

31

2Ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

EL TRATADO DEL MUNDO
DE DESCARTES

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MATEMÁTICO

P R E S E N T A :
JOSÉ ALEJANDRO VALLES SANTO TOMÁS



FACULTAD DE CIENCIAS
UNAM



FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR

MÉXICO, D. F.

MAYO DE 1995

FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

UNAM



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MEXICO

M. EN C. VIRGINIA ABRIN BATULE
Jefe de la División de Estudios Profesionales
Facultad de Ciencias
Presente

Los abajo firmantes, comunicamos a Usted, que habiendo revisado el trabajo de Tesis que
realiz(ó)ron EL pasante(s) JOSE ALEJANDRO VALLES SANTO TOMAS

con número de cuenta 8253795-7 con el Título: _____

EL TRATADO DEL MUNDO DE DESCARTES

Otorgamos nuestro Voto Aprobatorio y consideramos que a la brevedad deberá presentar su
Examen Profesional para obtener el título de MATEMATICO

GRADO	NOMBRE(S)	APELLIDOS COMPLETOS	FIRMA
MENC Director de Tesis	RAFAEL	MARTINEZ ENRIQUEZ	<i>Rafael Martínez</i>
MAT.	GUILLEMO EDUARDO	ZAMBRANA CASTAÑEDA	<i>Guillermo Zambrana</i>
MAT.	JULIO CESAR	GUEVARA BRAVO	<i>Julio Cesar Guevara</i>
MAT. Suplente	CONCEPCION	RUIZ RUIZ-FONES	<i>Concepción Ruiz</i>
MENC Suplente	MA. DE LOURDES	ESTEVA PERALTA	<i>María de Lourdes Esteva</i>

FALTA DE ORIGEN

**A
LULU**

**Tout la conduite de notre vie dépend de nos sens,
entre lesquels celui de la vue étant le plus universel
et le plus noble.**

R. Descartes, *La Dioptrique*

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo hace una revisión de *El mundo o Tratado de la luz*, escrito por Descartes entre 1629 y 1633, y donde éste presenta su teoría de la conformación del universo e intenta, además, encontrar un modelo que explique y fundamente los fenómenos físicos, desde el movimiento de los planetas, los cometas, las mareas, hasta la acción de la luz.

Descartes es recordado básicamente por ser el iniciador de la geometría analítica y como filósofo inventor del "método" o "duda metódica", que inicia la modernidad en filosofía. Sin embargo, Descartes no era un filósofo preocupado exclusivamente por la conciencia de sí, ni tampoco un matemático preocupado exclusivamente por el álgebra y la geometría. El objetivo de este trabajo será ver cómo *El mundo* es uno de los primeros intentos modernos por globalizar el conocimiento de la naturaleza, buscando para ello principios sencillos (claros y distintos) y utilizando el método de construcción geométrica en un proceso analítico-deductivo.

No tenemos intención de descalificar el trabajo físico de Descartes, ni de hacer énfasis en los errores que cometió y que pronto serían resueltos satisfactoriamente por la física newtoniana. Tampoco queremos comparar sus aportaciones a la física más experimental de Galileo. Lo que sí nos interesa es mostrar los puntos que son innovadores e importantes para ciencia moderna: la búsqueda de los fundamentos, la construcción de modelos cuya veracidad está supeditada a la demostración y el énfasis en la construcción lógica a partir de premisas evidentes.

Otro punto que nos interesa es analizar el papel que juega la luz dentro de su teoría. Recordemos que el nombre del trabajo, *El tratado de la luz*,

supone ya cierta importancia de ésta en su visión del mundo. Aquí nos preguntamos qué papel juega la luz en *El mundo* y darnos algunas respuestas.

Para tener una idea de la tradición a la que se enfrenta Descartes, el primer capítulo de este trabajo, *ALGUNOS ANTECEDENTES DE EL MUNDO DE DESCARTES*, presenta un rápido repaso de las principales teorías que conformaban la tradición en la que Descartes se educa y a la que se enfrenta, haciendo hincapié en el concepto aristotélico de sustancia, la teoría emanacionista del neoplatonismo y el papel que juega la luz en ésta, así como los problemas de refracción y reflexión de los rayos de luz, mismos que resultarán tan importantes en el desarrollo cartesiano.

En el segundo capítulo, *EL OBJETIVO DE EL MUNDO*, tratamos de dar una serie de razones que llevan a Descartes a interesarse en el problema del universo como un todo. ¿Por qué se decide a escribir *El mundo*? ¿A qué responde este tratado? Para poder contestar esto hacemos un recorrido por el itinerario cartesiano, viendo cómo su interés lo conduce a buscar, de diferentes maneras, una clave que le permita explicar los fenómenos físicos y humanos, pero que además le permita conseguir dominar esos fenómenos en beneficio del hombre. En este capítulo nos interesamos en el cambio que sucede entre sus primeros trabajos en series, álgebra y geometría y su "inversión maravillosa": la geometría analítica; se analiza la idea de que el método matemático era la clave del conocimiento hasta llegar al cambio que ocurre en sus planteamientos debido a los experimentos que realiza en óptica. Estas experiencias lo convencen de la necesidad de buscar la explicación de las "potencias naturales", que constituyen el fundamento sobre el que se apoya la construcción *more mathematico*.

El tercer capítulo, *EL MUNDO O TRATADO DE LA LUZ*, es un resumen del trabajo cartesiano en el que describimos el desarrollo argumentativo de

Descartes, desarrollo que juega un papel importante dentro del planteamiento de su nueva física.

El cuarto capítulo, *HACIA UN NUEVO PARADIGMA*, explica de qué manera Descartes ha ligado el desarrollo de su exposición a sus esquemas de construcción y su demostración. Se discuten los fundamentos metafísicos de su física, su construcción y su argumento del "nuevo mundo" o la "fábula", para encontrar en ellos no el signo de su miedo al rechazo o la condena eclesiástica, ni tampoco una historia de "ciencia ficción" (como algún autor anota), sino la manera en que se demuestra la veracidad de un modelo teórico mediante la comprobación de la relación que existe entre los fenómenos observados en nuestra realidad con los que se producen gracias a la construcción cartesiana, relación que garantiza —según Descartes— la veracidad de su teoría.

En este capítulo queremos hacer hincapié en la importancia que tiene Descartes, no tanto como filósofo, pues nadie duda de ella, pero sí como un hombre que está dejando atrás el anhelo renacentista del conocimiento universal que mantenía la separación de las ciencias prácticas, para retomarlo como un anhelo de universalidad de las ciencias orientadas al beneficio del hombre, a la idea de progreso que se inicia con esta modernidad.

El último capítulo, *CONCLUSIONES: EL PAPEL DE LA LUZ*, analiza el lugar que ocupa ésta en la teoría cartesiana, dentro de la construcción del mundo. Damos tres respuestas al papel de la luz, y con ellas se defiende una posición que difiere de aquellas visiones que ven en Descartes una continuación lineal de la visión medieval y renacentista de la luz.

La física corpuscular cartesiana fue insuficiente para explicar con detalle los fenómenos celestes y los fenómenos ópticos, como se haría patente

en *La óptica* y en *Los principios matemáticos de la filosofía natural* de Newton, lo cual explica el porqué ésta tiene más un carácter anecdótico que científico en nuestros días. Sin embargo, conservar esta visión de "fábulas" y cuentos de ciencia ficción y dejar de lado la aportación cartesiana que subyace a su física, nos parece un error que evita la comprensión del desarrollo de la ciencia. Descartes, sin duda, es uno de los personajes más importantes del siglo XVII, precursor en varias ramas del saber e iniciador de una escuela de pensamiento que constituyó uno de los ejes del desarrollo de la ciencia. Valga pues este trabajo como un intento por revalorizar la aportación cartesiana y presentarlo como el investigador que fue.

I. ALGUNOS ANTECEDENTES DE *EL MUNDO DE DESCARTES*

Con objeto de tener una perspectiva que nos permita comprender el trabajo cartesiano sobre la conformación y comportamiento del universo, es necesario que iniciemos este trabajo con un rápido repaso de algunas de las tesis más importantes que filósofos y científicos han sostenido acerca de los orígenes y causas de los fenómenos que ocurren en el mundo y del papel que la luz juega en estas teorías. Aunque extraño en nuestros días, con el surgimiento del platonismo agustiniano, el mundo fue concebido según principios y reglas que dotaban a la luz de un papel protagónico, sólo superado por la divinidad. Por ello, en este estudio resulta necesario analizar los modos de ser y actuar de la luz, bajo la perspectiva de diferentes doctrinas que de ella daban cuenta. En particular, es importante analizar el lugar se le asigna a la luz en la conformación del mundo, cuál es su naturaleza y cómo actúa en el universo y luego comparar estas tesis con las cartesianas.

Descartes ha llamado a su explicación de los fenómenos del universo "tratado de la luz", lo cual nos hace suponer que ésta juega un papel primordial en su cosmología y nos obliga a repasar el papel que tuvo en las explicaciones de otros filósofos y científicos. A continuación se presenta un breve resumen de la posición de algunos de los más importantes pensadores anteriores a Descartes, centrado en la metafísica de la luz, sus propiedades y características físicas y su participación en la conformación del universo o en el conocimiento del mismo.

1. ARISTÓTELES (384-322 AC)

Aristóteles define a los cuerpos tangibles que conforman el universo como sustancias. Éstas están compuestas, según él, por materia y forma, donde la materia es el sustrato indeterminado, carente de propiedades y que requiere de la forma para producir una sustancia específica. Por su parte, la forma, además de requerir un sustrato al cual dotar de cualidades, agrupa ella misma todas las propiedades que conoceremos de la sustancia. Toda sustancia está pues compuesta de materia y forma, y éstas últimas no son separables más que por el pensamiento como categorías del conocimiento.¹

Para Aristóteles los cuerpos (*corpus*) se distinguen por ocupar espacio. Así que si nos preguntamos si la materia, despojada de todas sus propiedades —incluyendo la cantidad—, es decir, aparte de la forma, es un cuerpo, la respuesta es no.² Tampoco la forma tiene una corporeidad, pues aunque puede dar a la materia la propiedad de la cantidad, la forma en sí no tiene dimensiones. Lo único corpóreo es la sustancia.

Sin embargo, Aristóteles no es tantajante, pues nos dice también que existen entes no espaciales, sin dimensiones, en el mundo supralunar, como lo son el primer móvil o las inteligencias que mueven a los planetas; estos entes, aunque son considerados por Aristóteles como sustancias, no tienen materia y consisten únicamente de la forma pura.³

En cuanto a las características de la luz como sustancia, Aristóteles se muestra en desacuerdo con la teoría atómica de las emanaciones corporales.

¹ Véase Abraham Edel, *Aristotle and His Philosophy*, University of North Carolina Press, 1982. En especial los capítulos 4 a 8 donde se discuten los conceptos de sustancia, materia y forma.

² Aristóteles, *Metafísica*, 8.3.

³ W. D. Ross, *Aristotle, A Complete Exposition of His Works and Thought*, Meridian, Nueva York, 1959. Sobre la existencia de entes adimensionales véase pp. 175-180.

Para él la luz no es algo que existe en sí misma, sino corresponde, más bien, a lo que vendría a ser el estado de otro cuerpo: no es una sustancia sino la actualización de un medio que se vuelve transparente. Esta actualización se puede dar en sustancias que comparten algo de la naturaleza de los cuerpos celestes —como el aire o el agua—, donde la luz es la actualización de su transparencia, el logro del estado en el cual la transparencia pasa de ser potencial a actual, haciendo posible que los cuerpos que se encuentran separados por este medio del observador se vuelvan visibles gracias a la transparencia del medio. La actualización de estos medios en medios transparentes se da en presencia del fuego o de otro cuerpo luminoso.⁴

Como la luz es un estado del medio y no el producto de un movimiento, la luz se transmite instantáneamente. Sin embargo, según Aristóteles, no es la luz el verdadero objeto de la visión, sino el color. El color es una característica que se encuentra en la superficie de los cuerpos con la capacidad de producir otros cambios cualitativos en el medio transparente actualizado. Lo transparente debe primero pasar de potencial a actual gracias a la presencia de un cuerpo luminoso, y luego es transformado otra vez gracias al color en el cuerpo, lo que le da una "segunda actualidad" que es transmitida al observador, el sujeto que percibe el color.⁵

La luz es inmaterial y se une a la materia gracias a que se convierte en un estado de la sustancia transparente, sin que la luz sea sustrato de ese medio. No es sustancia pues no tiene existencia independiente del medio, sino depende de éste. Respecto a su corporeidad, resulta que no se trata de un cuerpo, pues no tiene dimensión, por lo que debe decirse que es incorpórea. Sin embargo, participa de la corporeidad al ser el estado de una

⁴ Aristóteles, *De sensu*, 6. 446-447.

⁵ *Ibid.*, 447.

sustancia corpórea y tiene, en ese sentido, una dimensión derivada de la dimensión del medio actualizado. Por ello, podríamos considerar que la luz es corpórea de manera indirecta, por su participación en el medio, pero no podríamos decir que es *corpus*.⁶

2. PLOTINO (205-270)

Es en la tradición neoplatónica desarrollada por Plotino donde la luz alcanza el *sumum* de su esplendor metafísico. Para iniciar este párrafo, quisiera resumir brevemente las tesis generales del neoplatonismo plotiniano.

Según esta doctrina, existe una pluralidad de esferas del ser, dispuestas en orden jerárquico descendente, donde la última y más baja comprende al universo, el cual existe en el tiempo y en el espacio y es perceptible por los sentidos. Cada esfera del ser se deriva de la esfera superior, en un proceso que no se da ni en el tiempo ni en el espacio. Los seres se derivan y se establecen en su propia realidad gracias a un movimiento de deseo contemplativo hacia el ser superior de donde proceden, el cual está implícito en el impulso creativo original que recibe de su superior. Esto hace que el universo neoplatónico se caracterice por un doble movimiento de expansión y de retorno.⁷

Bajo esta visión, cada esfera del ser es una imagen o expresión, en un nivel más bajo, de la esfera superior de la que surge. Esta relación entre el arquetipo y su imagen, entre el padre y su descendencia, permea todo el esquema neoplatónico. Los grados del ser son grados de unidad. En cada

⁶ Aristóteles, *Del alma*, 2.7.

⁷ A. H. Armstrong, *The Architecture of the Intelligible Universe in the Philosophy of Plotinus: An Analytical and Historical Study*, Cambridge University Press, 1940.

esfera subsecuente existe mayor multiplicidad, más separación y mayor limitación, hasta que se alcanza la individualización del mundo espacio temporal en el que vivimos. La esfera suprema del ser, y todo lo que gracias a ella existe, se deriva de un principio último que está libre de toda determinación y limitación y que trasciende cualquier realidad concebible, por lo que se puede pensar que se encuentra más allá del ser. Como no tiene limitaciones tampoco tiene divisiones, atributos o cualidades; no puede ser nombrado pero puede llamarse el Uno para referirse a su completa simplicidad; también puede ser llamado el Bien, por ser la fuente de todas las perfecciones y el fin último del camino de regreso, ya que los impulsos de emisión y salida y el de regreso constituyen la jerarquía de realidades derivadas que vienen de y van hacia el Bien.⁸

Como este principio supremo es absolutamente simple e indeterminado, el conocimiento que el hombre tiene de él debe ser completamente diferente de cualquier otro conocimiento; no se trata de un objeto determinado y limitado, ni se le pueden asignar predicados, por lo que sólo puede ser conocido si el Bien permite que nuestra mente se una a él, lo cual no puede ser ni imaginado ni descrito.

Plotino desarrolla un planteamiento basado en el principio de irradiación o emanación, donde la fuente de todos los seres es el Uno o Bien, trascendente, autosuficiente, de donde los demás seres surgen por emanación de su esencia, de la misma forma en que la luz surge de la emanación o irradiación del sol. La emanación del Uno produce el *nous* o espíritu, y posteriores emanaciones van produciendo el alma, y así hasta llegar a la esfera del mundo sensible. La imagen del Uno se va debilitando progresivamente por estas emanaciones sucesivas, hasta llegar a la materia

⁸ *Ibid.*, pp. 53-54.

donde la imagen ha escapado del ser y de la verdad. La materia es privación total o negación, es el no ser absoluto. La materia es, a la vez, antítesis del Uno y su producto.⁹

Plotino nos dice que en las vecindades de lo inmóvil, el Uno, debe haber una radiación circundante producida por el Supremo inalterado, que puede ser comparada con la luz brillante que circunda al sol y que es generada incesantemente por esa sustancia inmutable. Nos habla de un principio de actividad universal: todo lo que existe produce una imagen o similitud de sí misma que se dirige a sus alrededores. Esta idea es una de las características más relevantes del neoplatonismo emanacionista. Además, proclama la unidad entre todas las esferas del ser, tanto físicas como metafísicas: lo visible es imagen de lo invisible, lo invisible es arquetipo de lo visible, ambos obedeciendo la ley de emanación.

De esta forma, la luz visible tiene un lugar importante en la filosofía neoplatónica, en cuanto a que es el ejemplo de emanación más accesible a los sentidos. La luz se convierte, inevitablemente, en el paradigma para comprender el principio universal de la emanación. La luz es, para Plotino, la forma de toda sustancia corpórea: "la belleza de los colores surge de la forma y el manejo de la oscuridad de la materia por la presencia de la luz". La luz es forma que da forma a la materia.

Por una parte, hay en el cuerpo luminoso una actualización, una especie de vida superabundante, un principio y fuente de actividad; por otro lado, más allá de los límites del cuerpo luminoso existe una segunda actualización característica de este cuerpo, y la cual es su imagen; de manera que tan pronto como el ser existe su actualización

⁹ Plotino, *Enneads* 2.4.15, traducción de A. H. Armstrong, Londres, Heinemann, 1966-1967.

existe también, y en tanto el ser subsiste, su actualización irradia en los alrededores o más lejos [...] de manera que la luz que emana de los cuerpos es la actualización del cuerpo luminoso que es activo exteriormente [...] la luz en los cuerpos cuya naturaleza original es tal, es el ser formal del cuerpo luminoso original. Cuando tal cuerpo se mezcla con la materia, produce el color.¹⁰

Plotino nos dice que existen dos clases de luz. La primera, corpórea, es la luz que se encuentra en el cuerpo luminoso representando su forma o actualización; la segunda, producto e imagen de la primera, es la luz que se irradia, en forma de esfera, del cuerpo luminoso; esta luz es incorpórea. De esta manera, Plotino da una doble existencia a la luz: una corpórea en virtud de la existencia del sol y otros cuerpos luminosos, y otra incorpórea que no sólo niega la teoría atómica del flujo de corpúsculos, sino que niega también la visión aristotélica de la luz como una cualidad de un medio corpóreo.

Si es una cualidad, alguna cualidad de alguna sustancia, entonces la luz, al igual que otras cualidades, necesitará un cuerpo al cual acoplarse; si, por el contrario, es una actividad que surge de algo más, podemos seguramente concebirla como existente aunque no exista ningún cuerpo vecino sino un vacío desprovisto de color que ésta traspasará, apareciendo en un lugar más lejano. La luz no es, por tanto, una modificación del aire, sino una existencia en sí misma en cuyo camino el aire está presente.¹¹

¹⁰ *Ibid.*, 4.5.7.

¹¹ *Ibid.*

Resumiendo podemos observar que el Uno irradia su esencia de la misma forma en que el sol irradia su luz. Todo lo existente produce una imagen de sí mismo que emana a sus alrededores; lo visible es imagen de lo invisible, de su arquetipo, y obedece siempre a la ley de la emanación. La luz es el paradigma de la emanación y nos permite conocer, observar, ver, las emanaciones de los objetos materiales a través del color y, por consiguiente, deducir su arquetipo, conocer su esencia. La luz es fuente de actividad y su comportamiento de emanación es esférico.

3. LA TRADICIÓN NEOPLATÓNICA EN LA EDAD MEDIA.

3.1 *El neoplatonismo en el Islam*

La influencia del trabajo de Plotino se extendió no sólo a los países de Europa, sino también al Islam. Una traducción de las *Eneadas* de Plotino al árabe —conocida como *La teología de Aristóteles*— hizo posible el surgimiento de una tradición neoplatónica.

La filosofía de al-Kindi (n. entre 813-823, m. ca. 870) es un ejemplo de la influencia de esta tradición en el pensamiento árabe.¹² En al-Kindi encontramos también que el ser se ordena en una jerarquía de perfección, el Uno es la causa primera, autocontenida e inamovible, y el alma se explica como la emanación del ser divino, de manera análoga a la luz como emanación del sol.

En su astronomía, al-Kindi postula que no sólo las estrellas y el sol emanan sus rayos de luz, sino que todos los cuerpos emanan cierto tipo de rayos: los del fuego transmiten calor, los de la Tierra, frío; la medicina emana

¹² Majid Fakhry, *A History of Islamic Philosophy*, Columbia University Press, 1970, pp. 82-112.

rayos al cuerpo del paciente; los cuerpos en colisión emanan rayos que se convierten en sonido e incluso las imágenes mentales se irradian, como la palabra que produce sus rayos. Ve al universo como una cadena de fuerzas donde cada criatura es una fuente de emanación y se encuentra influenciada por la emanación de los demás cuerpos.¹³

En cuanto a la física y las matemáticas de la radiación o emanación, al-Kindi nos dice que los rayos que se emanan de los cuerpos son tridimensionales y no unidimensionales, como en la óptica euclidiana, y que la radiación forma un cuerpo continuo. Se refiere a la luz como una "impresión" en el medio: el rayo de luz es la impresión de los cuerpos luminosos en los cuerpos oscuros. Llamada luz en virtud de la alteración de los accidentes producidos en los cuerpos que reciben tal impresión. Al-Kindi dota a la luz irradiada de una corporeidad que no tenía en la teoría de Plotino; mientras que la segunda luz de Plotino "salta" el medio para actualizar un recipiente que se encuentra más allá de él, la de al-Kindi es una cualidad que se encuentra en el medio (como en Aristóteles).¹⁴

Otro pensador importante de la tradición islámica es Avicbrón, que continúa la teoría emanacionista. Según él, la emanación obedece al siguiente esquema:

La primera emanación, que contiene a todas las sustancias, hace que las otras sustancias se emanen unas en otras. Como ejemplo de esto consideremos al sol, el cual no emana por él mismo ni concede sus

¹³ Lynn Thorndike, *A History of Magic and Experimental Science*, Columbia University Press, 1956, vol. I, pp. 642-646.

¹⁴ David C. Lindberg, *Theories of Vision from al-Kindi to Kepler*, Chicago University Press, 1983, cap. 2.

rayos sino por la razón del hecho de que cae dentro de la primera emanación y la obedece.¹⁵

La luz es nuevamente paradigma de la teoría emanacionista, pero con un atributo corpóreo especial, pues causa una "impresión" en los cuerpos que permite su visibilidad, que los hace visibles. Todos los cuerpos emanan sus rayos y producen diversas influencias en los cuerpos que los reciben y este flujo de emanaciones es continuo y corporal, como lo demuestran los efectos que producen. Uno de los efectos más importantes de la luz es el conocimiento de los objetos que se encuentran en el universo.

3.2 El neoplatonismo en Europa

En Europa surgió también una tradición neoplatónica que tuvo en Grosseteste (ca. 1168-1253), obispo de Lincoln, a una de sus figuras más importantes. Grosseteste adoptó lo que pudo de la teoría emanacionista, sin caer en el panteísmo herético. El papel que juega la luz en la teoría de Grosseteste permea su filosofía tanto como analogía que como símbolo. Asegura que Dios no crea mediante intermediarios, es decir, que no se crea a partir de cuerpos que han sido creados por él, sino que todas las cosas emanan directamente de Dios.¹⁶ Dios es la sustancia y esencia de la luz espiritual y no puede encontrarse una luz que no participe de esa luz esencial.

¹⁵ Tomado David C. Lindberg, "The Genesis of Kepler's Theory of Light: Light Metaphysics from Plotinus to Kepler", *Osiris*, 1986, p. 14.

¹⁶ Robert Grosseteste, *De luce*, trad. al inglés por Clare C. Riedl, Marquette University Press, Milwaukee, 1942, cap. 1.

Hay una única fuente de luz, cuya unidad se mantiene perfecta aun cuando sus rayos participen en lo variado. La generación y extensión de la luz a partir del sol espiritual deja su ser inalterado, indivisible sin cambiar su trascendencia sobre la jerarquía que forma su efusión.¹⁷

La luz no ocupa solamente un lugar destacado en la metafísica y teología de Grosseteste, sino también en su física y cosmología. Elabora un esquema cosmológico que busca reconciliar el emanacionismo neoplatónico con la génesis bíblica *ex nihilo* (la génesis a partir de la nada), dentro de un marco teórico aristotélico. Según esta cosmología, en el principio Dios creó la primera materia, una entidad adimensional, y la primera forma, un punto adimensional de luz. Este punto de luz se difundió instantáneamente en una esfera, llevando y arrastrando a la materia consigo, pues materia y forma son inseparables; de esta manera se da dimensión a la materia y se crean los cuerpos. La luz es la primera forma corpórea de la creación.

La primera forma corpórea, que algunos llaman corporeidad, es en mi opinión la luz (*lux*). Ya que la luz, por su propia naturaleza, se difunde en todas direcciones, de tal manera que un punto de luz produce instantáneamente una esfera de luz de cualquier tamaño, a menos que un cuerpo opaco se interponga en su camino [...] Pero una forma que es en sí misma simple y sin dimensiones no podría dar dimensión en ninguna dirección a la materia, la cual es también simple y sin dimensión, si no fuera mediante la multiplicación de sí misma y su difusión instantánea en cualquier dirección, extendiendo de esa manera a la materia en su propia difusión ... Así, la luz, que es la

¹⁷ *Ibid.*, p. 15.

primera forma creada en la primera materia, se multiplica gracias a su propia naturaleza un número infinito de veces, en todos los lugares, y se extiende uniformemente en todas direcciones. De esta manera procede en el inicio para extender a la materia, a la cual no podría dejar, arrastrándola con ella y convirtiéndola en una masa del tamaño del universo material.¹⁸

Esta difusión esférica de la luz termina cuando las partes más alejadas alcanzan el límite de rarefacción, actualizando la potencialidad de la materia y originando el "firmamento" o esfera más alejada del centro del universo, que es un cuerpo perfecto ya que no tiene nada en su composición que no sea la materia prima y la forma prima. El firmamento irradia su luz (*lumen*) de regreso, hacia adentro, pues la luz es la perfección del primer cuerpo y se multiplica naturalmente a partir de este cuerpo. Al regresar la luz hacia el centro del universo se produce una nueva rarefacción, ya que la luz siempre carga consigo a la materia. Así se van produciendo las diversas esferas celestiales, cada una rarificada al máximo y, por lo tanto, perfectas en cuanto a su propia potencialidad. La región más baja de estas esferas sucesivas es la más densa y fue diferenciada en los cuatro elementos que componen la región terrestre. Estos elementos están sujetos, a su vez, a más procesos de condensación y rarefacción y por ello al cambio, debido a su actualización incompleta.¹⁹

Un punto que debemos resaltar es el de la unidad básica del universo, pues aunque distingue la perfección de los cielos de la imperfección terrestre, existe una unidad fundamental basada en la luz como primera forma

¹⁸ *Ibid.*, pp. 10-11.

¹⁹ *Ibid.*, pp. 13.

corpórea y causa de la creación material. Todos los cuerpos del universo, sean celestes o terrestres, son productos de la luz que se irradia. "La forma y perfección de todos los cuerpos es la luz, pero en los cuerpos más elevados esta luz es más espiritual y simple, mientras que en los cuerpos más bajos es más corpórea y multiplicada".²⁰

Esta misma unidad es la causa del movimiento de todos los cuerpos. "Como todos los cuerpos participan de la forma de la primera luz al igual que los cuerpos más elevados, los cuerpos más bajos, por la participación en esta misma forma, reciben como aquéllos movimiento del mismo poder incorpóreo".²¹

Grosseteste adopta la visión de al-Kindi al proclamar que todo actúa sobre todo a través de la radiación de la fuerza o poder de la luz. Al tener la luz esta importancia, nos dice que "la causa de todos los efectos debe expresarse por medio de líneas, ángulos y figuras, pues de otra manera sería imposible alcanzar su explicación".²² De aquí que la geometría juegue un papel importante, pues "por estas reglas y fundamentos dados por el poder de la geometría, el investigador diligente de las cosas naturales puede especificar las causas de todos los efectos naturales. Y no lo puede hacer de otra manera."²³ Es claro que si todos los fenómenos pueden ser explicados en términos de líneas, ángulos y figuras, es porque todos ellos son reducibles a los efectos de la radiación de la luz.

En san Buenaventura (ca.1217-1274) encontramos nuevamente muchas de las tesis de Grosseteste. Según él, Dios creó el empyreo, la esfera

²⁰ *Ibid.*

²¹ *Ibid.*, p. 16.

²² Tomado de una cita de Robert Grosseteste, *De lineis, angulis, et figuris*, en Edward Grant (ed.), *A Source Book in Medieval Science*, Harvard University Press, 1974, pp. 65-66.

²³ *Ibid.*

celeste mayor, de la cual la luz se irradia instantáneamente en las todas direcciones. En cuanto a la noción de luz espiritual, ésta dio existencia a los seres angélicos, en tanto que como luz corpórea confirió la extensión y dio origen a los cuerpos. La luz es la forma de toda sustancia corpórea y también es, en cuanto actividad pura, la causa de la actividad de los cuerpos. Los cuerpos se ordenan jerárquicamente en el universo conforme al grado de participación que tienen en la forma luz.²⁴

Buenaventura distingue dos tipos de luz: "La luz (*lux*) puede entenderse en dos maneras: primero como la forma que da ser a los cuerpos luminosos y por la cual se encuentran activos; en el otro sentido, la luz es el fulgor que rodea a los cuerpos luminosos y que resulta de la existencia de la luz en esa materia. Esta luz es el objeto del sentido y el instrumento de la actividad".²⁵ Por su parte, el otro tipo es llamado *lumen* y es la forma corpórea que requiere de un medio. *Lux* es forma sustancial y *lumen* es forma accidental.

Estas distinciones ya habían sido hechas por Avicena, quien distinguía entre *lux* como la cualidad del sol o el fuego, y *lumen* como el efecto de la *lux* en el medio. Grosseteste también distinguía entre ambos términos, pero de una manera diferente, pues llamaba *lux* a la luz primaria, el punto que se extiende, y *lumen* a su resultado, es decir, la luz que se desplaza del firmamento hacia el centro.

Roger Bacon (ca. 1220-ca. 1292), uno de los principales pensadores del medioevo, no desarrolló una metafísica de la luz, sino tomó la física de la luz de al-Kindi y Grosseteste y la desarrolló en una doctrina sistemática, donde la

²⁴ Philotheus Boehner y s. Emma Therese Healy (eds.), *Saint Bonaventure's "De reductione artium ad theologiam"*. A commentary with an Introduction and Translation, t. 1 de *Works of Saint Bonaventure*, Instituto Franciscano, Nueva York, 1955.

²⁵ *Op. cit.*, p. 46.

radiación de la luz es el instrumento universal de los efectos. En su *De multiplicatione specierum* hace un análisis de la naturaleza de la luz irradiante como nunca se había hecho con anterioridad.²⁶

Bacon considera la luz como la actualización de la potencialidad del medio y a las especies como comprendidas en éste, que les confiere su dimensionalidad, pues es su causa material. Rechaza la diferencia entre corporeidad y materialidad (diferencia basada en la "forma") y las maneja como sinónimos. Las especies son corpóreas como la luz.

Para Bacon, "especie" es "el primer efecto de un agente, pues todos juzgan que mediante las especies otros efectos son producidos. Así, el sabio y el ignorante pueden estar en desacuerdo en muchas cosas en su conocimiento de las especies, pero ambos concuerdan en esto: que el agente manda una especie en la materia del receptor, de manera que, a través de la especie producida, puede transmitir la potencialidad a la materia del receptor produciendo el efecto que pretende."²⁷

Para Bacon, "especie" tiene distintos nombres en distintos contextos, por lo que puede llamarse forma, imagen, similitud, especie, ídolo, fantasma, simulacro, intención, virtud, pasión o impresión.

En cuanto a la manera en que la especie es enviada del emisor al receptor, nos dice que aquél produce una imagen de sí mismo en el medio (el aire, por ejemplo), la cual se multiplica a través de las distintas partes de éste, no generándose con un cuerpo propio, sino en una forma corporal que no tiene dimensiones en sí misma sino que se produce conforme las dimensiones del medio; así, en lo que hace a la especie *lumen*, no se lleva a

²⁶ Véase David C. Lindberg, *Roger Bacon's Philosophy of Nature: A Critical Edition, with English Translation, Introduction and Notes, of "De multiplicatione specierum" and "De speculis comburentibus"*, Clarendon Press, Oxford, 1983.

²⁷ *Ibid.*, p. 7.

cabo mediante un flujo a partir del cuerpo luminoso, sino por el arrastre de la potencialidad de la materia del medio.²⁸

Para Bacon existe una interrelación entre las "especies" y la luz. En el *Opus maius* nos dice que

La especie no es un cuerpo, ni es transportada de una parte a otra [...] sino que produce una similitud de sí misma en el medio [...] por lo que no hay cambio de lugar sino generación multiplicada a través de las distintas partes del medio; no es un cuerpo el que se genera, sino una forma corporal que no tiene dimensiones en sí misma sino se produce conforme a las dimensiones del aire y no es producida por el flujo de un cuerpo luminoso, sino por el arrastre de la potencialidad de la materia en el aire.²⁹

En Bacon vemos un mayor énfasis en las "especies" como instrumento del conocimiento y manifestación de la potencia del mundo; sin embargo, no deja de ser la luz la especie por excelencia, pues ella es la manifestación de la forma más pura y el instrumento privilegiado del conocimiento. Si se interesa en la manera en que las especies emanan y explica al mundo como el conjunto de interrelaciones producidas por las emanaciones terrestres y celestes, es también claro que la luz ocupa el lugar de paradigma de la teoría emanacionista. Toda la explicación de la diversidad del universo y sus fenómenos descansa en este paradigma.

En este sentido, resulta interesante el comentario de Vitelo en su *Perspectiva* (1281):

²⁸ *Ibid.*, pp. 45-46.

²⁹ John Henry Bridges, *The Opus Majus of Roger Bacon*, Williams & Norgates, Londres, 1900, vol. II, pp. 71-72.

La luz es la difusión de las formas corpóreas supremas, aplicándose a través de la naturaleza de la forma corpórea a la materia de los cuerpos inferiores e impresionando las formas descendientes con la del artífice divino e indivisible en los cuerpos corrompibles de manera divisible y produciendo siempre, por su incorporación en ellos, nuevas formas específicas o formas individuales, en las cuales ocurre, gracias a la actualización de la luz, la formación divina tanto de las órbitas como de los poderes de movimiento.³⁰

4. LA ACADEMIA DE FLORENCIA.

Marsilio Ficino (1433-1499) funda la academia de Florencia y restituye una visión neoplatónica más pura, sin la influencia del aristotelismo que marcó a Plotino o Grosseteste; la academia de Florencia hizo posible el conocimiento directo de las obras de Platón y Plotino, además de presentar las obras de Ficino, que fueron de gran influencia en su época.³¹

Para Ficino la luz era el tejido que da cohesión y coherencia al universo. Concebía a Dios como una luz invisible e infinita, fuente de la luz visible. Todas las criaturas participan de esta luz invisible pero en diferentes grados, lo que produce la jerarquización del universo. La luz es la fuerza que anima y activa a todos los cuerpos, dotándolos de movimiento.

Entre las características de la luz sobresalen la expansión instantánea, siendo "en todas partes la imagen de la verdad y bondad del universo", "causa, preservación y animación de todas las cosas". "Sin ella, todas las

³⁰ Véase Lindberg, *Theories of Vision*, cit., pp. 105-106.

³¹ Véase Paul Oskar Kristeller, *The Philosophy of Marsilio Ficino*, Columbia University Press, 1943.

cosas parecen morir", "es Dios haciéndose a Él mismo, adaptándose a Sus obras".³²

Ficino nos dice que la primera creación de Dios fue la materia, una materia sin forma ni extensión, que después fue extendida a lo largo, lo ancho y lo profundo, produciendo la sustancia corporal, de donde la luz es "la primera forma del primer cuerpo".³³ Según él, el sol "regula y guía todas las cosas celestiales, infundiendo vida incluso a los astros e influenciando nuestros espíritus".

En cuanto a la naturaleza de la luz, aunque parece aceptar la existencia de la relación entre *lux* y *lumen* como algo semejante a la de arquetipo y creación, en la práctica no hace ninguna distinción precisa entre ambas luces. Según Lindberg,³⁴ sólo existe una luz para Ficino, una luz infinita y simple, pues no acepta la discontinuidad entre la luz divina y la luz que percibimos en nuestro mundo, sino sólo diferencia en su grado de pureza.

Ficino nos dice que la luz es "casi" incorpórea, pues penetra cuerpos sólidos y blandos, espacios pequeños y grandes, y todo con igual facilidad y al mismo tiempo, lo cual prueba que la luz es más espiritual que corpórea. Según él, "lumen es cierta emanación espiritual, instantánea y extremadamente difusa de los cuerpos por su naturaleza, sin que esta emanación vaya en detrimento de los mismos".³⁵

Para él la luz no es una cualidad del medio como para Aristóteles, sino una actividad natural y propia de los cuerpos luminosos. "La luz no se

³² En Marsilio Ficino, *De lumine* 5, 16, tomado de *Théologie platonicienne de l'immortalité des âmes*, Paris, 1964.

³³ Gertrude Kelly H., "Three Worlds of Light: The Philosophy of Light in Marsilio Ficino", tesis doctoral, universidad de Rochester, 1974, citado en David C. Lindberg, art. cit., p. 22.

³⁴ David C. Lindberg, "The Genesis of Kepler's Theory of Light...", art. cit..

³⁵ Marsilio Ficino, *De lumine*, vol. 2, núm. 13, p. 997.

mezcla con sustancia transparente iluminada, pues una mezcla de este tipo no corresponde a la actividad y poderes celestiales, sino a cualidades elementales. No es necesaria ninguna cualidad elemental para la presencia de la luz, es suficiente con que la luz no encuentre opacidad terrestre que le impida recibir las cosas celestiales".³⁶ Nos dice que *lumen* es algo que se encuentra entre la sustancia que existe por sí misma y la cualidad que depende tanto del agente emisor como del receptor. La luz es dependiente e inseparable de la luminosidad de la fuente, sirviendo como intermediario por el cual las fuentes luminosas irradian luz y calor a los cuerpos en su vecindad. Para él la luz es al medio lo que el alma es al cuerpo, ambos animan a sus receptáculos.

El alma hace lo mismo que la luz del sol. La luz desciende del sol al fuego y lo llena sin abandonar al sol. Siempre se adhiere al sol y siempre llena al fuego. Perfecciona al aire sin corromperse con su corrupción. De la misma manera, la tercera esencia, el alma, debe adherirse a lo divino y llenar aquello que es mortal. Mientras se adhiere a lo divino conoce lo divino pues está espiritualmente unido a éste, y la unión espiritual genera conocimiento. Mientras llena los cuerpos, moviéndose con ellos desde dentro, los anima.³⁷

De nuevo podemos observar que la luz ocupa el lugar de un paradigma. El paradigma del conocimiento, de la transmisión y la emanación. La luz es un elemento que actúa de la manera en que todos los cuerpos actúan, en todas las esferas celestes, en todos los ámbitos de la

³⁶ *Ibid.*, p. 980.

³⁷ *Ibid.*, p. 985.

existencia, sea espiritual o material: pero no es sólo un elemento más, es el elemento que nos permite observar con mayor claridad el proceso de creación y transmisión divina, la unión que nos ata a un espíritu superior y a todo el universo.

5. JOHANNES KEPLER (1591-1630)

En los primeros trabajos de Kepler³⁸ encontramos una asociación entre la luz y los arquetipos matemáticos. En ellos, la luz se nos presenta como uno de los principales agentes empleados por el creador en su ordenamiento del universo. La luz liga las realidades corpóreas y espirituales, por lo que quien estudia la luz se ve recompensado con la comprensión de la realidad.

Abundando en lo dicho por Kepler, encontramos que la luz no sólo es imagen de Dios, también es el origen de las facultades del alma, el hilo que une al mundo espiritual con el de los objetos, y el espejo de las leyes de la naturaleza. No es algo que se encuentra sólo en el sol, sino también en el alma e incluso en la Tierra, a quien en su *Anima telluris* le asigna un alma que irradia sus especies como un cuerpo luminoso irradia su luz. En última instancia, la luz está asociada también con la vida.

Kepler, creyente de la influencia astrológica del universo, nos dice que hay dos tipos de causas astrológicas,³⁹ una matemática y otra física. La causa física es absolutamente óptica y depende de la radiación de la luz de los

³⁸ En especial, *Ad Vitellionem paralipomena, quibus astronomiae pars optica traditur*, en Jole Shackelford, "Kepler on the Nature of Light", *Eine Kleine Lichtmetaphysik*, Frankfurt, 1983, donde se incluye una traducción al inglés.

³⁹ J. Bruce Brackenrikge (ed.), "Johannes Kepler's *On the More Certain Fundamentals of Astrology*, Prague, 1601", *Proceedings of the American Philosophical Society*, 1979, 123(2): 85-116.

cielos a la Tierra. A través de su luz, el sol da calor a la Tierra, la luna refleja los rayos solares al igual que los planetas, y todos influyen en la composición y estado de la Tierra. La causa geométrica se da por la capacidad del alma de distinguir los ángulos en los que la luz de diferentes cuerpos nos llega del cielo. Si la incidencia de los rayos es armónica, el alma percibe esta armonía y despliega una mayor actividad. El alma es un ente que se comunica geoméricamente con el universo.

En los *paralipomena* presenta los siguientes postulados sobre la luz:⁴⁰

a) Está en la naturaleza de la luz emanar de los cuerpos luminosos y comunicarse con los objetos lejanos; b) los cuerpos luminosos lanzan desde cada uno de sus puntos un número infinito de rayos lineales que forman una esfera con centro en el punto de emanación; c) la luz se propaga al infinito pues la proporción de la fuerza que la repele del objeto luminoso respecto a su peso es infinita, por lo que puede viajar a cualquier distancia e instantáneamente; d) los rayos de luz se propagan en línea recta, pero esta línea recta, el rayo, no es la luz, sino la representación geométrica de su movimiento.

Kepler no hace ninguna distinción entre *lux* y *lumen*, utilizando ambos términos para hablar de la luminosidad de un cuerpo como de la emanación en sí. Para él, la luz es una emanación que no depende de ningún medio.

El tema de las "especies" y su relación con la luz es interesante. Lindberg supone que luz y especie son lo mismo,⁴¹ pero no es clara esta similitud. La luz es una clase privilegiada de especie, pues carga con la especie y la conduce al ojo que la observa. Sin duda la corporeidad de la especie está entrelazada con la corporeidad de la luz, pero la especie es una

⁴⁰ Véase Jole Shackelford, cit. en la nota 38.

⁴¹ David C. Lindberg, *Kepler's Theory of Light*, cit.

cualidad de los cuerpos, mientras que la luz es la cualidad de un único cuerpo, un cuerpo superior que se manifiesta en Dios, el sol o una vela, según su distinto grado de perfección. Sin duda, al hablar de las especies se debe hablar de la luz —como vimos con Plotino, Ficino o Bacon—, pero no podemos pensar que Kepler supusiera que fueran la misma cosa.

Kepler concibe a la luz como un ente inmaterial, como lo demuestran la gran velocidad a la que viaja y la inmensa distancia que recorre. Nos dice:

[...] como se ha demostrado en los libros sobre movimiento de Aristóteles, existe una relación entre el tiempo y la razón de la fuerza motriz y la cantidad de movimiento [...] Pero aquí la razón de la fuerza motriz y la luz que mueve es infinita, puesto que la luz no tiene materia ni por lo tanto peso. Por lo que el medio no resiste a la luz, ya que la luz carece de materia a la que resistir.⁴²

La luz es una "especie" del sol de naturaleza semejante a otra "especie" solar: la importante "virtud motriz" (*virtus motrix*), que obliga a los planetas a seguir su rumbo en los cielos. Como la *virtus motrix* tiene una intensidad inversamente proporcional al cuadrado de la distancia, Kepler concluye que la intensidad de la luz también sigue esta ley, dando así uno de los primeros ejemplos en los que se intenta una apreciación cuantitativa del comportamiento de la luz.⁴³

Es importante anotar que Kepler está interesado en buscar, a través de la materia, los arquetipos matemáticos que explican el universo. Aquí de

⁴² Jole Shackelford, prop. 5, p. 21.

⁴³ Véase el estudio introductorio a Isaac Newton, *Principios matemáticos de la filosofía natural*. Editora Nacional, Madrid, 1982. preparado por Antonio Escohotado, en especial pp. 58-69.

nuevo la luz juega el papel de paradigma del conocimiento, no tanto científico como místico, pues es la representación más inmediata de Dios, de sus leyes y de su voluntad.

Como vemos, Descartes tiene atrás de sí una gran tradición filosófica, donde se entrelazan conceptos "científicos" con conceptos místicos y religiosos, que hacen de la luz un elemento fundamental para comprender el universo, tanto material como espiritual. Influenciado por esta tradición, Descartes iniciará su propio itinerario que lo llevará a conformar una teoría filosófica que rompe con el renacimiento inaugurando una forma nueva de concebir al mundo y a la ciencia. Esta trayectoria cartesiana es producto de una serie de descubrimientos y rectificaciones que culminan, en un primer momento, con el tratado de *El mundo* y finalmente con las *Meditaciones metafísicas*.

II. EL OBJETIVO DE *EL MUNDO*

Para situar las inquietudes y razonamientos que conducen a la escritura de *El mundo*, se procederá a hacer un pequeño resumen del itinerario cartesiano. Éste puede dividirse en cuatro periodos, que van desde su entrada a la escuela de La Flèche hasta su muerte en 1650.

1) 1606-1616, cuando estudia en el colegio jesuita parisino de La Flèche, donde se sumerge en el mundo de la escolástica aristotélica.¹

2) 1617-1622, que dedica a viajar por el centro de Europa en búsqueda de los conocimientos herméticos y cabalísticos, su ingreso al Ejército, y su regreso a París, donde entra en contacto con el círculo del padre Mersenne, que sería uno de sus principales interlocutores.

3) 1623-1633, periodo que transcurre entre París y Holanda y en el cual inicia sus estudios científicos —de los que se conservan algunos extractos— y concluye con la redacción, envío y retiro de la imprenta de *El mundo*.

4) 1634-1650, periodo durante el cual edita su obra más conocida, como el *Discurso del método* y las *Meditaciones metafísicas*, y que termina con su muerte en Estocolmo en 1650.

En el periodo posterior a su salida de La Flèche, Descartes se interesa en la búsqueda de un saber universal inspirado por la tradición neoplatónica de Ficino² y la influencia del saber esotérico que caracteriza el ambiente

¹ Para una descripción de la trayectoria académica de Descartes y la influencia recibida en esos años, véase Étienne Henry Gilson, *Études sur le rôle de la pensée médiévale dans la formation du système cartésien*, Vrin, Paris, 1983.

² Sobre la Academia de Florencia y Ficino y su posición neoplatónica, véase el capítulo anterior.

intelectual de inicios del siglo XVII.³ En esta época hay en él un objetivo claro de alcanzar un saber total, globalizador, que permitiera el conocimiento de la naturaleza con un objetivo central: el dominio inmediato de la realidad. Esta posición se mantendrá como una de las líneas constantes en el cartesianismo maduro.

I. EL PERIODO 1617-1622

En 1616 encontramos un Descartes convencido de que existe una relación íntima entre los entes sensibles y los entes espirituales, y de que esta relación se manifiesta a través de un simbolismo que resulta fundamental para el conocimiento. De él se dice:

Al igual que la imaginación usa de figuras para concebir los cuerpos, el intelecto también usa ciertos cuerpos sensibles para figurar las cosas espirituales, como el viento y la luz. Por este medio, como filósofos profundos, podemos elevar la mente al conocimiento más elevado.⁴

En esta época, Descartes, convencido del poder del simbolismo cabalístico y hermético, cree encontrar en el manejo de figuras un correlativo con la realidad; sus primeros estudios en geometría lo convencen de la existencia de una relación innegable entre la imagen dibujada y las operaciones realizadas en ella, con la realidad sensible. Para él, estas imágenes no son otra cosa sino símbolos que corresponden a objetos reales;

³ Sobre la tradición esotérica de la época, véase Silvio Turro, *Descartes. Del hermetismo a la nueva ciencia*, Anthropos, Barcelona, 1985.

⁴ Adam y Tanery, *Descartes. Oeuvres complètes*, t. X, p. 217.

de aquí que las propiedades de la cosa simbolizada correspondan a las propiedades del símbolo. Desarrollar y conocer esas propiedades significa descifrar la realidad.

En la imaginación, una figura remite a la realidad sensible, mientras que en el entendimiento la realidad sensible remite a la idea por ella expresada. Cuando Descartes hace una demostración geométrica o algebraica, lo que en realidad hace —piensa él— es representar en rasgos sensibles sobre el papel una serie de relaciones y conceptos puramente intelectuales, haciendo que los cuerpos sensibles (*corporalia*) representen entes espirituales (*espiritualia*). Existe una conexión que nos conduce, si somos "filósofos profundos", a un conocimiento más elevado.

Este tipo de conocimiento se da dentro de un marco teórico de analogías. A todo acontecer real le corresponde un acontecer simbólico y viceversa, por lo que el conocimiento universal se puede alcanzar a través de la manipulación de símbolos, como en la cábala.

En esos momentos, Descartes se encuentra inmerso en la herencia de Ficino, buscando un saber para los iniciados, para la gente capaz de descubrir en los símbolos las relaciones internas de los procesos sensibles. Es dentro de este simbolismo donde empiezan a cobrar gran importancia los avances que realiza en álgebra y geometría, pues le sirven como mecanismos de manipulación de objetos que le permiten no sólo deducir con rigor las verdades conocidas, sino también descubrir nuevas verdades.

Dentro de esta tendencia, Descartes llega, a finales de 1620, a lo que él calificó como su *inveni mirabilis*, su invención maravillosa, que aunque no tiene las proporciones de una ciencia universal —a la que tenderá más tarde—, sí es uno de los momentos más importantes en el desarrollo de su pensamiento y de la ciencia en general: la geometría analítica.

Con la herramienta de la geometría analítica logra un avance importante en su búsqueda del conocimiento, pues puede comprobar que existe un simbolismo que efectivamente unifica la geometría y el álgebra.

II. EL IMPULSO DE LA GEOMETRÍA

La génesis de este *inveni mirabilis* es muy interesante. Descartes, convencido por la cábala y sus estudios herméticos de que existe un simbolismo universal, buscó reducir los problemas en los que se interesaba de aritmética, mecánica, balística y de la cábala misma, a proporciones geométricas, mismas a las que dedicó su trabajo.

En las diferentes áreas encontró una cantidad de series cuya característica común es que el orden de aparición de cada elemento está determinado por una regla que define el número que aparece en el lugar n . La pregunta que Descartes se hace es la de saber qué relación algebraica asocia al elemento que ocupa la posición n , con el número que aparece en la sucesión (a_n) . Así, en la sucesión o serie de números, 2, 4, 12, 20, 30, 42, 56..., si buscamos al número a_n que aparece en el lugar n de la serie, tenemos que $a_n = n^2 + n$. Descartes está interesado en una teoría de las proporciones (geométricas, ópticas y cabalísticas), representadas por estas sucesiones de números. Al encontrar las relaciones algebraicas en el manejo de las sucesiones —y, por tanto, de las proporciones de donde surgen—, algebraiza los problemas que trata y les da un sentido más amplio, pues la representación algebraica tiene un alcance mayor que la pura representación secuencial de las proporciones.

A partir de aquí, resulta que a cada proporción se le asocia una función algebraica que representa un número infinito de números. Entonces se le ocurre la idea de asociar a cada par de puntos de estas funciones con unidades del plano, asociando a la serie 2, 4, 12, 20, etcétera, los pares (1,2), (2, 4), (3, 12), (4, 20), obteniendo por cada par un punto en el plano, mismos que al unirlos forman rectas que representan geoméricamente esas funciones. "Pensaba que para considerar mejor [las proporciones], debía suponerlas en líneas, pues no encontraba nada más simple".⁵ Así, los ejes coordenados —ya utilizados en ese tiempo por los ingenieros— se convirtieron en el instrumento para unificar el álgebra y la geometría.

Cabe mencionar que la representación geométrica de series de números que describían un proceso o datos relevantes de una observación, ya era utilizada en la Edad Media.⁶ Asimismo, la representación geométrica de cantidades, tiene en la llamada tradición del Colegio Merton o "calculadores" de Oxford, una gama amplia de antecesores,⁷ aunque no alcanzaron la generalidad que alcanza en Descartes.

Estas ideas dieron una nueva orientación al trabajo cartesiano, haciendo a un lado el problema del simbolismo, en el que había alcanzado logros importantísimos en el campo de la matemática, para estudiar el proceder de este *inventi* como una forma privilegiada de alcanzar el conocimiento.

⁵ Descartes, *El discurso del método*, p. 20.

⁶ J. D. North, "Coordinates and Categories: the Graphical Representation of Functions in Medieval Astronomy", en *Mathematics and its Applications to Science and Natural Philosophy in the Middle Age*, E. Grant y J. Murdoch (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, 1987.

⁷ Marshall Clagett (ed.), *Nicole Oresme and the Medieval Geometry of Qualities and Motions*, University of Wisconsin Press, Madison, 1968.

III. DEL DESCUBRIMIENTO GEOMÉTRICO AL DESCUBRIMIENTO DE LEYES

En su trabajo de 1621-1622, *Studium bonae mentis*, encontramos un Descartes interesado ya en la forma en que el entendimiento alcanza el conocimiento a partir de él mismo, desarrollando las "semillas internas" del saber, a partir de la "memoria". Descartes hace una distinción entre la memoria corporal y la intelectual. La primera es aquella que requiere de repeticiones frecuentes para mantener sus hábitos y que se refiere a los trabajos prácticos particulares, donde los principios no son claros para cualquier persona; por su parte, la memoria intelectual, que depende del alma, busca los principios más simples y produce los conocimientos más generales.

Su *inventionis* ha demostrado que ambos tipos de memoria existen, al pasar de la corporal en la sucesión de números, a la intelectual que representa la algebrización de las series para producir una regla general. Para Descartes existen entonces dos facultades esenciales del conocimiento: el entendimiento y la imaginación —entendiendo a esta última como la memoria intelectual—, que se refieren a dos ciencias también fundamentales: "la verdadera filosofía, que depende del entendimiento y la verdadera matemática, que depende de la imaginación".⁸ No debemos olvidar que Descartes se encontraba inmerso en un neoplatonismo que supone que el descubrimiento de verdades es una especie de recuerdo; de ahí que en estos momentos relacione la memoria con la imaginación.

El *Studium* busca, en la forma misma del proceder matemático, las claves que le permitan encontrar un "buen sentido" que posibilite y garantice el conocimiento esencial y uniforme a partir del parcial y fragmentado.

⁸ Descartes, *Cogitationes privatae*, en Adam v Tanerv, t. X, p. 203.

Descartes hace además una nueva distinción entre dos tipos de ciencia: la práctica, que se relaciona con la experiencia, y la teórica, que va más allá de la experiencia para buscar los fundamentos más simples y la construcción lógica de teorías que den cuenta de la realidad, en donde la forma del pensamiento matemático juega un papel esencial. En este momento ocurre un viraje en el pensamiento cartesiano: se inicia el rompimiento con la visión renacentista. En ésta, aunque se unían ciencia y experiencia, la ciencia se mantenía disgregada y se interesaba por conocimientos parciales. Bajo la visión cartesiana se cambia el objetivo de alcanzar el saber universal a través del hermetismo, para buscarlo en una ciencia unificada donde el simbolismo seguirá jugando un papel importante, pero ahora desde la perspectiva matemática.

En 1622 Descartes regresa a París y se dedica a profundizar en su invención, haciendo un análisis de curvas y su representación algebraica, al igual que dedicándose al estudio de la óptica y la mecánica. En esta época se relaciona con el círculo del padre Mersenne, constituido por importantes filósofos, científicos y técnicos, que juegan un papel importante como interlocutores de sus descubrimientos y estímulo para su avance.

IV. LA MATEMATIZACION DEL CONOCIMIENTO UNIVERSAL

En 1627, Descartes se propone sistematizar el trabajo realizado durante sus años en París y profundizar sobre los aspectos que empezó a esbozar en su *Studium*, dando como resultado la redacción —incompleta— de las *Regulae ad directionem ingenii*. En éstas sigue estando presente la necesidad de

alcanzar un conocimiento universal a partir de reglas comunes a todos los conocimientos:

[...] Todas las ciencias no son otra cosa que la sabiduría humana, que permanece siempre una y la misma por más diversos que sean los objetos a los que se aplica.

[...] Me parece sorprendente que muchos escudriñen con máxima atención las costumbres de los hombres, las propiedades de las plantas, el movimiento de los astros, las transmutaciones de los metales y otros objetos de estudio parecido, y entre tanto que nadie piense en el buen sentido o en esta sabiduría universal cuando, no obstante, todas las cosas deben apreciarse, no tanto por ellas mismas, cuanto por su relación con ésta.

[...] como acabamos de decir, entre las disciplinas conocidas, sólo la aritmética y la geometría están exentas de toda falsedad o incertidumbre.⁹

Encontramos aquí ya una intención clara por reducir y unificar el saber fragmentario del renacimiento a través de una "sabiduría universal" o "buen sentido" que se manifiesta en la aritmética y la geometría. La "invención" de 1620 le había mostrado que estas dos ciencias eran a la vez reducibles a una, mediante una serie de razonamientos que, pensaba entonces, se podrían aplicar a todos los saberes para alcanzar el tan codiciado saber universal. Dice Descartes:

⁹ Descartes, *Regulae...*, en Adam y Tannery, t. X, pp. 360 y 364.

Reflexionando con más atención se observa que todas las cosas en que se examina el orden o la medida se refieren a la matemática, sin importar que tal medida sea buscada en números, o en figuras, o en astros, o en sonidos, o en cualquier otro objeto; de ahí que deba existir alguna ciencia general que explique todo cuanto pueda investigarse acerca del orden y de la medida sin referirlo a ninguna materia particular, y que tal ciencia sea llamada matemática universal.¹⁰

Aquí se inicia el camino hacia una *mathesis universalis*: del mismo modo en que la mente se guía por ciertas reglas constantes para alcanzar verdades desconocidas en la matemática, debe existir una ciencia cuya metodología nos permita encontrar la sabiduría universal. Esta metodología consiste en reglas que permitan avanzar en el conocimiento ordenado y progresivo del universo y constituyen una matemática universal.

Ahora bien, que todo conocimiento o disciplina pueda reducirse a un modelo matemático significa que puede hacerse abstracción de los objetos de estudio de cada una y considerarse únicamente los números que los miden. También significa que estos números pueden tratarse como series, y que éstas, a su vez, pueden reducirse a funciones algebraicas que den razón de ellas, logrando la plenitud del conocimiento.

Sin embargo, esto no es tan sencillo como parece. En la regla VIII, Descartes se enfrenta a un problema de refracción que da un giro sustancial a su trabajo.

Si, por ejemplo, alguien que sólo se ocupa de la matemática busca aquella línea que en dióptrica se denomina anaclástica, en la que los

¹⁰ *Ibid.*, p. 404.

rayos paralelos se refractan de modo que todos convergen en un punto de refracción, fácilmente se advertirá [...] que la determinación de esta línea depende de la proporción que establecen los ángulos de refracción con los de incidencia; pero como no será capaz de averiguar tal cosa, pues no pertenece a la matemática sino a la física, aquí deberá detenerse.¹¹

¿Por qué no poder determinar esa proporción entre los ángulos de incidencia y refracción? Éstos habían sido considerados por la tradición (véase el capítulo anterior) como dependientes unos de otros y determinados por el principio de simplicidad de la naturaleza, que a su vez guiaba todos los fenómenos naturales. Este principio implicaba la igualdad esencial entre los ángulos de incidencia y refracción, que se concebía como la bisección de la perpendicular imaginaria y la prolongación del ángulo de incidencia. Sin embargo, Descartes ha descubierto que esto es falso, pues los ángulos no se comportan de esa manera y, por lo tanto, no dependen de una ley de simplicidad, como supuso Ficino, sino que:

Depende de la variación de los mismos ángulos según la diferencia de los medios; [el investigador] encontrará a su vez que esta variación depende del modo en que el rayo penetra por todo cuerpo transparente, y que el conocimiento de esta penetración supone el conocimiento de la naturaleza de la luz [...] que es lo último y más absoluto en toda esta serie.¹²

¹¹ *Ibid.*, p. 393.

¹² *Ibid.*, p. 394-395.

Parece entonces claro que el proceder matemático es insuficiente para resolver este problema, puesto que el elemento esencial de la serie, el origen mismo, cae fuera de su ámbito al no ser reducible al número, según lo expresado por Descartes. La determinación de los ángulos depende de un elemento absoluto cuya naturaleza es distinta e irreducible a la pura matemática: la naturaleza de la luz.

A partir de aquí, Descartes, que había considerado que para alcanzar el conocimiento universal era suficiente contar con el entendimiento y la imaginación —en tanto que memoria intelectual—, como consecuencia de la observación de que estas dos facultades eran las utilizadas para deducir, a partir de la serie de números, las relaciones algebraicas y geométricas, introduce otras dos facultades como necesarias para alcanzar ese conocimiento: la imaginación y los sentidos.

Así, mientras que la invención de 1620 había hecho que Descartes olvidara el poder de la imaginación —que entendía como la capacidad creadora de los poetas— como facultad necesaria para el conocimiento universal, conformándose con el uso de la memoria y del intelecto, se ve forzado no sólo a recuperarla, sino a introducir también a los sentidos como parte integrante de las capacidades que nos permiten alcanzar la globalidad del conocimiento.

Con estas dos nuevas facultades intentará abarcar ese aspecto que escapa a la matematización. Como la naturaleza esencial de los entes físicos es pensada por Descartes como una particular configuración de lo sensible, se ve obligado a integrar estas facultades, que tradicionalmente se han dedicado al análisis de dicha configuración. Aquí la imaginación se refiere ya no tanto a la capacidad de recordar, a la memoria intelectual, como a la

capacidad para abstraer las figuras de los entes sensibles, a formar imágenes de esas figuras y a manipularlas.

Ahora bien, el trabajo matemático de Descartes, orientado al estudio de las proporciones, tiene como eje el manejo de magnitudes. Para él parece apropiado determinar la realidad física por medio de esta imaginación y su proceder, que nos conduce a la imagen de extensión como correlativo de la magnitud. Reduciendo lo físico, por medio de los sentidos y la imaginación, a la extensión, podrá hacer el manejo matemático de la extensión como ha realizado el manejo de magnitudes en su teoría de las proporciones.

De lo cual se concluye que será de no poco provecho si relacionamos lo que he dicho de las magnitudes en general con aquella especie de magnitud que se presenta a nuestra imaginación más fácil y distintamente: y esta magnitud es la extensión real de los cuerpos abstraída de toda otra cosa que lo que es figurado [...] de donde hemos concebido que esta misma imaginación con las ideas existentes en ella no es más que un verdadero cuerpo real extenso y figurado (i.e. con cierta figura determinada).¹³

La realidad es imaginable bajo la forma de extensión y así es factible matematizarla. Sin embargo, Descartes se enfrenta a un problema: o acepta sin mayor análisis que lo físico es reducible a la extensión, coincidiendo con Galileo en la creencia de que el universo está escrito en lenguaje matemático, y se dedica a seguir profundizando en su aplicación para encontrar el conocimiento; o debe buscar la génesis de esta extensión matematizable y

¹³ *Ibid.*, p. 441.

fundamentaría cabalmente, ya que es el supuesto donde descansa la construcción de su ciencia.

La segunda opción significaría que hay que resolver este problema antes de seguir con las *Regulae*. Y así sucedió: Descartes abandonó su trabajo de las *Regulae* e inició o continuó una serie de trabajos y estudios que concluirían con la redacción de un nuevo tratado: *El mundo*.

III. EL MUNDO O TRATADO DE LA LUZ

CAPÍTULO I. DE LA DIFERENCIA QUE EXISTE ENTRE NUESTRAS SENSACIONES Y LAS COSAS QUE LAS PRODUCEN.

Descartes inicia *El mundo* cuestionando la semejanza entre la sensación percibida y el objeto que la origina. El cuestionamiento cartesiano se dirige a ese puente que identifica la sensación de un objeto —en este caso la luz— y el objeto mismo. La problematización de esta supuesta identidad es la que da sentido al trabajo. La pregunta no se dirige a la sensación en sí o el objeto en sí, sino a proponer un elemento de análisis en la relación entre el objeto y el sujeto, y a proporcionar las bases que garanticen su correspondencia..

La representación del objeto en nuestra imaginación es vista como el producto de la excitación sensorial gracias a la propiedad de la cosa de hacerse sentir. La diferencia entre la imagen que nos hacemos gracias a nuestra sensibilidad y lo que la cosa es, constituye el objeto de este primer capítulo. Dice Descartes: "quiero advertir [...] que puede haber diferencia entre la sensación que tenemos de [la luz], esto es, la idea que se forma en nuestra imaginación por mediación de nuestros ojos, y lo que está en los objetos que producen en nosotros esta sensación [...] y que se llama luz".¹

A lo largo del capítulo, Descartes presenta algunos ejemplos que justifican esta duda. Las palabras, nos dice, nada tienen que ver con los objetos que nos hacen concebir; si nuestra imaginación concibe ideas de cosas al oír las palabras con que las designamos, depende más bien de convencionalismos: su significado es atribuido por nosotros mismos, no

¹ Rene Descartes, *El mundo o tratado de la luz*. UNAM, 1986, p. 49.

por el sonido ni por las cosas. Si los hombres son capaces de tales convencionalismos, por qué no lo podría ser la naturaleza, dándonos un signo que representa a la luz aunque en sí no tenga nada que ver con ésta.

Hay un argumento sencillo que se descarta desde el inicio: nuestro espíritu es quien nos representa las cosas al recibir la sensación nuestro cuerpo. Es decir, nuestro espíritu (que comparte la naturaleza divina de Dios) nos refiere a la cosa, independientemente de que la sensación sea producto de convencionalismos. El signo que la naturaleza ha escogido para representarnos la luz es indiferente pues es nuestro espíritu el que nos decodifica el signo y nos representa la cosa sin engañarnos. Ante este argumento Descartes pasa de largo, pues es obvio que de seguirlo el conocimiento se vería detenido a la pura contemplación. Dice Descartes: "¿Piensan ustedes que aunque no pongamos atención al significado de las palabras y únicamente escuchemos su sonido, la idea de este sonido que se forma en nuestro pensamiento sea algo semejante al objeto que es su causa?"²

Descartes presenta de esta forma un deslizamiento en el objeto del conocimiento mediante la problematización de la sensación. No supone que existe una diferencia entre la sensación y lo que se encuentra en la cosa, sino que es necesario verificar que esta sensación sea correcta (clara y distinta, dirá después). El conocimiento se autentifica por el desglose cuidadoso de nuestras sensaciones y su reconstrucción y no por medio de la contemplación de la cosa. Es una actividad en la que el sujeto se problematiza a sí mismo. El disparador del conocimiento es la sensación y su objeto final la cosa. Sin embargo, el contenido de ese conocimiento es el análisis detallado de la sensación, su decodificación y su reconstrucción

² *Ibid.*, p. 50.

analítica. Sólo este análisis y esta reconstrucción garantizarán la veracidad del conocimiento.

CAPÍTULO II. EN QUÉ CONSISTEN EL CALOR Y LA LUZ DEL FUEGO

En este capítulo se dan algunos razonamientos esenciales en el planteamiento cartesiano. ¿Por qué *El mundo o tratado de la luz*? Porque la luz es el resultado de un proceso en el que está involucrado el mundo. El mundo puede ser explicado a partir de la explicación del proceso que da lugar a la luz.

El movimiento es lo que caracteriza el arder de los troncos. Ese arder es el conjunto de partículas en movimiento que se desprenden y volatilizan; que se convierten en calor y en fuego, también en luz. El tronco se constituye de elementos, algunos invisibles a nuestros ojos, que se mueven siguiendo la ley del mínimo esfuerzo a través de las partículas vecinas.

Este proceso de descomposición en partículas cada vez más finas se da mediante la aplicación del movimiento. Un cuerpo al que se aplica cierta presión responde ardiendo y provocando en otros cuerpos el mismo efecto. Este arder es el producto de una aplicación de movimiento y el consecuente desprendimiento de partículas que éste causa. El fuego es, por lo tanto, movimiento. Movimiento que genera movimiento. ¿Y el calor? El calor es también movimiento. ¿No sentimos agradable cierta cantidad de calor mientras otra nos parece insoportable?

El primer punto que Descartes observa sobre la acción del fuego en la madera es que hay una partición de ésta en partículas más o menos

sutiles. El fuego produce su separación transformando a las más toscas en cenizas y las más sutiles en fuego y calor. Las partículas difieren por su sutileza, es decir, por la cantidad de movimiento que pueden alcanzar y su tamaño.

Este capítulo inicia el análisis de la luz a través del cuerpo en que ésta se encuentra: la flama. La luz se encuentra en los astros y en el fuego, por lo que el estudio de la luz requiere un acercamiento a estos cuerpos: "los astros están, sin duda, más alejados del conocimiento de los hombres, que lo que lo están el fuego o la flama".³

Parte de la verificación "a simple vista" del efecto que el fuego causa a la madera: separa sus partes toscas, a las que convierte en ceniza, de las partes livianas, que se transforman en "fuego, aire y humo". Esta prueba sensible descubre la acción de quemar como el movimiento de las partes constitutivas de la materia. "Que [...] otro imagine, si quiere, la *forma* del fuego, la *cualidad* del calor y la *acción* que la quema."

El efecto del fuego en la madera es el movimiento que separa, de una forma particular, sus partes. Este efecto sólo puede producirlo el fuego: "encuentro que sólo esto puede producir en ella los mismos cambios".⁴

Si el fuego causa este movimiento en la madera, es lógico suponer que es porque el fuego mismo está en movimiento. Las partículas que componen al fuego son demasiado pequeñas para ser percibidas por la vista, por lo que el movimiento que sufren debe ser lo suficientemente grande como para poder poner en movimiento las partículas que conforman la madera. El movimiento de estas partículas que componen el fuego es independiente de la dirección que éstas tomen, aunque su

³ *Ibid.*, p. 53.

⁴ *Op. cit.*

movimiento deba seguir el principio del menor esfuerzo y estar determinado por la disposición de los cuerpos que las rodean, lo cual explica que las flamas se dirijan hacia arriba, pues el aire presenta menos resistencia a su movimiento que el resto de los cuerpos que las rodean.

De esa manera Descartes reduce el problema de la *acción* de la quema a movimiento. “[...] consideremos, les ruego, si esto mismo no bastaría también para hacernos comprender cómo ella nos calienta y nos alumbra. Porque, si esto es así, no será necesario que haya en ella ninguna otra cualidad, y podremos decir que es este único movimiento el que, según los efectos que produce, se llama en unos casos calor, en otros luz.” Así la *cualidad* del calor y la *forma* del fuego se unifican en un mismo principio: el movimiento. El movimiento es el común denominador de la *cualidad*, la *forma* y la *acción*. No hay tres conceptos distintos que interactúan en el mismo cuerpo sino un mismo fenómeno que se manifiesta de diversas maneras a nuestros sentidos.

Por su parte, el calor es aquello que puede poner en movimiento las partes más pequeñas de nuestra piel, una especie de rozamiento producido por la acción del movimiento de otras partículas sobre nuestro cuerpo. “Por lo que hace a la luz, también podemos concebir que el mismo movimiento que está en la flama es suficiente para hacérsola percibir.”

CAPÍTULO III. DE LA DUREZA Y LA LIQUIDEZ

“Considero que hay en el mundo una infinidad de movimientos diversos cuya duración es perpetua.”⁵ Todo se mueve en el mundo, no sólo la

⁵ *Ibid.*, p. 57.

flama sino también el aire, el mar, la Tierra. Nuestra percepción nos permite identificar pequeñas partículas en el aire a simple vista, pero hay una más ligera en el aire que es imperceptible para nosotros.

Una vez que se establece que el movimiento se encuentra en todas partes, Descartes propone una ley de conservación del movimiento: "Es decir, que la virtud o potencia de moverse a sí mismo, que se encuentra en un cuerpo, puede muy bien pasar, todo o en parte, a otro y así no estar ya en el primero, pero que no puede dejar de estar del todo en el mundo." Puede pensarse, si se quiere, en un *primer móvil* para explicar todos los fenómenos del mundo. Pero es necesario que observemos con cuidado, en primer lugar, la diferencia entre los cuerpos sólidos y líquidos.

Descartes propone, a continuación, que el mundo está formado de partículas pequeñísimas —tan pequeñas como se desee— agrupadas con mayor o menor grado de cohesión y con una mayor o menor cantidad de movimiento. Si dos partículas se encuentran en reposo y se tocan, entonces es necesario que exista una fuerza capaz de separarlas si éstas lo hacen, pues por ellas mismas serían incapaces de separarse. Si hay una infinidad de partículas en el más pequeño grano de arena, la fuerza que se requiere para separar todas esas partículas que se encuentran en reposo cohesionadas es proporcionalmente mayor al que se requiere para separar sólo dos de esas partículas. Por el contrario, si dos partículas se encuentran en movimiento y coinciden en algún momento en el espacio, la fuerza que se requiere para separarlas es mucho menor: "Luego no encuentro ninguna otra diferencia entre los cuerpos duros y los cuerpos líquidos, salvo que las partes de unos pueden separarse en conjunto mucho más fácilmente que las de los otros."⁶

⁶ *Ibid.*, p. 59.

La flama tiene la característica no sólo de ser líquida, sino de volver líquidos a la mayoría de los cuerpos; por otro lado, sólo el aire es más líquido que la flama y ésta quema porque tiene partículas más toscas que producen este efecto. Es importante destacar que en el ejemplo de la fundición de metal que utiliza, Descartes manifiesta su creencia en que la forma de las partículas que componen la materia determinan las características físicas de la misma. Dice Descartes que la forma semejante de las partículas del metal hace que éstas no puedan moverse unas sin las otras, mientras que el efecto de la flama en la madera es diferente puesto que las partículas que las constituyen son diferentes y pueden separarse con mayor facilidad unas que otras.

La conformación de los cuerpos depende de la de las partículas que lo componen. Así, el cuerpo más duro será aquel que "todas sus partes se toquen sin que quede ningún espacio entre dos de ellas y que ninguna esté en disposición de moverse"; mientras que el más líquido será aquel en el que "sus más ínfimas partes se muevan lo más diversamente la una de la otra y lo más rápido posible".⁷

Descartes sostiene que cualquier partícula puede ser dividida en forma indefinida, pero que será considerada como parte cualquier conglomerado que presente un movimiento igual. Así, aunque un grano de arena puede ser dividido en una cantidad cualquiera de partes, al momento de estar en cohesión manifiesta características que nos permite considerarla en su conjunto como un todo. Si se divide este grano, cada una de las partes en que se divide será considerada igualmente un todo.

Cada parte específica, caracterizada por su tamaño y su movimiento, tiene características especiales. La flama, por ejemplo, tiene

⁷ *Op. cit.*, p. 59.

partes más pequeñas que las que forman el aire y otras más grandes que éstas. La diversidad de tamaños de las partes de la flama se manifiesta en la acción que produce: las partes más pequeñas pueden penetrar cuerpos cuyos poros no permiten el paso del aire; las más grandes tienen el efecto de quemar. Por otra parte, el aire no es suficiente para alimentar la flama, por lo que significa que se requiere de otros cuerpos para poner en movimiento partículas más grandes que las que se encuentran en el aire.

La diversidad en la naturaleza se manifiesta como un conglomerado corpuscular, sujeto a una cantidad estable de movimiento, que produce la diversidad mediante la conformación de diferentes conglomerados corpusculares. La forma y el movimiento constituyen al mundo. La diferencia entre los cuerpos sólidos y líquidos es una diferencia física basada en la cohesión de las partes y su modificación por el movimiento.

CAPÍTULO IV. DEL VACÍO Y DE DONDE PROVIENE EL QUE NUESTROS SENTIDOS NO PERCIBAN CIERTOS CUERPOS

Descartes afirma que el mundo está lleno de materia. Para ello es necesario deshacerse de la idea de que no existen más cuerpos que aquellos que percibimos y que, por lo tanto, el resto está vacío. Para lograrlo, nos pide que reflexionemos sobre el comportamiento de los líquidos respecto a los sólidos. El líquido se "acomoda al punto por sí mismo en el menor espacio posible",⁸ mientras que los sólidos no pueden hacerlo. Entonces, concluye Descartes, es en los sólidos donde podría

⁸ *Ibid.*, p. 64.

existir el vacío, en contra de lo que nos parece más obvio. Esto lo conduce a suponer que los líquidos tienen la facilidad de apretarse y disponerse gracias al movimiento de sus partes.

Supone una tendencia natural de los cuerpos a utilizar todo el espacio posible. Si esto no fuese así, no se explicaría, por ejemplo, que el agua subiese por el tubo de una bomba, contra su tendencia natural, pues no habría necesidad de llenar el tubo ya que el vacío existiría en él. Pero, si no existe vacío entre los cuerpos, ¿cómo se explica el movimiento de las partes? Descartes utiliza el ejemplo de un pez nadando, donde observa que el agua desplazada por éste no se dirige a todas las direcciones, sino que tiende a ocupar el espacio con movimientos circulares: "es decir, que cuando un cuerpo deja su lugar, entra siempre en el de otro, y éste en el de otro, y así se sigue hasta el último, que ocupa en el mismo instante el lugar desalojado por el primero; de suerte que no hay vacío entre ellos."⁹ Según Descartes, el ejemplo del pez "basta para mostrar cuán comunes y familiares son a la naturaleza estos movimientos circulares".¹⁰

Descartes afirma que "los espacios en que no percibimos nada están llenos de la misma materia y contienen tanta de ésta como aquellos que están ocupados por los cuerpos que percibimos".¹¹ Aquí los sentidos dejan su lugar a la lógica: si bien somos incapaces de sentir esta materia que llena el espacio —pues nos equivocamos si lo imaginamos vacío—, la lógica nos muestra que es imposible que exista el vacío, por lo que necesariamente nuestra percepción no basta para explicarnos la realidad. Para demostrar la posibilidad de que estemos rodeados siempre de

⁹ *Ibid.*, p. 65.

¹⁰ *Loc.cit.*

¹¹ *Ibid.*, p.66.

materia, aunque parezca que nada nos toca, Descartes afirma que "las cosas que están más ordinariamente a nuestro alrededor son las que pueden sentirse menos",¹² como el calor de nuestro corazón, nuestro peso o la ropa. La razón, según él, es sencilla: percibimos sólo aquello que ocasiona un cambio en nuestros órganos sensibles. Si lo que nos rodea no produce ningún cambio en ellos es, para nosotros, imperceptible, pero no por ello inexistente:

[...] en cuanto a los objetos que nos tocan continuamente, si alguna vez tuvieron el poder de producir algún cambio en nuestros sentidos y remover algunas partes de su materia, han debido separarlas enteramente de las otras a fuerza de actuar sobre ellas desde el comienzo de nuestra vida y, así, no pueden haber dejado sino aquellas que resisten completamente su acción y por medio de las cuales no pueden sentirse aquellos cuerpos de ninguna manera.¹³

No se sigue del hecho de que todos los espacios estén llenos de materia, el que todos sean "tan sólidos como el agua o la Tierra",¹⁴ sino que hay cuerpos que son más "raros" que otros; esto es, cuerpos cuyas partes ocupan más lugar por encontrarse separados. El ejemplo que utiliza Descartes es el de una gota de agua que al evaporarse utiliza mucho más espacio del que ocupaba inicialmente. "Los cuerpos raros [tienen] una gran cantidad de pequeños intersticios entre las partes."¹⁵

¹² *Loc. cit.*

¹³ *Op. cit.*, p. 67.

¹⁴ *Loc. cit.*

¹⁵ *Ibid.*

Estos intersticios no pueden estar vacíos, por lo que debe haber alguno o muchos cuerpos mezclados en este cuerpo que llenan sus espacios interiores. "No queda ahora más que considerar cuáles puedan ser esos otros cuerpos y después de esto, espero que no será difícil comprender cuál puede ser la naturaleza de la luz."¹⁶

CAPÍTULO V. DEL NÚMERO DE ELEMENTOS Y SUS CUALIDADES

Aunque inicia este capítulo siguiendo la ortodoxia filosófica de la constitución del mundo por cuatro elementos (fuego, aire, agua y tierra), Descartes se deslinda de esta tradición para describir las características de los tres elementos que él considera son los únicos que constituyen al mundo.

El primero es el fuego, al que considera el elemento más sutil y penetrante del mundo, cuyas partes son mucho más pequeñas y rápidas que las de cualquier otro elemento, con la capacidad de ocupar cualquier espacio sin importar su forma o su tamaño. Las partes de este elemento tienen una configuración indefinida, pues su gran movimiento les permite adquirir las características necesarias "para acomodarse a la de los lugares a donde entra".¹⁷

El segundo es el aire, al que también imagina muy sutil, aunque no tanto como el primero. A éste sí le asigna una figura determinada: "todas redondas y unidas como los granos de arena",¹⁸ de manera que, por más

¹⁶ *Op. cit.*, p. 68.

¹⁷ *Ibid.*, p. 70.

¹⁸ *Loc. cit.*

que se junten, entre sus partes quedan pequeños espacios donde se acomoda el primer elemento. El "aire" no se encuentra puro en ninguna parte del mundo, pues tiene "siempre consigo un poco de materia del primero".¹⁹

Además de estos dos elementos, ya no admito más que un tercero", el de la tierra, cuyas partes son grandes y tienen menos movimiento respecto al aire, que las del aire respecto a las del fuego. "Creo que basta concebirlo como una o varias masas grandes cuyas partes tienen muy poco o ningún movimiento que las haga cambiar de situación."²⁰

Para Descartes, la explicación que utiliza las cualidades de los cuerpos para describir sus características (como la cualidad de ser caliente, frío, húmedo o seco) no es suficiente, pues éstas deben ser explicadas a su vez. Todas las cualidades y características de la materia pueden explicarse "sin que se necesite suponer para tal efecto ninguna otra cosa en su materia que el movimiento, el tamaño, la figura y el acomodo de sus partes".²¹

Con los tres elementos propuestos puede dar una explicación racional del mundo, pues los cuerpos mezclados, con los diversos movimientos, figuras y tamaños, y la diferente disposición de sus partes, tienden al cambio y, al hacerlo, a reducirse a alguno de estos elementos. Descartes hace hincapié en que los elementos —fuego, aire y tierra— no

¹⁹ *Ibid.*

²⁰ *Ibid.*, p. 71.

²¹ *Loc. cit.*

son lo que conocemos comúnmente como tales. Para explicarnos esto utiliza el "fuego común" que no puede permanecer sin corromperse, pues sus elementos se mueven y chocan, por lo que el movimiento de algunas de sus partes se hará más lento o el tamaño variará, descomponiéndose en los tres elementos cartesianos. Todos los cuerpos que nos rodean son mezclados y están sujetos a corrupción.

Es obvio que si los cuerpos que conocemos están sujetos a esta descomposición, en algún lugar deben encontrarse los elementos puros. Ahora bien, éstos no están sujetos a la corrupción y aunque en principio Dios hubiera creado sólo cuerpos compuestos, la constante interacción entre ellos conduciría a su separación.

De manera que ahora es muy patente que todos los cuerpos que son suficientemente grandes como para poder contar entre las partes más notables del universo, tienen cada uno la forma simple de uno de los elementos, y que no puede haber cuerpos mezclados en cualquier parte, sino sobre las superficies de estos grandes cuerpos.²²

Más que suponer la creación de un mundo compuesto por varios cuerpos distintos, Descartes plantea la creación de estos tres únicos elementos que, al interactuar entre ellos en la superficie de sus conglomerados, produce la variedad que conocemos. "No puede suceder que dos de ellos se toquen entre sí sin que actúen [...] dando así la materia que ahí existe."²³

²² *Op. cit.*, p. 73.

²³ *Loc. cit.*

Estos cuerpos son el sol y las estrellas, los cielos y los planetas y cometas. "Por esto tenemos mucha razón al pensar que el sol y las estrellas fijas no tienen sino la forma pura del primer elemento, los cielos la del segundo y la tierra con los planetas y los cometas la del tercero."²⁴

Descartes explica lo anterior mediante analogías sencillas: la luz del sol y las estrellas demuestran que están conformadas por materia muy sutil y agitada. Por otro lado, todo lo que conocemos en la Tierra se encuentra sobre su costra y es producto de la acción de los elementos fuego y aire sobre el elemento tierra, que se encuentra puro más allá de esta costra. En cuanto al aire, aunque no se percibe, supone sin más que debe ser un elemento medio entre la luminosidad que percibimos y la resistencia que encontramos en los cuerpos duros y pesados.

Los cuerpos que conocemos, aunque resultado de la mezcla de los tres elementos mencionados, no son más que la disposición especial del tercero, es decir, de las partes que por su tamaño o dificultad de movimiento son perceptibles, puesto que los otros son imperceptibles. Estos últimos actúan dando forma al elemento tierra y es esta forma la que caracteriza a los diversos cuerpos que encontramos. El ejemplo de Descartes es el de una esponja que obviamente no está compuesta por el agua que pueda contener, pero cuya forma sí depende de la acción del agua entre sus poros.

²⁴ *Op. cit.*, p. 74.

CAPÍTULO VI. DESCRIPCIÓN DE UN MUNDO NUEVO Y DE LAS CUALIDADES DE LA MATERIA DE LA QUE ESTÁ COMPUESTO.

En el capítulo anterior Descartes nos ofreció explicarnos el mundo a través de la fábula de un "mundo nuevo" que, sin embargo, debe mostrar la verdad respecto al mundo en que vivimos. Este capítulo inicia la descripción del "mundo nuevo".

Primero nos pide que supongamos que nos encontramos en un espacio de tamaño indeterminado (por no decir infinito) que bien se podría ubicar en los "espacios imaginarios" de los filósofos. Nos pide que supongamos que Dios crea a nuestro alrededor tanta materia que no podamos percibir ningún lugar vacío. A continuación, nos pide que despojemos a esa materia de cualquier cosa que nos impida conocerla perfectamente: "supongamos expresamente que no tiene la forma [del elemento] de la tierra, ni del fuego ni del aire, ni ninguna otra más particular [...], ni tampoco las cualidades [...] de la cual se pueda decir que haya algo que no sea evidentemente conocido por todos".²⁵

Al deshacerse de las cualidades de la materia, deja únicamente las características cuantificables de ésta: el tamaño "de suerte que cada una de sus partes ocupe siempre una parte de este espacio [...] que no podría llenar una más grande, ni encerrarse en una más pequeña, ni tolerar que mientras permanece ahí, algún otro tome su lugar";²⁶ su figura: "agregemos a esto que esta materia puede dividirse en todas las partes y según todas las figuras que podamos imaginar";²⁷ y su movimiento:

²⁵ *Ibid.*, p. 78.

²⁶ *Ibid.*, p. 79.

²⁷ *Loc. cit.*

"pensemos que toda la distinción que hace allí consiste en la diversidad de los movimientos que les da.²⁸

Subyace como esencia de la materia su extensión ("concibo su extensión, o la propiedad que tiene de ocupar espacio, no como un accidente sino como su verdadera forma o esencia").²⁹ Es a la materia como extensión a la que Dios divide en partes y pone en movimiento, sin importar la forma en que esto suceda, puesto que las leyes de la naturaleza son "suficientes para hacer que las partes [...] se dispongan en tan buen orden que tendrían la forma de un mundo muy perfecto".³⁰

CAPÍTULO VII. DE LAS LEYES DE LA NATURALEZA DE ESTE NUEVO MUNDO

En el capítulo anterior se consideró el principio del mundo como un caos que será ordenado por la acción de las leyes de la naturaleza. Por naturaleza Descartes entiende el conjunto de materia con sus formas y movimientos, en contraposición a Dios. Esta materia se conserva gracias a la acción divina, pero sus cambios no deben atribuirse a esa acción, que es inmutable, sino a la propia naturaleza. Las reglas que producen este incesante cambio son sus leyes.

Parece contradictorio suponer que el Dios de Descartes conserve la materia mientras que observamos en nuestro mundo una gran diversidad y cambio. Lo que afirma es que conserva su sustancia: la cantidad de materia constituida por los elementos primarios y la cantidad de

²⁸ *Ibid.*

²⁹ *Op. cit.*, p. 80.

³⁰ *Ibid.*, p. 79.

movimiento. La diversidad, como se dijo más arriba, es producto de la acción entre estos elementos, provocada por el choque y el consiguiente cambio en la forma y disposición de los mismos. Esta diversidad es producto no de la acción divina sino de las leyes de la naturaleza, lo que implica que en este mundo imaginario de Descartes no hay lugar para los milagros, pues todo sucede conforme a reglas establecidas. El Dios cartesiano interviene al inicio, en la creación, dando una cantidad de movimiento y materia, y ciertas leyes que manifiestan su inmutabilidad.

La primera ley de la naturaleza que nos presenta es la de la conservación de las características de la materia: "toda parte de la materia, individualmente, continúa siempre existiendo en un mismo estado",³¹ a menos que interactúe con otras partes que la obliguen a cambiar.

Descartes nos dice que esta ley es observada en nuestro mundo también, a excepción del movimiento, pues los "filósofos" hablan de un movimiento totalmente distinto. "Confiesan que la naturaleza de [su movimiento] es muy poco conocida", y lo explican diciendo que "el movimiento es un acto de un ser en potencia en tanto está en potencia",³² lo cual le parece una afirmación incomprensible. Descartes opta por el uso de los géometras, "los más dedicados a concebir muy distintamente las cosas que han considerado",³³ para quienes el movimiento es aún más simple que las líneas y los planos, pues "han explicado la línea por el movimiento de un punto y la superficie por el movimiento de una línea".³⁴ Asegura que este tipo de movimiento es más simple y más fácil de

³¹ *Ibid.*, p. 84.

³² *Ibid.*, p. 85.

³³ *Loc. cit.*

³⁴ *Ibid.*

comprender que todos aquéllos que imaginan los filósofos: *motus ad formam, ad calorem, ad quantitatem*, etcétera.

Yo no conozco ninguno que sea más fácil de concebir que el de las líneas de los geómetras, que hace que los cuerpos pasen de un lugar a otro y ocupen sucesivamente todos los espacios que están entre dos lugares.

[...]

En fin, el movimiento del que [los filósofos] hablan es de una naturaleza tan extraña, que en lugar de que como todas las otras cosas tenga como finalidad su perfección, y no aspire sino a conservarse, no tiene otro fin ni otra meta que el reposo, y contra todas las leyes de la naturaleza trata él mismo de destruirse.³⁵

Descartes nos dice que es más fácil suponer que el movimiento tiene las mismas características que la materia y que, por lo tanto, sigue las mismas reglas, encontrando que todas las cualidades de las que se habla (*Modus ut entia rationes cum fundamento in re* —modos y entes de la razón con fundamento en la cosa— y *Qualitates reales* —sus cualidades reales—) no tienen más realidad que las que él propone.

La segunda ley de Descartes es "que cuando un cuerpo empuja a otro, no podría darle ningún movimiento si no perdiera al mismo tiempo proporcionalmente el suyo, ni quitárselo sin que el suyo aumente otro tanto".³⁶ Con esta regla, nos asegura, no entramos en los problemas que los doctos se plantean al preguntarse cómo es posible que un cuerpo siga

³⁵ *Ibid.*

³⁶ *Ibid.*, p. 86.

su movimiento, cuando lo que deberían preguntarse es cómo es posible que se detenga. Si se lanza una piedra, los filósofos se preguntan qué es lo que la hace continuar moviéndose, cuando es obvio, según Descartes, que la piedra continuaría moviéndose si el aire no la frenara con la resistencia que presenta a su movimiento.

Si bien esta acción no es percibida con facilidad por nosotros en nuestro mundo, Descartes nos pide que recordemos que existen dos elementos (el fuego y el aire) que no percibimos y que se encuentran en todo el mundo. Estos elementos pueden transferir su movimiento al aire tosco —que difícilmente percibimos— o a la totalidad de la Tierra, que al estar disperso en esta totalidad también nos parece insensible, por lo que no es una acción extraña sino más bien razonable.

Descartes afirma que aunque estas dos reglas descritas parecen contrarias a lo que nuestros sentidos nos muestran, hay una razón poderosa para aceptarlas, a saber, la inmutabilidad de Dios. “¿Cuál fundamento más firme y más sólido puede encontrarse uno para establecer una verdad, incluso queriéndolo escoger a capricho, que el tomar la firmeza misma y la inmutabilidad que está en Dios?”³⁷ Si Dios es inmutable, se sigue necesariamente que la cantidad de movimiento que hay desde el momento de la creación se conserva igual y que la transferencia de este movimiento en la materia continúa siempre.

Como tercera ley, Descartes postula el movimiento rectilíneo uniforme como el movimiento esencial de la materia. Si bien más arriba ha dicho que todo el movimiento que se da en el mundo es circular, mantiene que éste se da así por la acción entre las partes y no por la tendencia natural del movimiento. Como ejemplos utiliza el movimiento

³⁷ *Ibid.*, p. 88.

de las partes de una rueda de carro o una honda. En ambos el movimiento circular es resultado de la cohesión de las partes, pero es fácil ver que existe una tendencia natural instantánea al movimiento rectilíneo.

Descartes fundamenta esta ley nuevamente en la inmutabilidad de Dios, pero anota también que "Dios conserva cada cosa por medio de una acción continuada y en consecuencia que no la conserva tal y como pudo haber sido en un tiempo anterior, sino justamente tal y como es en el preciso instante en que la conserva".³⁸ Esto significa que Dios actúa sobre la materia, aunque no provoca directamente los cambios que notamos en ella, sino que lo hace mediante la conservación instantánea del movimiento. Los cambios son producto de choques en la materia, el movimiento —que produce esos choques— es lo que se conserva.

La sencillez del movimiento rectilíneo es lo que hace suponer a Descartes su preeminencia sobre los demás; en particular sobre el movimiento circular. No hay que olvidar que el criterio de sencillez (que los conceptos sean claros y distintos) es fundamental en el pensamiento cartesiano. El movimiento circular se manifiesta como un movimiento compuesto, por lo que, aunque sea el movimiento que aparentemente siguen las cosas, depende del rectilíneo:

[...] de todos los movimientos que hay, sólo el recto es enteramente simple, por lo que su naturaleza íntegra puede comprenderse en un instante. Pues para concebirlo es suficiente pensar que un cuerpo está en actitud de moverse hacia cierto lado, lo que se constata en cada uno de los instantes que pueden determinarse durante el tiempo en que se mueve, mientras que para concebir un movimiento

³⁸ *Ibid.*, p. 89.

circular [...] es necesario considerar al menos dos [...] de sus partes y la relación que hay entre ellas.³⁹

Hemos visto que las tres reglas mencionadas dependen todas de la inmutabilidad de Dios, lo que significa que ejerce una acción "continuada e instantánea". Para evitar "sutilezas superfluas" aclara que no se refiere a que el movimiento recto pueda efectuarse en un instante, sino que "solamente que todo lo que se requiere para producirlo se encuentra en los cuerpos en cada instante y puede determinarse mientras se mueven".⁴⁰ El movimiento se determina en un instante (que puede ser el representado por un punto en el plano) y le corresponden ciertas "tendencias" de movimiento que componen la trayectoria seguida por el objeto. Esto sucede para cada instante como para cada punto de la trayectoria. El análisis cartesiano es un análisis de fuerzas que prefigura, de cierta manera, el cálculo vectorial.

La trayectoria que sigue el objeto es el resultado de su tendencia instantánea y de las fuerzas que interactúan con él. Este movimiento determina su forma y, por lo tanto, "comprende sumariamente todos los efectos de la naturaleza",⁴¹ lo que significa que el mundo puede ser explicado con base en esto.

Las leyes propuestas por Descartes no siguen el camino de los "doctos" o "filósofos", sino el de los matemáticos. Las verdades matemáticas son las que demuestran una evidencia que permite construir firmemente sus demostraciones: "no podríamos sino juzgarlas infalibles

³⁹ *Ibid.*, pp. 89-90.

⁴⁰ *Ibid.*, p. 90.

⁴¹ *Ibid.*, p. 92.

desde que las concebimos distintamente".⁴² Además, con estas leyes podemos obtener explicaciones *a priori* de todos los fenómenos del mundo. Pide que agreguemos a los supuestos de este "mundo imaginario" el que no sucedan los milagros, que no haya voluntad que pueda evitar que sucedan los fenómenos físicos tal y como deben suceder. Si no existen los milagros entonces todo puede ser explicado.

CAPÍTULO VIII. DE LA FORMACIÓN DEL SOL Y LAS ESTRELLAS DE ESTE NUEVO MUNDO

Descartes nos ha pedido que imaginemos un universo lleno totalmente de materia, a la que debemos concebir "como el cuerpo más duro y sólido que haya en el mundo".⁴³ Si bien esta materia está indiferenciada al momento de la creación, al aplicar Dios el movimiento, en todas las forma y direcciones imaginables, y asignarle las figuras más diversas, la materia empieza a actuar de manera uniforme conforme a las leyes de la naturaleza.

El movimiento de la materia provoca que casi toda ella se reduzca a un tamaño y movimiento medio, tomando la forma del segundo elemento, el aire. Este movimiento debe ser circular pues la materia, al encontrarse en la forma del aire, se mueve coordinadamente y puede ser fácilmente desviada por las partículas menos aceleradas y de mayor tamaño. Mas la materia no se mueve en círculos respecto a un solo centro, sino que gracias a estos movimientos diversos, tienden a girar alrededor de varios centros.

⁴² *Loc. cit.*

⁴³ *Ibid.*, p. 95

Este movimiento inicial provoca, de esta manera, distintos conglomerados de materia.

De este comportamiento podemos concluir, según Descartes, que las partes menos agitadas o más pequeñas deben encontrarse en los centros, pues al ser el movimiento recto la tendencia inicial, las partes más grandes o con mayor movimiento deben tener mayor tendencia a la línea recta y, por lo tanto, describir los círculos más grandes al rededor de su centro.

Si en un principio Dios puso todo tipo de desigualdades en la materia y en su movimiento, no es difícil pensar que pronto se volvieron muy semejantes:

[...] en especial aquellas que permanecieron a igual distancia de los centros alrededor de los cuales giraban. Porque no pudiendo moverse las unas sin las otras, fue necesario que las más agitadas comunicaran su movimiento a aquellas que lo estaban menos, y que las más grandes se rompiesen y dividiesen [...] de suerte que cada una se encontró más o menos alejada del centro alrededor del cual tomó su curso, según hubiese estado más o menos grande y agitada en comparación con las otras.⁴⁴

La forma de esta materia que gira en los cielos debe ser parecida, pues el movimiento y los choques necesariamente la harán tomar una forma redondeada, que variará únicamente en el tamaño y su velocidad, dependiendo de la cercanía al centro en el que giran.

Si bien la mayor parte de la materia hubo de seguir el comportamiento descrito arriba, tomando la forma del segundo elemento,

⁴⁴ *Ibid.*, pp. 96-97.

otras partes, más grandes y con formas más irregulares, debieron presentar mayor resistencia a estos cambios, juntándose en vez de romperse, y formando conglomerados del tercer elemento, la tierra, mismo que sirvió para formar los planetas y los cometas.

Por otra parte, Descartes afirma que la materia que se desprendió de las partes del segundo elemento —el aire—, al chocar y limar sus aristas, debió adquirir mayor velocidad y capacidad de cambiar constantemente de forma, acomodándose a los intersticios del segundo elemento, conformando así el primer elemento, el fuego. Esta materia se desplaza hacia el centro del cielo, donde forma "cuerpos redondos, perfectamente líquidos y sutiles, los cuales giran en el mismo sentido que las partes del segundo elemento que los rodea".⁴⁵

Estos cuerpos tiene la capacidad de transmitir su "agitación" a las partes del segundo elemento que se encuentran próximas, "e incluso empujarlas". Esta acción, "que será necesario que explique luego lo más exactamente que pueda",⁴⁶ es a la que llamamos luz. Los cuerpos compuestos por el primer elemento son el sol y las estrellas, mientras que la materia del segundo elemento que gira alrededor de ellos son los cielos.

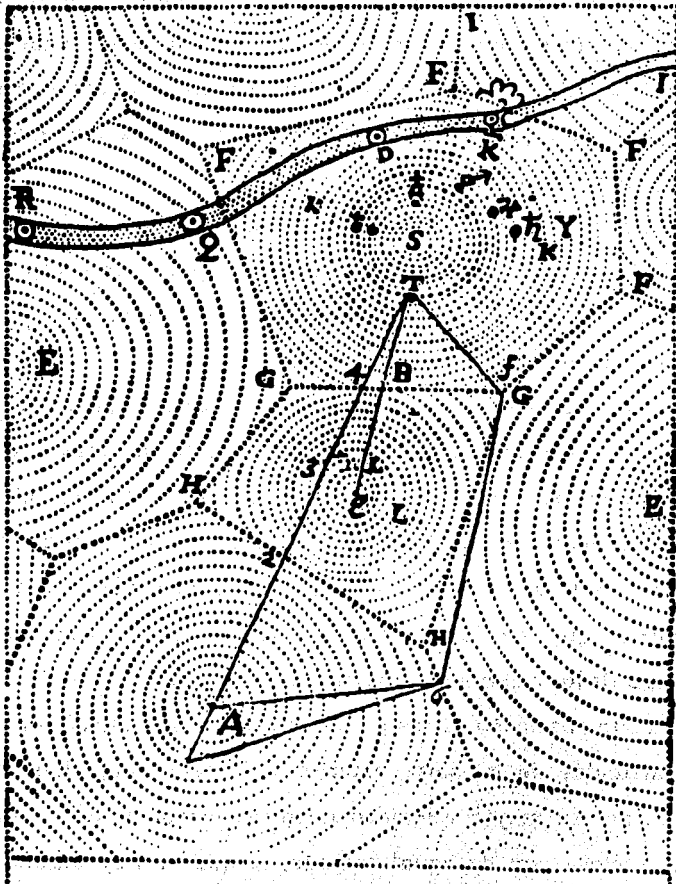
En la Figura 1. El universo según Descartes, los puntos marcados con S, E, A, e, representan las estrellas; toda la materia comprendida entre FGGE, por ejemplo, representa el cielo de la estrella S. A toda estrella corresponde un cielo, por lo que al ser indefinido el número de estrellas, lo es también el número de cielos. Descartes define al "firmamento" como esa "superficie sin densidad que separa todos estos cielos unos de otros".⁴⁷

⁴⁵ *Ibid.*, pp. 98-99.

⁴⁶ *Ibid.*, p. 99.

⁴⁷ *Ibid.*, p. 99.

Figura 1
El universo según Descartes



Respecto al movimiento que se da en estos cielos, Descartes supone que las partes más alejadas de los cielos se mueven con mayor velocidad, lo que, como ha dicho más arriba, permite que los círculos que describe su materia sean más grandes, debido a su inclinación natural por el movimiento rectilíneo. Pero esto debe ser cierto hasta algún lugar que se aproxime a la estrella, a partir del cual el movimiento nuevamente vuelve a ser más acelerado, por la acción que ejerce la estrella agitando a los cielos que se encuentran junto a ella.

Descartes piensa que lo anterior es la razón por la cual los planetas que están más cercanos al sol se mueven más rápido que los que están más alejados, puesto que los cielos se van moviendo también más rápido mientras se encuentran más cerca del sol.

También asegura Descartes que a partir de cierta distancia (el cielo K en el diagrama, por ejemplo) se encuentran las partículas más veloces, lo que permite que los cometas se muevan más rápido que los planetas, aunque se encuentren alejados de las estrellas. Se puede observar en el diagrama que la trayectoria del cometa se encuentra más cerca de los "firmamentos" que de las estrellas, que su trayectoria sigue la circunferencia de los cielos sin aproximarse a sus centros.

En cuanto al tamaño de las partes de estos cielos, Descartes supone que las partículas de la parte exterior del cielo —aquellas que se caracterizan por su mayor velocidad mientras mayor es la distancia al centro del cielo— son de igual tamaño, y que si hay algunas más pequeñas, éstas deben estar más alejadas, si esto no contradice el hecho de que su diferencia de tamaño no rebase la proporción que debe guardar respecto a su velocidad. A partir de ese lugar en el cielo —el cielo K del diagrama—, las más pequeñas son las que están más cerca de la estrella.

De esta manera Descartes plantea una distribución del elemento aire por su tamaño y velocidad, que los hace ir de los más agitados y pequeños junto a la estrella, reduciendo su velocidad y aumentando su tamaño hasta llegar al círculo K, a partir del cual vuelven a acelerarse y a reducir su tamaño, siendo de nuevo las más alejadas las más veloces, aunque no tan pequeñas como las partes del centro.

Para concluir este capítulo Descartes nos dice que el tamaño de las estrellas es tan pequeño respecto al tamaño del cielo que se le asocia, que puede considerarse como un punto que marca su centro, incluso respecto a la parte comprendida por el círculo K en el diagrama.

CAPÍTULO IX. DEL ORIGEN Y DEL CURSO DE LOS PLANETAS Y DE LOS COMETAS EN GENERAL, Y DE LOS COMETAS EN PARTICULAR

Descartes ha explicado en el capítulo anterior cómo la mayor parte de la materia se convierte en aire o fuego, los primeros dos elementos que conforman el universo. El resto de esa materia lo divide en dos categorías. La primera es la de las partes que por su tamaño y forma no pudieron dividirse más sino que formaron conglomerados. Sus partes "eran tan extensas y tan estorbosas que cuando se encontraron una con la otra les fue más fácil juntarse".⁴⁸ La otra categoría es la de aquellas partes que eran tan grandes que al chocar "bien han podido romper y arrugar a las otras [...] pero no viceversa".⁴⁹

⁴⁸ *Ibid.*, p. 103.

⁴⁹ *Ibid.*, p. 103.

En cuanto al movimiento de estas partes, Descartes apunta que independientemente de cuál era su movimiento inicial, éste terminaría adaptándose al movimiento de los cielos que lo rodean. Dependiendo del tamaño de estas partes, el movimiento sería más o menos agitado. El símil que imagina Descartes es el de un río que conduce barcos, troncos, ramas y hojas por su cauce: el movimiento de cada uno de ellos depende de su tamaño. Nos dice, además, que si el agua de dos ríos se tocara en algún punto medio de su recorrido, el barco puede pasar de uno a otro por la fuerza que tiene, mientras que una hoja será rechazada por las corrientes que se juntan, obligándola a ir hacia los lugares donde el agua sea menos rápida. Observa también que algunos cuerpos, como las ramas, se juntan ahí donde el agua crea remolinos, "formando grandes bolas".⁵⁰

El universo está formado por corrientes de fluidos, donde algunas de las partes más grandes se juntarán en estas corrientes, formando los planetas, mientras que las más masivas irán cruzando los cielos, como el barco que cruza de un río a otro. En el cruce de un cielo a otro, los cometas presentarán una disminución en la velocidad y su correspondiente desviación de trayectoria, pues al salir de un cielo, para entrar a otro, llevará consigo partes del cielo que va dejando, "de modo que se mueven mucho más lentamente cuando tienden a salir de algún cielo que cuando acaban de entrar en él."⁵¹ Los efectos que observamos en los cometas serán explicados cuando "les haya dicho qué es la luz".⁵²

Para poder explicar todas las particularidades que vemos en los cometas será necesario tener en cuenta su movimiento, la distancia a la

⁵⁰ *Ibid.*, p. 106.

⁵¹ *Ibid.*, p. 107.

⁵² *Ibid.*, p. 108.

que se encuentran respecto a los planetas, el lugar de observación y su constitución, según ha sido ya explicado por Descartes, por lo que las otras explicaciones que tradicionalmente han dado los astrónomos no son creíbles, pues ignoran "la cantidad de refracciones de los cielos [...] y la velocidad del movimiento de los cometas [y] les atribuyen suficiente paralaje como para situarlos cerca de los planetas o incluso por debajo de ellos".⁵³

CAPÍTULO X. DE LOS PLANETAS EN GENERAL; Y EN PARTICULAR DE LA TIERRA Y DE LA LUNA

En este capítulo Descartes hace algunas aclaraciones sobre los planetas. En primer lugar aclara que aunque los planetas tienden a ocupar el centro del cielo que los contiene, nunca llegan a éste pues es la estrella de ese cielo quien ocupa el centro. Para explicar esto, Descartes nos dice que si un planeta cualquiera, que se encuentra en algún lugar del cielo, tuviera más fuerza que la materia que lo rodea para continuar su trayectoria en línea recta, éste tendería a ir más lejos de su centro hasta que su fuerza se equiparara a la del cielo que lo rodea. Si esto no sucediera así, sino que excediera la fuerza de ese cielo y pasara a otro, no sería planeta sino cometa. Por otra parte, si su fuerza fuera menor a la del cielo que lo rodea, entonces éste lo empujaría hacia el centro del cielo, hasta alcanzar un lugar donde la fuerza del cielo fuera equivalente a la suya, y entonces se movería en ese espacio. La diferencia entre los planetas y los cometas radica en que los primeros "no tengan más fuerza para continuar su

⁵³ *Ibid.*, p. 109.

movimiento en línea recta que las partes del segundo elemento [...] en tanto se mueven con el mismo impulso que ellas; y que todos los cuerpos que tienen más son cometas".⁵⁴

Los planetas permanecerán "balanceados en medio de [las partes del segundo elemento] y tomará allí su curso en el mismo sentido alrededor del sol, sin alejarse de él más ni menos en un momento u otro, sino en la medida en que [dichas partes] puedan hacerlo también".⁵⁵

De esta manera pueden encontrarse varios planetas más o menos alejados del sol, "de los cuales los más bajos y menos masivos pueden alcanzar hasta su superficie; en cambio, los más altos no pasan más allá del círculo K".⁵⁶ Además, aunque el círculo K es grande comparado con los planetas, es tan pequeño respecto del tamaño del cielo que corresponde al sol que puede incluso considerarse como un punto, como su centro.

Si la materia que se encuentra después del círculo K es más pequeña que los planetas, ¿cómo pueden tener más fuerza para continuar su movimiento en línea recta y alejarse del centro del cielo? Descartes nos pide considerar que la fuerza no depende únicamente de la cantidad de materia sino también de la extensión de su superficie.

Pues aunque, cuando dos cuerpos se mueven igualmente rápido, sea verdadero decir que si el uno contiene dos veces tanta materia como el otro, tendrá también dos veces tanta agitación, no por eso quiere decir que tenga dos veces tanta fuerza para continuar moviéndose en línea recta, sino que tendrá exactamente dos veces

⁵⁴ *Ibid.*, p. 112.

⁵⁵ *Ibid.*, pp. 112-113.

⁵⁶ *Ibid.*, p. 113.

tanta fuerza si, además, su superficie es justamente dos veces tan extensa, porque encontrará siempre dos veces otros cuerpos que le harán resistencia; y tendrá mucho menos [fuerza] si su superficie es más que el doble de su extensión.⁵⁷

Por lo que al estar conformada la materia del cielo como una esfera, con el máximo de materia en la superficie mínima, mientras que los planetas se conforman de partes irregulares y extensas, las primeras tienen más fuerza para moverse. Descartes comenta:

los planetas, al estar compuestos por pequeñas partes que tienen figuras muy irregulares y extensas, poseen mucha superficie en razón de su cantidad de materia, de modo que pueden tener más (?) que la mayoría de estas partes del cielo y, no obstante, pueden tener también menos que algunas de las más pequeñas, que están más próximas a los centros. Porque es necesario saber que entre dos bolas completamente masivas, tal y como lo son esas partes del cielo, la más pequeña tiene siempre más superficie en razón de su cantidad que la más grande.⁵⁸

Si donde puse la marca de interrogación en la cita leyéramos "materia", como anota la traductora, diría que algunas de estas partes constitutivas de los planetas tienen menos materia que "algunas de las más pequeñas" del cielo, lo que es absurdo, puesto que si tuviera menos materia, independientemente de su extensión, la fuerza de las partículas

⁵⁷ *Ibid.*, pp. 113-114.

⁵⁸ *Ibid.*, p. 113

del cielo la romperían, como no se ha cansado Descartes de repetirlo. Pero, si en lugar de materia leyéramos "extensión", entonces resultaría que hay partes constitutivas de los planetas de menor extensión que las esferas que conforman los cielos y que no forman parte ni del segundo ni del primer elemento, sino del tercero, que también resulta contradictorio con el discurso cartesiano. Sin embargo, de la última anotación de este párrafo, donde Descartes asegura que dadas dos esferas de tamaño distinto la más pequeña tiene más superficie respecto a su materia que la mayor, podríamos concluir, independientemente de la veracidad de este enunciado, que está hablando de extensión y no de materia.

Más adelante, Descartes nos explica que de igual manera que un barco que sigue el curso de un río no se mueve tan rápido como sus aguas, así "aunque los planetas sigan el curso de la materia del cielo sin resistencia, y se muevan con el mismo impulso que ella, esto no permite decir que se muevan nunca con la misma velocidad".⁵⁹ Esta diferencia de velocidad se explica por la relación que se da entre el tamaño de la masa de los planetas y la pequeñez de las partes del cielo, ya que el tamaño del cuerpo está relacionado con su capacidad de comunicar movimiento, por lo que, aunque la cantidad de partes del cielo es inmensamente superior, no pueden hacer que el planeta se mueva tan rápido, ya que los distintos movimientos de estas partes sólo se acoplan en algunos sentidos con el movimiento del planeta, y "al mismo tiempo difieren infaliblemente en otros que no le pueden comunicar".⁶⁰

De esto Descartes saca dos conclusiones. "La primera es que la materia del cielo no únicamente tiene que hacer girar a los planetas

⁵⁹ *Ibid.*, p. 115.

⁶⁰ *Ibid.*, p. 115.

alrededor del sol, sino también alrededor de su propio centro";⁶¹ también que la materia de este cielo debe formar pequeños cielos alrededor de los planetas, mismos que se deben mover en el mismo sentido en el que se mueve el cielo que los comprende. La segunda conclusión es que si se encuentran dos planetas de diferente tamaño pero a la misma distancia del sol, "de modo que la masividad de uno sea exactamente proporcional al tamaño del otro",⁶² el más pequeño, al tener un movimiento más rápido que el otro (como un barco más chico es arrastrado con mayor velocidad por un río que uno mayor), "deberá unirse al pequeño cielo que estará alrededor de este más grande y girar junto con él continuamente".⁶³

En el caso específico de la Tierra, Descartes presenta un diagrama para explicar cómo las partículas del cielo por donde se mueven se ven desviadas hacia afuera al encontrarse con ésta, y la hacen girar en su movimiento de rotación; este movimiento hace que las partículas empiecen a girar, a su vez, en torno de la Tierra creando un cielo que atrapa a la Luna. La Luna no tiene esta capacidad de crear un cielo, por lo que no se observa en ésta otro movimiento más que el de translación alrededor de la Tierra. El cielo asignado a la Tierra es una franja —parecido a un río— cuyas partes no pueden escapar hacia el sol o más lejos de la franja de la Tierra, pues como explicó Descartes más arriba, la materia que se encuentra en esas partes y las distintas velocidades rechazan a la materia del cielo que no corresponde a la franja de la Tierra, obligándola a formar su cielo particular.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

⁶¹ *Ibid.*, p. 117.

⁶² *Ibid.*, p. 117.

⁶³ *Ibid.*, p. 117.

CAPÍTULO XI. DE LA PESANTEZ

En este capítulo Descartes nos explica qué es y en qué consiste el peso de los cuerpos en la Tierra. En primer lugar, define este peso como "la fuerza que une todas sus partes y que hace que todas ellas tiendan hacia su centro".⁶⁴ Esta fuerza no es otra que la de las partes del cielo que rodean a la Tierra y "rechaza" sus partes, obligándolas a ir hacia el centro de la misma. Esta visión de la gravedad como resultado de la presión ejercida por la materia del cielo circundante es coherente con la posición cartesiana de no aceptar ninguna otra característica en la materia aparte de la extensión, figura y movimiento; sin embargo, es evidente que su concepción es totalmente errónea y le dificultará la explicación de los fenómenos físicos.

Volviendo a la postura de Descartes, éste acepta que puede parecer contradictorio que las partes más masivas de la Tierra sean empujadas con mayor fuerza hacia el centro de ésta, cuando ha dicho, en el caso de los cometas, que es justamente esa masividad la que les permite escapar de la influencia de los cielos que atraviesan en su recorrido. De aquí pareciera pertinente que sólo las partes más livianas de la Tierra fueran empujadas hacia el centro, mientras que las más pesadas salgan hacia los cielos.

Para evitar esta aparente contradicción, Descartes nos pide que recordemos que los cometas se encuentran sometidos a una mayor velocidad desde el principio de su movimiento, mientras que los planetas se han acomodado a los cielos dependiendo no sólo de su masividad sino también del movimiento con que cuentan:

⁶⁴ *Ibid.*, p. 121.

noten que desde que dije que los cuerpos más sólidos y más masivos tendían a alejarse del centro de algún cielo, he supuesto que se movían ya desde antes con el mismo impulso que la materia de ese cielo. Porque es seguro que si no hubiesen aún comenzado a moverse, o si se mueven, con tal que sea menos rápido de lo que se requiere para seguir el curso de esta materia, deben primero ser expulsados por ella hacia el centro en torno al cual giran.⁶⁵

De cualquier manera, esto no impide que si los cuerpos cuentan con una masa suficientemente grande, tomen la velocidad necesaria al acercarse al centro del cielo, como para tender a su circunferencia y convertirse en cometas.

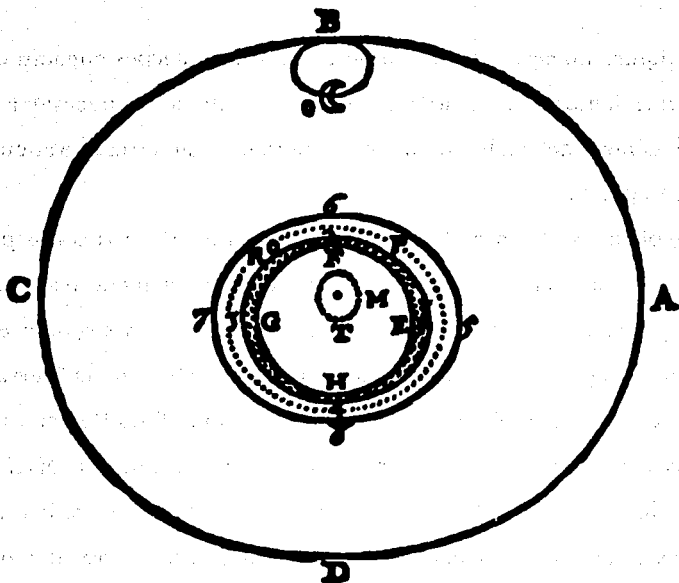
Para explicar el efecto de la gravedad o pesantez, Descartes nos pide que imaginemos a la Tierra compuesta de tres capas: la primera, más cerca de su centro y más sólida, está constituida por la tierra;⁶⁶ la segunda está constituida por el agua que se encuentra sobre la superficie de la Tierra, y la tercera por el aire (ver la Figura 2. la Tierra y la Luna). Para Descartes no se trata de tres elementos distintos, sino de una gradación de las partes de la tierra, siendo las del aire "las menos sólidas" y las de la Tierra las más sólidas. Todas estas partes forman una sola masa con la Tierra. Por otro lado, nos dice que entre esta masa y la Luna (el cielo ABCD del diagrama), se encuentra la materia del cielo que llena no sólo todo el espacio entre la Tierra y la Luna, sino también penetra las partes de la primera, el agua y el aire, encontrándose también "por debajo de ellas".

⁶⁵ *Ibid.*, pp. 121-122.

⁶⁶ Para distinguir entre el elemento tierra y nuestro planeta, he optado por poner a este último con mayúsculas. Así, cuando se lee tierra, se refiere al elemento, y cuando se lee Tierra, se refiere a nuestro planeta.

Figura 2

La Tierra y la Luna



Todas estas partículas se encuentran girando alrededor del centro T y tienden a alejarse de él, "pero mucho más fuertemente las del cielo que las de la Tierra, en vista de que están mucho más agitadas".⁶⁷ Si supusiéramos que más allá del círculo ABCD no se encuentra más que el vacío (y aquí Descartes define al vacío como materia incapaz de oponer ninguna acción, y no como la ausencia de materia, pues rechaza su existencia), entonces es obvio que la materia del cielo, al igual que la del aire, el agua y la Tierra, tenderían a salir de ABCD por el movimiento de rotación al que están sujetos, "como el polvo que se lanza sobre una pirinola mientras gira se aparta de ella inmediatamente por todos lados".⁶⁸

Pero para que las partes del cielo ABCD salieran de él sería necesario que otras vinieran a ocupar su lugar, y lo mismo sucede con la Tierra, pues no pueden "alejarse más de lo que están del centro T, a menos que desciendan a su lugar las del cielo". Como ejemplo, Descartes nos dice que sobre una piedra se encuentra "la cantidad de aire que está por encima de ella y de la cual deberá ocupar el lugar en caso de que se aleje más del centro T".⁶⁹

Siendo la materia de la piedra menos agitada que la del aire, será este último el que tienda a subir como causa del movimiento y de su tamaño. El movimiento del cielo agita las partículas del aire de manera que deben tener la fuerza suficiente para hacer descender a la piedra.

Y así ven ustedes que cada parte de los cuerpos terrestres está prensada hacia T: no indiferentemente por toda la materia que la

⁶⁷ *Ibid.*, p. 122.

⁶⁸ *Ibid.*, p. 124.

⁶⁹ *Ibid.*, p. 125

rodea, sino sólo por la cantidad de esta materia exactamente igual a su tamaño, que estando por *debajo*, puede tomar su lugar en caso de que descienda. Lo que ocasiona que entre las partes de un mismo cuerpo que denominamos homogéneo, como entre las del aire o las del agua, las que están más abajo no estén notablemente más apretadas que las que están más arriba.⁷⁰

Si la materia del cielo, que gira a gran velocidad, hace que la piedra descienda por debajo del aire que la rodea, ¿por qué cae verticalmente —como supone erróneamente Descartes que sucede— en vez de tender hacia el oriente o el occidente? Para contestar esta pregunta Descartes da tres razones. En primer lugar, supone que todas las partes que componen la masa de la Tierra (el aire, agua y tierra) al estar presionadas hacia el centro T por la materia del cielo, deben “juntarse y engancharse” y formar una sola masa que es transportada toda entera por este cielo, así que mientras giran mantienen una vertical constante, excepto cuando el aire u otras causas externas la obligan a no hacerlo. Por otra parte, si bien entre las partículas de la Tierra existen partículas del cielo que se mueven con mayor velocidad que ellas, esto no significa que giren con mayor velocidad, sino que toman las diversas direcciones necesarias para llenar los intersticios de los poros de esa materia, por lo que “no pueden girar notablemente más aprisa que los propios cuerpos alrededor de T”. Por último, nos dice que si bien la materia del cielo hace que la piedra tienda hacia el centro T, porque tiene más fuerza para alejarse de ese centro, no

⁷⁰ *Ibid.*, p. 125. La traducción parece mala, sin embargo no lo es. El original de Descartes dice “qui estant au *dessus*, peut prendre sa place...”, lo que parece una obvia equivocación, pues no debe ser la materia que está por *debajo* sino la que está por *encima*, la que ocupa el lugar del cuerpo en caso de descender. La versión española de S. Turró sí hace esta diferencia.

puede hacer que la piedra vaya hacia occidente, aunque esta materia vaya hacia el oriente, pues es indiferente para ella el movimiento hacia oriente u occidente y tiende al movimiento hacia oriente de manera natural, como lo hace todo el cielo.

Para explicar el movimiento uniforme del aire y la tierra, Descartes nos dice que la materia del cielo no puede empujar a la piedra y hacer que ésta se mueva más rápido que el aire, pues existe la misma porción de materia del cielo tanto en una como en el otro, "de suerte que no habiendo allá una cantidad mayor de materia que actúe más contra ella que contra este aire, no puede girar más velozmente".⁷¹

Con este argumento Descartes asegura que se eliminan las dificultades que los "filósofos" ven cuando se habla del movimiento de la Tierra, como el de que un cañón debería disparar más lejos si se apunta hacia occidente que si se apunta hacia oriente, o que se deberían sentir grandes vientos o las cosas no podrían caer a plomo, "y cosas semejantes que no tienen lugar sino en el caso de suponer que la [Tierra] no es transportada en el curso del cielo que la rodea, sino que la mueve cualquier otra fuerza y en algún otro sentido que este cielo".⁷²

CAPÍTULO XII. DEL FLUJO Y REFLUJO DEL MAR

En este capítulo, Descartes nos explica las causas que, según él, producen el fenómeno de las mareas. Para entender su explicación es necesario tener en cuenta el diagrama de la Tierra presentado más arriba. Como puede

⁷¹ *Ibid.*, p. 127.

⁷² *Ibid.*, p. 127

observarse en este diagrama, la parte del cielo que hay entre la Luna y la Tierra es menor debido a la presencia de la primera. Esta reducción en el espacio provoca que las partículas del cielo que se encuentran allí aumenten su velocidad, teniendo la fuerza necesaria para empujar a la Tierra hacia el lado contrario al que se encuentra la Luna, provocando incluso un pequeño deslizamiento del centro T de la Tierra respecto al centro del cielo.

Ahora bien, como el aire y el agua que rodean a la Tierra son líquidos, éstos deben sufrir un aplastamiento tanto en la parte que da hacia la Luna como en la parte contraria (por D), compensándose hacia los lados de la derecha e izquierda del diagrama. Por esta acción, si bien la Tierra mantiene su redondez por ser un cuerpo sólido, tanto el agua como el aire deben tomar una forma oval, achatándose y distindiéndose conforme a la acción del cielo que se ve afectado por la presencia y la posición de la Luna.

El movimiento de rotación de la Tierra hace que cada una de sus partes se vea afectada de esta manera cada seis horas, por la presión y distensión del cielo, causando el flujo y reflujo del agua, "como lo tiene a su alrededor la que habitamos nosotros. Además, al girar la Tierra de occidente a oriente, hace que el agua y el aire pase su porción oriental a la occidental", lo que se manifiesta en el efecto que "hace la navegación mucho más fácil en nuestros mares de oriente a occidente".⁷³

Descartes apunta después que la Luna realiza su movimiento de rotación cada mes, "el mismo recorrido que la Tierra hace cada día", lo que hace variar las mareas, retrasándose una quinta parte de hora cada vez, como se observa en nuestro mundo.

⁷³ *Ibid.*, p. 130.

Además, como el cielo ABCD de la Tierra no es completamente redondo, sino un poco ovalado, en los puntos donde la Luna tiene libertad debe originar flujos y reflujos más leves que cuando tiene menos libertad y provoca una mayor acción del cielo. De esta manera, a las distintas fases de la Luna corresponden acciones distintas en las mareas, ocasionando que "los flujos y reflujos del mar sean mucho mayores cuando está hacia B, cuando se trata de [Luna] llena y hacia D cuando es nueva, que cuanto está hacia A o hacia C, donde se halla semiplena".⁷⁴ Otros efectos de la Luna dependen de la luz y se explicarán más adelante.

Con estas explicaciones Descartes da por sentado que todos los movimientos de los planetas, los astros y los cielos pueden ser explicados, por lo que sólo falta "explicar la acción de los cielos y de los astros que [deben] considerarse como su luz".⁷⁵

CAPÍTULO XIII. DE LA LUZ

Si bien Descartes ya ha explicado por qué los cuerpos que giran en círculos tienden a alejarse de los centros sobre los cuales giran, ahora se propone explicar detalladamente hacia dónde tiende a moverse la materia de que están compuestos los astros y los cielos.

Descartes inicia el capítulo diciendo que por "tender" no quiere decir que exista una voluntad o pensamiento en la materia que los haga seguir alguna trayectoria específica, sino que el cuerpo está "dispuesto" a seguir dicha trayectoria, por lo que "tendencia" significa un esfuerzo que se

⁷⁴ *Ibid.*, p. 131.

⁷⁵ *Ibid.*, p. 131.

enfrenta a varias resistencias como resultado de la acción que ejerce la materia que la rodea. Los cuerpos, al ser considerados en sus diversas partes y en relación a los otros que los rodean, presentan diversos movimientos; por ejemplo, "las partes de la Tierra tienden a alejarse de su centro en tanto se las considera aisladamente, y por el contrario, tienden a aproximarse [al centro] en tanto se considera la fuerza de las partes del cielo que las empujan hacia allí".⁷⁶

Para mostrarnos esto, Descartes vuelve al ejemplo de la honda, en la cual la piedra que gira en ella tiende, "si no se considera otra cosa que su pura agitación",⁷⁷ a seguir la línea recta; pero que tiende al movimiento circular si se toma en cuenta la acción de la cuerda que la sostiene. Por otra parte, tiende a ir hacia el lado contrario del centro sobre el que gira la honda, si no se tiene en cuenta la parte de su movimiento que no es impedido por ésta, estando, esta parte, oponiéndose a la resistencia de la honda. Según ésto, habría varias tendencias de movimiento: la primera y natural, de seguir la línea recta; la segunda, determinada por las condiciones de la materia circundante, a seguir el movimiento circular; y la tercera, imperceptible en la honda, a oponerse a la fuerza de la cuerda que la mantiene girando en círculos.

Para poder entender esto con claridad, Descartes nos pide que imaginemos la inclinación que tiene la piedra a moverse en línea recta como si en realidad fuera el resultado de dos movimientos, a saber, la de girar en círculo y la de seguir la línea que se forma del centro de la honda a la piedra, en tal forma que el resultado es proporcional a estas dos acciones y da como resultado la inclinación al movimiento lineal descrito.

⁷⁶ *Ibid.*, p. 133.

⁷⁷ *Ibid.*, p. 134.

Tomando en cuenta estas dos tendencias, Descartes nos dice que no es el movimiento natural de seguir la recta donde la piedra encuentra resistencia, sino en el otro movimiento, el que tiende a alejarla del centro de la honda. Así es como debemos ver, según él, el movimiento de las partes del segundo elemento que componen el cielo. Es decir, que éstas tienden, por inclinación natural, hacia la recta; pero que la resistencia de las otras partes del cielo la hacen seguir el círculo. Esta resistencia, "opuesta a la inclinación que tienen para continuar su movimiento en línea recta, les hace tender, es decir, es causa de que hagan el esfuerzo de moverse hacia"⁷⁸ el lado contrario del centro del cielo.

Pero hay algo más en el movimiento de las partes del cielo que no está considerado en el ejemplo de la honda, y es que a aquellas las empujan no sólo la materia que está entre el astro y ellas, sino también la materia de este astro, "y que no las empuja nada más".⁷⁹ Descartes nos dice que no las empuja nada más porque la acción de la materia de los astros tiene otras particularidades. Primero es necesario observar que a la materia que está en E (véase la Figura 3. La mecánica de la luz) sólo la empuja las partes que se encuentran entre las líneas AF y DG, conjuntamente con la materia del astro, "lo que es causa de que tiendan no sólo hacia M, sino también hacia L y hacia N, y generalmente hacia todos los puntos a donde puedan llegar los rayos o líneas rectas que, viniendo de alguna parte del sol, pasen por el lugar donde están ellas".⁸⁰

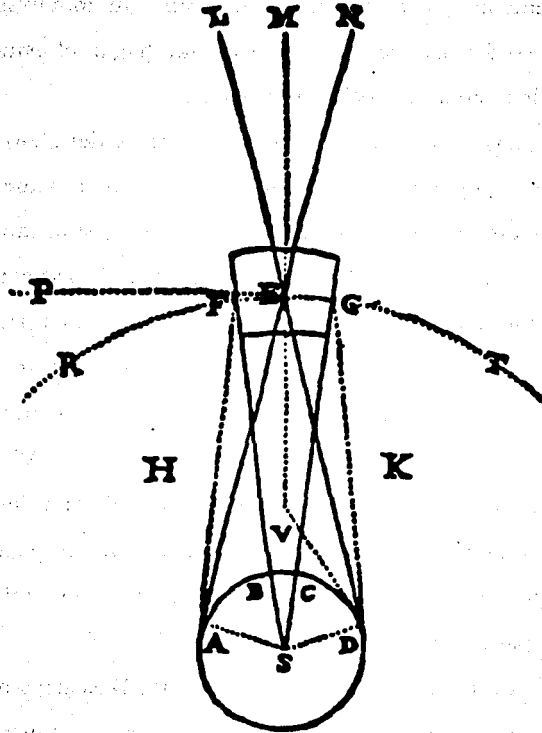
Para explicarnos este efecto con mayor claridad, Descartes nos pide que supongamos qué pasaría si el espacio E estuviera vacío. Al estar vacío,

⁷⁸ *Ibid.*, p. 135.

⁷⁹ *Ibid.*, p. 135.

⁸⁰ *Ibid.*, p. 137.

Figura 3
La mecánica de la luz



necesariamente alguna materia debe ocupar instantáneamente este lugar, pero ¿cuál materia? Descartes nos dice que no puede ser otra que la que se encuentra entre AF y DG, para lo cual analiza detalladamente cuál debe ser el comportamiento de la materia que se encuentra en otros lugares de ese cielo, comprobando que sólo esa puede ocupar el lugar del espacio E.

En fin, consideren que todas las partes del segundo elemento que están entre las líneas AF, DG deben avanzar juntas hacia este espacio E, para llenarlo en el mismo instante en que queda vacío. Porque aunque no cuenten sino con la inclinación que tienen de alejarse del punto S, la cual las lleva allá, y aunque esta inclinación hiciera que aquellas que están entre las líneas BF, CG tiendan más directamente hacia allá, que aquellas que se quedan entre las líneas AF, BF y DF, CG. Verán, sin embargo, que estas últimas no dejan de estar tan dispuestas como las otras a ir hacia allá, si se percatan del efecto que se debe seguir de su movimiento, que no es otro sino, como lo he dicho ahora, que el espacio E se llene, y que haya otro de igual tamaño en la circunferencia ABCD que se quede vacío al mismo tiempo.⁸¹

La única objeción posible que encuentra Descartes al desplazamiento de la materia del cielo para ocupar el espacio E, es el de que el lugar del que parten es más ancho que al que llegan, lo que podría hacer suponer que se debe crear cierta fricción entre las partes de este cielo que impidan que avancen hacia E, como podría suceder en un embudo al que se llena de pelotas, las cuales pueden entrechocar e impedir su

⁸¹ *Ibid.*, p. 139-139.

desplazamiento hacia el fondo del embudo, no permitiéndoles salir. A esto Descartes contesta que las partes del cielo no se entrechocan de esa manera (ya ha dicho antes que sus partes están separadas) pues su constante movimiento, que no es únicamente el que les hace tender hacia el espacio E, cambia su configuración constantemente, evitando que suceda el problema mencionado.

Además de eso, respondo luego que sus otros movimientos, que continúan en ellas mientras avanzan hacia E, no permitiéndoles permanecer un solo momento ordenadas del mismo modo, o bien les impide entretocarse, o bien hacen que después de haberse tocado se separen incontenibles de inmediato, y así, no dejan por eso de avanzar sin interrupción hacia el espacio E, hasta que esté completamente lleno. De suerte que no se puede concluir de eso sino que la fuerza, con que [las partes] tienden hacia E es probablemente como un temblor, se redobla y relaja, mediante diversas y pequeñas sacudidas según cambien de situación, lo que parece ser una propiedad atribuible a la luz.⁸²

Descartes nos dice que si hemos comprendido esto suponiendo un espacio vacío, lo comprenderemos mejor si suponemos que están llenos de materia del primer elemento, ya que ésta por su sutileza y gran agitación, está dispuesta a abandonar cualquier espacio, dejando que la materia del segundo elemento penetre ahí.

⁸² *Ibid.*, p. 144.

Este elemento tiende a descender hacia S cuando el segundo tiende a E, "sin obstaculizarse de ninguna manera",⁸³ además de alejarse de S por la rapidez con la que giran cuando están en ABCD (el sol).

En el sol, todas las partes que están en SD empujan juntas a la parte del segundo elemento que está en D, lo cual bastaría para que, por ejemplo, la parte del cielo DG tendiera a E, aunque no tuviera ninguna tendencia a hacerlo. Este efecto de "empuje" que realiza la materia del sol en el elemento del aire que se encuentra a su alrededor —acción que "se siente" en el punto E— es el efecto de la luz: "De suerte que si fuera el ojo de un hombre el que estuviera en el punto E, sería presionado entonces tanto por el sol como por toda la materia del cielo que está entre las líneas AF,DG".⁸⁴

Este efecto de "presión" produce en el ojo un efecto semejante al que nosotros, en nuestro mundo, tenemos a causa de la luz. Esto será explicado, con mayor detalle, más adelante. -

CAPÍTULO XIV. DE LAS PROPIEDADES DE LA LUZ

Este capítulo se dedica a analizar las propiedades de la luz y compararlas con la acción descrita en el capítulo anterior, para mostrar cómo esta última corresponde fielmente a lo que nosotros, en nuestro mundo, denominamos luz. Las propiedades que Descartes enumera son las siguientes.

1. Que la luz se extiende en círculo por todas partes alrededor de los cuerpos luminosos.

⁸³ *Ibid.*, p. 146.

⁸⁴ *Ibid.*, p. 148.

2. Que se extiende a todas las distancias.
3. Que se extiende instantáneamente.
4. Que se extiende comúnmente en línea recta, que son los rayos de luz.
5. Que muchos rayos, viniendo de diversos puntos, pueden juntarse en un mismo punto.
6. Que los rayos que vienen de un mismo punto, pueden dirigirse a varios.
7. Que los rayos viniendo de muchos puntos y dirigiéndose a muchos otros, pueden pasar por un mismo punto sin estorbarse.
8. Que los rayos pueden estorbarse sólo cuando su fuerza es muy distinta, siendo la de unos mucho más grande que la de otros.
9. Que los rayos pueden ser desviados por reflexión.
10. Que también pueden ser desviados por refracción.
11. Que pueden aumentar su fuerza.
12. Que pueden disminuir su fuerza de acuerdo a la materia que los recibe.

A continuación Descartes procede a explicar cada una de estas propiedades, conforme a la acción descrita con anterioridad.

La primera propiedad, la de extenderse en círculo por todas partes, se sigue del movimiento circular de sus partes, como nos lo ha explicado con el ejemplo de la pirinola girando a la cual se arroja polvo. El polvo sale volando en todas direcciones, al igual que lo hace la luz de los astros u otros objetos luminosos.

La segunda, que nos dice que los rayos de luz se extienden a cualquier distancia, se la explica recurriendo a nuestra percepción de las estrellas. Dice Descartes que el efecto de ABCD llega al espacio E,

independientemente de que la distancia entre esos lugares sea mayor a la distancia de las estrellas que se encuentran más lejanas de nosotros. Es obvio que Descartes piensa que la luz de todas las estrellas llega inmediatamente a nosotros, lo que demuestra que es independiente de la distancia y que puede recorrer cualquiera.

La tercera, de la instantaneidad de su acción, es explicada recurriendo al ejemplo de un bastón, en el cual cualquier acción que efectuemos en su mango se transmite instantáneamente al otro extremo. Recordemos que el universo cartesiano está totalmente lleno de materia, por lo que cualquier presión se transmite instantáneamente desde su origen.

La cuarta, que habla del movimiento en línea recta de los rayos de luz, no se explica como el movimiento lineal de las partes del segundo elemento, a través del cual el primer elemento ejerce su acción, pues es obvio que esas partes no pueden disponerse siempre y en todos los casos en línea recta. Más bien se trata del sentido en que se ejerce la presión, que sigue la línea recta. Así, si bien la transmisión en el medio no siga una línea recta por su particular conformación, el efecto sentido sí corresponde a la línea recta que une al emisor con el receptor. El ejemplo que pone Descartes es el de un bastón retorcido, donde el mango y el punto final se alinean en una recta. En este bastón, el efecto del empuje sigue la línea recta, independientemente de la curvatura que pueda tener en sus puntos intermedios.

Las propiedades quinta y sexta, que nos dicen que varios rayos de luz pueden coincidir en un punto o ir a diversos puntos desde un mismo punto de emisión, sin obstaculizarse ni depender unos de otros, las explica refiriéndose a las líneas trazadas en el esquema anterior (AEN, DEL, AF y

DG). Esta explicación se basa en el trazo de las líneas y el símil que Descartes supone entre la línea recta que se traza en una hoja de papel y el rayo de luz. Otro ejemplo que nos ofrece Descartes es de varias cuerdas atadas a una polea, donde la fuerza que se aplica a cada cuerda es proporcional a la resistencia de esa misma cuerda, sin que las otras influyan.

La séptima propiedad, que postula que varios rayos de luz pueden pasar por un mismo punto sin estorbarse, es explicada por Descartes diciendo que la materia que se encuentra en el punto de incidencia de esos rayos es capaz de recibir diversos movimientos en un mismo instante. Utiliza como ejemplo una estrella formada por tubos que coinciden en un mismo punto (como una serie de flautas que se intersectan en el centro). Si existen seis orificios en esa estrella (correspondiente a tres flautas intersectándose) y se sopla por tres de ellos, es obvio que todo el aire llega al punto central y de ahí se distribuye por los orificios restantes para salir por ahí. Descartes supone que el aire sigue la línea recta y sale por el orificio que corresponde en línea recta al orificio por el cual se sopla. Según él, esto mismo sucede con la luz.

La octava, que habla de que los rayos de luz pueden estorbarse cuando su fuerza es muy distinta, la explica usando de nuevo el ejemplo de la estrella. Dice Descartes que si se sopla más fuerte por uno de los orificios que por los otros dos, saldrá también más fuerte por el que está alineado a él.

Respecto a las propiedades de reflexión y refracción, novena y décima de la lista, nos dice que si bien ya lo ha explicado en la *Dióptrica*, sólo le queda decir que la acción o inclinación de moverse es transmitida por medio de muchos cuerpos que entrechocan, y que la acción de una

pelota que rebota o se mueve sólo varía de la de la luz en que esta última actúa instantáneamente. Así, nos dice Descartes, la luz que encuentra un cuerpo opaco se refleja, como cuando una pelota choca con la pared y rebota, y cuando entra la luz en algún lugar donde su acción puede extenderse con más o menos facilidad que en lugar de donde sale, debe también sufrir una desviación en el punto donde cambia de medio.

Sobre las últimas propiedades, de que los rayos de luz pueden aumentar o disminuir su fuerza, Descartes nos dice que depende no sólo de la cantidad de rayos que se reúnen en un punto, sino también de la disposición de los cuerpos que se encuentran por los sitios donde pasan. El ejemplo que pone Descartes es el de una piedra que es lanzada al aire, que puede aumentar o disminuir su velocidad por efecto de los vientos que soplan del mismo lado que ésta o del lado contrario.

**CAPÍTULO XV. QUE LA FAZ DEL CIELO DE ESTE NUEVO MUNDO DEBE
PARECERLE A SUS HABITANTES COMPLETAMENTE
SEMEJANTE A LA DEL NUESTRO**

Después de haber realizado el proceso analítico para llegar a los conceptos más claros que puedan dar cuenta de los fenómenos de nuestro mundo, y después de buscar una reconstrucción a través del uso de una "fábula" y la invención teórica de un "nuevo mundo", Descartes llega al momento final de su explicación. La demostración que escogió para mostrar que el universo está conformado de materia, en la cual la extensión, figura y movimiento son las cualidades esenciales de la misma, puede aplicarse a nuestro mundo puesto que sus efectos son idénticos a los observados en el

mundo real. Esta demostración busca mostrar cómo se llega a los mismos fenómenos que se dan en el mundo, asegurando así la validez de todas las afirmaciones cartesianas.

Para ello, Descartes nos dice, en primer lugar, que los habitantes de la Tierra de este mundo nuevo deben ver el cuerpo S (véase la Figura 1, p. 69) como nosotros vemos al sol. Deben ver, además, a los astros fijos como nosotros observamos a las estrellas.

En cuanto a la luz que emiten el sol y las estrellas, los cielos ABCD y FGGF deben oponer, cada uno, cierta resistencia a sus rayos, pero en el caso de la resistencia de ABCD, es también claro que toda la parte del cielo de S a D fortifica la acción de los rayos solares y que incluso la acción del cielo FGGF no impide que los rayos de una gran cantidad de estrellas nos lleguen.

Descartes nos dice que los grandes cielos, aquellos que tienen una estrella como su centro, deben tener uno con otro una fuerza equiparable, pues si no existiera tal igualdad, irremediablemente se destruiría uno a otro por el efecto de la fuerza de su materia, o por lo menos buscaría un punto de equilibrio, que finalmente reduciría a los cielos a las formas que equiparen sus fuerzas. Por esto, la fuerza de la materia que se encuentra en SB debe tender hacia e con la misma fuerza que la materia eB debe tender hacia S.

Siguiendo este razonamiento, se nota que el rayo TB no puede impedir que la fuerza del rayo eB, que es mayor, llegue hasta T. Nos dice también que puede llegar a T la luz de la estrella A, a la cual le ayuda la materia que está de A a 2, más de lo que la resiste la que está de 4 a T, mientras que la que está de 3 a 4 la resiste más de lo que la ayuda la que está de 3 a 2, por lo cual su luz nos llega más débil. Si observamos el

diagrama, nos podemos percatar con facilidad que Descartes imagina un cielo girando en la dirección contraria a las manecillas del reloj, y que va actuando en los rayos de luz de distintas maneras. Descartes nos dice que haciendo este tipo de razonamiento, debemos “comprender que estas estrellas no deben aparecer menos confusamente arregladas, ni menores en número, ni menos desiguales entre ellas, de lo que lo están las que vemos en el verdadero mundo”.⁸⁵

Nos dice además que los hombres no pueden determinar la distancia a la que se encuentran las estrellas, ni el lugar real que ocupan, pues las superficies que separan los cielos causan que haya refracción en los rayos de luz al pasar de uno a otro, ocasionando que veamos a las estrellas como fijas desde cualquier punto en que se encuentre la Tierra en su movimiento de traslación, pues el círculo descrito por la traslación es muy pequeño respecto de las distancias que nos separan de las estrellas y las refracciones sufridas por las partes que separan a los cielos son muchas.

En cuanto al tamaño de las estrellas, nos dice que deben aparecer más pequeñas de lo que son, por su lejanía, y que incluso habrá otras que no se vean en absoluto, o que sólo se vean cuando varias de ellas junten su luz formando nebulosas. En cuanto a las estrellas que están más cerca de nosotros, basta suponerlas del tamaño del sol para que aparezcan tan grandes como las más grandes que podemos ver en nuestro mundo. Por otra parte, la refracción producida por los “firmamentos”, por las superficies que separan los cielos, pueden producir efectos que las hagan aparecer centellantes o nebulosas. Además, al aproximarse un cometa a estas superficies, puede cambiarlas haciendo que las estrellas aparezcan

⁸⁵ *Ibid.*, p. 161.

en otro lugar o con un tamaño distinto, o que algunas empiecen a aparecer de pronto o a desaparecer, tal y como sucede en nuestro mundo.

En cuanto a los cometas y los planetas que se encuentran en el mismo cielo que el sol, siendo éstos cuerpos compuestos por el elemento tierra, que son tan grandes que tienden a juntarse más que a destruirse o separarse, pueden resistir la acción de la luz y provocar su reflexión hacia la Tierra, lo que los hace visibles. "Así como los objetos opacos y oscuros que están en una habitación pueden ser vistos gracias a los rayos de la vela que los alumbraba, y que enviados hacia los objetos, regresan hacia los ojos de los observadores".⁸⁶

Descartes nos dice que el rayo del sol tiene además la ventaja de que su potencia se incrementa conforme se aproxima a la superficie exterior de su cielo, pues la materia de éste tiende a ir hacia su circunferencia. La diferencia entre la iluminación de una vela y la del sol se basa en lo anterior, pues mientras la luz de la vela va perdiendo potencia conforme se aleja de ésta, iluminando más a los objetos que se encuentran más cerca y menos a los que encuentran más lejos, los rayos del sol, gracias a la materia del cielo y su tendencia a alejarse hacia la circunferencia, iluminan a los planetas de diferente manera, pues aquellos que están más cerca del sol "no están en la misma proporción más iluminados por el sol que los más altos, ni incluso que los cometas que están incomparablemente más lejos de él".⁸⁷

Dice que la experiencia nos muestra que todo lo anterior ocurre en nuestro mundo y que no es posible encontrar otra razón en ello que la de que la luz es una acción o disposición en los objetos.

⁸⁶ *Ibid.*, p. 163.

⁸⁷ *Ibid.*, p. 164.

Digo una acción o disposición porque, si se han fijado en lo que ya demostré, a saber, que si el espacio donde está el sol estuviese completamente vacío, las partes de su cielo no dejarían de tender hacia los observadores, del mismo modo que cuando son empujadas por su materia, e incluso con tanta fuerza, pueden muy bien juzgar que no tiene prácticamente necesidad de tener en sí ninguna acción, ni ser tampoco otra cosa que un puro espacio, para aparecer tal y como nosotros lo vemos.⁸⁸

En cuanto a los cometas que no están en el mismo cielo que el sol, Descartes nos dice que no pueden enviar tantos rayos hacia la Tierra y no pueden ser vistos por los hombres. La razón, según él, es que la mayor parte de los rayos se disipan a causa de la refracción que sufren en el firmamento por donde pasan. Como ejemplo, nos dice que si el cometa CD (véase la Figura 4. La refracción de la luz y los cometas) recibe de S los rayos que están en SC y SD y refleja hacia la Tierra los que están en CT y DT, entonces el cometa EF no recibe sino los rayos que están entre SGE y SHF, que es menor que la SC y SD, debido a la refracción ocurrida en el firmamento que se curva hacia el sol, "tal y como sabemos que lo hace cuando un cometa se le aproxima".⁸⁹ Y aunque no fueran estorbados al pasar hacia EF por este firmamento, suponiéndolo plano, sí lo serían a su regreso, como sucede con LM, donde los rayos SIL y SKM no deben curvarse cuando pasan hacia LM, pero sí se curvan mucho al regresar a la Tierra, llegando a ésta muy débiles y muy pocos. Además, como esto último no puede ocurrir sino cuando el cometa está muy alejado del

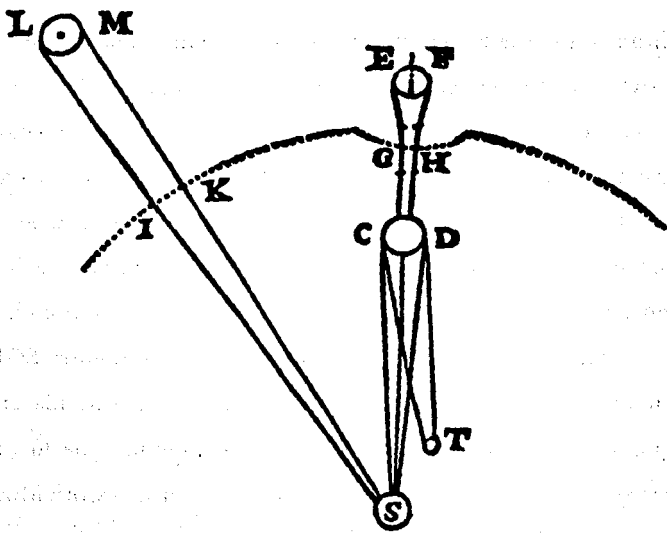
⁸⁸ *Ibid.*, p. 164.

⁸⁹ *Ibid.*, p. 165.

se supone no tiene un efecto sensible en la refracción de la luz que se refracta en la atmósfera de la tierra, como se ve en la figura 4.

Figura 4
La refracción de la luz de los cometas

En esta figura se representa un cometa que se mueve en una órbita elíptica, y se muestra la refracción de la luz que emite el cometa al pasar cerca del sol. La línea *SM* representa la línea que une al sol (*S*) con el cometa (*M*). La línea *SL* representa la línea que une al sol (*S*) con el observador (*L*). La línea *EM* representa la línea que une al cometa (*M*) con el observador (*L*). La línea *ES* representa la línea que une al cometa (*M*) con el sol (*S*). La línea *EL* representa la línea que une al cometa (*M*) con el observador (*L*). La línea *ES* y *EL* representan la línea que une al cometa (*M*) con el sol (*S*) y al observador (*L*). La línea *ES* y *EL* representan la línea que une al cometa (*M*) con el sol (*S*) y al observador (*L*). La línea *ES* y *EL* representan la línea que une al cometa (*M*) con el sol (*S*) y al observador (*L*).



firmamento, pues si estuviera cerca éste se curvaría, y como la lejanía impide que el cometa reciba tantos rayos del sol como lo haría si estuviera más cerca, esto hace que los rayos sean efectivamente muy pocos y débiles.

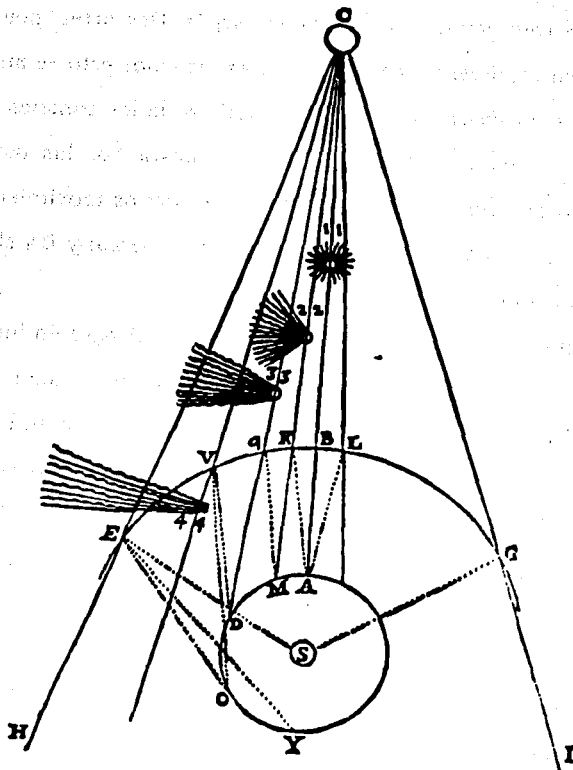
En cuanto a los rayos que recibe el cometa del astro del cielo en que se encuentra, no puede enviarlos a la Tierra por las mismas razones que la Luna nueva no se refleja hacia nosotros.

Todas estas refracciones son la causa, según Descartes, por la cual los cometas presentan diversas caudas. Para explicarnos esto se auxilia de un diagrama (véase la Figura 5. Los efectos ópticos de los cometas), donde S es el sol, C un cometa, EBG la esfera compuesta por las partes del segundo elemento que son las más grandes y con menos movimiento (que corresponde al círculo K visto en el diagrama del universo) y DA el círculo que describe la Tierra en su movimiento de traslación.

Descartes nos dice que el rayo que viene de C a B pasa en línea recta a A, pero que en B se alarga y divide en otros muchos rayos, como efecto de la refracción del círculo EBG; estos rayos se extienden por todos lados, encontrándose más débiles en cuanto más se separan del rayo BA. Nos dice que de igual forma el rayo CE en el punto E se empieza a dividir, de donde EH es el principal y más fuerte y ES el más débil. Lo mismo sucede con CG, donde GI es el principal y GS el más débil.

Así, supuesta esta refracción, es manifiesto que cuando la Tierra está hacia A, no sólo el rayo BA debe hacer ver el cuerpo del cometa C a los terrestres, sino también que los rayos CA, KA y similares, que son más débiles que BA, llegando a sus ojos, les deben hacer ver una

Figura 5
Los efectos ópticos de los cometas



corona o cabellera de luz, esparcida igualmente por todos lados alrededor de él (como en el lugar marcado 1,1 del diagrama).⁹⁰

Siguiendo este razonamiento, cuando la Tierra está hacia M, el cometa se ve gracias al rayo CKM y su cabellera aparece por el rayo QM y todos los que tienden hacia M, de manera que la cabellera se va extendiendo más hacia la parte opuesta al sol y desaparece hacia la parte desde donde se le observa (figura 2,2). A medida que la Tierra se va alejando más del punto A, la cauda va apareciendo más y más larga hacia el lado opuesto al sol y se transforma en la cauda que el cometa "jala tras de sí". Cuando el cometa se deja de ver a causa del sol (en el punto Y) todavía es posible ver la cauda como "una lanza de fuego".

La similitud entre los fenómenos que se producen en este "nuevo mundo" y nuestro universo, son la prueba-final de que la construcción racional que Descartes ha efectuado, a partir de los conceptos claros y distintos como son la extensión, la figura y el movimiento, corresponde a una explicación de nuestro universo y los fenómenos que observamos. Para dar el punto final a su exposición, Descartes tiene que explicarnos con más detalle cómo ocurre la refracción de los rayos de luz, pues en ella se basa la explicación de los fenómenos que observamos.

La explicación es sencilla. Imaginemos un conjunto de esferas apiñadas unas arriba de otras, de manera que estén ordenadas una exactamente arriba de otra; imaginemos que por debajo de ellas hay varias mucho más pequeñas, de manera que a la última bola grande correspondan tres o cuatro de las pequeñas. Imaginemos que golpeamos una de las esferas grandes que se encuentran arriba; ésta transmitirá la

⁹⁰ *Ibid.*, p. 169.

fuerza del golpe a la que está debajo de ella y ésta a la siguiente y así, hasta llegar a la última bola grande de la hilera, que a su vez golpea a las tres o cuatro que tiene debajo. El comportamiento de estas esferas pequeñas no será igual para todas, pues es obvio que dependerá de la colocación de éstas con respecto a la grande, como cuando chocan varias bolas de billar. Descartes nos dice que el efecto de la luz es como el golpe que se da a la esfera de arriba, que se transmite por toda la hilera en línea recta y luego se va dispersando en las bolas pequeñas, siendo la más fuerte aquella que sigue la línea recta y disminuyendo su fuerza conforme se va alejando de ella.

Se podría objetar —concluye Descartes— que la desigualdad de la materia del cielo no puede ser tan grande como la que ha supuesto entre las esferas, puesto que dice que tres o cuatro de ellas ocupan el tamaño de una de las grandes, a lo que contesta que no importa que la diferencia en la materia del cielo no sea tan grande de repente, sino que su diferencia es gradual, pero que a final de cuentas el efecto observado por la gradación de la materia es tan grande como el supuesto en las esferas.

Con esto Descartes da por terminada su explicación.

IV. HACIA UN NUEVO PARADIGMA

Descartes es conocido, más que como el matemático que desarrolló la geometría analítica o el físico que descubre la ley de refracción, como el primer filósofo moderno. Es en él donde el pensamiento adquiere conciencia de sí mismo y la libertad alcanza el lugar que le corresponde en primera instancia: el sujeto. Estas dos son características centrales del pensamiento moderno. Debemos a Hegel esta visión, quien en sus famosas *Lecciones sobre la historia de la filosofía*, al tratar la filosofía moderna y en particular lo que llamó el "periodo del entendimiento pensante", caracterizó la aportación del pensamiento cartesiano de la siguiente manera:

Con cartesio entramos, en rigor, desde la escuela neoplatónica y lo que guarda relación con ella, en una filosofía propia e independiente, que sabe que procede sustantivamente de la razón y que la conciencia de sí es un momento esencial de la verdad. Esta filosofía erigida sobre bases propias y peculiares abandona totalmente el terreno de la teología filosofante, por lo menos en cuanto al principio, para situarse del otro lado. Aquí, ya podemos sentirnos en nuestra casa y gritar, al fin, como el navegante después de una larga y azarosa travesía por turbulentos mares: ¡tierra!¹

La posición hegeliana ha sido de gran influencia para la caracterización y comprensión de la filosofía cartesiana, por lo que me

¹ G.W.F. Hegel, *Lecciones sobre la historia de la filosofía*, Fondo de Cultura Económica, México, 1955, t. III, p. 252.

gustaría tratar rápidamente cuál era su posición respecto de los logros científicos de Descartes.

Hegel considera la física cartesiana como un conglomerado confuso de ideas empíricas y uso de la razón, de determinaciones mecanicistas y razonamientos metafísicos que resultan interesantes sólo como punto de comparación. Es importante tener en cuenta que, para Hegel, la historia de la filosofía es un proceso teleológico que concluye, o al menos alcanza su cima, con su sistema del espíritu absoluto, por lo que su posición ante la filosofía cartesiana está obviamente influida por la meta que desea alcanzar y la ve como un escalón más en la serie que conduce a él. Sin embargo, no deja de ser interesante conocer exactamente qué pensaba respecto a Descartes, por lo que me permito transcribir algunos párrafos que considero relevantes. Nos dice Hegel:

La extensión y el movimiento son los conceptos fundamentales de la física mecánica; son lo que es la verdad del mundo de los cuerpos. Descartes ve flotar vagamente ante él la idealidad y se halla muy por encima de las cualidades sensibles, pero no pasa a la particularización de esta idealidad. Se detiene pues, en el mundo de la mecánica en sentido estricto. Dadme la materia (lo extenso) y el movimiento, y os construiré mundos, viene a decir Descartes; el espacio y el tiempo son, para él, por tanto, las únicas determinaciones del universo material. Tal es, en efecto, la manera mecánica de considerar la naturaleza, por virtud de la cual la filosofía de la naturaleza de Descartes es puramente mecánica.

Los cambios en la materia residen, por tanto, solamente en el movimiento; por eso Descartes reduce todas las relaciones a estados de

quietud o movimientos de partículas; todas las diferencias materiales, el color, el sabor, en una palabra, todas las cualidades corporales y todos los fenómenos animales, al mecanismo [...] Vemos pues aquí el fundamento y el origen de la filosofía mecánica.

[...] En Descartes, la filosofía tenía aún la significación indeterminada de conocer por medio del pensamiento, la reflexión, el razonamiento [...] por tanto [...] no aparecen separados aún lo que hoy llamamos conocimiento filosófico y el conocimiento científico de otra clase [...] por eso nos encontramos con que en la metafísica cartesiana se mezclan y confunden del modo más simplista las reflexiones y razonamientos completamente empíricos nacidos de razones, de experiencias, de hechos, de fenómenos [...]

Lo que hay en esta metafísica de rigurosamente científico consiste propiamente en el método probatorio, tal y como venía aplicándose desde hacía largo tiempo en la geometría, y en el modo ordinario del silogismo formalmente lógico. De aquí que la filosofía, pretendiendo abarcar el conjunto de las ciencias, parte de la lógica y la metafísica; la segunda parte está formada por una física y una matemática usuales, aunque mezcladas con especulaciones metafísicas.²

Para Hegel, lo único propiamente científico en toda esta mezcla de razonamientos metafísicos y empíricos, es el método probatorio, la manera de demostrar sus aseveraciones científicas. Este método, tomado de la geometría, consiste en el silogismo formalmente lógico. Sin embargo, habría

² *Ibid.*, pp. 276-277.

que aclarar aquí dos puntos: 1) ¿De qué manera el método es argumento de prueba para Descartes?, si es que tiene dicha función, y 2) ¿En qué consiste el conocimiento científico?

Hemos dicho en el Capítulo II que Descartes encuentra en las *Reglas* que el proyecto de *mathesis universalis* no es suficiente para explicar los fenómenos físicos, sino que es necesario conocer la naturaleza del objeto de estudio (las "potencias naturales") en tanto primer elemento de la serie que nos conduce al conocimiento. Dice la regla IX:

Si en la serie de cosas que se han de investigar se presenta algo que nuestro entendimiento no puede intuir suficientemente bien, es preciso detenerse allí; y no se debe examinar lo demás que sigue, sino abstenerse de un trabajo superfluo.

Y nos pone como ejemplo un caso de refracción:

[...] la determinación de esa línea [la anaclástica]³ depende de la proporción que guardan los ángulos de refracción con los ángulos de incidencia; mas como no será capaz de hacer esta investigación, puesto que no pertenece a la matemática sino a la física, se verá obligado a detenerse en el umbral y nada conseguirá con querer oír de los filósofos u obtener de la experiencia el conocimiento de esta verdad; porque pecaría contra la tercera regla [que dice: acerca de los objetos propuestos se debe investigar... lo que podamos intuir con

³ La anaclástica es general la curva de refracción de la luz y su etimología griega refiere al concepto de ruptura. En particular, Descartes estaba interesado en el problema de refracción que hacía que los rayos de luz se unieran, al refractarse, en un solo punto.

claridad y evidencia o deducir con certeza] [...] en vano supondrá también entre tales ángulos una proporción que él creerá más verdadera que todas; porque entonces no buscará ya la anaclástica, *sino solamente la línea que diese razón de lo que ha supuesto.*

Por el contrario, si alguien que no estudia solamente las matemáticas, sino que desea [...] investigar la verdad sobre todo lo que se le presente, viene a dar con la misma dificultad, irá más lejos y encontrará que la relación entre los ángulos de incidencia y los ángulos de refracción depende de la variación de esos mismos ángulos en razón de la diferencia de los medios; que esta variación a su vez depende del modo como el rayo penetra en todo cuerpo transparente; y que el conocimiento de la propiedad de penetrar un cuerpo supone igualmente conocida la naturaleza de la acción de la luz; y que, en fin, para comprender la acción de la luz es preciso saber qué es en general una potencia natural; y esto último es en toda esta serie lo más absoluto.⁴

Parece claro que el conocimiento científico se fundamenta en el conocimiento de algo más que escapa a la pura aplicación metodológica de la *mathesis universalis* de las Reglas, pues sin este conocimiento el desarrollo geométrico sólo servirá para justificar la construcción, pero no la veracidad de su modelo. No se trata de "dar razones a lo que se ha supuesto", sino de encontrar el fundamento que hace que esas razones estén sustentadas. Ese fundamento escapa a las matemáticas y es parte de la física. Pero es parte de la física porque tiene que ver con su naturaleza intrínseca y no con la forma

⁴ René Descartes, *Reglas para la dirección del espíritu*, UNAM, México, 1985, pp. 124-126 (cursivas mías).

en la que podemos reconstruir teóricamente los fenómenos. Está más allá del sujeto y su capacidad metodológica. Hemos dicho arriba que este conocimiento es uno de los objetivos de *El mundo*. Veamos cómo se realiza.

La estructura argumental es la siguiente: en primer lugar, encontramos la problematización del conocimiento empírico, mostrando, mediante varios ejemplos de la vida cotidiana, que los fenómenos percibidos (el cosquilleo, el dolor y hasta la relación entre sonidos y palabras y éstas con sus significados) no se ajustan a un fenómeno real, iniciando, de esta manera, la diferenciación entre el mundo real y el percibido (cap. I). Después, Descartes nos explica cómo todas las "cualidades" que atribuimos a los cuerpos (calor, luz, diferencia entre sólidos y líquidos) pueden explicarse suponiendo una estructura corpuscular de la materia, donde la claridad y simpleza de esta estructura se compara con la complejidad de las explicaciones que suponen esos atributos (caps. II a V). De aquí pasa a introducir la "fábula" de un mundo nuevo, discutiendo la fundamentación metafísica de la materia como *res extensa* (cap. VI). A partir de esta formulación se fundamentan los principios del movimiento como leyes de la naturaleza basadas en la inmutabilidad de Dios (cap. VII). Con estas bases se inicia la reconstrucción de los fenómenos del universo: la composición material, el movimiento de los planetas, la percepción de los cometas, las mareas, etcétera, terminando con la naturaleza de la luz (caps. VIII a XIV). Finalmente, se plantea la verificación global de las hipótesis mediante la coincidencia entre los fenómenos del mundo supuesto y el mundo real.

Desde mi punto de vista, esta estructura argumental no tiene como único objetivo convencer al lector de la veracidad de los planteamientos cartesianos, sino que está íntimamente relacionada con la estructura

metodológica propuesta por Descartes. Esta argumentación sigue al método científico, pues como nos dice el propio Descartes:

hay que empezar por la búsqueda de estas causas primeras, esto es, de los principios, y estos principios deben reunir dos condiciones: una, que sean tan claros y evidentes que el espíritu humano, cuando se dedique atentamente a considerarlos, no pueda dudar de su verdad; otra, que de ellos dependa el conocimiento de las otras cosas, de modo que [los principios] puedan ser conocidos sin éstas, pero no éstas sin ellos; después de lo cual, se debe tratar de deducir de estos principios el conocimiento de las cosas que dependen de ellos, de modo que no haya en toda la serie de deducciones nada que no sea absolutamente manifiesto.⁵

La ciencia, para Descartes, consta pues de dos momentos: el primero, el conocimiento de sus principios o fundamentos; el segundo, la reconstrucción lógica, a partir de ellos, de los fenómenos físicos observados. De esta manera, Hegel estaría equivocado si suponemos que lo que quiso decir era que lo puramente científico en Descartes es el método. La ciencia nueva se da en él como mezcla del método y la fundamentación metafísica de las potencias naturales.

El *Tratado de la luz* o *El mundo* parte de la materia como extensión (y por lo tanto del espacio como materia, lo cual se sigue de que la extensión es la abstracción geométrica del espacio) sin buscar mayor fundamento de la misma. Aquí hay dos posiciones encontradas: unas que ven a la *res extensa*

⁵ René Descartes, *Carta del autor a quien tradujo los Principios de la filosofía*, UNAM, México, 1987, p. 8.

como fundamento metafísico de la física cartesiana, y otras que piensan que no hay ninguna deducción metafísica que llegue a la extensión,⁶ sino que ésta no es más que una conclusión empírica.

Aunque de la lectura del texto no es claro que exista alguna fundamentación metafísica de la extensión, en otros textos (como las *Reglas* o los *Principios* y el *Discurso*) se hace hincapié en el estatuto epistemológico de la materia. Siguiendo estos textos, podemos ubicar mejor a *El mundo* y deducir que la justificación metafísica del universo sigue el siguiente esquema.

En primer lugar, todo conocimiento verdadero descansa en el hecho de que mi entendimiento sea capaz de reconocer sus principios con claridad y distinción. En este sentido, sólo se concibe como clara y distinta la naturaleza corporal si ésta se piensa del mismo modo que el espacio geométrico. Esta forma de concebir a la materia no garantiza su verdad, sino que es necesario realizar otro paso que nos lleva a tal verdad. Si el mundo es concebido como *res extensa*, la verdad de esta concepción está dada por la infinitud de la divinidad, que hace imposible que me equivoque en las operaciones elementales de mi entendimiento. Así, depende de Dios ese tránsito de la hipótesis de *res extensa* a la verdad de la misma.

De esta manera, a partir de mi entendimiento deduzco la existencia de Dios, y de esa existencia deduzco la veracidad de mi percepción del mundo como *res extensa* y, por lo tanto, del universo como ente geometrizable, fundamentando, de esta manera, el modelo mecanicista cartesiano.

Ahora bien, si esta fundamentación metafísica del mundo como *res extensa* no se encuentra explícitamente en el *Tratado de la luz*, sino que es

⁶ Sobre esta última véase Desmond M. Clarke, *La filosofía de la ciencia de Descartes*, Alianza Editorial, Madrid, 1982.

necesario buscarlo en otros textos, sí hay una referencia explícita a otro fundamento metafísico de la construcción del mundo: el movimiento. Algunos autores piensan que la noción metafísica de *res extensa* lleva implícita la exigencia de la matematización del movimiento, de donde se deducen esas "leyes de la naturaleza" de las que nos habla Descartes. Esta deducción me parece poco clara.

Más bien, el movimiento, las leyes de la naturaleza que lo rigen, son el otro momento metafísico que fundamenta la física mecanicista de Descartes. En este sentido, el texto del *Tratado de la luz* es claro: Dios no solamente crea al mundo como "el cuerpo más sólido" que podamos imaginar, sino también lo dota de movimiento. Y es ese movimiento el que produce el "orden perfecto" que percibimos en el universo. Pero Dios no sólo actúa en el instante de la creación, formando la *res extensa* y dotándola de movimiento, sino que lo *conserva* en cada instante y, mediante las leyes de la naturaleza, actúa ininterrumpidamente, está siempre detrás de cada uno de los fenómenos.

Descartes había llegado a la conclusión de que era en el movimiento instantáneo dónde debería buscar el fundamento de la fenomenología de todo movimiento. Es en su instantaneidad donde se encuentra la acción divina. No hay exclusivamente un principio metafísico que se refiera a la génesis del universo, sino un principio, un fundamento, que está siempre presente, garantizando en cada instante que el mundo sea de esta manera y no de otra. Quizás por ello, Descartes se conforma con demostrar que su mundo posible actúa como el nuestro, verificando, de esta manera, que *es* el nuestro.

El mundo está siempre determinado por la acción divina y, por tanto, si hemos construido un mundo donde los fenómenos son iguales al nuestro,

no hay más remedio que aceptar que ese es nuestro mundo. ¿Cómo podría haber dos mundos distintos, si Dios actúa constantemente en éste?

Esta idea de un Dios siempre actuante estará en el centro de la discusión de Leibniz y Newton, pues el cartesiano Leibniz está convencido de que no sólo vivimos en un mundo posible, sino en el mejor mundo posible. ¿Por qué el mejor? Porque Dios actúa constantemente en él.

Ahora bien, si la física cartesiana tiene un nivel de fundamentación metafísica en lo que respecta a sus principios, no podemos deducir de ello que su física no tenga un carácter moderno, es decir, un carácter hipotético experimental.

Es necesario recordar que antes de la redacción de *El mundo*, Descartes se había dedicado a analizar una gran cantidad de fenómenos, tanto de mecánica y óptica, como de medicina y anatomía, y que en ellos había buscado siempre crear modelos que se verificaran en los hechos, rechazando sus hipótesis de trabajo cuando encontraba una demostración de que los resultados alcanzados no concordaban con éstas. El carácter hipotético deductivo se ha mostrado, incluso en *El mundo*, en la formulación de modelos que expliquen los fenómenos observados y que tengan una aplicación práctica en la vida.

Dichos modelos no son presentados como absolutamente verdaderos, sino como explicativos, subordinando la discusión de la veracidad a su utilidad para explicar la realidad. Dice Descartes:

Deseo que cuanto escribo sea tomado solamente por una hipótesis que puede estar muy alejada de la verdad; pero, aunque fuera así, sería ya suficiente si todas las cosas deducidas concuerdan enteramente con las experiencias, puesto que en este caso no será menos útil para la vida

que si fuera verdadera, ya que se podrá hacer uso de ella de igual manera para disponer las causas naturales en vista a producir los efectos que se deseen.⁷

Y en otra parte:

[...] por lo que se refiere [a las comparaciones] de que yo me sirvo —sólo comparo movimientos con otros movimientos, o figuras con otras figuras...—, afirmo que son el medio más apropiado que el espíritu humano pueda tener para explicar la verdad de las cuestiones físicas, de modo que, cuando se asegura alguna cosa acerca de la naturaleza que no puede ser explicada por ninguna de tales comparaciones, sé por demostración que es falsa.⁸

Descartes está interesado en la formulación de modelos que están basados en la estructura geométrica y contruidos a través del método, mismos que sirven para explicar y predecir los fenómenos como si fueran su verdadera causa. Sus hipótesis están subordinadas al criterio de validez otorgado por su aplicabilidad. Existe una doble relación entre las hipótesis y los modelos cartesianos con los hechos observados, pues éstos son explicados por aquéllos, a la vez que aquéllos son demostrados por éstos.

También hay otro elemento que es necesario tener en cuenta. la ciencia no se da como un conocimiento por sí mismo, sino como una herramienta que debe utilizarse para moldear la naturaleza en beneficio del hombre, que si bien es algo que se halla presente en el renacimiento, bajo el

⁷René Descartes, *Les Principes de la Philosophie*, en A. y T., t. IX, p. 123.

⁸ Carta del 12 de diciembre de 1638 a Morin, en A y T, II, pp. 367-368.

rubro de la magia, ahora adquiere su papel positivo dentro de la tradición moderna.

En cuando a la certeza de los planteamientos cartesianos o su demostración, el papel de la correspondencia entre la construcción de los hechos mediante el método, a partir de los fundamentos metafísicos que dan cuenta de la naturaleza extramatemática de los objetos tratados, y la observación de los hechos en la vida cotidiana, se erige como elemento de certeza y demostración de la ciencia cartesiana. No es el método, como pretende Hegel, el elemento probatorio de la ciencia, sino la correspondencia entre lo observado y lo construido. Si existe correspondencia entre la "fábula" y el mundo real, lo que adquiere el papel de científico es la construcción, el método. Pero la prueba está en la observación de dicha correspondencia.

Descartes no utiliza, como prueba de que su "mundo nuevo" es el real, el argumento de que ése ha sido construido mediante las reglas de deducción matemáticas o que está lógicamente construido, como algunos autores aseguran.⁹ Si Descartes nos presenta una reconstrucción del universo en forma de "fábula" se debe más a esta manera de demostración *a posteriori*, que a la necesidad cartesiana de no entrar en disputas sobre la validez de sus postulados o al temor de ser condenado.

Según W. R. Shea, Descartes

Deseaba más que nada evitar conflictos con la filosofía oficial, y puso mucho empeño en lograrlo [...] Como diríamos hoy, la preocupación que Descartes sentía por el orden social hacía de él un conservador. [...]

⁹ Véase el estudio introductorio a *El mundo*, UNAM, México, 1968, de Laura Benítez. En especial, pp. 10-11.

El problema era hacer que la gente le escuchase y siguiese sus pasos, sin preámbulos y justificaciones fuera de lugar. Descartes creía que, si actuaba de manera que no resultase ofensiva, le sería más fácil persuadir a un lector sin prejuicios de la certeza de lo que decía. Estuvo varios meses dándole vueltas a cómo hacer esto, hasta que se le ocurrió la idea de escribir lo que él llamaba "una fábula", y que nosotros llamaríamos más bien una historia de ciencia ficción.¹⁰

Por su parte, Laura Benítez nos dice que de

la lectura del *Tratado* se desprende que Descartes no tenía suficientemente claras las categorías constitutivas de las relaciones que le hubieran servido para postular matemáticamente las leyes del movimiento [...] la falta de precisión conceptual de las variables consideradas (extensión, peso y velocidad), así como la ausencia de otras, impidieron a Descartes la formulación de la teoría en términos de demostraciones matemáticas.¹¹

Qué ésta sea la razón por la que Descartes se propone una fábula como método de explicación me parece no sólo erróneo, sino que además nos impide captar el criterio hipotético de su ciencia. Otras explicaciones que nos ofrece esta autora para explicar la fábula cartesiana son: 1) que Descartes no quería entrar en problemas, lo cual, como dijimos más arriba, no podría ser ya que Galileo fue condenado hasta 1633, cuando ya estaba escrito *El mundo*;

¹⁰ William R. Shea, *La magia de los números y el movimiento: la carrera científica de Descartes*, Alianza Editorial, Madrid, 1983, pp. 367-368.

¹¹ Laura Benítez, Estudio introductorio a *El mundo*, op. cit., p. 23

2) que sin los supuestos metafísicos el “nuevo mundo” se identificaría sólo con un mundo posible y *que con ellos sí se podría hablar del mundo actual y la doctrina cartesiana se ampliaría de esta manera a una filosofía natural.*

Así, podemos concluir que los principios metafísicos, especialmente la inmutabilidad divina no son, para Descartes, genéticamente punto de partida para la construcción de la física y la filosofía natural, sino que se postulan, por una parte, para sostener cierta concepción física previamente asumida, y por otra, para poder transitar de lo meramente concebible o posible a lo real, actual en relación con el mundo natural.¹²

Si esto es cierto, todo lo dicho sobre la aportación cartesiana a la ciencia moderna está fuera de lugar. Sin embargo, me parece que esta posición es simplista y deja de lado la importancia del *Tratado de la luz*, como he tratado de mostrar en estas páginas.

El mundo de Descartes, aunque desde el punto de vista físico moderno está lleno de malentendidos y proposiciones falsas y forzadas, abre un nuevo momento en la ciencia, dejando atrás el paradigma renacentista y la segregación de los saberes prácticos, para iniciar uno nuevo donde el uso de modelos para buscar la explicación del mayor número posible de fenómenos es sometido a la comprobación o refutación por medio de la demostración, y donde la construcción hipotético deductiva es una de las características más importantes.

¹² *Ibid.*, p. 35.

V. CONCLUSIONES: EL PAPEL DE LA LUZ

Queda aún por ver cuál es el papel de la luz en *El mundo*. Como sabemos, este tratado estaba compuesto por el *Tratado de la luz* y el *Tratado del hombre*. El título mismo del que nos ocupa, *Tratado de la luz*, nos hace pensar que la luz debe jugar un papel esencial en la construcción del universo cartesiano. Sin embargo, no es hasta los últimos capítulos en donde se refiere a la naturaleza de la luz.

Para algunos autores la luz es el hilo conductor de *El mundo*. Por ejemplo, para Benítez,¹ es el hilo conductor pues conecta el problema de las mareas con los planetas, estos con las estrellas y los cometas, y así todas las partes del universo unas con otras, aunque no nos dice de qué manera se logra esa conexión. Es cierto que la luz ha sido un paradigma importante en la filosofía anterior a Descartes, donde juega el papel de elemento de creación del mundo, de paradigma de la emanación, de materia divina, etcétera.² Sin embargo, hace falta ver cuál exactamente es su papel en *El mundo*.

Hemos visto cómo en *El mundo* la luz no es creada antes de la materia, ni es parte del elemento fuego o algún otro, ni la forma que origina la creación de la materia, sino una acción producida por el movimiento de las partes de la materia. Es cierto que la luz sirve como punto de comparación que permite clasificar a los elementos según la produzcan (el fuego), la transmitan (el cielo) o la reflejen (la tierra); pero

¹ Ver el estudio introductorio de Laura Benítez G., a René Descartes, *El mundo...*, UNAM, cit.

² Para un rápido repaso del papel jugado por la luz en esta parcela de la historia, véase el Capítulo I de este trabajo.

también es cierto que la diferenciación entre los elementos constitutivos del universo no está dado, en *El mundo*, con base en sus propiedades frente a la luz, sino en la diferencia en el tamaño, figura y movimiento de las mismas, es decir, en cuanto *res extensa*, por lo que el papel de la luz no es tan importante como pudiera parecer a primera vista, al menos respecto a esta diferenciación.

Yo quisiera pensar, más bien, en los descubrimientos que ha realizado respecto a los fenómenos de refracción, donde logró avances importantes, dejando atrás la teoría de los ángulos iguales y su fundamentación en la economía de la naturaleza,³ y lograr el planteamiento esencial de lo que conocemos hoy como la ley de Snell.

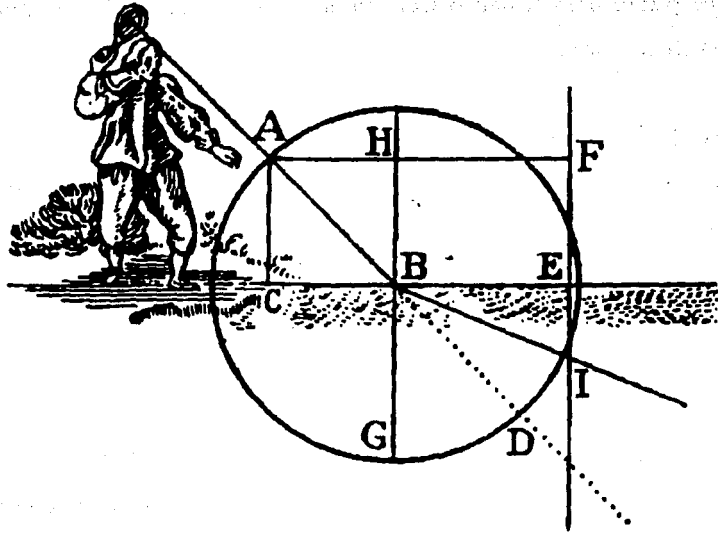
Aunque Descartes supone la instantaneidad de los fenómenos luminosos, al explicar la refracción utilizando el ejemplo de una pelota (ver la Figura 6), toma como base de su explicación el cambio de velocidad en medios distintos.

Descartes imagina que una persona golpea una pelota con cierta inclinación hacia el piso, y que la pelota rebota con el mismo ángulo de incidencia que el de reflexión. De esta manera explica la igualdad de los ángulos de reflexión. Pero, para poder explicar el fenómeno de la refracción, supone que no es en el piso donde pega la pelota, sino en un lienzo que le hace perder cierta cantidad de velocidad, lo cual ocasiona la desviación de la trayectoria. Así, para explicar esta trayectoria nos dice que

como la pelota pierde la mitad de su velocidad al atravesar el lienzo CBE, para ir, por abajo de B, a cualquier punto del círculo ADF

³ Véase al respecto, el capítulo I de este trabajo.

Figura 6
El análisis de la refracción



deberá emplear el doble de tiempo que le llevó el ir por encima del lienzo de A a B. Y como no pierde nada de la determinación de avanzar a la derecha que tenía, en el doble del tiempo que empleo de ir de la línea AC a la HB, cubrirá el doble de distancia en la misma dirección y, consecuentemente, llegará a un punto en la línea FE en el mismo momento en que alcanzará un punto de la circunferencia ADF. Pero esto sería imposible si no avanzase hacia F, pues éste es el único punto bajo el lienzo CBE en el que el círculo AFD y la línea recta EF se cortan.⁴

Ahora bien, en este ejemplo la pelota pierde velocidad al chocar con el lienzo y se aleja de HB hacia el punto I. Sin embargo, la luz no presenta este comportamiento, pues no se aleja de esta línea, sino se aproxima a ella, por lo que Descartes se ve obligado a suponer, para poder aplicar este modelo a los fenómenos de refracción, que existe un segundo impulso que acelera la pelota al pasar de un medio a otro, lo cual resulta más que dudoso. ¿Cómo recibiría este segundo impulso? Para poder explicar este extraño comportamiento debemos recurrir a la naturaleza de la luz.

Descartes sabía, por los experimentos que había realizado, que la refracción en el cristal era de $2/3$; es decir, que la razón de los senos de los ángulos de incidencia y de refracción era igual a $2/3$, o que la distancia BE era $2/3$ de la distancia CB. Esto significa que "la fuerza del movimiento [aumenta] en un tercio, de manera que puede recorrer en dos momentos la distancia que antes había recorrido en tres".

⁴ René Descartes, *La dioptrique*, en A y T, t. X, p. 223.

Este problema del cambio de movimiento es superado argumentando que, en realidad, lo que sucede es que el medio más denso hace que la penetración de la luz sea más fácil. El segundo golpe de la raqueta, al cruzar de medio, tiene el mismo efecto que

tendría el que la pelota se topase en B con un cuerpo cuya naturaleza fuese tal que se pudiese pasar a través de su superficie CBE un tercio más fácilmente que a través del aire.⁵

Descartes escribió, en sus *Cogitationes Privatae*, que

Como la luz sólo se puede producir en la materia, donde haya más materia se producirá más fácilmente mientras que todo lo demás permanezca igual; por lo tanto, [la luz] penetrará más fácilmente en un medio denso que en uno rarificado. Esta es la razón de que la refracción produzca un alejamiento de la normal en éste, y un acercamiento a ella en aquél.⁶

Esta explicación de los ángulos de refracción tiene, claramente, un elemento extramatemático que es necesario determinar con claridad, pues de otra manera sería imposible saber qué es lo que pasa en realidad, y podría caerse, como el propio Descartes nos decía, en crear un modelo que explique no los fenómenos, sino que únicamente "disponga las causas naturales con miras a producir los efectos que se deseen".⁷

⁵ *Op. cit.*, p. 210.

⁶ Descartes, *Cogitationes Privatae*, en A y T., t. X, pp. 242-243.

⁷ Véase el capítulo anterior.

De ninguna manera parece clara esta disposición de los medios más densos a facilitar la “penetración” del rayo luminoso, así que la justificación última de estos descubrimientos —y sobre todo de los modelos que dan cuenta de ellos— descansan en la naturaleza misma de la luz. Por lo tanto, mi primera hipótesis sobre el lugar que la luz juega en *El mundo* es la de que tiene el carácter de “disparador”, es decir, de elemento que es necesario conocer y para lo cual se requiere la elaboración de una teoría del universo que fundamente y dé cuenta de su naturaleza.

Descartes basa su teoría sobre la acción de la luz tanto en el movimiento de la materia como en su tamaño y figura. En *El mundo*, esta acción se explica utilizando el supuesto de que una parte del espacio se encuentra vacía, lo que nos permitiría conocer de qué manera la materia del sol y del cielo tienden a ocupar ese espacio. El espacio vacío es el del observador, la Tierra, por lo que se verá de esa manera cómo la materia del cielo actúa sobre los ojos del observador, y cómo la materia del sol afecta a esa materia del cielo. La suposición cartesiana del vacío provocaría un movimiento semejante al que se da en la realidad y causaría, por lo tanto, los mismos efectos. De esta manera Descartes argumenta que es el movimiento del primer elemento y su acción en el segundo, que a su vez actúa en el ojo del observador, lo que constituye la naturaleza de la luz.

Esto nos lleva a una segunda hipótesis sobre el papel de la luz en el mundo; a saber, que la luz se convierte en el paradigma del movimiento y la conformación específica del universo. Es en ella, en esta acción, donde la diferente composición material, es decir, las diferencias en tamaño, figura y movimiento, se nos presentan, y gracias a esa acción podemos comprobar que dichas diferencias existen y que provocan la acción a la que llamamos luz. Las propiedades de la luz, descritas en el Capítulo XIV

de *El mundo*, se determinan gracias a la conformación material del universo y las leyes de la naturaleza —o leyes del movimiento—. Éstas se manifiestan como tales en la luz.

Es interesante notar que Descartes se ha servido de la suposición de la existencia del vacío para elaborar el modelo del movimiento que representa la acción de la luz, cuando el hecho es que precisamente ha rechazado de manera tajante su existencia. Es interesante, porque aquí el vacío hace las veces de la divinidad, quien para Descartes es la causa última del movimiento en todas sus particularidades.

Una tercera hipótesis sobre el papel que juega la luz en *El mundo* tiene que ver con la forma utilizada por Descartes para demostrar la validez de su construcción teórica —o fábula— del universo. He dicho ya que tal demostración se basa en que los fenómenos que un observador de ese "mundo nuevo" vería, son idénticos a los fenómenos que el observador ve en nuestro mundo. La correspondencia entre los fenómenos observados es la pauta que demuestra que su construcción se refiere efectivamente a nuestro mundo, y que todos sus fenómenos pueden explicarse de la manera en que Descartes lo ha hecho. Esta sería la importancia de la luz: la de ser la acción que nos permite *observar* los fenómenos y comprobar, de esta manera, que su construcción teórica es correcta.

La luz juega, entonces, un triple papel en *El mundo*. Primero, como causa que lo hace transitar del proyecto de una *mathesis universalis*, de la construcción lógica basada exclusivamente en el método geométrico algebraico, a una construcción hipotético experimental que conjuga ese método con principios extramatemáticos como fundamentos básicos de su construcción. En segundo lugar, como acción paradigmática que resulta de la conformación específica del universo como *res extensa* —con sus

tamaños y figuras— y su movimiento, y, por lo tanto, como muestra clave que resume todos los fenómenos físicos. Por último, como elemento que nos permite corroborar la constitución y la manifestación de los fenómenos haciéndolos observables y, por lo tanto, comprobables; la luz se constituye, de esta manera, en el elemento que verifica en última instancia la correspondencia entre los modelos teóricos construidos y los fenómenos reales.

EPÍLOGO

En 1637 Descartes publica, anónimamente, *El discurso del método*, que contenía tanto esta obra —a manera de introducción— como *La dióptrica* ya escrita en años anteriores y a la que incluso se refiere en *El mundo*, además de *La geometría* y de *Los cometas*. Con esta publicación se inicia el trabajo que fue conocido por los contemporáneos de Descartes y que incluye las *Meditaciones metafísicas*, publicadas en 1640 con las objeciones hechas por los miembros del círculo de Mersenne u otros pensadores importantes de la época y las respuestas que Descartes dio a cada una de ellas. Más adelante, aparecerán *Los principios de filosofía*, publicados en 1644 en latín y en 1647 en francés. En 1649 aparece el *Tratado de las pasiones*, que conoció a la reina Cristina de Suecia y mediante el cual se interesó por el filósofo y lo llamó a su corte, donde moriría el primero de febrero de 1650, a causa de una pulmonía.

El discurso del método, con sus tres tratados adjuntos, constituyen el intento cartesiano de mostrar al mundo que el método que ha escogido para alcanzar el conocimiento universal es el correcto. Cada uno de estos tratados intenta mostrar cómo se aplican los principios metodológicos expuestos en el *Discurso*. Sin embargo, no duraron mucho tiempo las discusiones en torno a la veracidad o falsedad de las aseveraciones cartesianas: en 1687 aparece una obra, la *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*, y en 1704 otra, la llamada *Opticks*, ambas de Isaac Newton, y en la que el genio inglés da una explicación más elegante y sencilla de los fenómenos físicos, además de desarrollar un método que efectivamente permite construir modelos que den

cuenta de los fenómenos observados. El trabajo de Newton inicia la física moderna, de la que Descartes fue sólo uno de los predecesores más importantes.

Posiblemente a causa de este fracaso es que se recuerda a Descartes como un filósofo más que como un científico, resultado muy alejado de las intenciones y propósitos del propio Descartes. Pero, aunque su física resultó ser inadecuada para explicar el mundo, el método científico utilizado en su obra, la búsqueda de los fundamentos, el interés por encontrar hipótesis claras y distintas que permitieran construir, a partir de ellas, modelos racionales de explicación, y el sometimiento de estos modelos a la verificación mediante la experimentación, quedan como momentos importantísimos del desarrollo científico alcanzado por ese siglo XVII.

Es así como Descartes logró dar un nuevo giro al problema del conocimiento, haciendo de sí mismo un hombre que no sólo está en su tiempo, sino que lo revoluciona y lo lleva a un nuevo estadio; ahí radica la importancia del trabajo cartesiano. No podemos ver su obra como un cuento o la fantasía de algún maniaco, porque no lo es. Debemos pensarla como el esfuerzo por alcanzar la verdad, por lograr el conocimiento de todos los fenómenos físicos, orgánicos y mentales, por alcanzar una ciencia que permita acceder a una mejor vida. La necesidad de universalidad cartesiana está inscrita en el paradigma renacentista y la forma en que busca esa universalidad lo erigen en el primer pensador moderno.

San Mateo Tlaltenango, abril de 1995

ÍNDICE

Introducción, 5

I. ALGUNOS ANTECEDENTES DE *EL MUNDO* DE DESCARTES, 9

II. EL OBJETIVO DE *EL MUNDO*, 33

III. *EL MUNDO* O *TRATADO DE LA LUZ*, 47

IV. HACIA UN NUEVO PARADIGMA, 107

V. CONCLUSIONES: EL PAPEL DE LA LUZ, 121

Epílogo, 129