

## Entrevista a Ilya Prigogine por Denise Najmanovich y Ana María Llamazares.

Guiado por el instinto, me fui interesado por la termodinámica, un campo de la ciencia donde se manifiesta la "flecha del tiempo", y que en la época en que comencé mi trabajo como investigador no era un área de la física que gozara de gran predilección entre los científicos. Y aún hoy en día, la idea de una direccionalidad del tiempo no es aceptada mayoritariamente entre los físicos. Por ejemplo, Stephen Hawking, en su libro "Breve historia del tiempo", al hablar de cosmología trata de eliminar el tiempo de su explicación del mundo, convirtiéndolo en algo similar al espacio.

Por el contrario, desde mi punto de vista, enfatizo la visión histórica diciendo que la irreversibilidad del tiempo es una propiedad fundamental de la naturaleza. Así, voy en contra de esta esperanza, también metafísica, de hacer una ciencia que sea pura geometría. En este sentido yo tuve que luchar contra estas concepciones ideológicas y aun hoy en día lo sigo haciendo. Si bien es cierto que mis puntos de vista están haciéndose más populares, si hiciéramos una votación entre los científicos, seguramente estoy en minoría. Yo no diría que lo ideológico es la única razón de la oposición a mis ideas, éste es sólo un aspecto de la cuestión, también hay fundamentos matemáticos. La mecánica clásica, la relativista y aun la cuántica son ciencias que describen un tiempo reversible. Las tres son teorías exitosas y altamente convincentes. Para demostrar que puedo ir más allá de Newton y de Schroedinger necesité introducir nuevas herramientas matemáticas; por lo tanto me ha tomado muchos años desarrollar mi trabajo pero creo que actualmente he concretado este objetivo en alguna medida.

**¿Considera usted que la ciencia es la única vía de conocimiento de la naturaleza o podemos relacionarnos con ella y conocerla de otras formas, por ejemplo la música?**

Existen diferentes vías de interrogar al universo en que vivimos, y la música es también una de ella. Nuestro entorno no es sólo color, sino también sonido y muchas otras cosas. Para mí uno de los aspectos básicos de la ciencia es clarificar nuestra relación con el universo, y en este sentido creo que debemos encontrar un camino intermedio entre los vedas y el cristianismo. El mensaje de los vedas es que somos básicamente idénticos al mundo exterior; para el cristianismo, en cambio, el hombre es una criatura especial, distinta de las demás y separada de la naturaleza. Un camino intermedio, en mi opinión, es el que representa una concepción en la que el hombre se sienta parte del mundo, pero no totalmente igual a él.

La música tanto como el arte prehistórico han sido elementos importantes para mí. A través de ellos vemos cómo el hombre se ha cuestionado su relación con el mundo, y asistimos también a la aparición de distintos tipos de preguntas. Los chinos se preguntaron cosas distintas que los hombres de neolítico o los pueblos precolombinos. Los primeros días tenían confianza en un cosmos estable, y buscaban estar en armonía con él. De la misma forma los griegos -más allá de nuestra transitoriedad- confiaban en que el universo seguiría su curso eternamente. Los cristianos incorporaron la concepción de Dios como garante de esa estabilidad. A diferencia de todos ellos, el hombre americano precolombino - tal como podemos inferir de textos mayas, por ejemplo- no tiene seguridad con respecto a la continuidad del mundo, cree que éste puede detenerse y su misión es, en alguna medida, ayudar a mantener la vida y el movimiento del cosmos. El tiempo precolombino no es el tiempo en sí mismo, sino el tiempo de la vida, cuyo sentido es el de reasegurar la continuidad del mundo y de la vida misma.

**¿Se podría decir que en alguna medida los "nuevos paradigmas" se relacionan con esta cosmovisión precolombina?**

Al menos se trata de ciertas preguntas que el hombre se viene formulando desde hace mucho tiempo.

En nuestra tradición occidental, Aristóteles fue uno de los primeros filósofos en desarrollar un análisis del tiempo.

**¿Cómo se relaciona su posición respecto del tiempo con la de Aristóteles?**

Aristóteles ha realizado un análisis del tiempo muy meticuloso, pero ha dejado sin responder la pregunta fundamental. En su Física sostiene que el tiempo se mide por el movimiento desde una perspectiva de un antes y un después. Pero lo que dejó sin responder es cuál es esa perspectiva, ¿la del alma humana o la de la naturaleza misma?

Esta sigue siendo, en esencia, la pregunta crucial de hoy en día: ¿Es el tiempo algo que el hombre pone en la naturaleza, pero ajeno a ella?. En este caso se produce un contraste entre el universo sin tiempo y la temporalidad humana. O, en cambio: ¿es el tiempo una propiedad fundamental de la naturaleza que el hombre tan sólo comparte con ella?. Repito que Aristóteles no nos dio su

Folio 8a

RECOPIADORA  
841 C.E.H.C.E.  
EVOLUTIVA II



## LA FLECHA DEL TIEMPO

Por Denise Najmanovich (\*) El diablillo de Laplace es una supermente equipada con el conocimiento de las leyes newtonianas del movimiento. Si somos capaces de suministrarle información sobre la posición exacta de todas las partículas en un instante dado, entonces el diablillo podrá calcular, a partir de esta información exclusivamente, cualquier suceso pasado o futuro del universo. Para el diablillo el antes y el después son equivalentes, no hay forma de saber cuál es cuál, ya que él aplica siempre las mismas fórmulas, el tiempo para él es sólo una ilusión.

En nuestra vida cotidiana, sin embargo, la situación es totalmente contraria: distinguimos claramente lo que ya ha sucedido (nuestra infancia) de lo que no aconteció (nuestra muerte). Sin embargo, en el marco conceptual de la física clásica esta experiencia no tiene sentido. Las leyes newtonianas son reversibles, funcionan en ambos sentidos del tiempo; nuestra vida en cambio es irreversible, al igual que la evolución biológica, del nacimiento a la muerte, de la simplicidad a la complejidad, de la ameba al homo sapiens.

Si nuestras experiencias y nuestras teorías biológicas van a contramano con nuestras teorías físicas, algo anda mal, y es necesario algún ajuste. La termodinámica clásica vino a poner las cosas en su lugar al plantear, por primera vez en la física moderna, la existencia de una flecha del tiempo que nos permite establecer con claridad una dirección que apunta desde el pasado hacia el futuro.

Utilicemos la metáfora del universo como una película: si proyectamos una secuencia donde la tierra se mueve alrededor del sol, nunca sabremos si la estamos pasando de atrás hacia adelante (o viceversa) a menos que sepamos de antemano si el giro es de este a oeste o a la inversa.

Lo mismo sucedería si pudiéramos filmar una reacción atómica, pues si vemos el choque de una partícula alfa y un núcleo atómico, en un sentido de la proyección indicará la fusión para formar un átomo más pesado y en el otro mostrará un proceso de desintegración. Esto es así porque todos los procesos mencionados pueden ser considerados reversibles, nada en ellos indica una dirección en el tiempo.

En cambio, si pudiéramos filmar el flujo del calor, por ejemplo desde un recipiente a 100° hacia otro a 25°, la situación sería totalmente distinta, ya que en la naturaleza sólo es espontáneo el paso del calor en un sentido: de lo caliente a lo frío. En el ejemplo de la película, si el flujo de calor se expresa en cambio de color, sólo habrá una forma correcta de proyectarla. Hemos encontrado una

dirección en el tiempo, sabemos cuál es el pasado y cuál el futuro: hemos descubierto una flecha en el tiempo.

(\*) Denise Najmanovich es bioquímica de la UBA y Master en Metodología de la Investigación Científica. Dedicada desde hace años a la docencia y a la investigación en epistemología, trabajando especialmente en el tema de los Nuevos paradigmas y prestando especial atención al problema de la emergencia de lo nuevo (conceptualización, surgimiento y sentido de los distintos niveles explicativos) y a la epistemología de frontera entre disciplinas (especialmente biología y ciencias humanas).

respuesta. Y por mi parte, la dirección en la que yo pretendo encontrarla es sosteniendo que el tiempo está en todas partes, aunque tal vez se exprese con mayor fuerza en la vida humana. Freud ha dicho que la historia de la ciencia es la historia de la alienación. Copérnico sostuvo que la tierra es sólo un pequeño planeta. Darwin, que pertenecemos a una especie más del reino animal. Freud mismo, que la conciencia es tan sólo una pequeña porción del inconsciente. Pero hoy podemos revertir ese argumento y decir: es cierto, pero si consideramos que la inestabilidad, la no linealidad, la irreversibilidad son propiedades básicas de la naturaleza, entonces, somos nosotros su mejor expresión y nuestro vínculo de pertenencia con ella es realmente fuerte.

### ¿Podría ampliar su concepción sobre la relación del tiempo y la complejidad?

El tiempo aparece solo al alcanzarse cierto nivel de complejidad.

Si analizamos sistemas muy simples, como por ejemplo un péndulo ideal -sin fricción-, no tenemos forma de distinguir entre el pasado y el futuro. Si pasamos una película que muestra sólo el movimiento, un péndulo, no importa si hacemos funcionar el proyector hacia adelante o hacia atrás: siempre veremos lo mismo. Podemos decir que se trata de una película reversible. Lo mismo sucede si consideramos el movimiento de la Tierra alrededor del Sol; no hay irreversibilidad asociada a este proceso. Todo el problema surge porque se ha considerado a los sistemas simples como modelos del universo. De esta forma, la física clásica terminó concluyendo que el tiempo no existe, y es por eso que yo pienso que sólo descubriremos el tiempo al descubrir los sistemas complejos. La historia de la arquitectura nos muestra un ejemplo muy interesante. Si tomamos un ladrillo de una casa persa y uno de una casa del siglo XIX no habrá básicamente grandes diferencias. Pero si pasamos a un nivel de mayor complejidad y consideramos el edificio completo, la discrepancia entre una construcción persa, una gótica o una del

siglo XIX será enorme. Siempre he pensado que el tiempo se descubre a través de la complejidad y, en alguna medida, esto se ha comprobado en los últimos años.

**¿Cómo llega usted de la investigación en termodinámica a la conclusión de que el tiempo es un elemento fundamental que no podía estar ausente en la teoría física?**

La termodinámica clásica se concentró inicialmente en el estudio de los sistemas aislados que evolucionan hacia el equilibrio, el cual a su vez es el más probable de los estados posibles. Pero sabemos actualmente que la evolución termodinámica genera tanto orden como desorden. Esto se observa tanto en situaciones simples como en situaciones complejas. Podemos tomar como ejemplo de las primeras el de la difusión del calor. En un sistema en el que están presentes dos gases, nitrógeno e hidrógeno, ambos tendrán la misma concentración (cantidad de masa por unidad de volumen) cuando la temperatura sea idéntica en todo el recipiente. Pero si ésta varía, la distribución de los dos gases se hará desigual; habrá más hidrógeno en un lado que en el otro. Por tanto tendremos un proceso irreversible que lleva al desorden. Pero simultáneamente se va generando un nuevo orden al crearse una distribución espacial diferente y, por tanto, una nueva estructura. En todos los niveles de la naturaleza, desde la biología hasta la cosmología, la irreversibilidad produce tanto orden como desorden. Nuestra propia vida es posible en tanto generamos desorden al destruir moléculas constantemente; pero este proceso es lo que nos permite crear otras nuevas. En los estados equilibrados no hay cambio y por tanto, parece como si el tiempo no transcurriera: el sistema es reversible ya que su el pasado y su el futuro no pueden distinguirse. Lejos del equilibrio, por el contrario, la situación es radicalmente distinta: el sistema se hace inestable, y al cambiar, va adoptando diferentes configuraciones, aparece la temporalidad marcando una dirección en el transcurso del tiempo (la "flecha del tiempo"), que hace ese proceso sea irreversible. /Esto no es ciertamente muy original, pero en mis trabajos enfatizo el carácter constructivo de la irreversibilidad. Y esta es la razón por la cual sostengo que el tiempo es un elemento fundamental - y fundante- de la naturaleza, porque sin su rol constructivo no se podría pasar de un nivel de organización al siguiente.

**En un sentido general sus trabajos tienen una gran influencia sobre otros campos, especialmente las ciencias sociales están adoptando muchas de sus ideas. Este**

**Encuentro Internacional Interdisciplinario sobre Nuevos Paradigmas parece confirmarlo. En relación con esta "nueva alianza" que usted formula entre las ciencias y las humanidades, ¿cuál es desde su punto de vista la forma más fértil de diálogo interdisciplinario?**

Creo que hoy en día, el leitmotiv es la interdisciplina y el enriquecimiento recíproco. En otros tiempos, la brecha entre ciencias y humanidades era mucho mayor, porque en las primeras el tiempo era considerado una construcción del hombre, pero no una propiedad de la naturaleza. El objetivo de los fundadores de la física clásica era la formulación de leyes atemporales. En cambio, en las ciencias humanas el tiempo siempre ha jugado un rol fundamental, aunque no para todos los pensadores: por ejemplo para Levi Strauss y el estructuralismo el propósito fue siempre el de descifrar un mensaje persistente, a través de una estructura estable. Ahora, el tiempo aparece también en las ciencias duras, gracias a nuevas técnicas matemáticas que permiten describir procesos no lineales. Por lo tanto, las ciencias humanas pueden tomar nuevos modelos, con un lenguaje mucho más rico; la economía, por ejemplo, ha podido enriquecerse con los nuevos conceptos de no linealidad e inestabilidad. Yo veo estas contribuciones como un aporte para el desarrollo de una visión unificada del universo. Cuando nos preguntamos cuál es la característica fundamental de este final de siglo, debemos responder que es el énfasis en la inestabilidad, la evolución y las fluctuaciones, rasgos que podemos encontrar en todos los niveles, tanto en la sociedad como en la ciencia. No podemos trasladar descuidadamente modelos de una disciplina a otra, porque la actividad humana está siempre en la frontera entre lo que sabemos, lo que podemos hacer, lo que aspiramos y nuestras potencialidades. Siempre estamos eligiendo; esa es la razón por la que es tan importante enriquecer la gama de posibilidades y desarrollar nuevas utopías al final de este siglo, que hagan posibles nuevas elecciones.

**En distintas oportunidades usted se ha definido como "realista" y "objetivista". ¿Podría clarificar su postura con respecto a la relación entre objetividad, realidad y conocimiento científico?**

Existen distintas concepciones de lo que significa "realidad". La acepción más corriente de realidad significa una visión determinista y mecánica. Desde este punto de vista no soy realista, pues no creo que la realidad pueda ser reducida a un mecanismo de relojería, ya que de esta manera el universo sería como un autómeta.

2

Sin embargo, todo lo que vemos en la naturaleza es muy diferente a un robot; sigue un patrón evolutivo, es inestable, se transforma. Las ciencias siempre han tratado de describir objetos privilegiados. Para la ciencia clásica, estos objetos eran los que mostraban un movimiento periódico como el de la Tierra alrededor del Sol. Ahora debemos privilegiar la descripción de objetos no periódicos, inestables. Esta parte de la

realidad necesita otra forma de descripción, otras formas de expresar lo que sentimos que es una nueva realidad. Mi búsqueda se orienta hacia el nuevo tipo de realidad que también puede ser expresada en términos científicos. En otras palabras, soy un realista para una nueva realidad.

### PROCESO AL AZAR

Imaginemos un juicio al concepto de "azar". El fiscal podría ser Thom. ¿Quién sería el abogado defensor? El profesor Prigogine es sin duda uno de los mejores que podemos encontrar hoy en día puesto que, desde hace años, ha intentado esclarecer el significado del "azar", visto durante siglo sólo como el origen del error y el desconocimiento, como una cara del caos destructor. Para Prigogine, en cambio, el azar puede ser la fuente de la creación, el principio explicativo del cambio y la transformación, una posibilidad para evitar el desencanto de un mundo rigidamente determinado (el Cosmos Reloj de la modernidad).

Tal juicio tuvo lugar en noviembre de 1985 en el Museo Dalf con la presencia de ambos, y de otros científicos distinguidos. Aunque Einstein faltó a la cita -por motivos obvios-, su presencia se hizo notar, ya que durante su vida fue uno de los portavoces más respetados del "determinismo ontológico" (el universo está determinado: el destino es rígido, depende sólo de las condiciones iniciales del universo y las leyes inexorables de la naturaleza). Einstein al conocer el Principio de Indeterminación de Heisenberg exclamó: "Dios no juega a los dados" y pensaba que el tiempo "es sólo una ilusión". Thom, que fue el portavoz de la posición anti-azar en el "juicio", considera que la ciencia debe "tender al determinismo" planteado claramente la versión gnoseológica de la posición determinista (la ciencia debe ofrecer explicaciones deterministas, que siempre serán preferibles a las probabilistas, sin abrir juicio sobre la determinación o no del universo).

Prigogine se presenta a sí mismo como un indeterminista, cuestionando a fondo la concepción clásica de la física y sus derivaciones filosóficas. El tiempo, pero el tiempo histórico del devenir, el tiempo de la evolución y no el mecánico de los relojes, o el absoluto de Newton, aparece junto con el azar como dos de las categorías conceptuales más fértiles para avanzar en el reencantamiento del mundo. En el mundo de Prigogine la flecha del tiempo ha herido de muerte al diablillo de Laplace. El caos creativo exige su lugar en el Cosmos. El azar no es sólo error, lo distinto, aquello que está fuera de la ley (de la norma, de la regla, de las ecuaciones diferenciales), no tiene que ser despreciado, evitado, eliminado, sino comprendido y valorado como un principio impulsor del cambio.

Denise Najmanovich