

RENÉ THOM: DE LA TEORÍA DE CATÁSTROFES A LA METAFÍSICA

Miguel Espinoza. Université de Strasbourg

Resumen: *René Thom: De la Teoría de Catástrofes a la Metafísica.* La obra de René Thom es una de las contribuciones más significativa del pensamiento francés actual a la filosofía. Conocido en el mundo matemático, entre otras contribuciones, por sus trabajos sobre las variedades diferenciables, el problema del cobordismo, la teoría de las singularidades, Thom es el autor de la Teoría de las catástrofes (TC). A través de ella, ha podido proponer ideas pertinentes al conjunto de ciencias naturales y humanas. Sospechosos de la pretensión universal de la teoría y de su carácter cualitativo (consecuencia de las herramientas topológicas), varios científicos y epistemólogos han criticado la TC, tratándola de pseudo-científica. Convencido del valor de su intuición, Thom ha reforzado sus ideas con una reflexión sobre los objetivos de la ciencia moderna y de sus presuposiciones positivistas y materialistas. El resultado, aún en evolución, es una serie de pensamientos que restauran el interés de algunos problemas olvidados de la filosofía de la naturaleza o de la metafísica.

Abstract: *René Thom: From Catastrophe Theory to Metaphysics.* The work of René Thom is one of the most significant contributions of contemporary French thought to philosophy. Thom is the well-known author of Catastrophe Theory (CT). More than a theory, CT is actually a general methodology which uncovers some hidden mathematical analogies in phenomena as different as can be those of the physical, the biological, and the social sciences. Now some scientists and philosophers have seen in this pretention to universal applicability and in its qualitative aspect (a consequence of the fact that the theory is built with topological tools) a sign of pseudo-science. But Thom, convinced of the value of his intuitions, has strengthened his ideas with a reflexion on the aim of modern science, on its positivistic and materialistic presuppositions. The result, still in progress, is the awakening of some forgotten problems in the philosophy of nature or in metaphysics.

1. Introducción

El objetivo de este ensayo de interpretación es mostrar la pertinencia filosófica de algunas ideas de René Thom.¹ Las reflexiones del geómetra están sacadas de su propio fondo personal como prolongación necesaria de su actividad científica. Su recorrido ilustra la idea que una epistemología tiene sentido sólo cuando entienda sus raíces en la investigación efectiva y aparece como un homenaje lejano a los primeros pensadores griegos que no reconocían una frontera estricta entre la ciencia y la filosofía.

El número de verdaderos pensadores se cuenta, en cualquier momento, con la excepción probable del siglo XVII, con los dedos de las manos. La dificultad reside en que pensar, en sentido estricto, es crear nuevos conceptos o estructuras que permiten aumentar el dominio inteligible de la naturaleza. Es lo que ha hecho Thom.

El espíritu del geómetra no es el mismo que el del algebrista. El primero utiliza la geometría como medio de descubrimiento; le gusta ver las cosas, inspirarse de ellas, representarlas; está cerca de lo real, colaborando al progreso de la física y de la biología. En cambio el algebrista no está satisfecho sino con las estructuras rígidas y nítidas, abstractas, ideales; lo real desaparece, todo se reduce finalmente a la capacidad del espíritu de distinguir unidades, por ejemplo unidades de tiempo que dan origen a los números, y al poder operatorio del intelecto. Thom es geómetra. «Existe una tendencia natural del espíritu a dar a la forma de una curva un valor intrínseco.»²

La ciencia es el estudio de una fenomenología, de las formas espaciales y de sus accidentes definidos en un espacio substrato. Por eso, «comprender quiere decir, ante todo, geometrizar.»³ En su filosofía natural, Thom retoma las nociones antiguas de causa formal y de paso de la potencia al acto. La forma organiza la materia, dándole unidad; todo lo que existe no se reduce a lo actual, puesto que lo actual sale de lo virtual. El ser en potencia es interpretado geoméricamente como una singularidad. En sentido topológico, las singularidades aparecen cuando los puntos de una superficie se proyectan sobre otra mientras que las superficies son topológicamente deformadas (en una palabra: la topología es el estudio de las propiedades de los objetos que quedan invariables mediante una transformación continua). El ser en acto es interpretado, a su vez, como el desarrollo que estabiliza la descripción de la singularidad.⁴

La singularidad es uno de los conceptos centrales de la Teoría de Catástrofes (TC). El punto singular es aquel que no es ordinario, es decir, un punto en el cual todos los coeficientes no son continuos ni, a menudo, analíticos. Al menos uno de los coeficientes de un punto singular es singular, y la teoría de las singularidades es una generalización del estudio de funciones en puntos máximos y mínimos.

2. La Teoría de las Catástrofes en perspectiva

No es éste el lugar para exponer la TC; me interesa solamente mencionar algunos de sus aspectos filosóficos.⁵ El interés que desde joven Thom muestra por la pregunta: ¿por qué las cosas, inanimadas o animadas, tienen la forma que tienen? hace que su concepción de la TC parezca menos inesperada. «Toda la filosofía de la TC, su esquema general, puede expresarse así: se trata de una teoría hermenéutica que se esfuerza, ante

cualquier dato experimental, de construir el objeto matemático más simple que pueda engendrarlo.»⁶

La TC es menos una teoría que una metodología, una caja de herramientas para estudiar las formas de las cosas. La forma no puede tener otra explicación que geométrica y dinámica. El mundo consiste, en última instancia, en formas y fuerzas, y toda tentativa de eliminar unas u otras no puede sino fracasar. Por eso, en la metodología de las catástrofes, Thom combina los medios de los sistemas dinámicos (génesis dinámica de las formas) y de la topología diferencial (génesis estática de las formas) para explicar las «catástrofes» o discontinuidades de las regiones donde se producen cambios bruscos de estado, fronteras o bordes de los sólidos, transiciones de fase, etc. La «catástrofe» es el lugar del sistema donde éste pasa abruptamente de un estado a otro, aunque —y esta observación es importante— los factores externos que controlan el proceso cambian de manera continua.

La TC aparece entonces como una extensión de la dinámica, especializada en el estudio sistemático de un modo de devenir particular, el cambio de forma. El cálculo creado por los modernos se presta a la descripción del movimiento uniforme de los astros, pero no es su única aplicación, puesto que también resulta útil en la descripción de los cambios abruptos, corrientes en nuestro mundo. Cuando se lanza un balón hacia arriba, en un momento dado su trayectoria entra en una singularidad, en un punto crítico, en una discontinuidad que marca el fin del ascenso y el comienzo del descenso. La idea específica de Thom es que bajo ciertas condiciones, precisamente definidas, hay solo siete tipos de catástrofes elementales, lo que muestra la analogía que existe en la evolución de los sistemas.

La catástrofe elemental designa toda situación de conflicto entre regímenes locales, mínimos del potencial, que pueden producirse de manera estable en el espacio-tiempo de cuatro dimensiones. La catástrofe elemental no incluye más de cuatro variables y puede ser modelizada en un «espacio de comportamiento» (equivalente al espacio de fase de la física) de dos a seis dimensiones. En este espacio abstracto el cambio de un sistema es representado por la trayectoria de un punto que se mueve sobre una superficie de comportamiento uniforme, y la catástrofe se produce cuando el punto se ve forzado a saltar de una región de la superficie a otra.

Hay dos tipos de aplicaciones de la TC: en algunos dominios muy reducidos de las ciencias «duras» permite un cálculo cuantitativo y predicciones precisas. Eso ocurre, por ejemplo, en óptica, donde las curvas de las superficies de catástrofes elementales pueden verse y fotografiarse. Una condición de rigor es que el potencial de dirección y que los factores de control puedan ser claramente definidos. Luego en las ciencias «blandas» (biología, psicología, etc.), la catástrofe puede verse más bien como un modelo cualitativo y hermenéutico que intenta captar el significado descon-

dido en los cambios de forma. La dificultad es que un modelo hermenéutico, justamente porque trata de obtener la significación escondida de un fenómeno (como el marxismo o el psicoanálisis), no puede ser verificado directamente, y gran parte de la crítica dirigida a Thom hace resaltar este hecho.

La significación es una cosa, y la verdad verificada es otra; lo que limita la verdad no es la falsedad, dice Thom, sino la insignificancia. Mirando de cerca lo que los críticos rechazaban en la TC, su autor se llegó a dar cuenta de la tensión que existe al centro de la ciencia entre el interés por la comprensión del significado de algo, y el interés de verificación y control de la naturaleza. Pero Thom va más allá, y haciendo prueba de coraje intelectual, ha defendido en un medio hostil la ciencia «filosófica», aquella que busca la inteligibilidad, contra la ciencia oportunista y pragmática dirigida hacia la predicción y el control de la naturaleza (Bacon: «el conocimiento es poder».)

3. *La renovación de la filosofía de la naturaleza*

La filosofía reciente, idealista, de tendencia escéptica y negativa, analítica más bien que sintética, respaldada por las posibilidades de la lógica y de la historia de la ciencia, no ha preparado a la generación actual (salvo por privación) para apreciar una aventura como la de Thom dedicada a la búsqueda de inteligibilidad y guiada sobre todo por las posibilidades de la geometría. La reflexión de Thom pertenece a la filosofía de la naturaleza porque intenta restaurar los lazos (cortados por el idealismo) entre la percepción natural, el conocimiento científico y su prolongación metafísica. Se trata en seguida de clasificar la variedad natural en un número reducido de arquetipos; así, la «semiofísica» o «física del sentido» concierne la búsqueda de formas significativas.⁷

La preocupación de proteger la continuidad de la percepción natural a la ciencia y a la metafísica contrasta, por ejemplo, con lo que constatamos hoy en la mecánica cuántica: ahí la preocupación unilateral de salvar los fenómenos ha conducido a los especialistas a descubrir un dominio accesible solamente a la razón matemática (algebraica) emparentada, en la práctica instrumental, a una región del universo accesible solamente a algunos escasos profesionales. Recordemos de paso que esto no era lo que quería Niels Bohr, quien pensaba que la mecánica cuántica debía arreglárselas para conducir, en última instancia, a las categorías del lenguaje natural y a la lógica inscrita en él. Por otra parte, su gusto romántico por las contradicciones —del cual un ejemplo claro es el principio paradójicamente llamado «de complementariedad»— no ha contribuido a la claridad de la física o del conocimiento en general. (Lo paradójico es que «complemento» sugiere compatibilidad, mientras que la propiedad ondulatoria y la propiedad

cospuscular aparecen o la una o la otra según la clase de experimento realizado).

Si la diversidad natural se deja aprehender por un número reducido de arquetipos, entonces la naturaleza trabaja por analogía. Por eso el punto de vista más eficaz en el estudio de la naturaleza es la geometría, puesto que permite descubrir las formas idénticas o las estructuras semejantes escondidas. Hay una prioridad de la geometría sobre el álgebra, la lógica y la historia. «Yo creo que una vasta clase de analogías puede ser representada así: un ser geométrico-algébrico (un logos, un arquetipo) está ubicado sobre dos substratos diferentes; define así una repartición de los espacios substratos en dominios que definen lingüísticamente ciertos sujetos: las disposiciones respectivas de estos sujetos sobre dos substratos resultan entonces geoméricamente isomorfas. Es precisamente este último hecho que es expresado por la analogía.»⁹ La analogía es una idea omnipresente en el pensamiento de Thom; volveremos más de una vez a ella.

4. El Aristóteles de Thom

El interés en el devenir de las formas y en los aspectos cualitativos del ser, ha reunido naturalmente Aristóteles y Thom, y el estudio de las relaciones entre el sistema del Filósofo y las ideas del geómetra es uno de los temas más novedosos que puede ofrecer el pensamiento francés actual.

Nuestros contemporáneos han exagerado el valor práctico de la investigación. Se ha llegado a pensar que el único interés de una teoría es llevarnos al descubrimiento de fenómenos. Algunos dicen, por ejemplo, que el único mérito de la teoría de la relatividad general es haber permitido el descubrimiento de la curvatura del espacio-tiempo, como si el significado de las observaciones que permitieron tal descubrimiento, su concepción misma, no hubieran sido dadas por la teoría. En cambio, el Aristóteles de Thom pone el conocimiento teórico sobre los aspectos prácticos: el valor de una teoría se juzga, en primer lugar, por la calidad de la comprensión que aporta, y solamente en segundo lugar, por la utilidad y la cantidad de hechos que permite constatar.

La visión del mundo del Aristóteles de Thom es la del topólogo que piensa que el fondo de la naturaleza es una materia o un flujo continuo subyacente a toda cualidad, lo que permite la explicación última del devenir de las formas como un proceso sin saltos. En palabras que ilustran la eternidad de la verdadera filosofía, Thom dice que el programa que se había propuesto para la TC —geometrizar el pensamiento y la actividad lingüística— está ya realizado, en gran parte, por Aristóteles, a condición de admitir, por ejemplo, que la *hylé* equivale al espacio cualitativo, y que la transición del género a la especie equivale a la bifurcación. La idea de bifurcación es otra de las claves de la TC. «Toda singularidad de bifurca-

ción engendra en su entorno catástrofes de conflicto.»¹⁰ El concepto de bifurcación (ramificación) resulta útil para describir tipos de metamorfosis, reorganizaciones cualitativas de los seres que resultan de un cambio en los parámetros que los rigen.

Quien diga que la indiferencia del Filósofo hacia el concepto de espacio (según el substancialismo, hay un lugar para cada entidad) ha tenido solamente consecuencias negativas, porque no favoreció el nacimiento de la mecánica moderna, enuncia una verdad a medias: la otra parte de la verdad es que el estagirita se vio obligado a tratar los problemas vinculados a la extensión bajo la categoría del continuo, lo que le permite a Thom sugerir que se puede interpretar el aristotelismo como una lenta reconquista del espacio.

El aristotelismo es un materialismo regido por las causas formales y finales (el hilemorfismo). No es difícil darse cuenta que algunos rasgos de la actitud del estagirita son fisicalistas, y al menos en esa medida el hilemorfismo es pertinente a la investigación actual. Eso debería abrir los ojos de quienes, asociando ilegítimamente Aristóteles a algunos desarrollos medievales que hipertrofiaron sus ideas, concluyen sin mayor reflexión que el aristotelismo es un modo de pensar caduco.

Es verdad que la física actual no ha retenido ninguna de las proposiciones de la física aristotélica, pero queda en cambio por verse si el extraordinario desarrollo de las técnicas de observación y de experimentación va acompañado de un progreso semejante de comprensión. La opinión de Thom es que tal no es el caso: la ciencia moderna, encabezada por la física y en particular por la mecánica cuántica, es una ilustración de ausencia de comprensión. «La naturaleza —dice R. Feynman— es ininteligible» (porque las categorías de la electrodinámica cuántica son inconmensurables con las de la percepción natural). El interés demasiado exclusivo por las «recetas que funcionan» (según la expresión de P. Valéry) es un retorno a la animalidad. (Piénsese, por ejemplo, en la conducta eficaz de las ratas observadas por Skinner).

5. La reinterpretación del hilemorfismo

Entre los aspectos insatisfactorios de la ciencia moderna hay que mencionar un materialismo excesivo, el privilegio exclusivo de la causa eficiente, el choque ciego entre átomos, la insensibilidad hacia las causas formales y finales. Sin embargo, el progreso de las matemáticas permite empezar a esclarecer algunas regiones del hilemorfismo dejadas en la oscuridad: el pasaje de la potencia al acto, la manera en que la materia adopta una forma o la manera en que la causa final «dirige» varios elementos y condiciones para la producción de algo. El pasaje de lo local a lo global puede ser concebido, por ejemplo, por medio de la analiticidad. Un

germen de función analítica determina, por prolongación analítica, la función en todo su dominio de existencia. Inversamente, el pasaje de la figura global a la figura local es concebible gracias a la noción de singularidad: una singularidad puntual puede ser vista como una figura global concentrada en un punto.

Un problema inevitable cuando uno se acerca a Aristóteles es el del origen de la forma; otro, el de la relación entre la materia y la forma. Thom comunica la siguiente objeción hecha a la TC: «En la teoría de la morfogénesis de la TC elementales, la memoria, el efecto del pasado, no tiene ningún rol (estas morfologías son independientes del sustrato). Pues bien, toda la morfología en biología está fundada sobre un efecto de memoria, una reserva genética, como lo prueba la imposibilidad de la generación espontánea».¹¹

Como de costumbre, Thom privilegia los aspectos estructurales. En respuesta a la objeción, hace valer que existen al menos dos tipos de morfologías en embriología: las genéricas, que no exigen sino un concurso natural de circunstancias para realizarse y pueden explicarse por medio de un esquema catastrofista, mientras que otras morfologías exigen una acción no-genérica sobre el sustrato cuyo efecto del pasado puede ser (no necesariamente) atribuido a un conjunto de estructuras moleculares específicas. Se nos propone imaginar un río que se auto-canaliza por erosión. El efecto de canalización puede aparecer naturalmente, después de un tiempo bastante largo de actividad funcional. Recojamos la sugerencia: el dominio regido por un verdadero efecto del pasado, por una memoria, es menos extenso de lo que postula la biología contemporánea, en particular, la biología molecular.

Thom dice que no hay que considerar que la estructura es un dato a priori. El responsable de la estabilidad de una estructura es un dinamismo subyacente que la engendra, y la estructura estable es la manifestación de tal dinamismo. El aristotelismo de esta afirmación contrasta con esta nueva aclaración: «Sigo siendo platónico en la medida en que creo en la existencia separada (autónoma) de los entes matemáticos... Corresponde al continuo —a la extensión— garantizar la transición entre las dos regiones (material y formal)».¹²

Lo anterior es una prueba de que los problemas de los filósofos no son nunca sencillos. ¿Cómo interpretar la última cláusula de la cita recién mencionada? Thom quiere decir que la geometría es una especie de elemento mixto, o de intermediario entre el espacio o la extensión de la percepción que es materia (hyle), y el álgebra. «El número discreto es el borde de la materia» (Aristóteles), es decir, del continuo. (Recordemos que Aristóteles tiene dos conceptos de espacio: 1º el lugar o posición (topos), y 2º el continuo o la extensión).

Si uno tiene lugar para la finalidad en su ontología, puede retomar el

hilo de la controversia entre Cuvier y G. Saint-Hilaire: ¿Es acaso inteligente la naturaleza, sigue un plan? La forma y la finalidad son concebidas como exigencias globales. Desde el punto de vista de la TC, el *telos* puede considerarse «como el centro organizador de un campo morfogenético de seres y de eventos que se despliegan según la temporalidad». La biología molecular y la mecánica cuántica, por ejemplo, son demasiado reduccionistas, favorecen casi exclusivamente los métodos analíticos y tratan de explicar «desde abajo» a expensas de las consideraciones globales. Sin embargo, hay que reconocer una cierta autonomía a cada nivel de organización. La naturaleza, según Thom, no es estúpida. Se trata actualmente de una opinión marginal ya que la ideología de moda postula que el orden parcial que conocemos surge del desorden, de fluctuaciones, de una agitación espontánea incesante.

6. La ontología de formas salientes (saillances) y de cualidades o fuerzas significativas (prégnances)

Una de las doctrinas thomianas más pertinentes al problema del conocimiento lo constituye su ontología de formas salientes (*saillances*) y de formas significativas (*prégnances*), un eco de la *pregnanz* de la *Gestalt*. La forma saliente es toda forma individual que ocupa una región definida del espacio-tiempo; es una forma vivida como algo separado del trasfondo continuo (piénsese en los sólidos impenetrables que nos rodean). La mayoría de las formas salientes encontradas por los animales y por nosotros mismos pasan desapercibidas. En cambio, algunas formas, gracias a su constitución y a la predisposición del organismo, tienen un significado para el organismo cuyo comportamiento se ve afectado en presencia de tales formas (la presa para el animal hambriento, el animal del sexo complementario durante el período apropiado), fenómenos que los etólogos conocen bien. La *prégnance* es algo lleno de sentido más o menos explícito, el carácter específico de las formas significativas que actúan como fuerzas. Las formas salientes y las significativas son compatibles, puesto que nada impide a una forma saliente investirse de significación o de valor. Esta distinción, de origen biológico, es generalizada por Thom y aplicada a todos los dominios del universo.

Entre los ejemplos físicos de formas significativas encontramos la luz, el calor, el sonido, la chispa eléctrica. La forma significativa se propaga como una fuerza invisible, como un fluido, en el campo de formas salientes (todas las fuerzas son invisibles; se pueden observar solamente sus efectos, afirmación que será calificada de absurda por los operacionalistas). La propagación de la forma significativa ocurre por contigüidad y semejanza. Gracias a esta observación, uno empieza a captar el interés de la geometría, y en particular de la topología del espacio macroscópico, para el

estudio de la propagación de las formas significativas. Esta idea tiene consecuencias para la comprensión de la relación causal que es una transmisión de algo, de una fuerza, de una información, de una estructura. Nótese el contraste con la tendencia actual a reducirlo todo a formas salientes —porque la fuerza invisible, la significación, son difíciles de comprender.

Esta ontología manifiesta el lazo que existe entre el organismo y el ambiente. Se nos viene a la mente la idea de intencionalidad: la intención reúne varios elementos que pertenecen al sujeto o al ambiente y los transforma en objeto dotado de significación. Pero Husserl tiene, desgraciadamente, una concepción idealista y apriorística de la intencionalidad porque ella «constituye» el objeto. Al contrario, Thom aborda el problema de manera natural y realista dando a entender que la significación resulta de la colaboración entre el organismo y el ambiente (lo que está más cerca de M. Merleau-Ponty).

El organismo y el ambiente son concebidos como sistemas abiertos, mutuamente sensibles o resonantes. Es difícil, en tales condiciones, dar cabida al idealismo escéptico que pretende que el organismo es incapaz de representar correctamente las características de la naturaleza extra-humana. Por ejemplo, «una laguna en una secuencia auditiva periódica de “tops” será resentida como forma saliente... la discontinuidad resentida subjetivamente no es sino el eco en el organismo de la discontinuidad física exterior».

El paso natural entre el organismo y el ambiente permite conocer la realidad extra-humana estudiando el hombre, y vice-versa. En consecuencia, habría que pensarlo dos veces antes de condenar el antropomorfismo, lo que nos hace pensar en Whitehead quien atribuyó, por ejemplo, sentimientos a las cosas. Thom escribe: «Nuestro organismo está construido de tal manera que cada vez que actuamos espacialmente con nuestros huesos y músculos, satisfacemos automáticamente las leyes de la mecánica de la cual tenemos, en consecuencia, un conocimiento implícito. En realidad, sin embargo, el problema consiste en pasar de los conocimientos implícitos a los conocimientos explícitos... La investigación científica puede considerarse entonces como un desvelo de estructuras que existen ya al interior de nosotros: una especie de psicoanálisis.»¹³

Estas observaciones sobre el paso natural de la naturaleza al hombre e inversamente, me traen a la mente la idea de Aristóteles que el *noûs*, el poder principal del universo, se encuentra mejor ejercido por las estrellas eternas (según su ontología) que por los seres humanos, hermosa ilustración de su modestia que contrasta —no me pierdo la ocasión de decirlo— con la idea que los límites del mundo son los límites de mi percepción, o que existe aquello de lo cual se puede hablar, o que ser, es ser el valor de una variable. La recomendación metodológica antropomórfica es que

podemos a veces extrapolar nuestras necesidades a otros entes naturales. Algunas leyes han sido descubiertas porque el hombre ha sido capaz de ponerse en el lugar de los objetos. (Esta puede ser una manera de concebir la «intuición física»).

La ontología de formas salientes y de propiedades o fuerzas significativas permite entender el comportamiento animal o el pensamiento primitivo en la medida en que tales actividades giran alrededor de un número muy reducido de formas significativas. La situación se complica en el caso del conocimiento humano desarrollado por la multiplicidad de conceptos. La multiplicación de conceptos conlleva una limitación del poder de propagación. Es como si la capacidad de atracción de una forma sobre un organismo fuera inversamente proporcional al número de formas a las cuales un organismo es sensible. El hombre intelectualmente desarrollado gira en torno de conceptos (o intereses) más vastos y variados, y está menos apegado a ellos que el hombre de mentalidad primitiva. Cada concepto es fuente de una fuerza significativa propia, dice Thom, y que puede investirse solamente sobre un número reducido de conceptos satélites.

La investidura de una forma saliente por una fuerza significativa es considerada por Thom como una intuición, un efecto evidente e inmediato que no requiere ninguna explicación, y es esta inmediatez que justifica que el hombre haya buscado a extender este efecto más allá de lo biológico. A pesar del carácter inmediato de la inteligibilidad de esta ontología, propongo desdoblar sus ventajas de la manera siguiente:

En primer lugar, el hecho que las formas salientes y que las fuerzas significativas ocurran en un espacio substrato permite el estudio geométrico. En segundo lugar, la distinción forma / fuerza da cuenta de nuestra manera intuitiva y natural de entender. Así, en la relación causal, esquema satisfactorio de inteligibilidad, algo pasa necesariamente de la causa al efecto, una información, una energía; en el lenguaje de Thom, una forma significativa. En tercer lugar, la forma o fuerza significativa puede considerarse como un universal, por ejemplo, como las cualidades segundas, las propiedades, elementos eternos, últimos responsables de la estabilidad y, por ende, del carácter comprensible del universo. (Sería instructivo comparar el rol ontológico y epistemológico de los conceptos whiteheadianos de entidad actual y de objeto eterno con los equivalentes thomianos de forma saliente y forma significativa).

La mayoría de los científicos modernos y contemporáneos, de espíritu nominalista y positivista, no quieren saber nada de lo que no sea reducible a objetos particulares y sensibles capaces de ser puntualmente localizados en el espacio y en el tiempo. Por ejemplo, Richard Feynman se burlaba de la ontología de Whitehead y en particular de sus objetos eternos. Al otro extremo, Thom critica la tendencia de reducción de todo lo que existe a formas salientes y la situación insatisfactoria de la mecánica cuántica

donde la partícula, forma saliente, se identifica al campo, una fuerza, mientras que la partícula de intercambio es calificada de «monstruo bastardo de forma saliente y de fuerza significativa». Tal identificación impide a la mecánica cuántica conservar las categorías de nuestra percepción natural y es, por eso, uno de los principales responsables del carácter ininteligible de esta teoría. Thom tiene una sugerencia que hacer para mejorar la situación incómoda de la mecánica cuántica: habría nada menos que abandonar el espacio-tiempo usual de la teoría en su estado actual y remplazarlo por un espacio mucho más rico.

En biología, la creencia que todo está en los genes, que toda explicación de la emergencia de los organismos se encontrará en el choque aleatorio y ciego de átomos y moléculas, es otra ilustración del espíritu positivista de la ciencia moderna: se explica lo superior por lo inferior. Así, el comportamiento de la persona, su yo individual, la actividad racional psíquica y social se explicaría como el resultado emergente de un encadenamiento de asambleas de neuronas, mientras que algunas actividades cognitivas se explicarían como el resultado emergente de ciertas asambleas de neuronas, y el comportamiento de las asambleas de neuronas se explicaría por la actividad molecular, y la actividad molecular se explica por la existencia de átomos. En última instancia, lo que existe es el movimiento aleatorio de los átomos, el cual conjugado con un mecanismo de selección, produce las moléculas, las cuales a su vez, gracias al movimiento aleatorio y a los mecanismos de selección, producen las neuronas, y así sucesivamente hasta llegar al comportamiento de la persona. El rechazo de las formas significativas es visible en la biología moderna (darwinismo, orden por fluctuación, orden como resultado del ruido, etc.).

El problema del método analítico de las ciencias positivas es la recuperación del sentido de un sistema considerado como un todo. La sugerencia de Thom sería que su ontología de formas salientes y de formas significativas es más apta, como respaldo a la búsqueda de inteligibilidad, que la ontología más pobre del materialismo que reconoce solamente formas salientes.

7. Predecir no es explicar

La ciencia y la epistemología moderna son, salvo excepción, nominalistas. En la Edad Media el nominalismo era una doctrina que daba una respuesta al problema de los universales, mientras que en los tiempos modernos el horror de los entes abstractos se generaliza de tal manera, que la ciencia intenta separarse de toda ontología y de toda explicación que eche mano a entidades que no sean objetos y/o propiedades físicos. Si la explicación requiere necesariamente reducir lo múltiple sensible a lo simple abstracto, entonces la ciencia ya no explica.

Los modernos argumentan con elocuencia que la física no debe acoplarse a la metafísica si quiere imponerse a todos. Lo metafísico estará siempre sujeto a controversia, mientras que la ciencia aspira a la solución unánime. No queda otra opción que renunciar a la explicación. Sólo la descripción de lo perceptible esperamos de la ciencia, y si hay necesidad de utilizar términos que no hacen referencia a los objetos particulares de la percepción y a sus propiedades sensibles, tales términos son sólo signos que sirven de puente para pasar de lo ya percibido a lo perceptible por venir. Es la orientación instrumentalista y positivista que no ve en la ciencia otra actividad que un medio de predicción y por lo tanto de control de la naturaleza.

Sabemos luego cuál es la doctrina correspondiente en filosofía de las matemáticas: el formalismo. No hay seres matemáticos trascendentes al universo físico; hay estructuras formales vacías sujetas a un juego sintáctico. El anti-platonismo es la tesis que no hay seres universales abstractos: las matemáticas no son una ciencia ontológica y no expresan ninguna verdad sobre el mundo; serían un lenguaje entre otros cuyos términos no son portadores de ninguna universalidad ni necesidad —las palabras son convenciones. Se pretende que todo lo que puede decirse de los seres matemáticos puede decirse de los signos.

Aunque a Thom le ha tocado vivir en un ambiente engendrado por una tradición convencionalista en geometría (H. Poincaré) y no realista en física (P. Duhem), un mundo dominado en Francia por el estructuralismo de N. Bourbaki en matemáticas, Thom se aleja de ellos y hemos visto que recupera el interés de las teorías hermenéuticas de antiguos y medievales, tales como el hilemorfismo o la idea que el universo está organizado geoméricamente. El acento en esta tradición olvidada recae en la importancia de la comprensión, que no puede ser sino teórica y especulativa, como lo enseñaron los primeros filósofos.

Estudiando las críticas presentadas a la TC, Thom se dio cuenta que su teoría es más bien filosófica que científica. Propongo que se defina la filosofía como la búsqueda de inteligibilidad y de significación, y que que se atribuya a la ciencia la búsqueda de la verdad efectiva, de la decisión entre lo verdadero y lo falso, de verificación o de refutación racional o empírica. El paso de la ciencia a la filosofía en un período cientificista y materialista en que muchos creen que la filosofía está muerta, es raro y merece ser señalado. Hemos visto que en manos de Thom la filosofía revive, y llama la atención que un matemático venga a decir a los filósofos que su trabajo es necesario e interesante; que no hay que dejar a los científicos el monopolio del pensamiento sobre la naturaleza. Ellos han puesto todo lo que tienen y todo lo que pueden en la predicción y en el control de las cosas, pero «predecir no es explicar.»¹⁴

Hay situaciones en que uno comprende lo que pasa sin poder actuar

eficazmente. Una persona refugiada sobre el techo de su casa durante una inundación ve el nivel del río subir y cubrir poco a poco la casa entera. Hay otras situaciones en que uno puede actuar eficazmente, sin comprender. Thom irrita a médicos y biólogos recordándoles que gran parte de la historia de la medicina prueba que se puede actuar útilmente sin comprender, sin que se sepa, localmente, paso a paso, cómo actúan los remedios.¹⁵

El interés por la predicción explica el éxito del cálculo. La predicción consiste en una extrapolación: del conocimiento de una situación pasada o presente se extrae un conocimiento del futuro, y la manera canónica de hacerlo es por medio de la proyección analítica. La analiticidad es sin duda una de las herramientas matemáticas más útiles a la ciencia natural. Pero ella no es aplicable a menos que el científico postule la estabilidad de la naturaleza, el determinismo, fundamento de la inducción, de la extrapolación espacial y temporal del conocimiento localmente obtenido, y esta es una hipótesis metafísica sobre la naturaleza última de lo real, de alcance cósmico.¹⁶

Esta creencia metafísica va a contrapelo del positivismo característico de los científicos que, por horror a la metafísica, no quisieran ser responsables de ningún compromiso ontológico y están, en consecuencia, desprovistos de todo medio eficaz de fundamentar el razonamiento inductivo. Yo quisiera hacer notar que, típicamente, los problemas de la epistemología (por ejemplo, cómo justificar la inducción, cómo saber que nuestra representación del mundo es adecuada) no tienen solución dentro de ella, sino solamente dentro de una metafísica apropiada, prueba que la epistemología es una disciplina incompleta y de alcance modesto. ¿Cómo dar un fundamento al razonamiento inductivo sin reconocer metafísicamente la uniformidad de la naturaleza, sin reconocer una continuidad de la materia al espíritu?

8. De la descripción a la explicación

Una de las fórmulas de Thom es que «explicar, es reducir lo arbitrario de la descripción».¹⁷ El conocimiento alcanza su madurez cuando se llega a la teorización, es decir a la matematización. Una ley o una teoría es una tentativa imaginativa de presentar de manera compacta el contenido de una descripción. El modelo deductivo nomológico del neopositivismo (al cual volveré en las próximas páginas) puede verse como una manera de resumir lo necesario de un conjunto de fenómenos. Si explicar es reducir lo arbitrario, se sigue que al límite se intentaría eliminar completamente lo arbitrario para mostrar que lo que ocurre, ocurre por necesidad.

Podría objetarse a Thom que la reducción de lo arbitrario se presta a una interpretación subjetiva y, por lo tanto, no científica. Eso pasaría, por ejemplo, si se dijera que todo ocurre gracias a la voluntad divina, o a entelequias, o a causas finales imaginadas *ad hoc*. Tal estrategia puede

verse, en las condiciones apropiadas, como un medio económico y convincente para el creyente de reducir lo arbitrario. Por eso, Thom completa la idea con la exigencia de formalización: lo explicativamente ilusorio de un concepto queda eliminado cuando se geometriza el concepto, cuando se lo identifica a una estructura espacial, cuando se lo incluye en una teoría matemática transformándolo de tal modo que se integre al desdoblamiento formal de la teoría.

Una explicación local de un fenómeno da cuenta de él de manera continua, paso a paso. Eso nos recuerda los requisitos para hablar de causalidad según Hume: la causa y el efecto deben ser contiguos en el espacio, sucesivos en el tiempo, y debe haber transmisión necesaria de algo de la causa al efecto. Puede considerarse que la explicación que muestra la contigüidad en el espacio y la sucesión en el tiempo es científica, mientras que el relato que echa mano a acciones a distancia es incapaz de despertar el sentimiento de haber entendido. «El problema de la inteligibilidad está unido a aquél de la localidad. Es por ejemplo difícil considerar como inteligible una acción a distancia.»¹⁸

Una de las condiciones del origen de la ciencia es el darse cuenta que todo tiene lugar en un espacio único, universal y continuo. Así el paso de una información no puede ser instantáneo, está sujeto a las exigencias del espacio y del tiempo. Thom hace alusión a la magia para describir las características de un relato que no respeta tales exigencias. Si en el pensamiento mágico puede haber acción instantánea, es porque los hechos pueden ocurrir en espacios diferentes susceptibles de superponerse, y eso es incomprensible.

Estas observaciones dan la ocasión a Thom de llamar la atención sobre algunas paradojas. Si entendemos algo cuando somos capaces de seguir la propagación de un efecto paso a paso de manera continua, resulta sorprendente que dos de las teorías modernas más exitosas como lo son la teoría de la gravitación de Newton y la mecánica cuántica, no sean locales. Newton estaba consciente de lo insatisfactorio de la situación, y algunos de los físicos que han participado a la elaboración de la mecánica cuántica como Einstein y De Broglie no consiguieron aceptar como definitiva semejante situación. Se sigue que estas dos teorías son más bien mágicas que científicas.

Constatamos una vez más la diferencia que existe entre entender y actuar, entre la comprensión y la predicción. La primera es desinteresada, puede ser inútil como medio de control de la naturaleza para adaptarla a nuestras necesidades. La segunda es útil, basada en fórmulas felices que funcionan como por arte de magia. Se camina sin ver. Estos diferentes fines del conocimiento, entender y actuar, pueden ser mutuamente desventajosos. Una vez que se tiene la fórmula feliz que permite actuar eficazmente, como cuando se va a la Luna utilizando las leyes de la mecánica

racional de Newton, o se mejora de una enfermedad utilizando un remedio, no se ve bien por qué, espontáneamente, se haría un esfuerzo suplementario para entender paso a paso la propagación del efecto benéfico.¹⁹

9. No hay comprensión sin teoría, ni teoría sin matemáticas

La historia de la ciencia moderna es en gran parte la tentativa de depuración de la substancia y de la causalidad al punto de abandonarlas y de remplazarlas por la noción de ley. Esta ley moderna que determina la evolución de los sistemas es una relación cuantitativa descrita gracias a la noción matemática de función. La función permite, a partir de una cantidad que puede definir el estado de un sistema en un momento dado, inferir otra cantidad, predicción del estado del sistema en un momento posterior. La ley, concebida como una relación de cantidades que varían según relaciones bien definidas, cubre un vasto dominio de fenómenos y constituye la premisa principal de toda explicación. Explicar ha llegado a ser el sometimiento de un fenómeno a una ley.

El neopositivismo contemporáneo se ha encargado de fijar las propiedades de la explicación, convirtiéndola en un argumento cuyas premisas o proposiciones *explanans* son las leyes, completadas por la descripción de las condiciones particulares de producción del fenómeno. La conclusión es la descripción del fenómeno que se va a explicar o proposición *explanandum*. Salta a la vista que según este modelo hipotético-deductivo, o modelo deductivo nomológico (DN), la forma de la explicación es la misma que la forma de la predicción o de la retrodicción. El modelo DN ha pasado a ser parte de la cultura epistemológica de los científicos.

Ahora bien, la idea thomiana de la explicación difiere en varios aspectos del modelo DN. En primer lugar, la ley funcional sola, gracias al desarrollo analítico que permite predecir, no es suficiente para despertar en nosotros el sentimiento de entender. Thom parece sugerir que explicar no es lo mismo que entender, distinción bien hecha por la tradición realista en filosofía de las ciencias: la explicación es un discurso objetivo, público, lógicamente organizado, mientras que la comprensión es un acto psíquico y personal, función no solamente del contenido informativo y de la calidad lógica del discurso, sino también de la preparación y del talento de cada persona. El modelo DN es explicativo, pero habría que averiguar, en cada caso, si es apto a darnos la impresión nítida de haber entendido. Eso depende del contenido intuitivo de la explicación, de la teoría de la cual la ley forma parte, y de la calidad de los mecanismos que la ley pretende describir.

No habría que olvidar que la explicación no es un fin en sí sino un medio para entender, y que entender es un acto psíquico ligado no solamente a la calidad de una deducción, sino también a una ontología. No

hay entendimiento sin intuición de una ontología inteligible. Una debilidad del modelo DN es que la explicación puede quedar en un nivel verbal sin ser respaldada por una ontología. De ahí la importancia de los mecanismos. Hemos visto que en la medida en que los mecanismos son compartidos por los hombres y por los sistemas que forman nuestro ambiente, la aprehensión de tales mecanismos despierta en nosotros el sentimiento de inteligibilidad. Las explicaciones mecánicas son satisfactorias porque nuestro cuerpo es explicado por ellas.

Estas observaciones dan un nuevo contexto a la afirmación de Thom que un modelo hermenéutico es preferible al modelo analítico y reduccionista. El modelo hermenéutico, que ya hemos encontrado en este ensayo, invierte el orden de la ley de los tres estados de Augusto Comte: la humanidad habría pasado del mito religioso o psicológico a la especulación metafísica y finalmente a la ciencia moderna. Si queremos entender, tenemos que recorrer este camino en sentido contrario, pasando de la ley a las tendencias o formas significativas que serán calificadas de metafísicas o míticas. Tenemos que ponernos en el lugar de las cosas asumiendo que tienen, ellas también, inclinaciones psíquicas. Y a quien pretenda que tal programa es irracional, Thom responde diciendo que el fisicalismo galileano no ha hecho desaparecer las cualidades aristotélicas sino que las ha ocultado detrás del formalismo matemático.²⁰⁾

Entender es, según Thom, representar mentalmente los mecanismos elementales arquetípicos. Nuestro espíritu-cerebro parece ser ante todo un dispositivo de representación del espacio ambiente. Esta manera naturalista de concebir el entendimiento acerca Thom a los biólogos y a los antropólogos. Gracias a nuestros sistemas de símbolos, la representación humana es capaz de prolongar la intuición por medio de la teoría, de imaginar una ontología imperceptible, otro rasgo característico de la tradición realista. El entendimiento y la explicación valen en la medida en que valen la intuición y la teoría. La teoría explica lo perceptible complejo en términos de lo imperceptible simple. Lo físico actual no agota lo que existe, puesto que sale de un mundo virtual que le precede. Imposible de entender lo que ocurre si no se va más allá de lo dado por medio de la imaginación teórica que permite darnos cuenta de cómo lo posible llega a actualizarse.

No hay teorización sin matemáticas. No existe ontología más inteligible que las matemáticas. Una vez que se reconoce que entender consiste en ir detrás de lo perceptible para aprehender lo imperceptible, se ha hecho lo necesario para captar el rol crucial de las matemáticas en el proceso de entender. Hay que empezar por borrar la distinción matemáticas puras / matemáticas aplicadas. Como Descartes y Einstein, Thom tiene una predilección por las matemáticas significativas, aquéllas que permiten una representación del mundo. Por eso, todas las ramas de las matemáticas no son igualmente esenciales o indispensables.

Thom ve en las matemáticas la dualidad típica de las ciencias: instrumento de acción, instrumento de comprensión. El cálculo, la noción de función, la proyección analítica son claramente instrumentos de control, de previsión, mientras que el desarrollo de la geometría y de la topología significa un desarrollo de instrumentos de inteligibilidad.

El pensamiento científico, dice Thom, es fundamentalmente formal y descansa en la concatenación local de formas en el espacio. La idea es controlar lo explicativamente ilusorio o arbitrario que puede contener la intuición semántica. Se sigue que muchos conceptos de las ciencias, tales como las nociones de mensaje, información y código de la biología molecular, no son precisamente conceptos científicos. Su característica es de ser trans-espaciales (no-locales) puesto que prescriben un orden a largo alcance.

Esta ventaja de la formalización como medio de precisar el contenido de la intuición es casi todo lo favorable que ve Thom en el formalismo o en la axiomática. Un formalismo, prolongado por una axiomática, puede llegar a expresar torpemente de manera complicada lo que entendemos de manera simple; pueden formarse proposiciones tan complicadas y largas que sean ininteligibles. (Esta advertencia nos recuerda una de las críticas de Poincaré contra Russell: Poincaré comparaba, por ejemplo, la evidencia simple del número 1 con la complicada definición logicista de Russell). Sólo una actitud de colaboración entre el formalismo y la intuición es deseable. La creatividad está de parte de la intuición: Thom recuerda que ningún teorema importante ha sido descubierto como consecuencia del enorme esfuerzo de sistematización de Bourbaki. Poner la creatividad en la intuición es una opción diferente de la distinción *ver / crear* de Goethe y retomada por H. Weyl que pretende que la creatividad tiene lugar gracias al poder de los símbolos de darnos un atisbo de una realidad que no podemos percibir.

10. La unidad de la ciencia

Algunos se apoyan en el fracaso de las tentativas de reducción científica para afirmar la imposibilidad de una ciencia unificada. Todas las matemáticas no son reductibles a la lógica, toda la física no es reductible a las matemáticas, toda la biología no es reductible a la física, toda la psicología no es reductible a la biología, etc. Se ha hecho notar que cuando se han creado disciplinas susceptibles de servir de puente (bioquímica, psicolingüística, etc.) el problema de la continuidad científica no ha sido resuelto sino diferido, porque cada nueva disciplina tiende a independizarse y a secretar sus propios problemas. Si hay reducción, es parcial. Ahora bien, tomando apoyo en la continuidad parcial, algunos optan por la tesis de la unidad.

La unidad puede concebirse de dos maneras: (i) Se busca la coherencia entre los conceptos, las leyes y las teorías de las diferentes disciplinas en una actitud más bien democrática; algo así ocurre, por ejemplo, con las ciencias cognitivas. (ii) O bien se designa una disciplina como núcleo del conocimiento, afirmándose que una teoría solo tiene valor en la medida en que contribuye al progreso de la disciplina central. Actualmente, muestra del materialismo que nos rodea, la disciplina que tiende a ocupar este rol central es la física. Thom cree más bien en un conocimiento interdisciplinario regido por las matemáticas.

Las matemáticas no son una ciencia como las otras porque, según Thom, no existe teorización posible fuera de las matemáticas. Sin caer en el panmatematismo, Thom ve en ellas un paradigma de claridad y de universalidad, y retoma a su manera la clasificación de ciencias de Comte que pone a la cabeza las matemáticas. Deplora que por razones históricas las ideas matemáticas se expresen en una serie de símbolos, en un lenguaje que exagera su dificultad intrínseca. Gracias a su abstracción, a su claridad y a su universalidad, las matemáticas son aptas como lenguaje del conocimiento; son el instrumento principal de la interdisciplinarietà.

Para que un concepto pueda adquirir un rol interdisciplinario, es necesario que todo concepto de origen experimental sea matematizado, es decir, separado por abstracción de su medio de origen. Es lo que sucedió con el concepto de velocidad instantánea: gracias a la abstracción, se transformó en el concepto de derivada y fundó el cálculo diferencial. «Si se empuja al extremo la exigencia de universalidad, uno estará obligado a reconocer que sólo los conceptos que pueden ser geometrizados y restituidos al espacio-tiempo son susceptibles de universalización y por lo tanto de cientificidad.»²¹

Thom ve una diferencia entre las matemáticas y la física matemática por una parte, y las otras ciencias, como la biología y las ciencias sociales, por otra. Las primeras son más científicas porque la parte teórica es más vasta, mientras que las ciencias «blandas» están todavía en una etapa descriptiva. Thom ha reaccionado contra este estado de cosas incluso en la práctica administrativa colaborando a la formación y al desarrollo de una sociedad de biología teórica (matemática). La idea es que las ciencias «blandas» tienen una necesidad urgente de teoría. Poco se gana con aumentar el terreno de hechos que quedan descritos sin explicación, es decir, de hechos que no pueden ser deducidos a partir de una ontología relativamente simple.

11. El paso del sentido de una ciencia a otra

Según la tradición empirista, el sentido fluye «desde abajo», desde los hechos hacia la teoría. Se propone que toda investigación debe comenzar

con la observación y registro de hechos, sin prejuicios, hechos que son enseguida analizados y clasificados, procedimiento que puede producir principios o leyes por inducción cuya verdad es, a su vez, controlada por nuevas observaciones. Pero, sin teoría, sin hipótesis, ¿cómo saber qué hechos observar, cómo elegir los datos? Por eso, en la práctica, ninguna investigación se lleva a cabo de acuerdo a esta visión exageradamente inductivista; siempre hay hipótesis en juego, aunque no estén explicitadas. Llama la atención sin embargo que actualmente varios investigadores en ciencias sociales, queriendo obtener el éxito de sus colegas dedicados a las ciencias naturales, intentan aplicar un «método» exageradamente inductivista, rechazando toda idea preconcebida. Cuando eso ocurre, uno no ve la pertinencia de la investigación, los resultados quedan anecdóticos, difícilmente generalizables, sin aportar evidencia positiva o negativa a las teorías en curso.

Lejos del inductivismo exagerado, Thom es racionalista: el sentido fluye «desde arriba» por deducción. Un hecho o un resultado es significativo, tiene sentido en relación a una hipótesis o a una teoría, si puede ser inferido a partir de la hipótesis o de la teoría imaginada. «En general, las estructuras matemáticas han precedido a su utilización en física, y no a la inversa. De la misma manera, yo creo que incluso en biología, las estructuras matemáticas ordenarán los fenómenos más importantes. Por ejemplo, los fenómenos de regulación exigen un gran número de parámetros y, por lo tanto, toda descripción un tanto fina de estos fenómenos necesitará el empleo de espacios multidimensionales. Es ilusorio creer que se podrá dar una teoría de la regulación mediante la simple manipulación de diagramas cibernéticos.»²²

No hay que pensar que la relación entre lo matemático y lo sensible es sencilla, que podemos pasar fácilmente de lo uno a lo otro. Esta dificultad hace oscilar a Thom entre Platón y Aristóteles, entre Pitágoras y Platón. Thom ha dicho que no hay explicación sin teoría ni teoría sin matemáticas, lo que da a las matemáticas una pertinencia ontológica y lo que explica que una teoría como la TC sea una teoría de la analogía real. Ahora bien, ¿cómo conciliar esta actitud con la afirmación de Thom que «en ningún caso las matemáticas tienen derecho a dictar algo a la realidad?».²³ ¿Ni siquiera la estructura? ¿Cómo conciliar esta declaración de Thom con su racionalismo?

Descartes, Malebranche y Spinoza distinguieron la causalidad interna de la causalidad externa, las leyes de esencia de las leyes de acción o de existencia, y se esforzaron por mostrar que se puede ligar la causa externa a la interna, la ley de existencia a la ley de esencia, matemática o metafísica. Este racionalismo va de la mano con la afirmación ya citada de Thom, que el conocimiento es una especie de psicoanálisis que permite el descubrimiento de estructuras que existen ya al interior de nosotros, lo que

puede considerarse incluso como un tipo de apriorismo.

No es difícil encontrar pasajes que ilustran el aristotelismo de Thom, lo que en algunos contextos pueden interpretarse como pasajes anti-platónicos. Mientras comentaba el hilemorfismo, ya tuve ocasión de mencionar que según Thom la estructura no sale de un mundo platónico sino que, al contrario, su estabilidad es el resultado de un dinamismo subyacente que la engendra y del cual la estructura es una manifestación. Agregó estas dos citas: «No se puede nunca deducir un fenómeno concreto de un teorema. Yo pienso que existe una distinción fundamental entre el mundo de las matemáticas donde se procede por deducción y el mundo de la realidad.»²⁴ «Pienso que hay que dar a las entidades matemáticas una existencia que es tal vez deducida por abstracción a partir de objetos concretos que tienen sin embargo una ubicuidad tal, que uno se ve obligado a reconocer que están presentes en cierto modo por todas partes en lo real.»²⁵

Hagamos una pausa para decir algo sobre la coherencia (o incoherencia) de las ideas de Thom. No es mi intención salvar la coherencia de las ideas de Thom a cualquier precio, y él puede, si lo desea, defenderse solo. Me limito a proponer las siguientes observaciones: (i) La coherencia es una cualidad lógica indispensable a todo sistema filosófico. Habría que saber si Thom pretende darnos efectivamente un sistema filosófico, y en ese caso, una vez su sistema debidamente estabilizado, la coherencia será un criterio de evaluación. (ii) Luego no hay que olvidar que hay una distancia entre, por una parte, la reflexión viva, en curso, de un científico, sensible a la complejidad de los problemas, a sus facetas múltiples, y, por otra parte, el simplismo de la persona que tiende a razonar utilizando etiquetas que nombran sistemas acabados (platonismo, kantismo, etc.). ¿Por qué pensar que una doctrina única puede tener soluciones satisfactorias de los problemas profundos de la ciencia y de la filosofía? (iii) Muchas veces Thom se ve obligado a utilizar etiquetas filosóficas forzado por las circunstancias, por las críticas, o por las personas que lo han entrevistado. Por eso, una vez que se tiene en cuenta el contexto preciso de una afirmación, al menos algunas de las incoherencias serán resueltas.

Retomemos el hilo principal. Hemos visto que los dos objetivos de la ciencia son la acción eficaz y la comprensión. Ambos se dan cita en las matemáticas. Thom ve en las matemáticas, en su rica ontología, en su capacidad generadora de estructuras y de formas, en su poder deductivo, una reserva de sentido. El sentido es, en este contexto, sinónimo de razón, de método, y por eso se contrapone en proporción inversa al experimento, al hecho, a la tecnología. En la medida en que uno aumenta, el otro disminuye. La necesidad de acumular hechos o experimentos es muestra que la teoría que pretende explicar el dominio de los fenómenos en cuestión no ha captado aún suficientemente la razón de las cosas; revela que la deduc-

tibilidad interna de la teoría no está desarrollada, que su capacidad de generar los hechos es muy limitada. (Los racionalistas clásicos recurrían a los hechos para llenar los vacíos dejados por la teoría). Ejemplos de teorización débil son la biología y la medicina, así como la mayoría de las ciencias humanas. El sentido, fuerte en matemáticas y en la física matemática, se degrada rápidamente cuando se pasa a las otras ciencias.²⁶

Yo he sostenido que el sentido (o significación) es necesidad, y que la proposición que expresa el máximo de sentido exhibe, por lo tanto, la necesidad más elevada. Si la explicación es búsqueda de sentido, entonces es búsqueda de necesidad. Si las matemáticas concentran el máximo de sentido, es porque expresan y transmiten el máximo de necesidad. De acuerdo con esta idea, he definido la explicación como la tentativa de subir en la escala de la necesidad. Estas observaciones son compatibles con las ideas de Thom, y juntas me parecen dar cuenta de manera satisfactoria del rol de cabeza de serie que tienen las matemáticas.²⁷

12. El realismo matemático

«El mundo de la ontología última de lo real, yo lo veo de un modo algébrico-geométrico... incluso lo que llamo *prégnance*, la capacidad de atracción de una forma, queda a pesar de todo como algo que en última instancia debe tener un soporte ontológico de naturaleza matemática.»²⁸ Si las matemáticas son útiles para teorizar, para explicar el mundo físico, es porque el mundo comporta un aspecto o un modo matemático esencial, porque está matemáticamente estructurado. Aunque Thom no muestra ningún interés por el problema de los fundamentos de las matemáticas, es claro que su actitud es una especie de realismo, lo que explica su desdén del formalismo, del logicismo y del intuicionismo.

Los pitagóricos creían que los elementos de los números eran la esencia de todas las cosas, y que los cielos eran armonía y número. Habían ordenado todas las realidades en una decena de oposiciones donde la mitad son de orden matemático: limitado, ilimitado; impar, par; uno, muchos; derecho, izquierdo; masculino, femenino; reposo, movimiento; recto, curvo; luz, oscuridad; bueno, malo; cuadrado, oblongo. Esta tabla muestra que según los pitagóricos, los mismos mecanismos que explican la realidad matemática explican la realidad física y que hay una continuidad de una a la otra, y de ahí la idea, esencial a la filosofía de la naturaleza, que se puede estudiar la naturaleza matemáticamente. La manera en que Thom ve fluir el sentido matemático hacia las otras ciencias es una muestra de pitagorismo por un lado, y de platonismo por otro. Así, la física reproduce una de las aporías de las matemáticas, a saber, el fondo de la naturaleza, ¿es continuo o discreto? «Y esta aporía domina al mismo tiempo todo el pensamiento.»²⁹

La manera dual de pensar de los pitagóricos y de varios otros pensadores, es también la de Thom. Se atiende a la materia y a la forma, a la fuerza y a la estructura, a lo local y a lo global. Luego el origen de las ciencias estaría marcado por aporías, problemas que se pueden profundizar, pero no resolver definitivamente. Así, en la base de las matemáticas está la relación continuo-discreto; en la base de la física, la relación entre un espacio-tiempo vacío y los entes físicos observables; en la base de la psicología, la relación entre la mente y el cuerpo.³⁰

La otra versión del realismo matemático atribuible a Thom es el platonismo en la medida en que cree en la autonomía del dominio matemático en relación a la materia. En filosofía de las matemáticas, el platonismo es la doctrina de que existe un mundo matemático inteligible poblado de ideas inmutables y eternas que se combinan para formar verdades universales, necesarias y eternas. Este mundo es descubierto poco a poco por el hombre, y todo lo que podemos hacer es representarlo cada vez de manera más exacta. No lo dominamos, no lo creamos. Al contrario, es él quien nos controla de manera misteriosa. El mundo platónico se caracteriza por su eternidad, por su identidad, por su coherencia, por la fuerza con que nos impone sus verdades.

Cómo no calificar de platonismo la reflexión siguiente: «La TC supone precisamente que las cosas que vemos son solamente reflejos y que para llegar al ser mismo hay que multiplicar el espacio substrato por un espacio auxiliar y definir en este espacio producto el ser más simple que da por proyección su origen a la morfología observada.»³¹ En su texto «Sobre el simbolismo de las matemáticas y de la física matemática» H. Weyl escribe: «Yo veo precisamente en la proyección de lo real contingente sobre un posible obtenido a priori mediante un procedimiento de construcción, la marca distintiva de la ciencia teórica.» (Hay una similitud evidente entre la manera de Thom y de Weyl de concebir la ciencia teórica, a pesar de que Thom no tiene simpatía por los rasgos constructivistas o intuicionistas de las ideas de Weyl.)

Una diferencia con respecto al elemento pitagórico es que el mundo platónico está fuera del espacio y del tiempo, mientras que para los pitagóricos el mundo físico es matemático y por lo tanto las matemáticas están en el tiempo y en el espacio. Thom parece oscilar entre estas dos tendencias, de manera similar a cómo parece oscilar entre el platonismo y el aristotelismo, y el mayor denominador común de estas dudas es el hecho que para Thom las matemáticas son ante todo un mundo real independiente del hombre y no un formalismo (Hilbert) ni un acto inexistente fuera del hombre (Brouwer).

No hay explicación sin teoría ni teoría sin matemáticas. Por lo tanto, las matemáticas son explicativas, y si lo son, es porque tienen un alcance ontológico. Toda la empresa intelectual de Thom presupone que el mundo

está estructurado geoméricamente y está animada por la convicción que estamos lejos de haber agotado todos los recursos de las matemáticas para captar la inteligibilidad natural.

D'Arcy Thompson, una de las principales fuentes de inspiración de Thom, escribió en *Growth and Form* (1917) estas líneas con las cuales el geómetra estaría de acuerdo: «Creemos que incluso cuando tenemos la impresión de discernir una figura matemática regular en un organismo, la esfera, el hexágono o la espiral que reconocemos, tal figura se parece simplemente a su análogo matemático sin que éste la explique. Creemos que los detalles que hacen que la figura difiera de su prototipo matemático son más importantes y más interesantes que los rasgos que comparte con él; e incluso que el placer estético al mirar un ser vivo depende de su diferencia con respecto a la regularidad matemática, diferencia que sería un atributo particular de la vida. Este punto de vista me parece erróneo. No hay diferencia esencial entre los fenómenos de la forma orgánica y aquéllos que aparecen en los fragmentos de la naturaleza inanimada...».

Tal vez no hay diferencia esencial entre lo inorgánico y lo orgánico desde un punto de vista matemático, y para darnos cuenta de eso contábamos con la gran obra de D'Arcy Thompson, ahora prolongada por Thom. Pero una vez que el aspecto matemático se deja de lado, Thom reconoce que hay diferencias esenciales entre lo inanimado y lo animado. De ahí su «vitalismo geométrico», método que consiste en mostrar que la estabilidad del ser vivo está asegurada por una estructura geométrica formal, estructura global que rige los detalles locales, como las antiguas entelequias. Y esta estructura geométrica es irreductible al juego aleatorio de los átomos.³²

Por supuesto los biólogos, tal vez en su mayoría, pero no sólo ellos, sino también los filósofos bergsonianos, no estarán de acuerdo con la tentativa de transformar los fenómenos biológicos en expresiones de las leyes de las matemáticas y de la física. El reproche sería sin duda más aplicable aún a Thom que a D'Arcy Thompson porque el geómetra ha sido explícito en su rechazo del darwinismo y porque los genes no forman de ninguna manera parte de su ontología.

La reducción de lo arbitrario de la descripción presupone que la multiplicidad de formas puede ser retrotraída a ciertas formas arquetípicas, lo que es posible si la analogía existe, si los mismos mecanismos y si las mismas formas están presentes en las diferentes regiones, animadas o inanimadas, del universo. Para eso es preciso que la materia y que la energía sean orientadas por las mismas formas abstractas, por los mismos arquetipos. La TC puede verse, según Thom, como una tentativa de clasificar todos los tipos posibles de situaciones analógicas, los accidentes morfológicos más frecuentes como los bordes, las paredes, los bordes de las paredes, las ramificaciones, las exfoliaciones. La analogía mantiene su rol cognoscitivo, es verdadera, a condición de ser formalizada matemáticamente.

te, a condición de asociarla, por ejemplo, a una catástrofe organizadora. «Creo... que la aceptación semántica (a pesar de su carácter aparentemente relativo a un idioma en particular) tiene en general un alcance ontológico. Toda analogía, en la medida en que es semánticamente aceptable, es verdadera. Ese es, creo yo, el principio de toda investigación metafísica».³³

13. Las categorías y la ascensión metafísica

Uno de los problemas más profundos de la epistemología lo constituye la búsqueda del origen de las categorías, de los conceptos fundamentales del conocimiento. Muchas controversias tocan fondo en la constatación que no sabemos de dónde vienen las categorías, lo que da pie para la toma de posición ideológica. Para el nominalista, los conceptos fundamentales son abreviaciones, maneras económicas de comunicar, de agrupar bajo una sola etiqueta elementos individuales diferentes. Según el empirista, estos conceptos vienen de la generalización de la experiencia sensible, se forman por inducción. Otros afirman que las categorías tienen un origen a priori en la subjetividad intelectual común a la especie. Luego algunos científicos anti-inductivistas como Einstein o H. Weyl creen que las categorías son invenciones libres del espíritu humano. Finalmente, la opción realista postula que las categorías existen en la naturaleza prehumana de donde son proyectadas a nuestro aparato cognitivo. En el hombre, las categorías emergen a la conciencia, pero no son inventadas por él.

No encontramos en Thom una nueva tabla de categorías semánticas o filosóficas aunque podría proporcionar una tabla de singularidades (contribución matemática) que podrían encontrar un lugar en una nueva tabla de categorías semánticas como las que diseñan los filósofos. En este sentido, la TC es ya una contribución importante.³⁴ Pero se encuentran en sus escritos observaciones interesantes y sugerentes acerca del origen de las categorías. Ya la idea de que la inteligibilidad de los fenómenos precede nuestra conceptualización, y no es el resultado de la aplicación de nuestras categorías a priori, manifiesta la intención de reconocer el origen natural de las categorías. La inteligibilidad aparece como una propiedad objetiva de los fenómenos (interpretados como *Gestalten*) capaz de ser aprehendida por el hombre.

El problema de las categorías, de saber cómo vemos y pensamos, está ligado a la ontología, puesto que el orden del conocimiento refleja, o debe reflejar, el orden de la realidad. El organismo inteligente ha desarrollado el lenguaje para adaptarse mejor, para regular mejor su comportamiento: su objetivo principal es la supervivencia. Esta actitud es fisicalista, típica de los antropólogos que intentan llegar hasta las fuentes naturales (físicas y biológicas) del lenguaje natural. (En cambio, los idealistas subrayan los aspectos *a priori*, la pureza de las estructuras, à la *Bourbaki*). ¿Cómo podría

un animal o el hombre vivir, adaptarse, utilizar en el futuro lo aprendido en el pasado, sin la localización de los objetos significativos y estables en el espacio y en el tiempo, sin la percepción de la relación causal, sin la creencia que aproximadamente las mismas condiciones producirán los mismos efectos? Por eso, la substancia, el espacio, el tiempo y la causalidad ocupan un lugar eminente en todas las tablas de categorías.

«Pero, en el fondo, ¿qué es una tabla de categorías? Una tabla de las grandes preguntas que es razonable hacer.»³⁵ Nuestras preguntas de base (quién, qué, dónde, cuándo, por qué, etc.) introducen cortes significativos en lo real continuo que permiten una mejor adaptación de la reacción reguladora del organismo. Cada tipo de pregunta corresponde a un tipo de mecanismo regulador, y los diferentes substratos que se recortan con nuestros conceptos fundamentales son espacios que se desdoblan jerárquicamente en capas sucesivas. A la base se encuentra el espacio-tiempo, substrato universal. Luego vienen los espacios de estados «excitados» de interés biológico y psicológico que desencadenan los reflejos. Estos espacios de estados «excitados» constituyen a su vez espacios semánticos, cuya organización queda por entenderse.

La opinión de Thom es que Aristóteles tuvo razón al extraer las categorías del lenguaje natural, estrategia injustamente criticada por Kant. La lógica S es P es menos convencional que nuestra lógica matemática contemporánea derivada de los trabajos de Frege y de Russell, donde la distinción sujeto / predicado es difícil de trazar. Empiristas y nominalistas, explotando y prolongando la ideografía, la formalización y el cálculo inventados por Frege y Russell, y gracias, entre otras cosas, a las distinciones que permite la teoría de la cuantificación, han tratado de eliminar al máximo las entidades, sobre todo las entidades abstractas. Ahora bien, la razón para preferir la lógica S es P de Aristóteles en metafísica es que en ella el sujeto es la causa del fenómeno descrito por el predicado (el calor funde el hielo). Según Thom, las categorías lingüísticas son transcripciones explícitas y conscientes de formas salientes y significativas biológicas subyacentes.

En la discusión de las categorías encontramos de nuevo el interés que muestra Thom por el rol metafísico de la analogía. Si el número de categorías es reducido, es porque la analogía existe. La analogía, dice Thom, está siempre subyacente en las categorías y en las funciones gramaticales. «Cuando se definen las grandes categorías como el nombre o el verbo, lo que crea la unidad de las categorías es precisamente un cierto tipo de analogía.»³⁶ Recordemos que la TC es una contribución al estudio de las categorías.

La sintaxis y la semántica pueden clarificarse si llegamos a entender su evolución en términos del desdoblamiento de los diferentes espacios a partir del substrato físico-matemático y biológico de la actividad del orga-

nismo. «El sentido está siempre ligado a la atribución de un lugar de naturaleza espacial a una expresión formal codificada.»³⁷ Por eso, según Thom, si los mecanismos sintácticos fundamentales son copias que simulan las grandes funciones de la biología (predación: «el gato se come un ratón», relación sexual, etc.), no es tan sorprendente el hecho que algunos primates superiores sean capaces de adquirir casi espontáneamente el manejo de algunos mecanismos sintácticos rudimentarios y, por lo tanto, fundamentales.

Si las categorías son naturales, si nuestros conceptos de base son la expresión consciente de mecanismos de regulación sin los cuales la vida es imposible, se entiende que nuestro lenguaje sea adecuado para representar la realidad. Yo propongo una afirmación más fuerte: porque las categorías son naturales, es de esperar que la ciencia sea una representación del mundo cada vez más adecuada, y se entiende por qué algunos sectores de las matemáticas modernas, aparentemente alejados del mundo sensible, pueden aplicarse a él, a condición de evitar la hipertrofia y de preservar algunos rasgos de las categorías de base. El reconocimiento que las categorías son naturales es el mejor antídoto contra el escepticismo que nos haría dudar de nuestra capacidad a obtener verdades sobre las cosas tal como son.

Por mi parte, quisiera agregar brevemente algunas críticas a las opciones no-realistas. (i) Lo inverosímil del kantismo es la rigidez de las estructuras de base del conocimiento, lo que el desarrollo de la ciencia se ha encargado de mostrar. Hay varias geometrías posibles, y no es de manera a priori como podemos encontrar la geometría del universo. Aunque no haya que abandonar la causalidad, ésta tiene que ser revisada, como lo enseña la experiencia a la mecánica cuántica. (ii) No es prueba de coherencia del pensamiento de Einstein afirmar, por un lado, que existe un espacio-tiempo determinado, y por otro, que nuestros conceptos fundamentales son invenciones libres del espíritu humano. Por eso, le parecía incomprendible que el universo fuera comprensible: ¿por qué milagro conceptos libremente inventados serían aptos para captar la inteligibilidad natural? (iii) Si la investigación no está guiada por teorías en cuyo centro encontramos ya las categorías, no se entiende cómo éstas pueden ser obtenidas por generalización inductiva: los conceptos fundamentales actúan como hipótesis que orientan. (iv) La tesis que las categorías son convenciones o ficciones humanas es incompatible con la necesidad que organiza el conocimiento.

* * *

Hemos llegado al final del recorrido por la filosofía thomiana. Termino con estas palabras de A.A. Cournot que expresan bien, a mi juicio, lo que

el géometra quiere hacer: «El espíritu filosófico es el espíritu que se dedica, en las ciencias, en la historia y en todas partes, a penetrar la razón de las cosas, a ponerlas en el orden más propio, a mostrar cómo proceden unas de otras. No es que por ese camino lleguemos a saber más cosas, sino a comprenderlas mejor».

* * *

NOTAS Y REFERENCIAS

1. Como se trata de un ensayo de interpretación, no quisiera dejar la impresión que Thom estaría de acuerdo con todo lo que le atribuyo explícitamente, ni con todo lo que digo de manera más personal.

2. René Thom, *Stabilité structurelle et morphogenèse*, Inter-Editions, París, edición 1977, pp. 4-5. La intención de Thom detrás de esta afirmación, en este contexto, es de mostrar el interés y la ventaja del estudio de la naturaleza desde un punto de vista cualitativo.

3. René Thom, *Paraboles et catastrophes*, Flammarion, París, 1983, p. 6.

4. La significación de la singularidad es un tema recurrente en Thom. Véase en particular *Stabilité structurelle et morphogenèse*, op. cit., pp. 32-37, y *Apologie du logos*, Hachette, París, 1990, «Philosophie de la singularité», pp. 305-314.

5. El primer lugar para el estudio de la TC es *Stabilité structurelle et morphogenèse*, y una visión retrospectiva de su alcance e interés se encuentra en *Apologie du logos*, «Théorie des catastrophes», pp. 335-455. Una extensa bibliografía sobre la TC se encuentra en E. C. Zeeman, B. W. W., *Bibliography on Catastrophe Theory*, University of Warwick, Coventry, 1981.

6. *Paraboles et catastrophes*, op. cit., p. 6.

7. R. Thom, *Esquisse d'une sémiophysique. Physique aristotélicienne et Théorie des catastrophes*, Inter-Editions, París, 1988, p. 11.

8. *Ibid.*, p. 12.

9. *Paraboles et catastrophes*, op. cit., pp. 139-140.

10. R. Thom, *Modèles mathématiques de la morphogenèse*, C. Bourgois, París, 1980, p. 92.

11. *Esquisse d'une sémiophysique*, op. cit., p. 71.

12. *Ibid.*, p. 245.

13. *Paraboles et catastrophes*, op. cit., p. 129.

14. *Prédire n'est pas expliquer* (predecir no es explicar) es el título de una entrevista hecha a Thom y publicada por Eshel, París, en 1991.

15. *Modèles mathématiques de la morphogenèse*, op. cit., p. 301.

16. *Apologie du logos*, op. cit., p. 308.

17. *Paraboles et catastrophes*, op. cit., p. 91.

18. *Ibid.*, p. 93.

19. *Modèles mathématiques de la morphogenèse*, op. cit., Cap. VIII, «De la physique à la biologie».

20. *Ibid.*, pp. 304 y ss.

21. *Paraboles et catastrophes*, op. cit., p. 122, y *Apologie du logos*, op. cit., p. 620.

22. *Paraboles et catastrophes*, op. cit., p. 66.

23. *Ibid.*, p. 104.

24. *Ibid.*, p. 104.

25. *Prédire n'est pas expliquer*, op. cit., p. 98.

26. Véase «Le chemin du sens à travers les sciences» in *Apologie du logos*.

27. Cf. Miguel Espinoza, *Théorie de l'intelligibilité*, Editions Universitaires du Sud, Toulouse, 1994, pp. 86-90.
28. R. Thom, «Qu'est-ce que la science?» in *Approches du réel*, Le Mail-Radio France, 1986, p. 129.
29. *Prédire n'est pas expliquer*, op. cit., p. 81.
30. *Apologie du logos*, op. cit., p. 481.
31. *Paraboles et catastrophes*, op. cit., p. 85.
32. *Stabilité structurelle et morphogénèse*, op. cit., pp. 158-159.
33. *Esquisse d'une sémiophysique*, op. cit., p. 250.
34. «Algunos consideran que la TC es una parte de la teoría de singularidades, mientras que otros, por el contrario, incluyen la teoría de singularidades en la TC.» V.I. Arnold, *Teoría de catástrofes*, tr. por V. Almenar Palau y C. Sempere Martínez, Alianza Universidad, Madrid, 1987.
35. *Paraboles et catastrophes*, op. cit., p. 88.
36. *Ibid.*, p. 135.
37. *Modèles mathématiques de la morphogénèse*, op. cit., p. 294.

* * *

Miguel Espinoza
Université de Strasbourg
Faculté de Philosophie, Sciences du
Langage et Communication
22, rue Descartes
67084 Strasbourg Cedex