

César González Ochoa*

El tema de lo complejo en las ciencias contemporáneas (y en Borges)

LA CIENCIA CLÁSICA TIENE COMO PUNTO DE INICIO LAS nociones aristotélicas; entre éstas se encuentra en primer lugar la de orden, la cual se basa en el hecho de aceptar que una serie de cosas que no son iguales puedan ser semejantes; por tanto, que cosas no idénticas puedan ser reunidas en un grupo. Esta idea, una vez aceptada, se convierte en la premisa de la ciencia puesto que con ella se introduce una regularidad y, por tanto, las cosas pueden ordenarse de acuerdo con lo que tienen en común. Sin embargo, las semejanzas no existen por sí solas, nunca son naturales sino que se trata en todos los casos de semejanzas producidas; tenemos pues que admitir que la capacidad de ordenar las cosas en función de lo que las hace semejantes es una capacidad humana. Un ejemplo es la caída de los cuerpos; para Aristóteles todos los cuerpos pesados tienen la propiedad de caer porque está en la naturaleza de las cosas terrestres caer siempre hacia abajo; en consecuencia, una vez determinada esa propiedad presente en todos los cuerpos fue posible poner orden en el universo de acuerdo con categorías cuyo resultado fue la especificación de

* Instituto de Investigaciones Filológicas, UNAM.

los cuatro elementos básicos, lo que trajo como consecuencia la ordenación de todo tipo de cuerpos, tanto los vivos como los inertes.

En esta concepción del orden es central la idea de causalidad. Desde Aristóteles, pero sobre todo después de Tomás de Aquino, la naturaleza comenzó a pensarse como algo que tiende a su propio orden, por debajo de una divina red de causas estaba la noción de que cada parte de la naturaleza estaba dotada de una especie de voluntad que tendía a alcanzar su propia finalidad. Después de la revolución científica producida entre las épocas de Galileo y Newton, esta idea fue transformada pues, de un mundo de cosas ordenadas según sus naturalezas ideales, se pasó a un mundo de acontecimientos que se desarrollan de acuerdo con el antes y el después (Bronowski 1978:32). La idea de que los cuerpos caen fue generalizada por Newton para concluir que el movimiento que hace que caigan, se trate de una manzana o de cualquier otro cuerpo terrestre, pero también sea la luna o los planetas, es producido por una fuerza universal, la gravedad. Newton mostró matemáticamente que es esta fuerza la que mantiene la tierra en movimiento, la luna y los planetas en órbita y, a fin de cuentas, la causa de la unidad del universo. De esta manera se introdujo de manera fuerte la noción de causalidad; es decir, se convirtió en una regla basada en la experiencia del pasado que regula la manera como organizamos nuestras vidas en el futuro según tal experiencia. En otras palabras, la causalidad establece que, dada una determinada configuración de la totalidad de las cosas, se desarrollará siempre un mismo acontecimiento. La noción de causalidad en Galileo tuvo un papel positivo: concebida como una relación constante entre los fenómenos (el fenómeno causa produce el fenómeno efecto), tuvo el mérito de liberar el concepto físico de causalidad de toda referencia antropomórfica; es decir, de toda búsqueda de supuestos fines de la naturaleza o de un supuesto significado de los fenómenos naturales.

De acuerdo con Newton, si se conoce la posición y la velocidad en un momento determinado de los cuerpos celestes, pueden predecirse todos sus movimientos y posiciones futuras. Más tarde, a finales del mismo siglo, Laplace pensó que si llegáramos a conocer absolutamente el presente podríamos determinar completamente el futuro; si conociéramos las posiciones y velocidades de todos los átomos del universo, de sus moléculas y sus hombres, sus veladuras y sus naciones, podríamos conocer cómo serán en todo momento, y no sólo del futuro sino que podríamos retroceder en el tiempo y reconstruir el pasado hasta el momento inicial. Así vistos, el pasado y el futuro del sistema solar están totalmente inscritos en su presente, y para conocer el estado del universo en determinada fecha del futuro o del pasado —las matemáticas no hacen diferencia— basta con conocer su estado presente con una precisión suficiente y disponer de un poder de cálculo adecuado (Ekeland 1988:35). Es éste el rasgo fundamental del universo de la física newtoniana, cuya explicación alcanzó su punto culminante en el siglo XIX, cuando llegó a pensarse que bastaba un instrumental matemático lo suficientemente desarrollado y preciso para llegar tanto al origen como al fin de los tiempos.

En la base de esta concepción están dos principios. El primero establece que sólo se admiten como causas de las cosas naturales las que son verdaderas y suficientes para explicar los fenómenos, puesto que se asume que la naturaleza es simple y no contiene causas superfluas; el segundo dice que las causas de los efectos naturales son siempre las mismas. En estos dos principios descansa lo que llamamos determinismo y que consiste en entender que hay una filiación lineal de causa a efecto, la cual se expresa por una ecuación también lineal. Si un determinado sistema está regido por una ecuación de este tipo, su evolución estará totalmente inscrita en su estado presente; por tanto, basta el conocimiento del estado presente para reconstruir su pasado y predecir su futuro. Según la mecánica newtoniana,

conceptualmente el universo puede estudiarse como formado de dos partes: las condiciones iniciales, que especifican el estado de un sistema en algún momento inicial, y las leyes físicas que indican cómo se modifica ese estado. En las ecuaciones lineales, su solución está totalmente determinada por su estado inicial. En palabras de Hayles: "Con las ecuaciones lineales, las magnitudes de causa y efecto por lo general se corresponden. Causas pequeñas dan origen a efectos pequeños y causas grandes a efectos grandes. La linealidad implica este tipo de proporcionalidad. Las ecuaciones que lo demuestran pueden ser representadas como líneas rectas o como planos. Las funciones no lineales, por el contrario, implican con frecuencia una incongruencia sorprendente entre causas y efectos, de modo que una causa pequeña puede dar origen a un efecto grande" (1993:31). Las ecuaciones que rigen el movimiento de los cuerpos, y no sólo el movimiento sino casi todos los fenómenos del mundo natural y todos los del mundo social y cultural, son ecuaciones no lineales, que hacen intervenir una gran cantidad de variables. Las ecuaciones lineales, dada una serie de valores iniciales para una cantidad física, pueden especificar completamente los valores futuros. Por lo general, si se introducen ligeros cambios en la especificación de los valores iniciales, los valores finales también se verán ligeramente modificados. La característica de las ecuaciones no lineales, por el contrario, reside en que un ligero cambio en los valores iniciales produce un cambio que puede ser exponencialmente grande en los valores subsiguientes o no producir ninguno en absoluto. A menos que se conozcan los valores iniciales con una precisión que llegue al infinito (lo cual es imposible en la práctica), rápidamente se pierde la capacidad para predecir los valores futuros (Pagels 1991:74).

Según el pensamiento clásico, la ciencia es capaz de descubrir la verdad de la naturaleza, no sólo porque ésta está escrita en un lenguaje matemático —como lo postuló Galileo— sino también porque ese lenguaje es

único, lo cual quiere decir que el universo clásico es homogéneo y que, por lo tanto, "los fenómenos simples que la ciencia estudia pueden desde luego entregar la clave del conjunto de la naturaleza, cuya complejidad no es más que aparente: lo diverso se reduce a la verdad única de las leyes matemáticas del movimiento" (Prigogine 1991:32). En tales circunstancias, una ciencia será tanto más objetiva en cuanto elimine en mayor medida al observador; es decir, en cuanto la observación se haga desde el exterior, lo cual significa hacerla desde un punto de vista divino. De allí que la ciencia clásica postule la existencia de una verdad única y asuma su misión el descubrimiento de esa verdad.

Tomemos como ejemplo la dinámica, la ciencia del movimiento. Según Galileo, en la descripción y explicación del movimiento uniforme y el reposo no participan las leyes de la dinámica puesto que éstos se mantienen por sí mismos eternamente si nada los perturba. Si se trata de un movimiento acelerado, su descripción en todo momento comprende no sólo su posición sino también su velocidad —es decir, su tendencia instantánea a cambiar de posición— y su aceleración o tendencia instantánea a modificar la velocidad. Newton estudia en su segunda ley la aceleración como la acción de las fuerzas que actúan sobre los diferentes puntos del cuerpo estudiado: la fuerza aplicada en cada punto es proporcional a la aceleración que produce y a la masa. Esta relación entre fuerza y aceleración es la versión matemática de la estructura causal de un mundo donde nada se produce, donde ningún movimiento comienza, varía o termina, sino como efecto de una fuerza. Aquí aparecen los dos tipos de datos antes mencionados: la descripción de la posición y la velocidad de cada punto en un momento dado (es decir, el estado inicial), y las fuerzas, es decir, la manera como las aceleraciones instantáneas que provocan pueden deducirse de cada estado. Así, la ley del movimiento deduce a partir del estado inicial la sucesión de estados posteriores; si se conoce la ley, cualquier estado particular es suficiente

para definir completamente el sistema, y no sólo su evolución sino los estados pasados. En cada momento todo está dado; cada estado es equivalente pues cada uno de ellos permite determinar todos los demás. En esto consiste el determinismo, una de las características fundamentales del universo clásico; pero no es la única; otra es la reversibilidad, esto es, la posibilidad de invertir el sentido de un proceso. Y no es que lo casual y lo irreversible no hayan existido en la visión clásica, pero ambos se admitían sólo como casos excepcionales, como artificios introducidos por el hombre en una naturaleza que se postulaba como simple, reversible y determinista.

Esta manera de pensar la ciencia y la elevación de la causalidad como principio supremo tuvieron su garantía filosófica en la obra de Kant, quien identificó el objeto científico en general con el objeto newtoniano. Una de las ambiciones de la filosofía kantiana fue la reordenación del paisaje intelectual que la desaparición de Dios, creador racional y garantía de las ciencias de la naturaleza, dejara en pleno caos. En lugar de centrar la descripción en un dios fuente del orden del mundo y garantía del conocimiento, era necesario centrarse en el sujeto humano, hacerlo creador y garante del orden de los fenómenos. Esta solución justifica el conocimiento científico y la extrañeza del hombre en el mundo que esa ciencia describe; por tanto, lo que Kant elabora no es otra cosa que el discurso de la ciencia y con ello le da un dominio de validez y los fundamentos de su legitimidad.

Aquí reside la llamada revolución copernicana de Kant: en vez de buscar fuera de nosotros la justificación de los juicios científicos (búsqueda inútil pues Hume había enseñado que la experiencia no puede dar por resultado algo universal y necesario), Kant propone buscarla en el proceso cognoscitivo. Porque para él, conocer no significa sólo recibir datos sino sobre todo su elaboración y síntesis, su ordenamiento según formas *a priori* comunes a todos los sujetos pensantes. Toda la experiencia humana es producto de la síntesis de los

datos operada por la actividad trascendental, es decir, constitutiva y formadora. Kant busca en esas formas *a priori* la base de un tipo de juicios, los sintéticos *a priori* pues son éstos los únicos que ofrecen al pensamiento la posibilidad de construir proposiciones extensivas del conocer al mismo tiempo que están provistas de validez universal y necesaria.

Se trata de un giro similar al de Copérnico pues anteriormente el conocimiento sensorial se interpretaba como mera recepción y se basaba allí el valor cognoscitivo de las sensaciones. Kant da un vuelco a esta idea y sostiene que también el proceso de conocimiento sensorial, o sea la intuición, se produce sobre la base de formas subjetivas: el espacio como la forma de la sensibilidad externa y el tiempo como la forma interna. De aquí que el conocimiento sensible no pueda entenderse como pasividad. En otros términos, espacio y tiempo no son ni propiedades objetivas de las cosas ni conceptos empíricos extraídos de la experiencia. Son condiciones *a priori* de la sensibilidad, formas subjetivas de los fenómenos; son intuiciones, pero no particulares sino intuiciones puras, condiciones *a priori* para las percepciones. Todo lo percibido, todo el mundo de los fenómenos se basa en esas dos formas; son, pues, formas trascendentales, constitutivas de la experiencia, y sus estructuras tienen el valor de leyes para cada intuición particular.

El pensamiento es la actividad que se aplica a la elaboración conceptual de las intuiciones sensibles; como la sensibilidad, también se basa en algunas formas *a priori*, que Kant llama conceptos puros o categorías. No son conceptos particulares sino modos de relación que tienen una validez universal. Estas formas toman su material de la intuición, es decir, no pueden prescindir de los datos intuitivos. Las dos categorías más importantes son las sustancialidad y causalidad; ambas constituyen el fundamento último de la física como ciencia racional; de ellas recaba la existencia de leyes naturales que regulan el mundo de la experiencia en cuanto

está elaborado por el intelecto. En consecuencia, el fundamento de las leyes físicas es trascendental y, por tanto, capaz de garantizar la validez de las ciencias dentro de los límites del mundo fenoménico.

Las condiciones de posibilidad de la experiencia de un objeto son también las condiciones de posibilidad de su existencia. Esta frase resume la mencionada revolución copernicana: el sujeto no gira ya alrededor de su objeto tratando de descubrir a qué ley está sometido o qué lengua permite descifrarlo, sino que ahora el sujeto está en el centro, le impone la ley, y el mundo habla su propia lengua. Ello no significa que el conocimiento concreto de los objetos sea inútil; aunque la ciencia no dialoga con el mundo sino que le impone su lengua, debe descubrir en cada caso lo que las cosas dicen de particular en esa lengua. Las ciencias tienen valor, desde la perspectiva kantiana, porque someten efectivamente las cosas del mundo a las categorías del conocimiento. En síntesis, la filosofía trascendental permitió a la ciencia newtoniana constituir la verdad de la acción humana de explorar la naturaleza; ratificó la pretensión de los científicos de haber revelado la forma final del conocimiento positivo del mundo, pero asumió ella misma una posición de dominio sobre la ciencia; y no es que busque el significado filosófico de los resultados de la ciencia, pero de entrada asume que tales resultados no añaden nada. De allí que la filosofía crítica redujera la actividad de la ciencia a los problemas fáciles e intrascendentes, y reservara para ella las cuestiones tocantes al destino humano: es decir, lo que el hombre puede conocer, lo que debe hacer y lo que puede esperar. El mundo accesible al conocimiento positivo es el de los fenómenos, no el de las cosas en sí; las cuestiones que puede plantear no son pertinentes para los verdaderos problemas: los de la belleza, de la libertad y de la ética.

No es de extrañar que con esta garantía del filósofo de Königsberg, del filósofo por antonomasia, las ciencias físicas del siglo pasado asumieran de manera tan fuerte

ese modelo. Sin embargo, ya a finales del siglo algunos matemáticos se oponían a la idea de que no modelo cuantitativo, por preciso y exacto que fuera, pudiera prever el futuro. De hecho, el estudio del movimiento de la luna anunció el fin de las extrapolaciones a partir de los movimientos simples: algunos estudiosos habían notado que una trayectoria como la de la luna puede volverse indeterminada en ciertos puntos singulares. Poincaré fue el primero que demostró que no bastaba compensar los efectos de las pequeñas perturbaciones en las ecuaciones lineales para resolver la no linealidad, sino que se requería otro tipo de matemáticas para el análisis de los sistemas complejos. Con ello se dejó abierta la puerta para pensar que el mundo dinámico no es homogéneo, y allí comenzó a socavarse el determinismo. Todo comenzó con el estudio del movimiento de la luna; dice Hayles que "si la tierra hubiera podido girar alrededor del sol, sin verse perturbada por las complicaciones que el campo gravitatorio de la luna introdujo en sus órbitas, las ecuaciones del movimiento de los planetas de Newton habrían funcionado muy bien. Pero cuando la luna entró en escena, la situación se tornó demasiado compleja como para que la mera dinámica la explicara. La luna atraía a la tierra, causando perturbaciones en la órbita terrestre, lo que modificaba la distancia entre la tierra y el sol, lo que a su vez alteraba la órbita de la luna alrededor de la tierra; y eso significaba que la base original para los cálculos había cambiado y era necesario empezar otra vez desde el principio" (1993:19). Pero, como dice Ekeland, puede aceptarse "que si llegáramos a producir exactamente las mismas condiciones iniciales, se observaría exactamente el mismo movimiento; es decir, las mismas configuraciones en los mismos instantes. Lo que está en duda es la posibilidad efectiva para nosotros, pobres mortales, de sacar y traducir esa relación, íntegra y fielmente, en términos calculables y utilizables" (1988:66).

Einstein mostró que la causalidad es una ilusión al descubrir la falla de la teoría de Newton en su mismo

núcleo: allí encontró el supuesto de que el espacio y el tiempo están dados absolutamente y como idénticos para todos los observadores. Descubrió que este supuesto era insostenible: no se puede comparar el tiempo en dos lugares distintos sin enviar una señal de uno de los lugares al otro, señal cuyo recorrido no es instantáneo sino que requiere un cierto tiempo para su traslado. Por tanto, mostró que no hay un ahora universal sino, de la misma manera que un aquí, hay un ahora para cada observador, de manera que espacio y tiempo son inseparables, son dos aspectos de una misma realidad. Tradicionalmente se considera que ciertos acontecimientos ocurren de manera objetiva, pero de hecho son relativos respecto a un determinado estado de movimiento. En particular, la simultaneidad de los acontecimientos que ocurren por separado no es una propiedad absoluta que posean los acontecimientos mismos, sino es sólo una consecuencia de la forma en la cual son observados. Para Newton, el tiempo es absoluto y universal; no se modifica por el estado de movimiento del observador sino que es fijo en todo el universo. Esta concepción del tiempo como telón de fondo o marco de referencia fijo con respecto al cual se pueden medir los acontecimientos es errónea, puesto que no existe un "mismo" momento universal (Davies 1982:71). Ello dificulta relacionar un acontecimiento con los demás con lo cual ya no parece tan obvia la relación de causa a efecto. Pero una dificultad mayor está en el mundo de lo pequeño, en el dominio de la mecánica cuántica. Heisenberg mostró que toda descripción de la naturaleza contiene una incertidumbre esencial: cuanto más cuidadosamente se intenta calcular la posición de una partícula elemental, menos seguro puede estarse de su velocidad; cuanto más exactamente se calcula su velocidad, menos seguridad hay de su posición. Una consecuencia de esto es que no se puede predecir el futuro de una partícula porque nunca se tiene la certeza de su presente; hay siempre un margen de ambigüedad, una incertidumbre. En resumen, la teoría de la relatividad mostró la difi-

cultad de definir el instante presente entre dos puntos separados; el principio de incertidumbre dice que incluso un punto del presente no puede definirse con toda precisión.

El resultado es que deja de funcionar el modelo simple de un universo exterior a nosotros, donde hay hechos externos que simplemente observamos. Y no funciona porque lo que se demuestra es que no existe un hecho por un lado y un observador por el otro sino una entidad mayor que los engloba, la observación, que es la combinación de ambos. Es ésta la unidad fundamental de la física, y lo que revela el principio de incertidumbre es que el acontecimiento no puede separarse del observador. Por ello la ciencia moderna piensa el futuro no como absolutamente determinado, sino sólo determinado en un área definida de incertidumbre. La ciencia clásica se había propuesto como misión investigar el mundo en su realidad objetiva, independiente de lo humano. Eso significaba que, para llegar a ese mundo sin sujeto, debía ser alejada de ese mundo toda contaminación subjetiva y, por tanto, también al observador. A principios de este siglo se hizo claro que esto era irrealizable: se comprendió que un universo del que había sido expulsado todo lo subjetivo dejaba de ser observable, precisamente por esa razón.

Gödel sugiere que hay limitaciones inevitables para el conocimiento ya que por encima de cierto nivel de complejidad existen límites intrínsecos a un sistema lógico, si este sistema es coherente: siempre habrá afirmaciones ciertas que no pueden demostrarse, o afirmaciones que no pueden verificarse si son ciertas o falsas dentro de los límites de dicho sistema por medio de sus reglas y axiomas. Claro que siempre existe el recurso de salirse del sistema o agrandarlo añadiendo nuevos axiomas o reglas, y con ello podría hacerse demostrable; pero en ese más amplio sistema habrá otros aspectos que no pueden demostrarse sin salir de él, y así hasta el infinito; de allí que nunca sea posible completar algo totalmente.

El teorema de la incertidumbre y el teorema de Gödel han demostrado, en primer lugar, que en el mundo físico la causalidad es problemática; después, que la formalización nunca puede ser completa; y finalmente que las observaciones están siempre moldeadas por los supuestos preexistentes. Si el futuro de un acontecimiento sólo puede estar determinado en una área definida de incertidumbre, entonces la idea que rige el orden en la ciencia moderna es la de probabilidad. Una consecuencia es que la historia no es ni necesidad ni azar sino que en cada momento avanza por un terreno cuya forma general se conoce, pero cuyos límites son inciertos y difíciles de trazar. Por tanto, el determinismo, en el sentido de que el presente determina el futuro y contiene el pasado, es solamente una propiedad de la realidad considerada en su conjunto. A partir del momento en que en esta realidad global se aísla una serie de fenómenos que se pretende observar y describir, se corre el riesgo de no ver en esta realidad determinista más que una proyección aleatoria (Ekeland 1988:8). En resumen, aun cuando la realidad inaccesible es determinista, los fenómenos observados, incluso suscitados, pueden ser aleatorios. De esta manera, sólo el universo en su totalidad contiene la información necesaria para la aplicación rigurosa de las leyes físicas; pero este universo cuya descripción completa y detallada es necesaria para hacer ciencia, es inaccesible; por tanto, la noción de efecto inevitable tiene que ser sustituida por la noción de efecto probable.

El universo postulado por Borges posee algunas características que lo acercan a las concepciones de los científicos contemporáneos. A lo largo de su obra pueden encontrarse varias alusiones, por un lado, a la imposibilidad de conocer el universo y, por otro, a la idea de que sólo el universo en su totalidad contiene la información necesaria para encontrar las causas de los fenómenos. Con respecto a la segunda, en "La escritura de Dios", relato incluido en *El aleph*, de 1949, Borges señala que no hay proposición que no implique y al mismo

tiempo no presuponga el universo: "... decir al tigre es decir los tigres que lo engendraron, los ciervos y tortugas que devoró, el pasto de que se alimentaron los ciervos, la tierra que fue madre del pasto, el cielo que dio luz a la tierra". En otro relato del mismo libro, "El zahir", aparece la misma idea: "Dijo Tennyson que si pudiéramos comprender una sola flor sabríamos quiénes somos y qué es el mundo. Tal vez quiso decir que no hay hecho, por humilde que sea, que no implique la historia universal y su infinita concatenación de efectos y causas. Tal vez quiso decir que el mundo visible se da por entero en cada representación, de igual manera que la voluntad, según Schopenhauer, se da por entero en cada sujeto". Incluso en libros anteriores aparece ya esta idea recurrente: en el ensayo "La literatura gauchesca", publicado en *Discusión*, de 1932, dice: "De la correcta aplicación de la ley de la causalidad se sigue que el menor de los hechos presupone el inconcebible universo e, inversamente, que el universo necesita del menor de los hechos. Investigar las causas de un fenómeno, siquiera de un fenómeno tan simple como la literatura gauchesca, es proceder en infinito". Como ejemplo de la primera idea, la imposibilidad de conocer el universo, cito "El idioma analítico de John Wilkins" publicado en *Otras inquisiciones*, 1952): "No hay clasificación posible del universo que no sea arbitraria y conjetural. La razón es muy simple: no sabemos qué cosa es el universo. [...] Cabe sospechar que no hay universo en el sentido orgánico, unificador, que tiene esa ambiciosa palabra. Si lo hay, falta conjeturar su propósito; falta conjeturar sus palabras, las definiciones, las etimologías, las sinónimas, el secreto diccionario de Dios".

Otra idea importante, aquella de que el universo no es simple sino de una gran complejidad, ha estado presente en Borges desde sus primeros escritos aunque explícitamente se encuentra en su obra de madurez. En un texto de *El hacedor* (1960) dice: "En un sueño, Dios le declaró [a Dante] el secreto propósito de su vida y de su labor; Dante, maravillado, supo al fin quién

era y qué era y bendijo sus amarguras. La tradición refiere que, al despertar, sintió que había recibido y perdido una cosa infinita, algo que no podía recuperar, ni vislumbrar siquiera, porque la máquina del mundo es hartó compleja para la simplicidad de los hombres" ("Inferno, I, 32"). Esta idea, recurrente en la obra de Borges, es una de las constantes del pensamiento actual; de hecho es una de las ideas fundadoras de la ciencia moderna, edificada ésta en oposición a la ciencia clásica, la de Galileo y Newton. La ciencia contemporánea se ha apartado de ciertos supuestos vigentes en la ciencia clásica; tales supuestos, según dicen Prigogine y Stengers, "se articulan en torno a una convicción central: la de que lo microscópico es simple, regido por leyes matemáticas simples. Lo que significa que la función de la ciencia es sobrepasar las apariencias complejas y reducir (por lo menos de derecho) la diversidad de los procesos naturales a un conjunto de efectos de estas leyes [...] Las leyes matemáticas simples a las cuales, según se juzga, están sometidos los comportamientos elementales —y que constituirían por consecuencia la verdad última del universo— casi siempre son concebidos sobre el modelo general de las leyes dinámicas [...] Esas leyes describen el universo en términos de trayectorias deterministas y reversibles" (1991:7).

Las ciencias clásicas han evitado con todo cuidado considerar la complejidad de sus objetos de estudio y ello ha tenido por efecto la simplificación del mundo físico. En estos paradigmas clásicos ha predominado la idea de simplicidad, la búsqueda de un universo fundamentalmente estable a través de las apariencias. Hoy es evidente, en cualquier nivel que nos sea accesible, desde las partículas elementales hasta las cosmológicas, que este paradigma clásico ya no funciona para explicar la naturaleza. Si ello es así, no queda más que reconocer la presencia continua de la complejidad en todos esos niveles; el reconocimiento de la complejidad, junto con la búsqueda de los instrumentos para describir, así como para hacer una nueva lectura del nuevo con-

texto de las relaciones cambiantes del hombre con la naturaleza, son los problemas cruciales de nuestra época. Cualquier fenómeno es complejo, incluso o especialmente los textos literarios: Borges lo reconoce en el prólogo a *El informe de Brodie* (1970); dice allí que los relatos que lo conforman son relatos complejos: "No me atrevo a afirmar que son sencillos: no hay en la tierra una sola página, una sola palabra que lo sea, ya que todas postulan el universo cuyo más notorio atributo es la complejidad".

La ciencia clásica negaba la complejidad y el devenir en nombre de un mundo eterno, perfectamente cognoscible y regido por un pequeño número de leyes simples e inmutables. Pero incluso en los contados casos en que reconoce la presencia de lo complejo, la ciencia clásica se hace una idea errónea al pensar que el progreso científico consiste en una reducción de lo complejo del mundo real para llevarlo a una supuesta simplicidad oculta, como si el científico fuera un mago que posee la clave universal del mundo. En realidad la tarea de la ciencia es otra; como señala Lévi-Strauss, "la explicación científica no consiste en el paso de la complejidad a la simplicidad sino en la sustitución de una complejidad menos inteligible a otra más inteligible" (1970:359).

La situación actual ha cambiado, sobre todo después de tres grandes revoluciones científicas. Primero, el descubrimiento de que las partículas elementales son casi todas inestables por lo cual no pueden ser soporte permanente de situaciones cambiantes; segundo, que los fenómenos cosmológicos se revelan cada vez como más complejos de lo que Kepler y Galileo postularon; y tercero, que en los fenómenos macroscópicos simples, que tradicionalmente estudian la química, la biología, etcétera, cada día se ve como menos excepcional la presencia de lo casual y de lo irreversible. La vida misma y la cultura revelan de manera cada vez más patente estas características; son fenómenos no lineales, lo cual muestra que el mundo es menos manipulable de lo que pensaba el científico tradicional.

Cuando pasamos del mundo de las ciencias físicas y naturales al de las humanas la situación se hace más complicada ya que allí existen dos peligros implícitos: por un lado, la transferencia de los modelos mecanicistas de la física que, si allí son simplificadores, en las ciencias humanas prácticamente destruyen el objeto de estudio; por otro lado, el peligro de la tentación de resolver el problema de lo interdisciplinario por medio del recurso a la analogía y las metáforas que pueden llegar a hacer que el problema de lo humano quede intacto. René Thom ha dicho sobre esto: "Al principio, con notable ingenuidad, muchos teóricos de las ciencias humanas pensaban poder introducir en ellas los métodos precisos y cuantitativos de las ciencias exactas. Está claro que hay que abandonar esta esperanza y, por el contrario, podría suceder que se infiltraran en las ciencias exactas, en un futuro no muy lejano, los métodos de sutil análisis, cualitativos y un tanto difusos, de las ciencias humanas".

Podemos detectar fácilmente la introducción de los métodos de las ciencias exactas en las humanas en cualquier disciplina; sin embargo, sería más interesante encontrar los rasgos de la episteme dominante en las humanidades en general. Hayles ha dado algunos pasos en este sentido al señalar que: "la concepción de Newton de los objetos como masas de puntos es análoga a la noción de Hobbes de la sociedad como un grupo de individuos autónomos, y a la representación de la economía de A. Smith como un conjunto de clientes competidores. En estas concepciones se considera que las unidades individuales que colectivamente constituyen el sistema global son puntos elementales que actúan de acuerdo con leyes generales. Hacemos la transición de lo local a lo global aplicando leyes generales a masas de unidades individuales, y logramos el movimiento a través del tiempo sumando los movimientos individuales, para llegar a una resultante" (1993:271-2).

En consecuencia, si las ciencias exactas y las naturales tratan con fenómenos y procesos irreversibles y no

deterministas, es decir, no lineales; si los fenómenos culturales y sociales son también no lineales, es preciso entonces elaborar las herramientas que permitan explicar o, al menos, describir este nuevo aspecto. Como ya se dijo, de acuerdo con el paradigma clásico se suponía que con un conocimiento perfecto de lo que un objeto hace en el presente era posible predecir exactamente lo que hará en cualquier momento del futuro o retrodecir lo que hizo en cualquier momento pasado. Pero se mostró que no hay esperanza de conocer con certeza y detalle, no digamos el pasado o el futuro, sino incluso el presente. De esta manera, la idea de Laplace de que si llegáramos a conocer absolutamente el presente conoceríamos totalmente el futuro, sería válida sólo en el caso en que los fenómenos físicos fueran simples y determinados; pero el problema es que el presente no lo conocemos y no lo podemos conocer en su totalidad pues está regido por ecuaciones no lineales; en una palabra, el presente es un conjunto de fenómenos complejos. Borges ha hablado de Laplace en algunos de sus textos; en *Otras inquisiciones* (1952), por ejemplo, dice que éste "había imaginado que el estado presente del universo es, en teoría, reducible a una fórmula de la que Alguien podría deducir todo el porvenir y todo el pasado".

La complejidad de un sistema no consiste solamente en que éste está formado por elementos relacionados de manera no causal o no lineal, sino que es una propiedad del sistema mismo. La complejidad es posible por la redundancia y es generada por reglas, las cuales son una forma de información almacenada. Un ejemplo singular son las lenguas: en cualquier época y en cualquier cultura, las lenguas son ricas en estructura, es decir son muy complejas. No hay lenguas simples, aunque todas ponen en acción un número relativamente pequeño de reglas para producir resultados muy elaborados. Chomsky sugiere que la competencia lingüística, que es una de las estructuras más complejas que existen, surge sólo cuando se alcanza cierto nivel de complejidad bioló-

gica; es decir, cuando la evolución ha llegado a producir un organismo tan complejo como el ser humano. "Tan compleja es la realidad (dice Borges en un texto de *Otras inquisiciones*), tan fragmentaria y tan simplificada la historia, que un observador omnisciente podría redactar un número indefinido, y casi infinito, de biografías de un hombre, que destacan hechos independientes y de las que tendríamos que leer muchas veces antes de comprender que el protagonista es el mismo".

Vale la pena aclarar que lo que aquí estoy llamando sistemas complejos algunos autores llaman sistemas caóticos, y para su tratamiento postulan una llamada teoría del caos. Katherine Hayles, por ejemplo, entiende la teoría del caos como "el estudio de los sistemas complejos, en el que los sistemas no lineales [...] son considerados por derecho propio y no como molestas desviaciones de la linealidad" (1993:28-9). Según ella, una característica de los sistemas caóticos es la extrema sensibilidad a las condiciones iniciales; si éstas no se especifican con una precisión infinita, los sistemas se vuelven rápidamente impredecibles. Estos sistemas no se reconocen por las teorías clásicas, pero la teoría del caos, "al demostrar que tales sistemas no sólo existen sino que además son comunes [...] abrió, o más precisamente, reveló un tercer territorio, que se sitúa entre el orden y el desorden" (*Ibid.* 35). Podría ser menos confuso pensar la complejidad como una medida que puede ser asignada a un sistema físico que está a mitad del camino entre la medida del orden simple y el caos más absoluto. Así, un cristal, con sus átomos perfectamente dispuestos, es un sistema ordenado; las moléculas de un gas, donde no es posible predecir el comportamiento de cada una de ellas, forman un sistema caótico. Entre estos dos polos del orden y el desorden o caos se extiende el vasto territorio de la complejidad; un ejemplar de este territorio puede ser una rosa; en ella participa tanto el azar como el orden en la disposición de sus partes; por tanto, es un sistema complejo. Los sistemas simples no presentan problemas ya que obedecen a leyes deter-

ministas; sin embargo, son muy escasos en el mundo real. Los sistemas caóticos también pueden comprenderse ya que obedecen a criterios estadísticos: el caos garantiza conductas promedio estables; por tanto, también para los sistemas caóticos existen leyes precisas. Pero entre el orden y el caos está lo complejo; y allí se insertan casi todos los fenómenos naturales, culturales y sociales.

Una de las causas de la complejidad es la redundancia; en los sistemas complejos, donde está presente la no linealidad, hay otro factor, éste relacionado con la proporcionalidad entre causa y efecto. Como se señaló, desde el punto de vista clásico una causa pequeña se asocia con efectos pequeños; en los sistemas no lineales, los cambios en las condiciones iniciales no necesariamente producen efectos proporcionales. En ellos está presente la inestabilidad respecto al estado inicial, que hace que se modifique el cambio original hasta terminar en algo completamente diferente a lo esperado. Ello se debe a algo que los lingüistas conocen muy bien: la recursividad o iteratividad, es decir, al hecho de que las partes están contenidas en el todo al mismo tiempo que el todo se refleja especularmente en algunas de sus partes. Las recursividad obedece a leyes matemáticas, que incluso pueden calificarse como deterministas; sin embargo, los resultados de la iteratividad no pueden preverse. Si nos preguntamos de dónde proviene esta imprevisibilidad, la respuesta no puede ser otra que de las condiciones iniciales: la recursividad hace indeterminados los resultados porque pone en evidencia y magnifica las incertidumbres del principio.

La iteración es un proceso por el cual se usa un resultado de una etapa como premisa de la siguiente etapa; ello produce caminos con pliegues o con bucles en su interior. Su efecto es, además de superar las diferencias individuales entre funciones, revelar una universalidad en la manera en que las características globales del proceso están vinculadas con los pequeños

detalles. De acuerdo con las leyes de la física clásica, la naturaleza tiene una coherencia uniforme, de manera que lo que es verdadero en un nivel lo es también en los demás y en la totalidad; es decir, allí se asume que no hay conflicto entre lo particular y lo general, entre lo local y lo global. En la visión contemporánea de las ciencias, la presencia de los procesos recursivos produce puntos singulares por la iteración de una misma forma. De allí que sean menos importantes las unidades individuales que las simetrías recursivas en los diferentes niveles del sistema. Para la ciencia clásica no hay conflicto entre ambos niveles: lo que es válido en pequeña escala lo es también en la amplia, y viceversa. En la contemporánea, los niveles tienden a actuar de diferentes maneras de forma que lo local aparece como un rasgo que cuestiona lo total, y una causa pequeña puede producir resultados no proporcionales.

En el análisis de los sistemas culturales Clifford Geertz ha planteado la cuestión de lo local y lo global. Para él, lo global no es aplicable a la cultura por su gran complejidad: "El concepto de cultura que propugno es esencialmente semiótico. Creyendo con Max Weber que el hombre es un animal inserto en tramas de significación que él mismo ha tejido, considero que la cultura es esa urdimbre y que el análisis de la cultura ha de ser por lo tanto, no una ciencia experimental en busca de leyes, sino una ciencia interpretativa en busca de significaciones" (1989:20). Y añade más adelante: "Puede uno [...] adoptar una línea de ataque teórico desarrollada en el ejercicio de una interpretación etnográfica y emplearla en otra, procurando mayor precisión y amplitud; pero uno no puede escribir una Teoría General de la Interpretación Cultural. Es decir, uno puede hacerlo sólo que no se ve gran ventaja en ello porque la tarea esencial en la elaboración de una teoría es, no codificar regularidades abstractas, sino hacer posible la descripción densa, no generalizar a través de casos particulares sino generalizar dentro de éstos" (*Ibid.*, 36).

Según Geertz, la cultura es un conjunto de sistemas semióticos complejos organizados alrededor de puntos locales; por tanto, hablar de una cultura en general es dejar fuera el sentido, que no puede separarse de la organización en ese punto local. La meta es, dice, "llegar a grandes conclusiones partiendo de hechos pequeños pero de contextura muy densa, prestar apoyo a enunciaciones generales sobre el papel de la cultura en la construcción de la vida colectiva relacionándolas exactamente con hechos específicos y complejos". Lo que se requiere según Geertz es "buscar relaciones sistemáticas entre diversos fenómenos, no identidades sustantivas entre fenómenos similares. Y para hacerlo con alguna efectividad, debemos reemplazar la concepción 'estratigráfica' de las relaciones que guardan entre sí los varios aspectos de la existencia humana por una concepción sintética, es decir, una concepción en la cual factores biológicos, psicológicos, sociológicos y culturales puedan tratarse como variables dentro de los sistemas unitarios de análisis" (*Ibid.*, 51).

Una concepción como ésta es contraria a la que Hobbes tiene de la sociedad o la de la economía de Adam Smith; en ambas se piensa la globalidad como un conjunto de unidades individuales, o como puntos elementales que actúan todos de acuerdo con leyes generales; una consecuencia de esta concepción es que el movimiento del todo se ve como la suma de los movimientos unitarios. Foucault, por el contrario, piensa la sociedad como un todo complejo donde el individuo no es un punto autónomo sino formado por los rasgos organizadores característicos de la episteme. De allí que no sean los individuos los que constituyen la cultura, sino ésta la que constituye a los individuos. Concebidos como imágenes uno de la otra, el individuo y la cultura se vinculan como el microcosmos con el macrocosmos; las partes están contenidas en el todo al mismo tiempo que el todo se refleja en las partes.

Borges siempre fue muy sensible a estas estructuras autorreflexivas o recursivas donde el todo y la parte se

reflejan mutuamente. Antes de que se difundieran las ideas sobre lo complejo y la recursividad, él ya lo había señalado en "El jardín de senderos que se bifurcan" (*Ficciones*, 1941). Dice allí: "Recordé esa noche que está en el centro de las 1 001 Noches, cuando la reina Shahrazad (por una mágica distracción del copista) se pone a referir textualmente la historia de las 1 001 Noches, con riesgo de llegar otra vez a la noche en la que la refiere, y así hasta lo infinito". Once años más tarde vuelve a referir esta historia en "Magias parciales del Quijote", publicado en *Otras inquisiciones*. Allí atribuye al azar lo que sucede en la compilación de historias contenidas en *Las 1 001 Noches*; de ellas, "ninguna tan perturbadora como la de la noche por, mágica entre las noches. En esa noche, el rey oye de boca de la reina su propia historia. Oye el principio de la historia, que abarca a todas las demás, y también —de monstruoso modo— a sí misma. ¿Intuye claramente el lector la vasta posibilidad de esa interpolación, el curioso peligro? Que la reina persista y el inmóvil rey oirá para siempre la trunca historia de *Las Mil y Una Noches*, ahora infinita y circular..."

En este mismo texto, Borges menciona también la segunda parte del Quijote, donde los protagonistas han leído la primera parte: los protagonistas del Quijote son también lectores del Quijote; otros ejemplos que menciona son el del Ramayana y, sobre todo, el del perfecto mapa de Inglaterra que registra todo lo que existe y, por tanto, se contiene a él mismo, contiene el mapa del mapa, "que debe contener el mapa del mapa, y así hasta lo infinito". A Borges le parecen inquietantes esas similitudes (o autosimilitudes, como las llaman los teóricos actuales), y conjetura la causa de su inquietud: "tales inversiones sugieren que si los caracteres de una ficción pueden ser lectores o espectadores, nosotros, sus lectores o espectadores, podemos ser ficticios". En otro texto del mismo libro dice: "Demócrito pensó que en el infinito se dan muchos mundos iguales, en los que hombres iguales cumplen sin una

variación destinos iguales; Pascal [...] incluyó a esos mundos parejos unos adentro de otros, de suerte que no hay átomo en el espacio que no encierre universos ni universo que no sea también un átomo. Es lógico pensar (aunque no lo dijo) que se vio multiplicado en ellos sin fin".

Detrás de esta concepción de Borges parece estar el siguiente fragmento de la *Eneida* v de Plotino: "Toda cosa en el cielo inteligible también es cielo, y allí la tierra es cielo, como también lo son los animales, las plantas, los varones y el mar. Tienen por espectáculo el de un mundo que no ha sido engendrado. Cada cual se mira en los otros. No hay cosa en ese reino que no sea diáfana. Nada es impenetrable, nada es opaco y la luz encuentra la luz. Todos están en todas partes y todo es todo. Cada cosa es todas las cosas. El sol es todas las estrellas, y cada estrella es todas las estrellas, y cada estrella es todas las estrellas y el sol" (cit. en *Historia de la eternidad*). Todavía más atrás en el tiempo está la intuición de Anaxágoras de que todo está en cada cosa. Estas ideas están presentes en la vasta obra de Borges y le sirven de base a lo citado antes: que el menor de los hechos —como por ejemplo la poesía gauchesca— presupone el inconcebible universo; que no hay un hecho, por humilde que sea, que no implique la historia universal; que el mundo visible se da por entero en cada representación; que no hay una proposición que no implique el mundo, etcétera. Tal vez la más patente expresión de esta idea recurrente está en el relato "El Aleph", publicado en 1949: en un minúsculo sótano de Buenos Aires existe un punto que contiene el universo; dice el narrador en el momento en que lo contempla: "en ese instante gigantesco he visto millones de actos deleitables o atroces; ninguno me asombró tanto como el hecho de que todos ocuparan el mismo punto, sin superposición ni transparencia... Cada cosa (la luna en el espejo, digamos) era infinitas cosas, porque yo claramente la veía desde todos los puntos del universo". En otros lugares Borges ha dicho que el uni-

verso es incognoscible, pero un observatorio como éste, es decir, como el aleph, da la posibilidad de conocerlo; desde allí, dice, "vi el aleph, desde todos los puntos, vi el aleph en la tierra, y en la tierra otra vez el aleph, y en el aleph la tierra, vi mi cara y mis vísceras, vi tu cara y sentí vértigo y lloré, porque mis ojos habían visto ese objeto secreto y conjetural, cuyo nombre usurpan los hombres, pero que ningún hombre ha mirado: el inconcebible universo".

Estos puntos singulares como el aleph corresponderían tal vez a lo que los físicos llaman "atractores extraños", es decir, esos puntos que parecen atraer hacia ellos el sistema y cuya característica distintiva es ser una extraña combinación de azar y orden. El tratamiento de estas singularidades cae fuera del campo de la geometría tradicional, euclídeana, y corresponde a otra geometría, la fractal, la cual toma en cuenta las simetrías recursivas. Lo importante para los propósitos de este escrito es señalar las coincidencias casi podría decirse asombrosas entre las perspectivas de las ciencias modernas y las intuiciones de Borges.

Y sin embargo... *And yet and yet...* en Borges está presente una tendencia a pensar el destino de manera causal, casi determinista, donde la causa de los fenómenos reside en una inteligencia superior. Señalo solamente unas muestras de esta presencia. En uno de los textos de *Otras inquisiciones* dice: "En aquel capítulo de su *Lógica* que trata de la ley de la causalidad, John Stuart Mill razona que el estado del universo en cualquier instante es una consecuencia de su estado en el instante previo y que a una inteligencia infinita le bastará el conocimiento perfecto de un solo instante para saber la historia del universo, pasada y venidera. (También razona [...] que la repetición de cualquier estado comportaría la repetición de todos los otros y haría de la historia universal una serie cíclica). En una moderada versión de cierta fantasía de Laplace [...] Mill no excluye la posibilidad de una futura intervención exterior que rompa la serie [...] El porvenir es inevitable, pre-

ciso, pero puede no acontecer. Dios acecha en los intervalos". En este mismo libro vuelve a aparecer esa inteligencia infinita: "¿Qué es una inteligencia infinita?, indagará tal vez el lector. No hay teólogo que no la defina; yo prefiero un ejemplo. Los pasos que da un hombre, desde el día de su nacimiento hasta el de su muerte, dibujan en el tiempo una inconcebible figura. La inteligencia divina intuye esa figura inmediatamente, como la de los hombres un triángulo. Esa figura (acaso) tiene su determinada función en la economía del universo". Ocho años después, en el epílogo a *El hacedor*, es más explícito: "Un hombre se propone la tarea de dibujar el mundo. A lo largo de los años puebla un espacio con imágenes de provincias, de reinos, de montañas, de bahías, de naves, de islas, de peces, de habitaciones, de instrumentos, de astros, de caballos y de personas. Poco antes de morir, descubre que ese paciente laberinto de líneas traza la imagen de su cara". En su último libro, *Los conjurados* (1985), en el poema "La suma" dice lo mismo: "Ante la cal de una pared que nada/ nos veda imaginar como infinita/ un hombre se ha sentado y premedita/ trazar con rigurosa pincelada/ en la blanca pared el mundo entero:/ puertas, balanzas, tártaros, jacintos,/ ángeles, bibliotecas, laberintos,/ anclas, Uxmal, el infinito, el cero./ Puebla de formas la pared. La suerte,/ que de curiosos dones no es avara,/ le permite dar fin a su porfía./ En el preciso instante de la muerte/ descubre que esa vasta alagabía/ de líneas es la imagen de su cara".

Borges, aficionado desde siempre a las paradojas, elabora a lo largo de su obra la cuestión del destino en esa misma forma: en el rostro de cada hombre está escrito su destino, pero esa escritura es visible —o tal vez comprensible— sólo en el preciso instante de la muerte, es decir cuando ese destino se ha cumplido. Sobre esto dice en otro lugar: "un hombre se confunde, gradualmente, con la forma de su destino; un hombre es, a la larga, sus circunstancias". Esta forma de su destino, que es también la del destino del universo, parece estar escrita

en caracteres no reconocibles, como se ve en otro de sus relatos: Tzinacan, prisionero de Pedro de Alvarado en una improbable Tenochtitlan, intuye que ese destino está escrito en las manchas del tigre, su compañero de reclusión. Una paciente espera le muestra el sentido de esa escritura y puede ver en esas manchas el universo, su pasado y su futuro. Dice: "vi una rueda altísima, que no estaba delante de mis ojos, ni detrás, ni a los lados, sino en todas partes y a un tiempo. Esa rueda estaba hecha de agua, pero también de fuego, y era (aunque se veía el borde) infinita. Entretejida, la formaban todas las cosas que serán, que son y que fueron, y yo era una de las hebras de esa trama total [...] Ahí estaban las causas y los efectos y me bastaba ver esa rueda para entenderlo todo [...] Vi el universo y los íntimos designios del universo [...] vi el dios sin cara que está detrás de los dioses. Vi infinitos procesos que formaban una sola felicidad y, entendiéndolo todo, alcancé también a entender la escritura del tigre". Y allí otra vez la paradoja: entender todo es entender nada pues conocer su destino convierte al hombre en nadie: "Quien ha entrevisto el universo, quien ha entrevisto los ardientes designios del universo, no puede pensar en un hombre, en sus triviales dichas y desventuras, aunque ese hombre sea él. Ese hombre ha sido él y ahora no le importa".

Referencias bibliográficas

- J. L. Borges, *Obras completas*. Barcelona: Emecé Editores, 1989.
- J. Bronowski, *El sentido común de la ciencia*. Barcelona: Península, 1978.
- , *Los orígenes del conocimiento y la imaginación*. Barcelona: Gedisa, 1981.
- P. C. Davies, *El espacio y el tiempo en el universo contemporáneo*. México: FCE, 1982.
- J. Campbell, *El hombre gramatical*. México: FCE, 1982.
- Y. Ekeland, *El cálculo, lo imprevisto*. México: FCE, 1988.
- Clifford Geertz, *La interpretación de la cultura*. Barcelona: Gedisa, 1989.
- Katherine Hayles, *La evolución del caos*. Barcelona: Gedisa, 1993.
- Cl. Lévi-Strauss, *El pensamiento salvaje*. México: FCE, 1970.
- H. R. Pagels, *Los sueños y la razón*. Barcelona: Gedisa, 1991.
- I. Prigogine e Y. Stengers, *La nueva alianza* (ed. en portugués: *A nova aliança*, Editora da Universidade de Brasília, 1991).
- Y. Prigogine, *¿Tan sólo una ilusión?* Barcelona: Tusquets, 1993.
- P. Watzlawick, "Introducción" a *El ojo del observador*. Barcelona: Gedisa, 1994.