó algunas anotaciones acerca de la lectura de la *Summa* de Pacioli (Bagni & D'Amore 2010). Cabe destacar que Pacioli:

Empieza a tratar un tema de la más alta importancia para el Renacimiento, no sólo en lo que concierne a la matemática sino en lo relativo a todas las ciencias y al concepto total del universo: la teoría de las proporciones, que rige a todas las cosas y se manifiesta en la armonía de todos los fenómenos. Esta concepción constituye también la base que anima la *Divina Proportione* de Pacioli” (Mieli, 1946, p. 29).

La amistad y la mutua admiración pueden leerse en algunos pasajes de *La Divina Proporción* de Luca y en algunos comentarios dispersos en los códices vincianos. Luca no sólo admira las grandes obras artísticas de Leonardo, en aquel entonces justamente el vinciano estaba terminando *La última cena*, sino también su capacidad de hacer inventos, de ‘cosas nuevas’. Pacioli en la carta de presentación de su obra dirigida a Ludovico Sforza declaró a respecto de los integrantes de la corte una breve descripción del vinciano: “y asiduos inventores de cosas nuevas, Lionardo da Vinci, nuestro compatriota florentino, cuyo nombre es reconocido en todas sus obras de escultura, fundición y pintura” (Pacioli, 1946, p. 66). También en una carta dirigida a Piero Soderine, estadista florentino expresó: “conforme a la expectativa de todos, legué públicamente a Ludovico Sforza, duque de Milán, el pequeño libro titulado *Divina Proportione*. Y con tanto entusiasmo que incluí en él esquemas hechos por la mano de nuestro Lionardo da Vinci, para hacerlo más instructivo a la vista” (Pacioli, 1946, p. 60).

Leonardo a través de Luca tiene un contacto más profundo tanto con las obras del *frate* italiano como con los textos clásicos, por ejemplo, los *Elementos* de Euclides. El vinciano quedó fascinado con el tema de la proporción, cuestión central dentro del pensamiento de Pacioli.

Antes de proseguir, resulta interesante observar algunas interpretaciones y descripciones que realizan los comentaristas de Leonardo sobre este encuentro crucial:

Su amistad fue como una enfermedad devastadora. De una primera y desprendida anotación: ‘hacerle mostrar de Brera De Ponderibus’ se pasó al más

confidencial: ‘Aprende la multiplicación de las raíces del maestro Luca’³⁸
(Nardini, 2008, p. 103).

La amistad y la recíproca estima entre los dos es inmediata y fuertísima, con frecuentes intercambios de vistas y de favores³⁹ (Bagni & D’Amore, 2010, p. 78).

[...] su más importante aproximación a la matemática hubo de producirse a partir de su relación con el franciscano Luca Pacioli (Burucúa & Kwiatkowski, 2011, p. CLVI).

[...] cuando el matemático Luca Pacioli entra también en la corte del Moro para prestarle sus servicios, el de la geometría, que [Leonardo] vuelve a estudiar con la ayuda del franciscano, ilustrando posteriormente el tratado de éste *De divina proportione* (Crispino, 2017, p. 95).

Mientras tanto, en los manuscritos de Leonardo, se intensifica el interés por la matemática y la geometría, interés enriquecido por el encuentro con el monje Luca Pacioli⁴⁰ (Vecce, 2006, p. 173).

Su amistad y el mutuo respeto entre ambos dos fue muy fuerte como Pacioli escribió en las primeras páginas de *Divina proportione* sobre un desafío científico (*duello scientifico*) que tuvo lugar en la corte de Ludovico el Moro el 9 de febrero de 1498 (clero, teólogos, doctores, ingenieros e inventores de cosas nuevas y Leonardo lo compartió)⁴¹ (Pisano, 2013, p. 43).

Es claro que Luca proveyó los estímulos directos para una transformación rápida de intereses matemáticos de Leonardo, reorientándolos de una manera que ningún

³⁸ “La loro amicizia fu come una malattia galoppante. Da una prima e distaccata annotazione: ‘Fatti mostrare di Brera De Ponderibus’ si passò presto al più confidenziale: ‘Impara la moltitudine delle radici da maestro Luca’” (Nardini, 2008, p. 103).

³⁹ “L’amicizia e la reciproca stima tra i due sono immediate e fortissime, con frequenti scambi di visite e di favori” (Bagni & D’Amore, 2010, p. 78).

⁴⁰ “Intanto, nei manoscritti di Leonardo, si intensifica l’interesse per la matematica e la geometria, interesse favorito dall’incontro con fra Luca Pacioli” (Vecce, 2006, p. 173).

⁴¹ “The friendship and mutual respect between the two are very strong as Pacioli wrote in the first pages of *De divina proportione* around a scientific challenge (*duello scientifico*) that took place at the court of Ludovico il Moro on the February 9, 1498, (clergy, theologians, doctors, engineers and inventors of new things and Leonardo shared it)” (Pisano, 2013, p. 43).

pensador contemporáneo alcanzó. Y parece que esa influencia fue recíproca en un grado considerable⁴² (Kemp, 2006, pp. 130-131).

Uno de los temas centrales de las obras de Pacioli, como ya se ha dicho, es la proporción, tema que Leonardo quedó maravillado hasta tal punto de escribir: “Encuéntrese la proporción no solamente en los números y medidas, sino también en los sonidos, los pesos, los tiempos y lugares y en cualquier potencia de la que se trate” (da Vinci, 2011, p. 135). Como es sabido Leonardo realizó varios dibujos para la edición de la obra de Luca Pacioli *La divina proporción*. La realización de dichos sólidos, ya sea en su versión sólida o mostrando sus lados (vacía), llevó a que el vinciano tenga un interés por la aplicación de la matemática a objetos físicos.

En este periodo Leonardo comienza a tener un estudio más detallado de la geometría euclidiana gracias a Luca. Las figuras geométricas en la obra de Pacioli fueron ideadas anteriormente en los códices del vinciano. Al respecto Kemp determina que:

El deleite en la belleza intelectual de las matemáticas abstractas es precisamente aquello que motivó a Leonardo a partir de 1497 a embarcarse como autodidacta en la especialidad de su amigo, principalmente utilizando los *Elementos* de Euclides, el libro básico para cualquiera que quisiera procurar una introducción exhaustiva en el seductor orden de la perfección matemática⁴³ (Kemp, 2006, p. 135).

Leonardo se enamora de la divina proporción, la sección aurea, presentada por Luca Pacioli (Bagni & D’Amore 2010). En el hombre de Vitruvio Leonardo ya se había interesado en las proporciones del cuerpo buscando el número áureo en hombre humano: “Según Leonardo, las proporciones humanas son perfectas cuando el ombligo divide al hombre en

⁴² “It is clear that Luca provided the direct stimulus for a sudden transformation in Leonardo’s mathematical ambitions, effecting a reorientation in Leonardo’s interests in a way which no other contemporary thinker accomplished. And it seems that the influence was reciprocated to a considerable degree” (Kemp, 2006, pp. 130-131).

⁴³ “This delight in the intellectual beauty of abstract mathematics is precisely that which motivated Leonardo from 1497 onwards to embark upon a programme of self-education in his friend’s speciality, primarily using Euclid’s *Elements*, the standard text for anyone who sought a comprehensive induction in the beguiling order of mathematical perfection” (Kemp, 2006, p. 135).

modo áureo”⁴⁴ (Bagni & D’Amore, 2010, p. 88). En los códices el vinciano dedica reflexiones y cálculos acerca de la sección aurea.

La divina proporción tiene sus raíces en la Antigüedad (Grecia, Egipto), incluso a finales de la antigüedad tanto pintores como escultores y arquitectos quisieron comprender y descubrir cuál es el secreto de lo bello estético a través de las matemáticas. Para los antiguos griegos, por ejemplo, un rectángulo era considerado, según sus partes, armónico y por ello era merecedor del adjetivo áureo (Bagni & D’Amore 2010). En una primera instancia se lo consideró como una cuestión geométrica: “La relación entre las medidas de los diferentes lados de un rectángulo considerado es un número constante, denominado ‘relación aurea’”⁴⁵ (Bagni & D’Amore, 2010, p. 80).

Dicha relación o proporción aurea se simboliza con la letra phi griega minúscula: φ que es un número irracional (es decir aquel número que no puede expresarse mediante una fracción). En el ejemplo más clásico utilizado para ilustrar la proporción aurea se toma una línea recta en la cual hay un segmento más largo y otro más corto. La razón de la longitud total de la línea, es decir, de la suma de los dos segmentos, con el segmento mayor, es igual a la razón del segmento mayor con el segmento menor. Esta es la proporción aurea. En otras palabras, se le exige a un segmento de una unidad de largo una división interna: que su segmento menor (b) sea al segmento mayor (a), como el mayor a la totalidad (a + b), la fórmula de cálculo que se utiliza en la actualidad es la siguiente: $\frac{a+b}{a} = \frac{a}{b}$. También, en lenguaje moderno, el número áureo se puede calcular de otra manera: $\varphi = \frac{1+\sqrt{5}}{2} = 1,61803 \dots$

Este número se encuentra en las figuras geométricas tales como las que el vinciano dibujó para *La divina proporción* de Luca Pacioli. Resultando atractivo para Leonardo porque este número se puede encontrar tanto en seres vivos como en elementos inorgánicos. Acerca del número áureo, de la divina porción, o de la sección aurea, Pacioli determina que: “Y esto por muchas correspondencias que encuentro en nuestra proporción y que en este

⁴⁴ “Secondo Leonardo le proporzioni umane sono perfette quando l’ombelico divide l’uomo in modo aureo” (Bagni & D’ Amore 2010, p. 88).

⁴⁵ “Il rapporto tra le misure dei lati diversi del rettangolo aureo considerato è un numero costante, detto appunto ‘rapporto aureo’” (Bagni & D’ Amore, 2010, p. 80).

nuestro utilísimo discurso entendemos que corresponden, por semejanza, a Dios mismo” (Pacioli, 1946, p. 77).

Ya instruido aún más sobre la geometría de Euclides y en las definiciones y las demostraciones de Pacioli, Leonardo pasa de las proporciones anatómicas a encontrar número áureo en figuras geométricas. Sin embargo, muchas veces el diseño de dichas figuras que acompañan los cálculos correspondientes están mal hechos (Bagni & D’Amore 2010). Uno de los ejemplos corresponde al Códice K, f. 74v., en el cual Leonardo divide una línea usando en sección aurea. Leonardo se queda atraído por la perfección que se encuentra en la representación de aquellas figuras geométricas con respecto al número áureo. Y esto sucedía en los artistas y los matemáticos renacentistas que, según comenta el historiador Vecce, encontraban en dicha armonía proporcional la idea de belleza.

A través del estudio de la divina proporción Leonardo profundizó sus observaciones acerca de la geometría y la mecánica integrándolas a la una teorización matemática producto de su amistad con Pacioli. Si bien Leonardo no llegó a una aritmetización profunda de sus observaciones, reflexiones y explicaciones de los fenómenos naturales, la búsqueda de la sección aurea le permitió asentar bases para la aplicación de la matemática tanto en la mecánica, la pintura, y la geometría. A partir de Luca, Leonardo también aprendió aquello que es una demostración. Anteriormente el vinciano confundía aquello que era una descripción de una operación o del modo de que el procedía al resolver un problema con la demostración, particularmente aquella llamada *avversaria* para refutar algún otro autor (Bagni & D’Amore 2010).

Otra cuestión de interés para el vinciano fueron los teselados, o teselaciones, que hacen referencia a un conjunto de figuras geométricas planas que no tienen espacio entre ellas, por ejemplo algunos mosaicos. Aquí también están involucrados algunos polígonos o figuras regulares por ejemplo el triángulo, el hexágono, el cuadrado. En dichas figuras no habría problemas porque cumplen con los 360° , la cuestión más interesante, matemáticamente hablando, es cuando no se da tal regularidad. Leonardo estudió y dibujó varios diseños de teselados particularmente en función a decoraciones arquitectónicas con algunas breves anotaciones al respecto. Sin embargo, a mediados del siglo XX, a partir de algunas publicaciones de matemáticos de la época, se ha creado un mito sobre Leonardo en

cuanto a creador de algunos teoremas matemáticos acerca de los teselados; los cuales no tienen sustento bibliográfico alguno⁴⁶.

De todos modos, no se desea suponer que Leonardo fue un matemático notable como Luca, ya que continuó teniendo dificultades, sobre todo en las operaciones matemáticas, pero sí que la influencia de éste sobre aquel es notoria dado que abre a Leonardo un espectro más amplio de aquello que pueda ser de índole matemática con su consiguiente aplicación. La proporción buscada en la anatomía pasando luego por geometría, matemática, la lectura y el estudio de las obras de Pacioli y muchas veces entremezcladas con los *Elementos* de Euclides indican que el interés del vinciano se ha ampliado y la manera de proceder de Leonardo también. Es visible un cambio de metodología: en vez de explicaciones de cómo realiza tal o cual operación tenemos en primer lugar una teorización (a veces entremezcladas con las obras mencionadas anteriormente), en segundo lugar, un planteamiento de algún problema y, en tercer lugar, una consiguiente resolución.

Por la descripción de cómo Leonardo se relaciona con la matemática antes y después de Luca queda claro que la amistad entre ellos fue recíproca: “cuando el primero pone [Luca Pacioli] (en el capítulo IV de la *Divina Proporción*) la Pintura entre las artes liberales, elogiándola más que a la Perspectiva, es claro que está elogiando a su amigo; como ejemplo cita, de hecho, la *Última Cena* en Milán”⁴⁷ (Bagni & D’Amore, 2010, p. 113). Luego, ambos se fueron de Milán tras la invasión francesa, de hecho Ludovico Sforza murió siendo prisionero de los franceses. Luca y Leonardo siguieron en contacto pero para el 1517, infelizmente, no hay más noticias de Luca (es decir, no hay registros históricos, lo más probable es que Luca Pacioli haya fallecido ese mismo año) y al parecer los intereses matemáticos del vinciano fueron dejados de lado.

IV.- La epistemología propuesta por Kuhn permite considerar que la ciencia no es una empresa uniforme que avanza hacia la verdad y que sus conocimientos son acumulados en un inventario gracias a un método universal aplicable en cualquier época. El enfoque kuhniano enseña a ver de otra forma la dinámica científica. La explicación del cambio

⁴⁶ Véase Bagni & D’ Amore, 2010, pp. 111-112.

⁴⁷ “quando il proprio pone [Luca Pacioli] (nel capitolo IV del *De Divina Proporzione*) la Pittura tra le arti liberi, lodandola più che la Prospettiva, è chiaro che sta lodando l’amico; come esempio cita, infatti, il *Cenacolo* di Milano” (Bagni & D’ Amore, 2010, p. 113).

científico, según la perspectiva del autor mencionado, permite tener en cuenta otras cuestiones que enriquece el análisis epistemológico sobre la ciencia. La ciencia, la comunidad científica, los científicos en particular, deben ser contextualizados.

En el caso de Leonardo se ha visto que no es necesario tener un método matemático o ser habilidoso en los cálculos matemáticos para realizar investigaciones científicas tal como exige Jaspers. La matemática que tiene en mente el filósofo alemán no es representativa del periodo renacentista. Se ha visto cómo el estudio de la matemática confluye en disciplinas que parecen dispares geometría, arte, filosofía.

Aquello que resulta interesante ver en Leonardo son sus reflexiones no sólo sobre la matemática sino también para el arte como para las investigaciones sobre la naturaleza. Estas reflexiones, junto a sus obras artísticas y a los experimentos realizados, conforman las características acordes a la descripción que Kuhn realiza sobre las *investigaciones extraordinarias* propias de los momentos de crisis paradigmáticas:

- *Ensayos de experimentos* y búsqueda azarosa de efectos que quizás no se puedan prever en la naturaleza. En contraposición a la investigación normal que los resultados de los experimentos realizados, en general, son previstos o anticipados por el paradigma.

- *Creación o esbozos de teorías* que puedan guiar dichos experimentos. Las cuales o pueden constituir un nuevo camino hacia un paradigma alternativo en caso de tener algún tipo de éxito o bien pueden ser descartadas sin demasiados problemas dado que no hay una teoría fija y aceptada sino que se ensayan en relación con el ítem anterior alternativas teóricas.

- El *análisis filosófico* en la ciencia sirve como herramienta para solucionar los problemas que puedan surgir en los supuestos básicos empleados para la construcción de un paradigma o teoría alternativos.

- Las *pistas* o los datos adquiridos para una posterior articulación del candidato a paradigma alternativo surgen en personas que están inmersas en la crisis paradigmática. Y algunas veces las personas afectadas por dicha crisis no son conscientes de las pistas o los datos adquiridos corresponden a los paradigmas alternativos.

- Generalmente cuando se llevan a cabo estas investigaciones extraordinarias *no hay compromiso* con las reglas correspondientes a la práctica científica normal anterior.

Estas son algunas de las características que Kuhn considera como *síntomas* del paso de un período de investigación normal a un período de investigación extraordinaria. En palabras del autor:

Enfrentados a una anomalía o a una crisis, los científicos adoptan una actitud distinta hacia los paradigmas existentes y la naturaleza de su investigación cambia de modo correspondiente. La proliferación de articulaciones competitivas, el deseo de ensayar cualquier cosa, la expresión de descontento explícito, el recurso a la filosofía y al debate sobre cuestiones fundamentales, son todos ellos síntomas de la transición de la ciencia normal a la investigación extraordinaria (Kuhn, 2007, p. 185).

Para finalizar, se intentará encontrar aquellos síntomas, expresados por Kuhn, según la lectura de los códices vincianos.

Como se ha visto, Leonardo identifica que la matemática puede tener un rol principal con respecto a la comprensión y elaboración de una ciencia que permita, por un lado, tener certeza en los estudios de la naturaleza y, por otro, en la reproducción artística lo más realista posible. El vinciano busca una ciencia que cumpla que con los siguientes requisitos: una explicación válida en los fenómenos naturales lo cual permite obtener certeza en los conocimientos acerca de la naturaleza, pues, uno de los pilares es comprender de qué manera funciona los fenómenos naturales y qué leyes se puedan extraer como regentes de tales fenómenos. También indaga sobre qué teorías puedan dirigir los experimentos y cómo algunas teorías que quizás le resultan pocos convincentes deben ser puestas a prueba según la realización o ensayos de experimentos.

El vinciano sostiene que “la ciencia es el capitán y la práctica son los soldados” (da Vinci 2011:132). La búsqueda y obtención de la certidumbre que dará la ciencia que Leonardo tiene en mente debe tener principios y demostraciones matemáticas:

[...] las ciencias verdaderas son aquellas que la experiencia hizo penetrar por los sentidos y así ha silenciado la lengua de los litigantes, pues aquellas no alimentan de sueños a sus investigaciones, sino que siempre, sobre principios primeros, verdaderos y evidentes, sucesivamente proceden mediante secuencias verdaderas hasta el fin, tal como se revela en los primeros principios matemáticos, esto es, número y medida, de

las llamadas aritmética y geometría, que tratan con verdad máxima sobre la cantidad discontinua y la continua (da Vinci, 2011, p. 135).

Para Leonardo los principios matemáticos se extienden a otras disciplinas como la mecánica, el arte, la astronomía juntos a los principios de cada una. Considera a tales principios indispensables para la práctica de la ciencia: “Los que se enamoran de la práctica sin ciencia son como el navegante que entra en la nave sin timón ni brújula, quien nunca tiene certidumbre de adónde se dirige” (da Vinci, 2011, p. 137). Por ello la certidumbre se encuentra en la ciencia matemática o en otra ciencia que esté ligada a la matemática. El vinciense busca que sus investigaciones tengan cierto rigor y apoyo por lo cual uno de los motores es el anhelo de poseer una ciencia que le pueda otorgar suelo firme sobre la naturaleza. Por eso mismo, consternado exclama: “¡Cuánto más difíciles de comprender son las obras de la naturaleza que un libro de un poeta!” (da Vinci, 2011, p. 109).

A su vez, en las investigaciones de la naturaleza Leonardo recomienda que “antes de hacer de un caso una regla general, pruébalo dos o tres veces y observa si las pruebas producen efectos semejantes” (da Vinci, 2011, p. 131). El rol de la experiencia y de los experimentos realizados adquiere un carácter regulador de los principios o reglas que puedan plantear: “mi intención es alegar primero la experiencia y luego demostrar con la razón por qué tal experiencia está obligada a obrar de ese modo” (da Vinci, 2011, p. 132). De esta manera el vinciense determina que: “La experiencia no falla jamás, solo fallan nuestros juicios cuando esperan de ella efectos que nuestros experimentos no causa” (da Vinci, 2011, p. 156).

Lo interesante aquí es notar que Leonardo no está esbozando un manual de matemáticas en función a establecer teoremas o axiomas matemáticos sino que está reflexionando sobre el papel que juega la matemática como constructora de una ciencia que permita una comprensión de los fenómenos naturales. Y dicha reflexión desemboca en otras disciplinas. Por ejemplo, en el arte, en cuanto al rol de la perspectiva, el esbozo de definiciones sobre los distintos tipos de perspectivas, las maneras de dibujar en perspectiva. O en mecánica, acerca de sus conceptos básicos o de dar mejores explicaciones a qué es el movimiento, qué es la fuerza, de qué manera realizar demostraciones que den cuenta de tales conceptos utilizados.

Entonces, mediante la epistemología kuhniana, como herramienta de análisis, se pueden vislumbrar los componentes, tanto de las reflexiones sobre la ciencia como la práctica científica ulterior, de Leonardo que se corresponden con una práctica científica en tiempo de crisis paradigmática. De modo que, tomando como parámetros las características kuhnianas de la investigación extraordinaria creemos que Leonardo podría considerarse como un científico revolucionario. Y a su vez permite que aquellas características de la investigación en periodos de crisis paradigmática tenga un ejemplo que las ilustre. Es en este sentido que, tal como afirmábamos anteriormente, el estudio de caso de Leonardo y el enfoque kuhniano de la ciencia se complementan como momentos solidarios de un círculo virtuoso.

Consideraciones finales

A lo largo de nuestro trabajo hemos visto que según el enfoque epistemológico tradicional Leonardo no puede ser considerado un científico *normal* por los siguientes motivos: en primer lugar, sus investigaciones, tanto teóricas como prácticas, no poseen un método científico ni adhiere a una teoría científica en particular; en segundo lugar, no pertenece a ninguna escuela científica; en tercer lugar, su formación no es científica sino artística: el taller renacentista no posee las herramientas adecuadas para la práctica científica; en tercer lugar, su ámbito de trabajo no se corresponde con la esfera científica, por lo tanto, el producto de su trabajo es extra científico.

Pero esto no excluye a Leonardo como figura científica de interés. Desde la epistemología kuhniana tenemos otras herramientas de análisis que nos permiten considerar a Leonardo como un científico *revolucionario* teniendo en cuenta: en primer lugar, que sus investigaciones no tienen un paradigma como guía; en segundo lugar, que no hay una escuela científica dominante a la cual Leonardo podría adherirse; en tercer lugar, que su formación tanto artística como científica corresponde a aquellos talleres renacentistas en los cuales no había un compromiso fuerte con un paradigma sino que tanto teorías como prácticas se encontraban bajo debate y discusión buscando alternativas que resulten más satisfactorias o exitosas en cualesquiera que sean las actividades llevadas a cabo; en tercer lugar, al quedar desdibujada la distinción entre la esfera científica y la esfera extracientífica, los trabajos de Leonardo, provenientes del arte por ejemplo, no permanecen sujetos a esta ‘dicotomía’ ni a sus criterios correspondientes para establecerlas. Consideremos la siguiente cita de Kuhn respecto del momento renacentista:

Durante todos esos años, el objetivo del artista se suponía que era la representación. Los críticos y los historiadores, como Plinio y Vasari, registraban entonces con veneración las series de invenciones, desde el escorzo al claroscuro, que hacían posible representaciones de la naturaleza cada vez más perfectas. Mas éstos eran también los años, especialmente durante el Renacimiento, en los que se consideraba que no había mayor separación entre las ciencias y las artes. Leonardo era una más de tantas personas que pasaban libremente de un campo a otro, campos que solo más se convertirían en terrenos categóricamente distintos (Kuhn, 2007, pp. 282-283).

Creemos que un enfoque de estas características, no solamente nos permitiría tener una imagen más clara de Leonardo como pensador que reflexionó acerca de la ciencia, sino que nos habilitaría a considerarlo un ejemplo de científico revolucionario. Esto último aporta a la epistemología kuhniana un caso particular. De allí, que se pueda establecer el círculo virtuoso entre el análisis de Leonardo bajo las herramientas proporcionadas por el modelo kuhniano y la consideración del caso Leonardo como ejemplo que puede vislumbrar y complementar las nociones kuhnianas acerca de la dinámica científica en periodos extraordinarios.

Bibliografía

- BAGNI, G. T. y D' AMORE, B. *Leonardo e la Matematica*. Florencia: Giunti, 2010
- BIRD, A. *Thomas Kuhn*. Chesham: Acumen, 2000
- BOTAZZI, F. *La mente e l'opera di Leonardo da Vinci*. Vaticano: Pontificia Academia Scientiarum, 1941. Disponible en: www.liberliber.it. Último acceso: mayo de 2018.
- BURUCÚA, J. E. y KWIATKOWSKI, N. *Cuadernos de arte, literatura y ciencia*. Buenos Aires: Colihue, 2011. v. 1
- CAPRA, F. *La ciencia de Leonardo*. Barcelona: Anagrama, 2011
- CARNAP, R. *La superación de la metafísica mediante el análisis lógico* en Ayer, A.J., El positivismo lógico. México: Fondo de Cultura Económica, 1993
- CRISPINO, E. *Leonardo. Vida de Artista*. Florencia: Giunti, 2017
- DA VINCI, L. *Cuadernos de arte, literatura y ciencia*. Buenos Aires: Colihue, 2011, v.2
- HEMPEL, C. G. *Problemas recientes de la inducción*. Madrid: Alianza, 1966
- JASPERS, K. *Leonardo como filósofo*. Buenos Aires: Sur, 1956
- KEMP, M. *Leonardo da Vinci: The Marvellous Works of Nature and Man*. Oxford University Press: 2006. Formato digital
- KLINE, M. *Matemáticas para los estudiantes de humanidades*. México: Fondo de Cultura Económica, 2012
- KOYRÉ, A. *Estudios galileanos*. México: Silgo XXI, 1988.

- KUHN, T. S. *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica, 2007
- LORENZANO, C. *Hipotético-deductivismo* en Enciclopedia Iberoamericana de Filosofía. Madrid: Trotta, 1993, t.4. Formato digital.
- MIELI, A. *Introducción en La divina proporción*. Edición digital, 1946
- MONDOLFO, R. *Figuras e ideas de la filosofía del Renacimiento*. Barcelona: Icaria, 1980
- MORADO, R. *La filosofía de la ciencia en Leonardo da Vinci* en Ergo, Nueva Época. Revista digital: 2000, n.10
- MOULINES, C. U. *El desarrollo moderno de la filosofía de la ciencia (1890-2000)*. México: UNAM, IIF, 2011
- NARDINI, B. *Vita di Leonardo*. Florencia: Giunti, 2008
- PACIOLI, L. *La divina proporción*. Edición digital, 1946
- PEDRETTI, C. *Presentazione en Leonardo*. Roma: Salerno, 2006
- PEDRETTI, C. y CIANCHI, M. *Leonardo. I codici*. Florencia: Giunti, 1995
- PÉREZ RANSANZ, A. R. *Modelos de cambio científico* en Enciclopedia Iberoamericana de Filosofía. Madrid: Trotta, 1993, t.4.
- PISANO, R. *Reflections on the Scientific Conceptual Streams in Leonardo da Vinci and His Relationship whit Luca Pacioli*. Revista: Advances in Historical Studies, 2013.
Disponible en: www.scirp.org/journal/ahs. Último acceso: mayo de 2018, v.2
- POPPER, K. *La lógica del descubrimiento científico*. Madrid: Tecnos, 1962

REICHENBACH, H. *On Probability and Induction* en Philosophy of Science. Chicago: University of Chicago Press, 1938, v.5

VASARI, G. *Le vite de' più eccellenti pittori, scultori e architettori*. Torino: Letteratura italiana Einaud, 1986. Disponible en: www.letteraturaitaliana.net. Último acceso: mayo de 2018.

VECCE, C. *Leonardo*. Roma: Salerno, 2006

Bibliografía de consulta

DIEZ, J. A. y MOULINES, C. U. *Fundamentos de filosofía de la ciencia*. Barcelona: Ariel, 1997

DUTRA A., L. H. *A concepção Social da Investigação Científica segundo Thomas S. Kuhn* en Revista Portuguesa de Filosofia. Formato digital, 2007

GOULD, S. J. *La montaña de almejas de Leonardo*. Barcelona: Crítica, 2009

HEMPEL, C. G. *Filosofía de la ciencia natural*. Madrid: Alianza, 1972

KEMP, M. *El arte en la Historia*. Madrid: Turner, 2015

KLIMOVSKY, G. *Las desventuras del conocimiento científico*. Buenos Aires: AZ, 2011

LAMANNA, P. *Historia de la filosofía: el pensamiento en la Edad Media y el Renacimiento*. Buenos Aires: Hachette, 1960

PEDRETTI, C. *Leonardo Architetto*. Milán: Electa, 1981

PEDRETTI, C. *Leonardo. La pittura*. Florencia: Giunti, 2005

PISANO, R. *Leonardo da Vinci. Recenti riflessioni storico-epistemologiche sulla deformabilità dei corpi* en *La Fisica nella Scuola*. Trento: AIF, 2008, v. XLI

RORTY, R. *¿Esperanza o conocimiento? Una introducción al pragmatismo*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica, 1997

SARTON, G. *Seis Alas*. Buenos Aires: Universitaria de Buenos Aires, 1965

VALÉRY, P. *Escritos sobre Leonardo da Vinci*. Madrid: Visor, 1996

WALLACE, M. *50 grandes ideas e inventos de Leonardo da Vinci*. Barcelona: Blume, 2014