

KEPLER Y DESCARTES: SOBRE LA EMERGENCIA DEL CONCEPTO DE "LEY DE LA NATURALEZA"

CARLOS ROJAS OSORIO

La emergencia del concepto de "ley de la naturaleza" no ha recibido toda la atención que el tema merece, si tenemos en cuenta su importancia en la ciencia moderna. Ya en 1969 Mario Bunge afirmaba que el origen histórico del concepto de "ley natural" no se había esclarecido. Otro autor llega más lejos al decir que hay cierto temor en abordar directamente el tema de las leyes naturales.

En este ensayo defiendo la tesis conforme a la cual Kepler y Descartes fueron quienes regularizaron el uso del término "ley de la naturaleza" al mismo tiempo que enuncian un principio de legalidad y establecen un conjunto de leyes naturales. Como cuestión histórica recordemos que Kepler escribe su *Mysterium Cosmographicum* en el 1596, o sea, el mismo año del nacimiento de Descartes. Como no fueron los primeros en usar el término, hago una breve historia del uso ocasional del término antes de Kepler y Descartes. La ocasionalidad de este uso no la hace menos importante, pues son semillas que darán fruto en campos epistémicos futuros.

Antes de Kepler

Entre los griegos la oposición *Physis/nómos* no favorecía mucho a éste último término que se traduce como "ley". Es por ello que en el marco epistémico griego se habla muy poco de "leyes de la naturaleza" y sí de *Logos* y, a partir de Aristóteles, de causalidad. Hacer ciencia es conocer las causas que intervienen en la producción de las cosas. Sin duda este concepto de la ciencia fue el dominante hasta el Renacimiento; pero, a partir de ese momento comienza a cuestionarse el concepto tradicional de causa llegando a sustituirse el principio de causalidad por el de

legalidad, como fundamento de la ciencia. La ciencia moderna investiga leyes más que causas; de hecho de algunas leyes ni siquiera puede asignárseles a qué causa obedecen. Newton, por ejemplo, reconoció que no conocía la causa que explicase la ley de la gravedad y que no era su método fingir hipótesis. La filosofía y la ciencia modernas hicieron la crítica del marco epistémico causalista. Galileo y Descartes abandonaron toda creencia en las "formas substanciales" (o causas formales) y dejaron fuera de la ciencia toda creencia en las causas finales.

Edgar Zilsel (1942) y Joseph Needham (1951) escribieron artículos pioneros sobre la génesis del concepto de ley de la naturaleza. Zilsel, en el esfuerzo de dejar solo a Descartes en la instauración del concepto de ley, minimiza o desconoce el uso ocasional que hicieron muchos autores. Aunque no hay duda de que en Descartes está regularizado dicho concepto, no veo por qué haya de desconocerse la labor de otros, máxime si se cometen errores a causa de ese esfuerzo minimizador.

A pesar del predominio del lenguaje causal en la antigüedad y el medioevo, se encuentran algunos autores que usan ocasionalmente el término ley. Zilsel y Needham reconocen que Platón usó el término una vez en el *Timeo*¹. Esta concepción del universo como armonía dentro del cual reina la regularidad y el orden es análoga a lo que Needham nos dice del pensamiento chino, sólo que en éste el orden es inmanente al mundo y no puesto por un Dios. "La armonía universal no viene impuesta por un *fiat* de algún rey de reyes, sino por la espontánea cooperación de todos los seres en el universo, nacidos siguiendo la necesidad interna de su naturaleza" (Needham, 1951, p. 33). La referencia a "rey de reyes" no es sólo a Dios, sino que la tesis de Zilsel, y Needham lo sigue, es que fue durante períodos de monarquías absolutas o muy centralizadas cuando aparece y reaparece el concepto de "ley de la naturaleza". Si

¹ El texto de Platón citado por Zilsel y Needham dice: "Estos humores son otras tantas causas de enfermedades, cuando la sangre, en vez de renovarse, como quiere la naturaleza, por la asimilación de los elementos y las bebidas, se repara en sentido inverso y en contra *de las leyes de la naturaleza*" (*Timeo*, 83e), (fúseos nomós). Pero hay otros pasajes del mismo *Timeo* en que se habla de leyes naturales —y no en sentido jurídico o moral. "La evacuación y la repleción se verifican *como todos los movimientos del universo, según la ley que quiere que lo semejante se dirija hacia su semejante*". Es verdad que esta no es una ley científica, y los antropólogos, como Frazer, la atribuyen a la magia, pero no se trata de evaluar la verdad o falsedad de las leyes, sino el uso del concepto. Zilsel mismo nos dice que sólo consultó los diccionarios y léxicos para estos usos, de ahí las limitaciones de sus fuentes.

la raíz del concepto de ley está en el uso social y jurídico, su trasposición a la Naturaleza lleva a la idea de un divino legislador.

En el *Gorgias* Platón pone en boca de Calicles la ley de la naturaleza que afirma que lo justo es lo que el fuerte reclama. "En efecto, ¿en qué clase de justicia se fundó Jerjes para hacer la guerra a Grecia, o su padre a los escitas, e igualmente, otros infinitos casos que se podrían citar? Sin embargo, a mi juicio, éstos y también, por Zeus, con arreglo a *la ley de la naturaleza*. Sin duda no con arreglo a esta ley que nosotros establecemos ..." (*Gorgias*, 483d).

Aristóteles utiliza alguna vez el término "ley natural". El filósofo está escribiendo acerca de los pitagóricos, y afirma: "En efecto, el fin, el medio y el principio tienen el mismo número que el todo; este número es la tríada. De manera que deducido este número de la Naturaleza, como si fuera *una determinada ley de la misma*, solemos incluso hacer uso de él en la celebración de los sacrificios a los dioses" (*De Coelo*, I, 268).² Zilsel, en cambio, afirma que Aristóteles "never used the law-metaphor" (Zilsel, 1942, p. 250). Un acierto muy interesante de Zilsel es traernos el texto del filósofo español Francisco Suárez en que nos dice que el concepto de "ley" aplicado a las cosas no-humanas es meramente una metáfora, pues hablar de "obediencia" a la ley con respecto a las cosas es una trasposición de nuestro lenguaje jurídico (Suárez, *Tractatus de Legibus*, 1612).

Erwin Schrödinger defiende que en Heráclito encontramos el concepto de ley de la Naturaleza³. Para ello cita el fragmento 114, pero en realidad el filósofo de Efeso se refiere a la ley divina (*Theios nómos*) y a la ley humana (*Anthrópeioi nómoi*), sin nombrar en ningún momento la ley natural o física. Heráclito es quien inicia la filosofía del logos, y éste es el concepto clave para la inteligibilidad del devenir.

² Hay otros textos de Aristóteles. Puede verse *De generatione*.

³ Erwin Schrödinger, *Was ist ein Naturgesetz? Beiträge zum naturwissenschaftlichen Weltbild*, 1962. Trad. cast. *¿Qué es una ley de la naturaleza?* México, Fondo de Cultura Económica, 1975, p. 84.

El fragmento 114 de Heráclito dice: "Preciso es que los que razonan con sensatez se afiancen sobre lo común a todos, como una ciudad, en su ley; incluso con más firmeza. Y es que se nutren todas las leyes humanas de una sola, la divina, pues su poder se extiende todo cuanto quiere, a todas las basta e incluso sobra." (En: *De Tales a Demócrito. Fragmentos presocráticos*. Introducción, traducción y notas de Alberto Bernabé), Madrid, Alianza Editorial, 1988.

Ludwig Schajowicz cita un texto de Alfred North Whitehead en que el filósofo inglés homologa el concepto científico de orden de la naturaleza con el destino tal como aparece en la tragedia griega. Afirma Whitehead:

Los pioneros de la imaginación científica, tal como existe hoy, son los grandes tragediógrafos de la antigua Atenas, Esquilo, Sófocles, Eurípidas. Su visión del destino, cruel e indiferente, precipitando el incidente trágico a su eclosión inevitable, es la visión poseída por la ciencia. El destino, en la tragedia griega, se convierte en el orden de la naturaleza en el pensamiento moderno⁴.

Schajowicz comenta que se trata, para Whitehead, de "una relación intrínseca entre los supuestos de la formulación de leyes físicas y la intuición de la 'legalidad' del universo, la cual se refleja en la poesía trágica de los griegos" (Schajowicz, 1990, p. 259). Se ha discutido mucho acerca de la idea del destino en la tragedia griega. Una de las interpretaciones más comunes sostiene que el destino es la ley que rige tanto a los hombres como a los dioses. Se trataría, pues, de un orden impersonal del mundo que rige para todos por igual. Esta impersonalidad del orden del mundo, me parece, sería el lado fuerte del analogado entre la idea del destino de la tragedia griega y el moderno concepto de "ley de la naturaleza". Whitehead interpreta como esencial a la tragedia griega "la solemnidad del inexorable funcionamiento de las cosas", por eso entiende que "las leyes de la física son los decretos del destino" (cit. Schajowicz, 1990, p. 260). La inexorabilidad del destino se hace tanto más trágica cuanto que afecta a la libertad humana. Análogamente, al determinismo nomológico moderno se le hace muy difícil aceptar la libertad de la voluntad en el sentido más esencial del término.

En los filósofos romanos sí reconoce Zilsel algunos usos del término ley, aunque el más usual sigue siendo el *logos* ahora vertido a *ratio*. El orden del mundo es inmanente y sigue a este *logos*, que a veces es llamado ley.

Cicerón (-106/-43)

Cicerón ofrece una definición de "ley" tan amplia que cubre lo natural y lo moral, si bien es cierto que el propósito es fundamentar el Dere-

⁴ Whitehead, *Science and the Modern World*, New York, 1929, p. 14-15. Cita y traducción de Ludwig Schajowicz, *Mito y existencia*, Río Piedras, Editorial de la Universidad de Puerto Rico, 1990, 2a. ed., p. 259.

cho y la Moral en la Naturaleza (iusnaturalismo) ... *Lex est ratio summa, insita in natura, quae facienda sunt, prohibetque contraria* (De Legibus, 1, VI, 18). ("La Ley es la razón suprema impresa en la Naturaleza, que ordena lo que debe hacerse y prohíbe lo contrario".) Más adelante nos dice que "La ley es la fuerza de la naturaleza" (Ib. 1, VI, 19).

En Cicerón, pues, se trata de la idea, propia del estoicismo, de la racionalidad de la naturaleza, de la cual deriva la ley moral y, en última instancia, también la ley positiva. Como en los filósofos griegos, el fundamento de la moral y el derecho no puede ser convencional, sino de ley natural. "*Sed certe ita res est se habet (aut) ex natura vivere summum bonum sit, id est eius quasi legge vivere perfrui ...*" (De Legibus, I, XX). "El sumo bien consiste o en vivir conforme a la Naturaleza, o en seguir la Naturaleza, viviendo en cierto modo bajo su ley". Sin duda Cicerón es, entre los antiguos, quien más utiliza el término "ley", pues le dedica todo un diálogo, pero permanece en la indiferenciación entre ley natural descriptiva (que es la ley científica) y ley prescriptiva (que es la ley moral y jurídica). Las leyes de la naturaleza en la ciencia moderna habrán de conceptualizarse claramente en un sentido teórico y descriptivo, pero sin esa mezcla indiferenciada con lo ético y lo jurídico. Lo que no significa que las éticas y las fundamentaciones del derecho de tipo iusnaturalista no sigan (todavía hoy) invocando una presunta ley de la naturaleza para propósitos morales.

Tito Lucrecio Caro (circa -96/-50)

Tito Lucrecio Caro ofrece incluso lo que puede considerarse una formulación del principio de legalidad. "*Sed ne forte putes animalia teneri, legibus hisce, ea res ratio disternant omnis*" (De rerum natura II, 719). ("Y porque no pienses que los solos animales se atienen tal vez a estas leyes, el orden ese determina todas las cosas.") Lo que está diciendo es que no sólo los seres vivos sino todas las cosas están sujetas a leyes. El texto de Lucrecio es importante porque su idea de la legalidad de la naturaleza no depende de los dioses ni de Dios como en el mecanicismo moderno. Eso refuta a quienes piensan que sólo el pensamiento del mecanicismo moderno fue la fuente única de donde emergió la idea de legalidad universal. Lucrecio se hace eco del materialismo griego (Demócrito y Epicuro) y da todas sus explicaciones en términos estrictamente naturales. Nótese también que, a diferencia de Cicerón, el enunciado de Lucrecio es estrictamente aplicable al mundo natural sin conta-

minarlo con la idea de ley del derecho natural. De hecho en Epicuro, maestro de Lucrecio, la justicia es un contrato, no un ordenamiento natural.

Séneca (-4/65)

Séneca usa algunas veces el término⁵. El estoicismo sostiene que la razón está presente doquier en el universo, esa razón es Dios o los dioses. De modo que la ley natural es expresión de esa divina racionalidad del Universo. De ahí que, como era común en el pensamiento antiguo, el concepto de ley tiene a la vez un significado natural y ético, incluso con preponderancia de éste último.

La finalidad ética de la idea de ley natural, en Séneca, puede notarse en la siguiente expresión. "La muerte es la ley de la Naturaleza, el tributo y el deber de todos los mortales, el remedio, en fin, de todos los males" (*Cuestiones Naturales*, Libro VI, 32).

Siguiendo la concepción estoica de la ley (moral) natural, los padres de la Iglesia aluden a ella con alguna frecuencia. De hecho se basaron también en San Pablo (*Rom.*, 2, 14-16) para reconocer la existencia de una ley moral natural. San Ambrosio reconoce la ley natural escrita en los corazones de los seres humanos (*De fuga saeculi*, III, 15). La misma afirmación se encuentra en Lactancio (*De divinae institutiones*). Los padres de la Iglesia incluyen los mandatos del decálogo como contenido de la ley moral natural. Tertuliano destaca que el ser humano es el único en recibir una ley. "El hombre es el único entre todos los seres animales que puede gloriarse de haber recibido una ley: animal dotado de razón, capaz de comprender, de discernir y de regular su conducta disponiendo de su libertad y de su razón, en la sumisión al que le ha entregado todo" (*Adversus Marcionem*, 2, 4; en Karl Hörtmann, 1979).

Pero es San Agustín quien hace un uso más abundante del término "ley" (moral) natural; lo cual le servirá de base a Tomás de Aquino para

⁵ En la antología sobre Séneca de María Zambrano aparece la siguiente afirmación tomada de *Cuestiones naturales*, "(...) Este universo tan bello, tan regular y constante en sus leyes". Pero el original latino usa el término "*proposito*" y no ley (*lex*). Dice así: "(...) *quo neque formosius est quicquam nec dispositius nec in proposito constantius*" (Séneca, *Quaestiones Naturales*. I, Prefacio, 14). (La versión inglesa traduce "*proposito*" por "*plan*", mejor que la traducción castellana por "ley", Loeb Classical Library, Harvard University Press, 1971 (Edición bilingüe)).

su extenso tratamiento de la ley moral. Una de las expresiones más transparentes del obispo de Hipona es la siguiente:

"Ubi ergo scriptae, nisi in libro lucis illius quae veritas dicitur? Unde omnis lex iusta describitur, et in cor hominis qui operatur iustitiam, non migrando, sed tamquam imprimendo transfertur; sicut imago ex annulo et in ceram transit, et annulum non relinquit." (*De Trinitate*, XIV, 15 21).

("¿Dónde han de estar escritas sino en el libro de aquella luz que se llama verdad? En él es donde toda ley justa se encuentra escrita y como impresa en el corazón del hombre, obrador de justicia, y no como si emigrase, sino por una especial intro-impresión, como del anillo pasa a la cera la imagen sin abandonar la sortija.") (Trad. Fr. Luis Arias, 1956).

Nótese la metáfora, tan frecuentada, de la escritura de la ley en el corazón humano, pero en este texto ampliada por el obispo africano para crear otra imagen que no será menos socorrida, la de la impresión de un objeto en la cera. Para Agustín el conocimiento de la ley natural llega hasta los gentiles; afirmación que se encuentra también en Gregorio Magno. Nadie está, pues, eximido de la ley natural. Asimismo, para San Agustín sólo es justa la ley humana que se halle en armonía con la ley eterna; pues la ley natural no es sino la voluntad divina "en cuanto manda conservar el orden natural y prohíbe perturbarlo" (*Contra Faustum*, 27; en Hörtmann, 1959).

Juan de Filopón (s. VI), cristiano converso de Alejandría, crítico de la física aristotélica, también usa una que otra vez el término "ley", haciendo aplicación de la geometría a la física (específicamente a la óptica). "Por la misma razón, exactamente igual que en la teoría de los rayos visuales, vemos cosas que no están en línea recta con el ojo, como por ejemplo las cosas que están detrás o encima o debajo o a un lado de nosotros, siempre y cuando un espejo en una posición tal con respecto a nosotros y al objeto, que las *energeiai* que caen sobre él y se reflejan según la ley de los ángulos iguales se proyecta hacia nuestros ojos" (Filopón, *De anima*, 333, 1)⁶. La óptica geométrica se practicaba en Alejandría, y Filopón es deudor de ella. Algunos de los argumentos que se formularon contra la física de Aristóteles, a partir de la escuela de París, ya habían sido enunciados por Filopón. Esto hasta tal punto que S. Sambursky se pregunta qué hubiera pasado si la Iglesia no hubiera adoptado

⁶ Las citas de Juan de Filopón han sido tomadas de Sambursky, *El mundo físico a finales de la antigüedad*, Madrid, Alianza Editorial, 1990.

la ciencia aristotélica y en su lugar hubiera adoptado las ideas de Filopón, que como cristiano y científico se sentía en su derecho a criticar el aristotelismo. Sambursky conecta directamente la concepción científica de Filopón con su monoteísmo. "Ni en la literatura hebrea clásica, ni en los escritos cristianos anteriores a Filopón se extrae ninguna conclusión científica de estas ideas básicas del monoteísmo. La unidad de los cielos y tierra, el hecho de que el sol, la luna y las estrellas sean objetos creados por Dios al igual que la yerba, los árboles, el agua y los animales, todo ello se aceptaba de hecho y se registraba sin darle una interpretación en el marco de una concepción científica o sin explicarse a la luz de una visión del mundo distinta de las creencias mitológicas o paganas anteriores" (Sambursky, 1990, p. 167). En cambio, Filopón se opuso abiertamente a la tesis aristotélica de la división del universo en un mundo celeste divino e inmutable y una física terrestre con principios propios. Si la idea de un mundo regido por leyes supone un divino legislador, como comúnmente se piensa en la filosofía de la ciencia moderna, sin embargo, esta idea parece estar ya claramente en Filopón. Al menos así nos lo interpreta Sambursky.

Otra expresión en que Filopón utiliza el término ley dice: "Así, ninguno de los cuerpos celestes es omnipotente por naturaleza ... El punto en cuestión es la ley natural que gobierna cada cuerpo y no lo que le ocurre en virtud de alguna causa trascendente. Se podría conceder, por ejemplo, que los cuerpos celestes, al mantenerlos unidos la divina voluntad, no habrán de perecer; pero, sin embargo, esto no habrá de excluir que por naturaleza específica se hallen sujetos a la ley de destrucción" (cit. en Simplicio, *In Phys. comment.*, 1333, 4).

Veamos ahora algunos de los pensadores medievales, a los cuales Zilsel les niega de plano cualquier uso del término "ley de la naturaleza". A lo cual respondió con conocimiento muy detallado A. C. Crombie. Este resalta el papel importante de Roberto de Grosseteste (1168-1253) en la ciencia medieval. De hecho cita algunos textos de Grosseteste en los que se refiere a las leyes naturales, especialmente a la ley de refracción de la luz⁷.

Crombie ha insistido, con razón, en la labor científica de Roger Bacon, discípulo de Grosseteste, y ha puesto de manifiesto cómo estos dos

⁷ Crombie, "The laws of optics, he held, were basis of all natural explanation", *Roberto de Grosseteste and the Origins of Experimental Science, 1100-1700*, Oxford Clarendon Press, 1953, 1971 reprint, p. 116.

autores utilizaron varias veces el término "ley natural" en sentido científico. "La ciencia medieval retoma la forma euclidiana de hacer ciencia (...) En ella se acepta que la naturaleza puede *ser explicada por medio de leyes matemáticas*" (Crombie, 1969, 91, énfasis añadido). Agrega el distinguido historiador de la ciencia que este concepto de ley es diferente de las formas cualitativas de la filosofía aristotélica.

Como hace Cassirer, también Crombie piensa en la ley como dependencia funcional (*functional dependence*). Veamos algunos ejemplos, que Crombie cita, del uso del término ley en Roger Bacon y en Grosseteste. Roger Bacon afirma: "*Quo vero leges reflexionum et fractionum communes omnibus actionibus naturalibus, ostendi in tractatu geometrie*"⁸ Otra expresión dice así: "*Deinde quia tolleretur visio, nisi fieret fractio speciei inter pupillam et nervum communem, in quo est communis sectio nervorum, de qua superius dixi, et dextra videntur sinistra, et e converso, ideo demonstro hoc per LEGEM fractionum, in geometricis expositamus, ut sic solvetur visio.*"⁹. Es necesario tener en cuenta que tanto Grosseteste como Roger Bacon pensaron que la ciencia natural tiene que hacerse de acuerdo a modelos matemáticos, e incluso utilizaban representaciones geométricas para sus demostraciones¹⁰. También la necesidad de experimentos en la ciencia natural era afirmada por estos dos pioneros.

Tomás de Aquino da la siguiente definición de ley: "*Lex naturae nihil aliud est nisi lumen intellectus insitum in nobis a Deo, per quod cognos-*

⁸ Roger Bacon, *Un fragment inédit de l'Opus Tertium*, (ed. por Pierre Duhem) (Quaracchi, 1909 p. 90, citado en Crombie, 1989, p. 98) "Que las verdaderas leyes de la reflexión y la refracción son comunes a todas las acciones naturales, se muestra en el tratado de geometría" (mi traducción).

⁹ (Idem., cit. en Crombie, 1989, p. 99) "Por lo tanto, no habría visión, a menos que no se diera una fracción de la especie entre la pupila y el nervio común, en el que la sección común del nervio, de la cual hablé más arriba, pudiera ver a la derecha y a la izquierda, y viceversa; yo demuestro esto por la ley de las fracciones, que exponemos en la geometría, y así se resuelve la visión" (mi traducción).

¹⁰ "The usefulness of considering lines, angles and figures is the greatest because it is impossible to understand natural philosophy without these ... For all causes of natural effects have to be expressed by means of lines, angles and figures, for otherwise it would be impossible to have knowledge of the reason for those effects" (Grosseteste, *De Lineis*; en A. C. Crombie, *Augustine to Galileo, Science in the Middle Ages*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1979, Fourth printing, vol II, p. 36).

cimus, quid agendum et quid utendum" (*Sum. Theol.* I, 60, 5a)¹¹. Zilsel piensa que Tomás de Aquino también sigue inspirándose para su concepto de ley natural en el *Corpus Iuris* de Ulpiano, el cual afirma que la ley natural "es lo que la naturaleza les enseñó a los animales" (*Quod natura animalia docuit*). Las fuentes del Aquinate son muy variadas, y en lo relacionado a la ley natural cita con mucha frecuencia a Aristóteles, San Agustín, San Isidoro de Sevilla; pero las principales características de la ley moral natural las toma de Cicerón (igual hace el *Nuevo Catecismo de la Iglesia Católica*).

De modo que, aunque el concepto de "ley natural" es utilizado por algunos autores antiguos y medievales, sin embargo, su uso es ante todo moral y jurídico (derecho natural), y en sentido estrictamente natural su uso es ocasional y nunca llegó a regularizarse como va a suceder a partir de Kepler y Descartes.

Johannes Kepler

Ernst Cassirer da importancia al hecho de que Johannes Kepler posea ya un concepto de "ley", lo cual contrasta con Zilsel que lo descalifica como animista. Sin duda el joven Kepler en su primer libro, escrito a los veinticinco años, habló del "alma" de los planetas como su fuerza motriz, pero fue el mismo Kepler quien se encargó de descalificar dicha creencia en su posterior *Astronomia nova* y en las numerosísimas notas que agregó a su primera obra *Mysterium Cosmographicum*, escritas veinticinco años después de la primera edición. También señala Cassirer que los jeroglíficos, los juegos de números y símbolos todo ello no tiene, según el propio Kepler, más que una función estética, alejándose así de la Khábala renacentista. No se trata sólo de un mero juego pitagórico con números, sino de que las formas geométricas sean expresión fidedigna del orden y de la armonía de la Naturaleza.

En el *Mysterium Cosmographicum* Kepler utiliza varias veces el término ley. Como ha escrito Arthur Koestler, estas leyes fueron las primeras "leyes" científicas en el sentido moderno del término (Koestler, *The Sleepwalkers*, 1959).

¹¹ "La ley natural no es otra cosa que la luz del intelecto puesta en nosotros por Dios, por la cual conocemos lo que debemos hacer y lo que debemos evitar" (mi traducción).

Un texto de Kepler dice: "Es evidente que Dios de ninguna otra cosa que de su propia esencia pudo obtener la idea para fundar el mundo con estas leyes que en su bondad se prescribió a sí mismo" (MC, p. 93). Nótese el fundamento teológico de las leyes. Este tipo de fundamentación es también el que se encuentra comúnmente en el siglo XVII, incluso en Descartes, y no será superada hasta el materialismo francés, especialmente Diderot, y la crítica de Hume de la causalidad. También se refiere Kepler a leyes en el ámbito de la geometría (p. 128, nota 8) y a la ley "aritmética" (p. 197). Asimismo alude a la ley que gobierna el curso del sol, pues "todo está hecho de acuerdo al número" (p. 229). Recordemos que una de las exigencias de la filosofía de la ciencia moderna es la matematización de las leyes naturales y en ello Kepler tuvo gran parte de la iniciativa. Por eso pudo decir que "Dios geometriza" (p. 196) y también que "*Ubi materia, ibi geometria*". "Donde hay materia hay geometría". Como afirma Gérard Simon: "La nueva astronomía nace de la voluntad de encontrar en la creación el cálculo de un Dios matemático" (1979, p. 403).

La importancia decisiva de las leyes en la astronomía es bien destacada por Kepler en uno de sus últimos escritos: "*Regulares esse motus planetarum, id est, ordinatos, atque certam et inmutabilem legem descriptos, id est extra controversiam. Hoc enim nisi esset, nulla Astronomia esset, nec praedici possent motus coelestes*" (Vol. VII, p. 328)¹².

Kepler no se limitó a enunciar un principio de legalidad natural sino que usa regularmente el término, como vimos en las citas del *Mysterium Cosmographicum*, y como queda constatado en otros múltiples textos de los cuales citaremos al menos unos pocos. Nuevamente en el *Epitome* afirma: "*Leges vero (seu formam) motuum in ipsis inveniant corporibus; mente quidem, at ea non sua sed Creatoris*" (VII, p. 355)¹³.

Los movimientos de los planetas en sus órbitas intensifican y disminuyen el movimiento e "imitan las leyes de equilibrio o de balanza", "... *quod ipsa longum suae orbitae causa intensionis et remissionis, velocita-*

¹² Kepler: *Epitome Astronomiae. Gesammelte Werke*, herausgegeben von Max Caspar, München, 1953. "Que los movimientos de los planetas sean regulares y ordenados, y puedan ser descritos según una ley cierta e inmutable, esto está fuera de controversia. Sin esto ninguna astronomía puede ser, ni se pueden predecir los movimientos celestes" (VII, p. 328). Esta y las demás citas del texto latino de *Gesammelte Werke* de Kepler han sido traducidas por mí.

¹³ "Las leyes (o formas) del movimiento se encuentran en los cuerpos mismos; ciertamente no porque ellos tengan mente, sino el Creador ..." (7, 355).

tis scilicet et tarditatis eiusdem librae vel statera" (VII, p. 367). Acerca de la velocidad y tardanza se refiere también en VII, p. 332. La excentricidad de la órbita de la tierra se verifica de acuerdo a una regularidad legal. "*Dum enim simplici et perpetuo uniformi eccentricitatis lege circumit Terram ...*" (VII, p. 351)¹⁴.

En *Harmonice Mundi* se refiere al hecho conforme al cual cada cosa creada, por compleja que sea, cumple con sus funciones, y que del mismo modo: "*leges etiam cum creatore easdem observant operis, ex geometria desumptas*" (VI, p. 105)¹⁵.

Albert Einstein comentó sobre Johannes Kepler: "Vivió en una época en que el establecimiento de unas leyes generales de la naturaleza no era seguro. Qué grande debió ser su fe en que esas leyes existían para obtener la fuerza necesaria para sacrificar tantos años de paciente trabajo solitario"¹⁶.

Cassirer ha destacado la importancia de Kepler en la eliminación del prejuicio antiguo y medieval a favor de las formas regulares (circulares) en que quedó presa toda la astronomía justo hasta él. "Al pasar a la hipótesis de la órbita elíptica, 'obligado por la fuerza de las observaciones', Kepler con este solo hecho, viene a desarraigar, al mismo tiempo, una concepción metodológica fundamental: eleva a realidad científica, por vez primera, la idea del *orden y la sujeción a la ley de lo no dotado de forma regular*" (Cassirer, 1953, 339, subrayado en el original). También insiste Cassirer en la tesis conforme a la cual las leyes de la ciencia moderna son dependencias funcionales, y encuentra esa forma de la ley en Kepler. "El concepto de la función, que nos sirve de prototipo y de pauta lógicos, postula una mutua condicionalidad de magnitudes, sin entrar a decidir de por sí cuál de los dos elementos debe concebirse como independiente y cuál como dependiente y variable" (Ib., p. 331). Las leyes de la naturaleza en la ciencia moderna son funcionales, relaciones invariables entre variables y no necesariamente tienen que reflejar cau-

¹⁴ "Pues es simple y perpetua la uniforme excentricidad, de acuerdo a la ley, por la que circunda la tierra ..." (VII, p. 351).

¹⁵ "(...) las leyes también, con el creador de las mismas, se observan en las obras, tal como son tomadas en la geometría" (VI, p. 105).

Para más referencias puede tenerse en cuenta que, por ejemplo, en la página 460 del Vol. VII la palabra "ley", o algunas de sus declinaciones, aparece cinco veces. En VII, p. 328, aparece tres veces.

¹⁶ Albert Einstein, *Mi visión del mundo*, Barcelona, Tusquets, 1991, 8a. ed., p. 200 (traducción de Sara Gallardo y Marianne Búbeck).

sas. Lo decisivo es ahora la ley. Cassirer insiste también en oponer la función al viejo concepto de sustancia y de las formas sustanciales.

Se ha señalado también que con la introducción de la "fuerza" para explicar la atracción que el sol ejerce sobre la tierra, Kepler introduce una causa física, saliéndose también de la tradición y yendo mucho más allá de la astronomía de Copérnico. Tradicionalmente se seguía la regla de la astronomía de inspiración platónica de que se tratase de "salvar los fenómenos" con las explicaciones matemáticas, independientemente de la realidad física de los movimientos planetarios. Kepler rompe con ese precepto y encamina así la ciencia hacia una vía más fecunda que será la que continuará Newton.

De Kepler a Descartes

En Francis Bacon se encuentra también algunas veces el término "ley". "Pues aun cuando en la naturaleza no exista cosa alguna realmente fuera de cuerpos individuales que producen actos puros individuales según una ley *Corpora individua edentia actus puros individuos ex lege*, sin embargo, en la ciencia, esa misma ley y su investigación, descubrimiento y explicación, es la que sirve de base tanto para el conocimiento como para la práctica. Y a esa ley y a sus cláusulas las designo con el nombre de formas, sobre todo una vez que este vocablo ha prevalecido y se presenta corrientemente" (*Novum Organon*, II, p. 2).

Nos percatamos, pues, de que Bacon hace la "ley" sinónimo de forma. "Las formas son leyes y determinaciones del acto puro que constituyen y precisan una naturaleza simple cualquiera, tales como el calor, la luz, el peso. La forma del calor o la forma de la luz es lo mismo que la ley del calor y la ley de la luz" (López F., Alvaro, 1995, p. 55). Sin embargo, alguna vez Bacon afirma que la "forma" ha de coincidir con la cosa misma. Urbach señala, con razón, que ese es un ideal inalcanzable para la ciencia moderna (Urbach, 1993, p. 66). Incluso me parece que se puede afirmar que Bacon, en este aspecto, no se separa por completo de la terminología escolástica. Recordemos que la cita anterior acerca de la "ley" como forma se inserta en un contexto en el que está defendiendo que de las cuatro causas que tradicionalmente se consideran en la investigación científica, desde Aristóteles, es la causa formal la que él decide mantener. Descartes y otros autores criticarán más severamente toda filosofía de las "formas" sustanciales.

En Galileo Galilei no es tan común, como uno pudiera pensar a primera vista, el uso del término "ley". En *Il Saggiatore* habla varias veces de leyes lógicas. En *Dialogo sopra y due massimi sistemi del mondo* se refiere a "leyes mecánicas". En el *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias* afirma: "Dado que todas las leyes de la mecánica tienen su fundamento en la geometría ..." (p. 68). Poco después alude a "las leyes abstractas e ideales de la mecánica" (p. 69). Casi hacia el final del diálogo afirma: "Además, pienso que no es posible evitar la resistencia del medio, la cual ha de destruir la uniformidad del movimiento horizontal, así como la *ley de la aceleración* de los cuerpos que caen" (p. 392). Galileo hace uso de expresiones del lenguaje ordinario en lugar del concepto de ley. "En suma, al estudio del movimiento naturalmente acelerado nos ha llevado, como agarrados de la mano, la observación de las costumbres y reglas que sigue la misma naturaleza en todas sus obras restantes, para cuya ejecución suele hacer uso de los medios más inmediatos, más simples y más fáciles" (p. 276).

Es, pues, claro que incluso en Galileo y Bacon el uso del término "ley" es ocasional y de ninguna forma algo regularizado como lo es en Kepler y Descartes y la posteridad que ellos inauguran. Sus raíces se hunden en el pensamiento medieval, especialmente en Roger Bacon y R. Grosseteste. Galileo usa el término "axioma" para sus proposiciones centrales de la mecánica en los *Discursos acerca de dos nuevas ciencias*. Galileo usa "axiomas" para lo que Descartes denomina "*leyes de la naturaleza*" y Newton usará "axiomas o *leyes del movimiento*", con el mismo fin que sus dos predecesores. Todos estos cambios terminológicos son importantes. Uno de los más decisivos fue el paso (o salto) de "los principios de la naturaleza a las leyes de la naturaleza" (Javier Echevarría, 1994, p. 68).

Descartes

Descartes usa el término "ley" regularmente. Anotemos algunos pasajes en los que el término aparece.

i) En las *Meditaciones metafísicas*, (sexta meditación), escribe Descartes acerca de las "leyes de la naturaleza". Aquí considera que el cuerpo humano es una máquina y como tal sigue leyes: "Y de igual modo que un reloj fabricado con ruedas y pesos no menos exactamente observa todas las leyes de la naturaleza cuando ha sido fabricado mal y no indica con rectitud las horas, que cuando satisface plenamente los de-

seos del artista, así, considero el cuerpo del hombre en tanto que es una cierta máquina ..." (VI, p. 119).

ii) Pero los lugares clásicos en que más se refiere Descartes a las leyes de la naturaleza son *Los principios de filosofía* y *Sobre el mundo. Tratado de la luz*. Esta última es una obra que dejó inédita a causa del juicio seguido a Galileo Galilei, pues también en ella el punto de partida es copernicano, según afirma el propio Descartes. En ambas obras nuestro autor explica ampliamente no sólo sobre el principio de legalidad sino también las tres leyes de la naturaleza que él ha descubierto. Es ahí donde se muestra como descubridor de leyes naturales. También enuncia otras siete reglas (Descartes utiliza a veces como sinónimos ley y regla, algo que también hacía Roger Bacon) que se siguen de las tres primeras. A continuación me detendré en el principio de legalidad tal como Descartes lo piensa.

Descartes enuncia el principio de legalidad de la siguiente manera: "Dios ha establecido tan maravillosamente estas leyes que, aun cuando supongamos que no ha creado nada más que lo dicho en tales leyes son suficientes para lograr que las partes de este caos se desenmarañen y dispongan en tan buen orden que alcancen la forma de mundo perfecto y en el que no sólo pueda verse la luz, sino también todas las cosas generales y particulares que aparecen en este verdadero mundo" (LM, 103, 34).

Así enunciado el principio tiene un carácter metafísico y hasta teológico, pues Dios es el responsable del orden y legalidad del Universo. Sin duda alguna este enunciado metafísico y teológico del principio de legalidad es el que va a perdurar a lo largo de los siglos XVII y XVIII, y especialmente en el deísmo. Y será así hasta que la crítica de la causalidad sea desarrollada por David Hume y hasta que el materialismo francés den al principio de legalidad una base distinta.

Con respecto a esta formulación teológica del principio de legalidad es importante señalar, como hace Jane E. Ruby, que ésta no fue la única fuente del concepto de ley. Además de éste, Ruby reconoce que algunos medievales utilizaron el concepto de ley. "La idea de legislación por Dios o Naturaleza debe mucho al uso antiguo de 'ley' para fenómenos naturales. No obstante, el moderno uso emerge de diferentes procesos en diferentes tiempos en tres campos distintos, en que la sola idea de legislador tiene solo una parte" (Ruby, 1986, 242).

Ruby protesta contra la tesis de Zilsel según la cual el origen del concepto de ley es sólo el del divino legislador tal como se dio en el siglo

XVII. La tercera fuente del concepto de ley está, según Ruby, en la astronomía, en la cual "no hay vestigio de la idea de legislación divina" (1986, p. 343). Lo cual tampoco parece acertado a la luz de lo que hemos explicado de Kepler.

La anterior formulación cartesiana del principio de legalidad se encuentra en *Le Monde*, pero las leyes del movimiento aparecen también en los *Principios de filosofía*. De momento interesa subrayar que Descartes en este texto le agrega al enunciado del principio la razón de ser del mismo. "Por este mismo hecho de que Dios no está sujeto a variaciones y obra siempre del mismo modo, podemos llegar al conocimiento de determinadas reglas que denomino *leyes naturales*" (PP, II, p. 37). Esto es: la inmutabilidad divina es lo que constituye la razón de ser de las leyes naturales.

Morris Kline observa que es importante para entender la evolución del concepto de ley que la dependencia de las leyes con respecto al divino legislador pasó a un segundo plano y, en cambio, se destacó su carácter matemático y experimental. El paso de una concepción trascendentalista de la ley natural a una concepción inmanentista se hizo necesario. Morris Kline afirma que Diderot se refiere explícitamente a las matemáticas como un juego y afirma que cualquier aplicación a la Naturaleza tiene que probarse mediante la experiencia.

"No sé si existe alguna relación entre el espíritu de juego y el genio matemático; pero hay una muy estrecha entre un juego y las matemáticas (...). Una partida puede ser considerada como una sucesión indeterminada de problemas por resolver según unas condiciones dadas. No existen cuestiones matemáticas a las que no pueda aplicarse la misma definición; y la cosa del matemático no tiene más existencia en la naturaleza que la del jugador" (Diderot, *Pensées sur l'interprétation de la nature*, III, p. 9). En realidad Diderot no cuestiona la legalidad del universo, la cual reafirma con numerosas leyes y su adhesión a la ciencia newtoniana, pero le parece especulativo usar las matemáticas como si fueran una metafísica. La posición de Diderot se asemeja sin duda alguna a la de Lucrecio. La legalidad es inmanente a la Naturaleza, siendo innecesario todo recurso explicativo trascendente.

En *L'Encyclopédie* se encuentra un concepto lógico-lingüístico de las leyes de la naturaleza. En la "entrada" *Nature*, se afirma: "*lois de la, sont des axiomes ou regles générales que celles du mouvement et de repos qu'observent les corps naturelles dans l'action qu'ils exercent les uns sur les autres, et dans tous les changements qui arrivent leur état naturel*". Lue-

go reafirma que las leyes naturales y las leyes del movimiento vienen siendo lo mismo. Las leyes son axiomas de un sistema deductivo pero referido a las cosas, a los movimientos.

También Hume con su decodificación del concepto tradicional (aristotélico) de causa contribuyó a la defundamentación teológica del principio de legalidad. Hume circunscribió la idea de causa a la conjunción constante, lo cual en realidad viene a ser la ley. El aspecto de eficacia o productividad, esencial en el concepto aristotélico de causa, fue eliminado por Hume. Como señala Morris Kline, para Hume "las leyes son cómodos resúmenes de nuestra experiencia" (Kline, 1985, p. 87). Todavía más, para Hume la base que soporta el afán humano de búsqueda de causas (leyes) es tan sólo un hábito. Por su parte, Kant nos dirá que nosotros no encontramos en la Naturaleza sino lo que nosotros mismos hemos puesto. Así, pues, Diderot desde el materialismo, Hume desde el empirismo y Kant desde el criticismo decodifican la base teológica del principio de legalidad, base sobre la cual fue enunciado durante el siglo XVII¹⁷.

Volviendo a Descartes, Mikio Kamiya plantea la cuestión de la aparente contradicción entre la inmutabilidad divina y el cambio omnipresente en el mundo natural. Kamiya nos dice que Descartes atribuye el cambio a la propia Naturaleza. En efecto, Descartes afirma: "Del hecho de que Dios la conserva, se sigue que debe haber numerosos cambios en sus partes que, no pudiendo propiamente, según me parece, atribuirse a la acción de Dios porque la materia no cambia en nada, los atribuyo a la naturaleza, y denomino *leyes de la naturaleza a las reglas que han seguido aquellos cambios*" (IM, VII, p. 38, trad. pp. 110–111). El comentario de Turró es muy clarificador: "Dios establece las leyes fundamentales de la materia —los principios cinemáticos ... La Naturaleza es el conjunto de movimientos concretos que se producen a partir de aquellas leyes y la infinidad de partículas materiales existentes. De ahí el significado del texto: atribuyendo a Dios la constancia de las leyes, puede atribuir-

¹⁷ Con respecto a Hume hay que tener en cuenta, sin embargo, la siguiente interpretación de Miguel Badía: ... [A]sí también habría que decir que la creencia en Dios es una creencia natural y racional porque, además de contar con apoyo empírico, también es uno de los fundamentos principales para la constitución de la inteligibilidad del mundo de nuestra experiencia cotidiana, de la *ciencia natural*, de la vida práctica, moral y política, y de la historia" (*La reflexión de David Hume en torno a la religión*, Río Piedras, Editorial de la Universidad de Puerto Rico, 1996), (énfasis suplido). De ser así, a pesar de la descodificación del concepto de causa, Hume todavía estaría suponiendo la idea de Dios como base de la creencia en el orden natural que la ciencia investiga.

sele a la naturaleza el conjunto de las transformaciones que se siguen” (Salvio Turró, 1989, p. 111, nota).

A mi modo de ver en el texto cartesiano hay un desplazamiento en relación al concepto de ley que viene manejando hasta ahora. La constancia de las leyes es atribuida a la inmutabilidad divina, pero ahora lo que nos dice es que la ley misma es la regla que siguen los cambios que se operan en la naturaleza. Los cambios no acontecen arbitrariamente sino de acuerdo a ciertas reglas o leyes.

Hay otra aclaración que hace Descartes en un sentido muy semejante a la anterior. Se trata del caso en que los movimientos se desvían de una trayectoria rectilínea. “Sólo Dios es autor de todos los movimientos que hay en el mundo, en tanto que son y son rectilíneos, pero que son las diversas disposiciones de la materia las que los convierten en irregulares y curvilíneos” (*LM*, VII, p. 127). Y compara esta situación con la tesis teológica según la cual Dios es responsable de lo bueno que hacemos, mientras que sólo las desviaciones de nuestra voluntad humana es responsable de nuestros vicios.

Hay que tener en cuenta que Descartes no fundamentó sólo el principio de legalidad en la inmutabilidad divina, sino que ésta también es la base de las tres leyes fundamentales y algunas de las reglas. “Esta regla se apoya en el mismo fundamento que las otras dos y sólo depende de que Dios conserva cada cosa por una acción continuada” (Descartes, *LM*, p. 123). Turró explica esta necesidad de la acción inmutable divina en las leyes cinemáticas: “Si Dios no mantuviera *ex professo* la vigencia constante de las leyes cinemáticas que organizan las partículas materiales, el universo dejaría inmediatamente de existir pues la realidad es extensión y extensión significa materia definida sólo por sus movimientos geométricos: desaparecidas las leyes espaciales que rigen estos movimientos por descuido de Dios, carecería de todo sentido la noción de *res extensa* y, con ella, el mundo sensible como tal” (Turró, 1989, p. 123, nota 14).

Se ha discutido si Descartes deriva deductivamente las leyes de la física de sus principios metafísicos. Desmond Clarke opina que no (Clarke, p. 98). Clarke cita un texto de Descartes en su apoyo: “No es imprescindible que los primeros principios sean tales que todas las demás proposiciones puedan reducirse a ellas o ser probadas por ellas. Son suficientes con que sirvan para descubrir otras (proposiciones) y que no haya ningún otro principio del que puedan depender” (Descartes, Carta a Clerselier, IV, pp. 44–45, cit. Clarke, p. 98).

Laura Benítez también responde en la negativa a la dependencia deductiva de la física cartesiana con respecto a su metafísica. Va incluso más lejos y se hace la siguiente pregunta: "¿Qué es metodológicamente anterior: la idea de Dios, que da sustento a las leyes de la naturaleza, o la concepción de la naturaleza, en que se requiere reforzar la relación causal, para lo cual Descartes encuentra apropiado recurrir a la inmutabilidad divina?" (Benítez, 1993, p. 130). Benítez se adhiere a la segunda alternativa. O sea, Descartes piensa la naturaleza en términos de la constancia de las leyes y para ello le parece adecuado recurrir a la inmutabilidad de la esencia divina. La autora compara este recurso en la física cartesiana con el recurso análogo utilizado en la epistemología al postular a Dios como garantía de nuestras ideas acerca del mundo externo. Me parece que hay también un recurso similar en las leyes de la física cartesiana. Como ya se explicó, Dios es causa del movimiento uniforme y rectilíneo y por ello esa es la tendencia natural de la materia, pero el verdadero movimiento real no es rectilíneo sino curvo, y éste ya no es causado por Dios sino por las disposiciones de la materia. De hecho la ley de inercia en su pureza teórica resulta una ley ideal, tanto en Descartes como en Newton. Bernard Cohen la llama incluso imaginaria.

Con relación a las leyes físicas es de suma importancia señalar también que Descartes exige un apoyo en la *experiencia* para refrendar la validez de las leyes naturales. "Pero no podemos determinar solamente mediante la razón cuál es el tamaño de estas partículas de materia, con qué rapidez se mueven y en qué círculos se mueven; ya que podrían haber sido determinadas por Dios de muy distintas formas, y sólo la *experiencia* puede enseñarnos cuál de esas posibilidades fue la elegida con preferencia sobre otras. Y por tanto somos libres para suponer cualquier cosa que deseemos acerca de ellas, con la condición de que cualquier cosa que se siga de nuestra suposición, esté *de acuerdo con la experiencia*" (LM, pp. 100-101). Descartes, pues, acentúa el carácter hipotético que tiene nuestra interpretación de las leyes y su necesidad de ser refrendadas por la experiencia. Así pues, dado que unos mismos principios metafísicos pueden ser compatibles con distintas posibilidades de leyes físicas, se sigue que su relación no es necesaria lógicamente y que nuestro autor las ve más bien en un sentido ampliamente hipotético.

De hecho al comienzo de su *De mundo* Descartes recalca que su teoría del mundo es en realidad una ficción. "Y mi proyecto no es el de explicar las cosas que existen efectivamente en el verdadero mundo, sino sólo *fingir uno a mi gusto* en el que nada haya que los espíritus más

comunes no sean capaces de concebir y que pueda, no obstante, ser creado tal como habré fingido" (*LM*, VI, p. 107). Como explica Turró: "La *fábula del mundo* es así el recurso para expresar el carácter hipotéticamente construido de la nueva física en que trabaja Descartes" (Turró, 1989, p. 15). Este autor hace notar que algunos comentaristas han pensado que Descartes utilizó la idea de meramente fabular un mundo por miedo a la inquisición, pues como advierte el propio Descartes, su concepción del mundo es tan copernicana como la de Galileo. La respuesta de Turró es en la negativa: "Entre otras cosas porque la condena de Galileo se produce cuando el texto cartesiano está ya en la imprenta y, por tanto, redactado en forma de fábula" (Turró, 1989, p. 15). Lo cierto, pues, es que Descartes expone su teoría con un carácter explícitamente hipotético.

Clarke analiza varios significados del término "ley" en el texto cartesiano¹⁸. Encuentra, en primer lugar, el significado de *regularidad* en los procesos de la naturaleza. En segundo lugar, Descartes entiende "ley" como causa secundaria, siendo Dios la primaria. Un texto cartesiano lo aclara perfectamente. "Y a partir de esta misma inmutabilidad divina se pueden conocer (*cognosci possunt*) algunas leyes o reglas de la naturaleza que son las causas secundarias o concretas de los diversos movimientos que advertimos en los cuerpos individuales" (cit. en Clarke, VIII, 1, 62).

Pero también aparece en Descartes el significado de la ley como proposición o axioma. En los dos significados anteriores no se trata, como advierte Clarke, de un mero significado lógico-lingüístico, sino de un modo de comportamiento de la naturaleza, su regularidad y las causas por las cuales se producen ciertos movimientos de la materia. En cambio, como proposición la ley sí tiene un significado estrictamente lógico-lingüístico.

En síntesis, aunque se puede encontrar muchas veces la expresión "ley natural" en autores anteriores a Kepler o Descartes, incluso desde la antigüedad y el medioevo, no es hasta Kepler y Descartes cuando se regulariza la expresión *ley de la naturaleza*. Kepler y Descartes no sólo enuncian un principio de legalidad, sino que también nos dan los significados del término "ley" y, sobre todo, enuncian varias leyes de la natu-

¹⁸ Cassirer nos dice que ya en Kepler se encuentra la idea clara de "ley" bien cristalizada en sus famosas tres leyes. Me aparece que esa idea de "ley" en Kepler puede sintetizarse diciendo que es la expresión matemática de la armonía cósmica.

raleza que sirven de base a su física y, en realidad, con algunas modificaciones, a la física moderna. Estas leyes sirvieron de base a la transformación que hará luego Newton. Las leyes astronómicas que Kepler descubrió siguen siendo válidas; en cambio, como afirma Kuhn, de las leyes físicas de Descartes sólo sobrevive la ley de la inercia y la llamada ley de Snell.

El principio de legalidad tiene históricamente un fundamento metafísico y teológico. Lo cual muestra que fue en el deísmo y el mecanicismo modernos que se generaliza el concepto de ley natural. Utilizando terminología de Michel Foucault podemos decir: sólo en la episteme del orden y la mathesis el concepto de ley se incorpora a la regularidad discursiva del saber. Sin duda alguna Descartes es máximo representante de esa época. El caso de Kepler es más complejo pues, como bien ha señalado Alexandre Koyré, el astrónomo alemán es un Jano bifronte, una de cuyas caras mira hacia el Renacimiento y la otra hacia el clasicismo. Su persistencia en tesis astrológicas¹⁹ lo ubican en lo primero, su énfasis en la legalidad y matematización de la naturaleza lo muestran claramente moderno. Incluso el mecanicismo no le es ajeno²⁰. Si comparamos a Kepler y Descartes con relación a la modernidad de su pensamiento, a su contribución al nacimiento de la ciencia moderna, queda el siguiente cuadro. 1) Tanto Kepler como Descartes usan y destacan el principio de legalidad con el cual interpretan la naturaleza y sirve de guía al científico, pues es lo que lo mueve a descubrir leyes. 2) Ambos utilizan regularmente el término "ley". 3) Ambos descubrieron leyes de la naturaleza. 4) Tanto Kepler como Descartes destacaron la necesidad de matematizar

¹⁹ Koestler ha señalado que algunas de las tareas astrológicas, como hacer horóscopos, eran parte del oficio del *matemático imperial*, puesto que ocupaba Kepler. El emperador ordenaba al matemático hacer horóscopos de sus más ilustres visitantes.

²⁰ "*Scopus meus híc est, ut coelestem machinam dicam non esse instar divini animalis, sed instar horologii (qui horologium credit animatum, is gloriam artificis tribuit operi) ut in qua pene omnes motuum varietas ab una simplicíssima vi magnetica corporali, uti in horologio motus omnes a simplicíssimo pondere*". "Mi objetivo es mostrar que la máquina celeste no es ningún tipo de divino ser vivo, sino una especie *de mecanismo de relojería* (y el que cree que un reloj tiene un alma atribuye a la obra la gloria del artífice), en cuanto que casi todos los múltiples movimientos son ocasionados por una fuerza magnética y material muy simple, del mismo modo que todos los movimientos del reloj son ocasionados por un simple peso. Y muestro también cómo esas causas físicas necesitan una expresión numérica y geométrica" (Kepler, Carta a Herwart, citado por Koestler, p. 99).

las leyes naturales²¹. 5) Tanto el filósofo francés como el astrónomo alemán se preocuparon de que las teorías por ellos formuladas en sus respectivos campos científicos fueran refrendadas por la experiencia. Descartes no dejó de dar importancia a la experimentación, y la practicó. Kepler llegó a la primera ley, o ley de la forma elíptica del movimiento de los planetas, guiado por las observaciones astronómicas de que disponía y que había heredado de Tycho Brahe. Se separó de la forma circular precisamente porque ésta no correspondía con la base observacional²². 6) Descartes hizo un uso generalizado del mecanicismo, clave de la física moderna, pero Kepler también lo admitió, aunque como resultado de una lenta evolución de su pensamiento. 7) Tanto Kepler como Descartes buscan un mismo sistema de leyes para el mundo celeste como para el terrestre superando más de dos milenios de tradición científica. Kepler supera también la tradición de considerar sólo los movimientos circulares y sólo así llegó a su primera ley. 8) Uno y otro parten del heliocentrismo de Copérnico. De modo que, por grandes que sean sus diferencias en cuanto a concepción del mundo, hay claramente esas coincidencias que son decisivas en el movimiento de pensamiento que instaura la ciencia moderna.

Antes de la época clásica el concepto de "ley" tenía un uso ocasional y frecuentemente asociado con nociones morales y jurídicas. Después de la época clásica las leyes de la naturaleza comenzarán a convertirse ante todo en leyes estadísticas. No lo eran ni con Kepler, ni con Descartes ni con Newton, pues eran leyes estrictamente universales. Y ese era el ideal de la *mathesis*. En la ciencia actual hasta las leyes fundamentales de la física, las de la mecánica cuántica, son leyes estadísticas. El surgimiento de esta *domesticación del azar*, es decir la teoría de las probabilidades, ha sido investigado por un estudioso de Foucault, Ian Hacking.

El concepto de ley se ha transformado al pasar de un marco epistémico a otro. De hecho, el mismo principio de legalidad, como advierte

²¹ Cassirer ve, sin embargo, la siguiente diferencia: "Lo que distingue a Kepler y Descartes es precisamente el hecho de que todo su modo de pensar y de investigar sigue teniendo sus raíces, íntegramente, en la geometría sintética de los antiguos, mientras que Descartes, aunque coloque todavía en el lugar central el problema del espacio, lo enfoca ya a través de un cambio metodológico que hace de él simplemente un caso específico y un ejemplo del concepto general de la magnitud" (op. cit., p. 302).

²² "Esta rigurosa proyección del pensamiento sobre las observaciones, en la que aquél encuentra su necesaria e inexcusable contrastación, constituye el postulado fundamental de la ciencia de Kepler" (Cassirer, op. cit., p. 302).

Hacking, al interpretar la obra de Charles Sanders Peirce, pierde fuerza. Peirce dirá que el azar es primero y que las leyes muestran sólo los hábitos de la naturaleza.

A mi modo de ver el principio de legalidad no es sino una de las posibles formulaciones de lo que puede denominarse *principio de inteligibilidad de lo real*. Los griegos pensaron la inteligibilidad de lo real en términos del *Logos*. Heráclito es quien primero hace explícita esta idea, pues dice que "Pues, produciéndose todas las cosas según este *Logos*" (Fr. 1. Trad. García Calvo). Ahora bien, en los griegos la idea del *Logos* aplica a la totalidad de lo real, y funge no sólo como principio ontológico sino también ético. La justicia (*Diké*) es pensada desde la Naturaleza, es justicia natural. De este modo el concepto de ley (*Nómos*) no aparece sino como ley convencional, sin el prestigio del *Logos* natural. Y por ello no es frecuente en el pensamiento griego. Aristóteles adoptó como principio de inteligibilidad (o cognoscibilidad) el de causalidad. Conocer es explicar por las causas. Este principio domina la antigüedad y la Edad Media, fue cuestionado a partir del Renacimiento. En cambio, a partir de Kepler y Descartes, el principio de inteligibilidad es el de legalidad. La ciencia tiene como finalidad cognoscitiva el descubrimiento de las leyes de la naturaleza. También tiene la ciencia una finalidad práctica: el dominio de la naturaleza. Pero ello implica el conocimiento exacto de esas leyes naturales. Pues el dominio técnico del mundo implica un conocimiento calculable para actuar con efectividad sobre las cosas.

La filosofía escolástica (y ya desde Parménides) pensaba que el ser es lo inmediatamente inteligible. Es decir que lo que propiamente podemos entender es el ser. Decir que el ser es verdadero significaba que el ser es inteligible. Esto funcionaba para la escolástica como un axioma, es decir, como una verdad trascendental acerca del ser. En verdad no es nada evidente que el ser sea el *primum intelligibilem*. Parménides necesitó de la cuasi-revelación de las diosas de que nos habla el proemio del poema para reforzar la supuesta evidencia del principio. La realidad podría ser opaca a nuestra inteligencia. La tesis de la inteligibilidad de lo real, en cualquiera de sus enunciaciones, me parece, que es también una hipótesis. Pienso que los principios son hipótesis programáticas de largo alcance. Eso es lo que muestran las distintas figuras de la hipótesis de la inteligibilidad de lo real. *Logos*, causalidad, legalidad, han funcionado durante largos períodos históricos como hipótesis rectoras del saber humano. Pero a diferencia de cualquier hipótesis científica, la inteligibilidad de lo real las supone a todas, y enuncia el programa a seguir. En efecto, el

homo sapiens no tiene certeza absoluta de que la complejidad de la realidad pueda ser adecuadamente entendida por su inteligencia y lo más que puede hacer es aventurar la hipótesis de su posible inteligibilidad. Si esa hipótesis resulta fecunda, entonces no prueba que sea verdadera, pero nos impulsa a continuar con el deseo de conocer.

Universidad de Puerto Rico, Recinto de Humacao

REFERENCIAS

- Aristóteles, *Obras*, traducción de Francisco Samaranch. Aguilar, Madrid 1967.
- Francis Bacon, *Novum Organon*, traducción de Clemente Hernando Balmori, introducción y notas de Risieri Frondizi, Buenos Aires, Ed. Losada 1949.
- Laura Benítez, 1993, *El mundo en René Descartes*, México, UNAM.
- Richard Blackweel, 1966, "Descartes's Law of Motion", *Isis*, no. 188.
- Mario Bunge, 1976, *La investigación científica*, 5a. ed. Barcelona, Ariel (Primera edición, 1969).
- Ernst Cassirer, 1953, *El problema del conocimiento*, t. I, traducción de Wenceslao Roces. México, Fondo de Cultura Económica.
- Marco Tulio Cicerón, 1968, *De legibus/Las leyes*, 2a. ed., edición bilingüe. Traducción, introducción y notas de Roger Labrousse, Río Piedras, EDUPR.
- Desmond Clarke, 1986, *La filosofía de la ciencia de Descartes*, Madrid, Alianza Ed.
- A. C. Crombie, 1971, *Roberto Grosseteste and the Origins of Experimental Science 1100-1700*, Oxford.
- 1989, "The Significance of Medieval Discussions of Scientific Method for the Scientific Revolution", en *Critical Problems in the History of Science*, Marshall Clagett, ed., University of Wisconsin, Madison, Milwaukee, and London.
- René Descartes, *Meditaciones metafísicas*, traducción de Juan Gil Hernández, Buenos Aires, Aguilar 1982.
- Le Monde. Traité de la lumière (El mundo. Tratado de la luz.)*, edición bilingüe, traducción e introducción de Salvio Turró, Madrid, Anthropos 1989.
- D'Alembert, *L'Encyclopédie, Dictionnaire raisonné des sciences, des Arts, et des Métiers, (1751-1780)*, edición facsimilar, Stuttgart, 1966.
- Denis Diderot, 1992, *Pensées sur l'interprétation de la Nature*, edición bilingüe. Comentarios a cargo de Jean Varloot, traducción de Julián Mateo Ballorca, Madrid, Anthropos.
- Javier Echevarría, 1993, "Las leyes científicas", en *La ciencia, estructura y desarrollo*, Ulises Moulines, ed., Madrid, Editorial Trotta.

- Agustín García Calvo, *Razón común*, edición crítica, traducción y comentario de los restos del libro de Heráclito, Lucina, Madrid 1985.
- Ian Hacking, "Nineteenth-century Cracks in the Concept of Determinism.", *Journal of the History of Ideas*, Vol XLIV, 3, 1983.
- Mikio Kamiya, *La théorie cartésienne du temps*, Tokyo, Librairie-Editions, France Tosho.
- Johannes Kepler, *Gesammelte Werke*, Herausgegeben von Max Caspar, München, 1953.
El misterio cósmico, 1992, traducción de Carlos Solís, Madrid, Alianza Editorial.
- Morris Kline, 1985, *La pérdida de la certidumbre*, México, Siglo XXI.
- Arthur Koestler, 1959, *The Sleepwalkers*, Londres, Hutchinson Publishing Group.
1985, *Kepler*, Barcelona, Salvat Ed. Se compone de los capítulos dedicados a Kepler en *The Sleepwalkers*.
- Thomas S. Kuhn, 1957, *The Copernican Revolution*, Harvard College.
- Alvaro López Fernández, 1995, "Anticipación de la Naturaleza y giro copernicano: la naturaleza de la explicación científica en Bacon y Kant", *Diálogos*, Año XXX, núm. 65.
- Tito Lucrecio Caro, *De rerum natura (Sobre la naturaleza de las cosas)*, Ed. bilingüe y traducción de Lisandro Alvarado. Vol. VI de las Obras completas de Lisandro Alvarado, Caracas, Ministerio de Educación Nacional, 1958.
- Joseph Needham, 1951, *Human Law and the Law in China and the West*, Oxford University Press.
- Jane Ruby, 1986, "The Origins of Scientific 'Law'", *Journal of the History of Ideas*, Vol. XLVII, 3, 1986.
- Platón, *Gorgias* en *Diálogos*, traducción de Mario Calonge, Madrid, Gredos, 1987.
- S. Sambursky, 1990, *El mundo físico a finales de la antigüedad*, traducción de Carlos Solís, Madrid, Alianza Editorial.
- Lucio Anneo Séneca, 1994, *El pensamiento vivo de Séneca*, selección e introducción de María Zambrano, Madrid, Siruela.
- Salvio Turró, 1985, *Descartes. Del hermetismo a la nueva ciencia*, Madrid, Anthropos.
1989, "Introducción y notas" a Descartes, *El mundo. Tratado de la luz*, Madrid, Anthropos.
- Edgar Zilsel, 1942, "The Genesis of the Concept of Physical Law", *Philosophical Review*, Vol. LI, No. 3.