

CIENCIA Y AZAR

ILYA PRIGOGINE*

I.P.: Las ciencias están hoy inmersas en un proceso de reconstrucción conceptual. En lo que toca a la materia, los atomistas griegos nos legaron un proyecto: intentar conciliar la permanencia y el cambio. De ahí la idea de combinaciones temporarias de elementos permanentes: antiguamente los átomos y moléculas, hoy las partículas elementales. Ahora bien, uno de los descubrimientos fundamentales de la ciencia en los últimos años es Justamente la inestabilidad de las partículas elementales. Si las experiencias actualmente en marcha son confirmadas estaremos obligados a concluir que el proyecto atomista, por más fecundo que haya sido, llega hoy a sus límites.

Antes se buscaba, también, simetrías en el universo: el caso más impresionante es el de la mecánica cuántica relativa a las partículas y antipartículas. Como están últimas son un producto de laboratorio, nos vemos llevados a concluir que esta simetría no es necesaria en nuestro medio cosmológico. Vivimos por lo tanto en un universo no simétrico, extraño a la armonía geométrica ideal de la física clásica.

Reconstrucciones fundamentales también nos esperan en lo que se refiere al espacio y al tiempo. Este ya no es más el parámetro externo de la dinámica clásica, utilizado apenas para balizar una trayectoria. El tiempo presenta ahora características diferentes, más ligadas a la irreversibilidad y, en consecuencia, a la historia en todos los niveles, desde las partículas hasta la cosmología. En la época en que la mecánica clásica imperaba de manera indiscutida podía hablarse de un nivel fundamental. Hoy la física está más abierta y estamos obligados a considerar una pluralidad de niveles interconectados, sin que ninguno pueda ser considerado prioritario o fundamental.

-Que piensa Ud. entonces de la hipótesis de Einstein, según la cual el campo es la única realidad?

Cada vez es más difícil aceptar que un sólo concepto pueda relegar o contener las diferentes facetas del universo. Aunque si quisiéramos citar un concepto que traspase las separaciones clásicas

de la ciencia y propondría el redescubrimiento del tiempo, Se dice frecuentemente, y con razón, que nuestro siglo fue marcado en la física por dos revoluciones: la de la mecánica cuántica y la de la relatividad. En un principio estas teorías fueron formuladas como simples correcciones de la mecánica clásica. Pero actualmente la mecánica cuántica se transformó en la teoría que da las leyes de transformación de las partículas elementales. En cuanto a la relatividad, esta constituye el cuadro de la histórica térmica del universo. En otras palabras esas dos materias se "temporalizan".

- De que manera la visión determinista de la ciencia clásica puede enfrentar el impacto del azar?

Tal vez podamos primero evocar el diablo de Lapalce. Ud. sabe que bastaba proveerle la información necesaria sobre un sistema dinámico para que este fuera capaz de calcular cualquier estado pasado o futuro de ese sistema. En el universo descrito por las ciencias modernas el azar tiene un papel cada vez mayor. La visión probabilística surgió primero en las tentativas de explicación microscópicas de la entropía, lo que fue hecho por la importante obra de Boltzmann. Después vino la mecánica cuántica; a pesar de las innumerables tentativas para retornar a la ortodoxia determinista las estadísticas siguen desempeñando allí un papel irreductible.

En nuestra escala de seres vivos, de compuestos macroscópicos, parecía que la ley de los grandes números podía restablecer el esquema determinista. Pero es que surge lo probabilístico, lo estadístico, con mucha fuerza también en este nivel: este es uno de los aspectos del descubrimiento de la auto-estructuración de los sistemas macroscópicos lejos del equilibrio. Lo que los vincula a lo aleatorio depende de la variedad de formas que, de una experiencia a otra, esos mecanismos de estructuración puedan desarrollar a pesar de los más rigurosos controles de las condiciones de experimentación. Aquí ya no se trata de fenómenos calculables por medio de leyes generales: cerca del estado de equilibrio las leyes de la naturaleza son universales; lejos del estado de equilibrio las leyes son específicas. Esas inestabilidades exigen un flujo de energía, disipan energía. De ahí el nombre de "estructuras disipativas" que da a esas inestabilidades.

* I.P. es premio Nobel de química.

-Desde diversas perspectivas se cuestiona fuertemente el sentido de lo aleatorio y del azar. Debe pensarse que este es inherente a la naturaleza o a nuestro modo de descripción?

Esta cuestión, desde que la mecánica cuántica fue formulada, ha suscitado controversias exacerbadas. Sin duda es posible que un observador situado fuera de la naturaleza pueda ver un mundo distinto y haga de él una descripción distinta. Pero se trata en realidad de un pseudo-problema, pues creo que la ciencia se interesa por los modelos de la realidad que nosotros elaboramos inmersos en este mundo. Los descubrimientos de este siglo, desde la mecánica cuántica a las inestabilidades hidrodinámicas, muestran que los esquemas deterministas nos son inaccesibles. La investigación actual se orienta hacia la incorporación cada vez mayor de elementos aleatorios. Esto se verifica tanto en la cosmología relativista de Hawking como en los estudios de los "insectos sociales", donde autores tan competentes como P.P. Grassé o R. Chauvin insisten en el papel de lo azaroso en la organización social.

Si su "escucha poética" de la naturaleza reintegra al hombre en el mundo él que observa, en que esta visión responde a las afirmaciones de Jacques Monod según quien la "antigua alianza está rota, el hombre sabe hoy que está sólo en la inmensidad indiferente del universo ?

Monod tuvo una conciencia notable de las propiedades de la vida que, a primera vista, parecían oponer lo vivo a lo no-vivo. Según él la vida está al margen de la física: es una fluctuación, es el resultado de un azar milagroso que se perpetua. Pero en el universo estructurado que acabo de mencionar la vida es menos milagrosa. Esta busca raíces profundas en propiedades de la materia que sólo fueron puestas en evidencia recientemente. Es interesante notar que, lejos del equilibrio, la materia adquiere propiedades nuevas, lo cual es ilustrado por el ejemplo de los relojes químicos: una sensibilidad intensa a variaciones mínimas, comunicación a distancia entre moléculas, efectos de memoria de los caminos recorridos.

Desde principio de siglo ya sabíamos que la materia presenta propiedades ondulatorias en nivel microscópico: es la dualidad onda-partícula de la mecánica cuántica; pues no es que la materia, en su nivel macroscópico, tal como la encontramos en **las reacciones químicas puede adquirir es** carácter ondulatorio ? Es en este sentido que la famosa oposición entre los defensores de la interpretación reduccionista y una holista está superada.

- Si el conocimiento científico depende del tipo de cultura, está influenciada por la ideología específica de una sociedad, que tipo de dialéctica puede instaurarse entre ciencia y sociedad?

- El redescubrimiento del tiempo es tal vez un elemento de unidad entre ciencia, cultura y sociedad. Antiguamente la ciencia nos hablaba de leyes eternas. Hoy nos habla de historia del universo o de la materia - de ahí su aproximación evidente con las ciencias humanas. Además de eso la aproximación se produce en un momento en que la explosión demográfica está transformando las relaciones entre el hombre con los otros hombres y la naturaleza. Dentro de esta perspectiva la relación entre ciencia, naturaleza y sociedad toma nuevas formas. O, tomando la idea de Serge Moscovici, la ciencia se torna menos esotérica, menos ocupada con piezas de museo. Se encuentra más ligada al destino de hombre, integrándose ahora en todas las expresiones de la inventividad humana.

- Justamente su concepción de las estructuras disipativas sorprende por la riqueza de las extrapolaciones a múltiples campos. Sería ese el nuevo paradigma delineado en el famoso coloquio de Stanford?

- No me gusta mucho la palabra paradigma. Es verdad que en la física clásica había una especie de paradigma, un esquema único y fundamental: el de la dinámica, al cual todas las otras áreas debían ser reducidas. Mientras que hoy el mundo de la física tiene al mismo tiempo modelos como el del péndulo, con su ley reversible, y también reacciones químicas caracterizadas por la irreversibilidad de la flecha del tiempo. No creo que sea posible, ni deseable, reunir todas las posibilidades en un sólo y único modelo. En contrapartida pienso que es preciso saber superar las contradicciones para poder pasar de un modo de descripción a otro. En definitiva: no vivimos acaso en un sólo universo ?

- El fenómeno de la entropía no sería el medio para eso?

En verdad tal vez sería bueno recordar que el segundo principio de la termodinámica, que constituye el núcleo de esta teoría, está situado en un punto de entrecruzamiento. Es claro que el resitúa las condiciones iniciales, la flecha del tiempo, que implica la quiebra de la simetría y sobretodo la noción de espontaneidad. Los fenómenos de crecimiento de entropía delimitan nuestro poder. Esta imposibilidad de escapar de la entropía es el concepto clave por el cual el segundo

principio de la termodinámica se relaciona a las dos grandes revoluciones contemporáneas: la relatividad y la mecánica cuántica.

Fue gracias a las imposibilidades inherentes de esas dos teorías que se percibió que se trataba de grandes novedades: en el caso de la primera la imposibilidad de comunicar con la velocidad de la luz y en el de la segunda la imposibilidad de medir a la vez el movimiento y la posición de un electrón. Esa evolución convergente nos en dos terrenos con los límites de nuestro poder de manipulación: nos devuelve a un espacio de actividad en el seno de la naturaleza y nos retira de la posición de observador exterior al que nos legaba la física clásica.

- Si la metamorfosis de la ciencia contemporánea parece haber sido provocada por la irrupción del tiempo irreversible y de la entropía constructiva, ¿por qué llevó tanto tiempo conceptualizar esos fenómenos tan fundamentales?

- Para entender ese atraso, puede ciertamente invocarse razones ligadas a la evolución de la ciencia. El carácter reversible de la mecánica clásica, y hasta de la mecánica cuántica, estaba ya tan establecido que los fenómenos irreversibles pudieron ser considerados como una aproximación sin ningún interés. Hoy reconocemos el papel constructivo de la irreversibilidad. Me parece que aquí hubo una notable convergencia entre la historia interna y la historia externa de las ciencias contemporáneas. Nuevas interrogaciones aparecieron inspiradas por el nuevo clima social que se estaba viviendo en el mundo. De todos modos no se trata de proponer un modelo común a todas las disciplinas; cada área debe desarrollar a su manera las investigaciones.

- El tiempo siempre suscitó una pluralidad de interpretaciones: según Newton "el tiempo absoluto corre uniformemente"; para Bergson "el tiempo es invención o nada"; en cuanto a Ud., evoca la multiplicidad de los tiempos vividos, co-existiendo en la unidad del tiempo real.

- Estamos de hecho en presencia de dos tiempos y sabemos actualmente como pasar de uno a otro: por un lado el tiempo de los relojes, de las trayectorias de la dinámica clásica, de la comunicación. Este tiempo es, de cierto modo, exterior a nosotros, que emitimos y recibimos señales. Es un tiempo que medimos con nuestros relojes, pero que casi no forma parte del cuerpo en el que vivimos. Por otro lado está el tiempo estructural, que llamé interno, marcado por la irreversibilidad y por las fluctuaciones, emparentado con el

"tiempoinvención de Bergson". El tiempo externo es el de Newton, que fue profundizado por Bergson. Existe aquella controversia entre Bergson y Einstein: este último sostenía que "la distinción entre pasado presente y futuro por más tensa que sea es una ilusión". Pero llamar ilusión lo que constituye la experiencia primordial de nuestra vida es rechazar la propia noción de realidad.

- **Como puede Einstein negar de esa forma la esencia de la vida?**

- Creo que hay en él una extraña dualidad. Por un lado fue un hombre solitario que tuvo pocos discípulos. Por otro lado su concepción científica describe un mundo ideal de fraternidad universal, poblado de observadores situados en campos gravitacionales diferentes o estimulados por las más diversas velocidades. Esos observadores comunican sus visiones a través de señales luminosas. Por lo que la garantizar la objetividad de estas es lo que más preocupaba a Einstein. Pero puede decirse que no fue en realidad consecuente a fondo con su idea puesto que no advirtió que la comunicación es un fenómeno irreversible; cuando se establece una comunicación la situación queda modificada inmediatamente respecto a su estado anterior.

La existencia de una flecha de tiempo común al hombre y a los sistemas físicos es quizás el hecho que expresa de manera más evidente la unidad del universo. Este es sin duda el elemento unificador por excelencia de la visión moderna de la naturaleza. En este sentido la ciencia se encuentra hoy en uno diálogos más fascinantes que el hombre hay tenido con la naturaleza.

**Entrevista realizada por
Christian Delacampagne, "Recherche" (1985)**