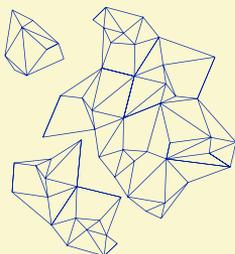


COMPLEJIDAD CONTRA INCERTIDUMBRE:
EL DILEMA DE LA MATERIA INERTE,
DE LA MATERIA VIVA Y DE LA MATERIA CULTA

JORGE WAGENSBERG



El conocimiento no se gana, como pueda parecer, mientras se cosechan las respuestas, sino más bien mientras se buscan las preguntas. En el buen hacer de construir conocimiento científico, la respuesta precede a la pregunta. Un pensador es, de hecho, un pensador de preguntas. De las respuestas ya se encarga la realidad de este mundo. Y así, la pregunta de todas las preguntas quizá sea:

Si la naturaleza es la respuesta, ¿cuál es la pregunta?

Lo que nos inquieta del mundo son las respuestas con las que éste nos confunde y maravilla durante la vida de cada día. Las preguntas sirven para tratar tales inquietudes, para reducir las, para clasificarlas, para comunicarlas... Caer en la cuenta de que dos respuestas lo son a una misma pregunta, equivale a ganar un punto de inteligibilidad científica. Comprender siempre tiene que ver con la tarea de comprimir un paquete de respuestas en una esencia común que es, justamente, la pregunta a la que contestan. Cuanto mayor sea la masa de respuestas de una pregunta, más importante es la pregunta, más conocimiento provee...

Una nueva pregunta puede suponer una revolución, una nueva respuesta, pura rutina. Ambas son importantes, pero la historia del conocimiento es más la historia de las preguntas que la historia de las respuestas. Una buena pregunta raramente deja de serlo. Una buena respuesta nunca liquida del todo una buena pregunta. La buena

pregunta envejece bien. La pregunta que fue buena una vez, siempre vuelve. Una pregunta vieja puede rejuvenecerse por una respuesta nueva. Las respuestas, en cambio, aunque hayan sido buenas una vez, envejecen mal. Las respuestas caen en el olvido, o en una vitrina, por glorioso que haya sido su pasado.

Hay incluso preguntas eternas, inevitables, antiguas, antiquísimas, de gran solera, que aunque resurjan formuladas sin matices nuevos suponen, por el mero hecho de resurgir, una revolución para el conocimiento. Suelen ser preguntas de amplio espectro, rejuvenecidas por el contexto en el que tienen a bien aterrizar. Una de ellas es la que interesa aquí, en el principio de este ensayo. Según cómo, dónde y en qué circunstancias se formule puede ser tanto una pregunta banal, como una pregunta rompedora. No hay ciudadano de a pie al que, en algún o varios momentos de su existencia, no se le haya escapado esta pregunta con un suspiro, o no le haya asaltado en plena crisis de perplejidad. No hay científico, de la disciplina que sea, que no le haya concedido como mínimo unos segundos de su tiempo a la exploración del mundo; no hay filósofo que no la haya admitido a consideración finalmente, después de haberla rehuido una o más veces; no hay político, economista, juez o religioso que no la haga suya en algún momento de su gestión, a la hora de regular la convivencia de las personas... Un tratado sobre ciencias naturales difícilmente puede evitar aludir a esta pregunta en la primera línea del primer párrafo del texto. Existen varios libros, célebres todos ellos, cuyo título es incluso la mismísima omnipresente pregunta. Es ésta:

¿Qué es la vida?

Hay materia inerte, materia viva, materia inteligente y materia civilizada, y quizá no haya más que estos cuatro grandes tipos de materia, sí, pero ¿qué es la vida? En nuestra actual vida cotidiana y en el contexto del pensamiento científico de hoy, existen ciertos objetos, ciertos sucesos y ciertos conceptos que parecen respuestas vagando en busca de una pregunta de este calibre. Piénsese por ejemplo en: una bacteria, una célula eucariota, un animal metazoo simple, una planta, un organismo complejo, una familia de una sola madre, una manada o una colonia, una sociedad, una ciudad... ¡un ciudadano!, una empresa, un museo, cualquier institución... ¡el progreso!

Se diría en efecto que todos esos conceptos están relacionados con la materia viva, que son conceptos vivos; se diría que hay que repensar la pregunta con otra inteligibilidad, con una nueva inteligibilidad en la que quepan las citadas respuestas... El plan es partir de una nueva pregunta, explorar el panorama de respuestas alternativas y tratar luego de arrojar nuevas ideas a debate sobre... aquí está la cuestión... ¡sobre la organización de la convivencia humana! La nueva pregunta es:

¿Qué es un ser vivo?

La principal novedad consiste en sustituir la idea general de *vida*, o de *materia viva*, por la idea de *ser vivo*. En realidad se diría que se trata de una pregunta más pequeña, una pregunta a abordar después de aclarar lo que es la vida. Parece una pregunta que intenta colar un nuevo concepto por la puerta falsa, el de individuo. Quizá no, quizá el concepto individuo vivo sea más definible que el concepto vida, quizá incluso uno sea definible y el otro, no...

La propuesta que propongo como respuesta, tras un vistazo a la física y la matemática de la segunda mitad del siglo XX (por moderno que se sea, habrá que hablar del siglo pasado durante varios años), es la que sigue:

Un ser vivo es un pedazo de materia que tiende a mantener una complejidad que le es propia, independiente de la incertidumbre de su entorno.

La nueva definición tiene ciertas curiosidades, ciertas ventajas y alguna desventaja. Echemos un vistazo. Su sentido es amplio y vale tanto para una célula, como para una fábrica de tornillos o un compositor. (Invito al lector a que a partir de aquí haga un contrapunto continuo teniendo en mente el caso de la convivencia humana). Pero encierra una cuestión tensa y trascendente. Bajo el término SER se oculta un concepto escurridizo y ultrapolémico. Es el concepto de individuo. El beneficio es otra pregunta central:

¿Qué es un individuo?

Primer problema. El concepto de *individuo* puede ser muy confuso en la materia viva y quizá pueda no tener sentido en absoluto. Mi amigo el gran botánico Francis Hallé llama la atención sobre este problema en las plantas. En principio, los naturalistas hablan de individuo atendiendo tácitamente a tres criterios:

1. Criterio de divisibilidad (etimológico): el individuo vivo deja de estarlo si lo partimos en dos mitades iguales.
2. Criterio genético: el individuo tiene un genoma estable en el espacio y en el tiempo (sus partes tienen el mismo genoma y lo tienen durante toda la vida del presunto individuo).
3. Criterio inmunológico: el individuo es una singularidad funcional capaz de distinguir su YO de su NO-YO.

Los animales, a nivel de organismo, cumplen los criterios con claridad, pero se difuminan a otros niveles de la organización jerárquica biológica, igualmente interesantes y trascendentes (células, familias, manadas, sociedades...) Volveremos sobre este tema. Las plantas, sin embargo,

violan flagrantemente los dos primeros y paradójicamente, y aunque no tienen nada parecido al sistema inmunitario, son capaces de distinguir, en cierta medida, su YO de su NO-YO, como lo demuestran ciertos lances básicos de la polinización (plantas que no se polinizan a sí mismas ni de plantas de otras especies).

La definición de ser vivo propone, de hecho, un concepto más amplio para el individuo vivo, menos zoocéntrico, y que satisface más las intuiciones que estimula la pregunta de partida. Individuo, digamos quizá la individualidad viva es aquella *complejidad* (o identidad) cuya independencia se cuestiona frente a la incertidumbre del entorno. No hay circularidad en la propuesta.

Pero hay que decir unas palabras de este segundo término importante, la complejidad del individuo. Cualquier individualidad tiene una complejidad medible por la variedad de estados diferentes en los que puede estar; es decir, por su particular panorama de alternativas disponibles. Una lombriz de tierra es un organismo menos complejo que un jaguar, porque son menos los parámetros sensibles (temperatura y humedad en el primer caso; y un sin fin en el segundo) y un jaguar lo es menos que un soldado de élite con todos sus pertrechos de armas, instrumentos de observación y medición y aparatos de comunicación. Un campo cultivado es menos complejo que un bosque silvestre y éste menos que un jardín botánico.

El tercer término importante en la definición es la *incertidumbre del entorno*. Nada más fácil de interpretar. Siguiendo la misma línea de pensamiento, este término no es más que la denominación biocéntrica de la complejidad del resto del mundo, del entorno del ser vivo. Cuanto más estados accesibles tiene un entorno, más incierto y, en principio inestable, es el paisaje en cuestión. En las profundidades marinas, a decenas de miles de metros, en plena oscuridad, la temperatura, por ejemplo, no cambia ni una milésima en todo el año. El estado accesible es único, el entorno de bajísima incertidumbre. Una selva tropical puede encontrarse en muchos estados diferentes, su incertidumbre es alta. En resumen, lo general son los casos intermedios y digamos que sólo hay una cosa cierta en este mundo: que es incierto. Aquí asoma otra pregunta con un gran aroma de ser fundamental.

¿Qué relación se establece entre la complejidad de un ser vivo y la incertidumbre de su entorno?

En otras palabras, ¿existen leyes o modelos de prestigio de las ciencias fundamentales que regulen la relación entre tan importantes cantidades? En caso de que así sea, no hay duda de que se ganan nuevos enfoques sobre los sistemas ultracomplejos, tales como el de la convivencia humana, para someterlos a debate y a la atención de los expertos. Hemos llegado a otra pregunta crucial e inmediatamente volveremos a ella. Merece una reflexión especial.

Y, para acabar este análisis sobre los conceptos de la definición inicial, el término más novedoso: *independencia*, quizá el término clave en estas notas. En efecto, un ser inerte se adapta mansamente a las condiciones de su entorno. Las leyes de la física imponen un intercambio de materia y/o energía hasta que se restablece la calma, hasta que ya ha ocurrido todo lo que tenía que ocurrir. Así, un vaso de agua extraído de la nevera y abandonado en un ambiente cálido acabará estando, con el tiempo, a temperatura ambiente o, para ser más exactos, acabará fluctuando al unísono que su «resto del mundo» inmediato. En cambio, la homeotermia de cualquier mamífero lo que garantiza es una oscilación mucho menor y una regulación en el cuerpo vivo independientemente de las oscilaciones exteriores; es decir, la temperatura se hace constante en la práctica. El aire acondicionado de nuestras cómodas instalaciones modernas es una versión extendida de la misma idea. Un ser vivo no es sólo termodinámica, es decir, no consiste sólo en intercambios de materia y energía. Aquí reside quizá el punto en el que se colapsaron los intentos previos de la física para explicar ese fenómeno llamado vida. Ninguna ecuación ni ley de la física contempla el intercambio de las tres magnitudes a la vez para describir de qué manera un ser vivo puede intercambiar materia, energía e información con tal de cumplir con la gran ilusión de todo ser vivo: seguir vivo, o sea, según nuestra propuesta, tender a la independencia respecto de las fluctuaciones externas.

La independencia es un concepto que satisface, en efecto, aspectos muy importantes en el proceso de construir pensamiento científico, aunque sean, de hecho, aspectos precientíficos: las intuiciones. Mantenerse vivo es mantener cierta independencia. Y ahora atención: ¿se puede hacer algo más que mantenerse vivo? Quizá sí, quizá se pueda aumentar tal independencia. ¿Por qué no llamar a este término progresar? Se reanima así otra pregunta de fuertes connotaciones antropocéntricas, culturales, ideológicas, incluso políticas... pero partiendo, y ahí está el mérito, de una base para nada antropocéntrica (como máximo biologicocéntrica), fuera de la cultura y claramente apolítica...

¿Qué es el progreso?

Empecemos por señalar que la intuición fuerte (por lo menos la mía, yo diría que también la de cualquier físico) es que el progreso existe, diga lo que diga (y la cuestión es que lo dice y muy bien) Stephen Jay Gould. Independientemente de cuál sea la definición de progreso que elijamos, la intuición fuerte es que algo ha sucedido entre el nacimiento de la primera bacteria y el nacimiento de William Shakespeare. Y, a continuación, apresurémonos a comentar, sobre todo, qué cosa *no* es el progreso, esto es, a enumerar rápidamente todos los conceptos de progreso que ya han caído en desgracia por no lograr contribuir a que tan noble concepto adquiriera un estatus científico. Digamos, por

ejemplo, que progresar no consiste en aumentar el número de individuos de una especie, o su masa, o su volumen; resultaría insoportable tener que admitir la superioridad de las bacterias... Progresar tampoco consiste en aumentar la probabilidad de sobrevivencia durante los próximos diez mil años; tales probabilidades son sencillamente incalculables... Progresar tampoco consiste en aumentar el volumen de información del genoma; habría que dejar pasar a animales como las salamandras, y justificaciones como «la redundancia contra el ruido» serían un pobre consuelo. Probemos a ver:

Un individuo vivo se dice que pasa de un estado A a otro más progresivo B, si aumenta su independencia con respecto de la incertidumbre de su entorno.

Una buena efemérides progresiva en la evolución es aquella en la cual el «un poco antes» se distingue del «un poco después» justamente por la ganancia de independencia. Ahí va una lista de efemérides progresivas tomadas todas ellas de la evolución de los homínidos para practicar:

El bipedismo
La industria lítica
El fuego
La conciencia
El conocimiento abstracto
La agricultura y ganadería
El dinero
La tarjeta de crédito

Compárense mentalmente las ganancias de independencia logradas entre los antes y los después de tales logros. Piénsese, por mencionar sólo uno, en el fuego: independencia de los depredadores durante el descanso en la pradera abierta, independencia de las oscilaciones fuertes de temperatura, independencia de la fortuna a la hora de encontrar alimentos digeribles, independencia de la hora del crepúsculo a la hora de dar por acabado el día...

Y ahora unas cuantas buenas noticias. La primera buena noticia es que los conceptos introducidos, como *complejidad*, *individuo*, *incertidumbre e independencia*, son tratables por las ecuaciones que representan las leyes de la física y de la matemática, y confieren esperanzas a la formulación de algo tan fundamental como lo sería el concepto de *progreso*. Es decir, son conceptos que adquieren estatus científico, en contraste con sus predecesores: identidad, lo vivo, adaptación...

La segunda buena noticia es que ya sabemos por qué se había encallado la pregunta clave: *¿Qué relación se establece entre la complejidad de un ser vivo y la incertidumbre de su entorno?*. Lo cual, claro, no deja de ser una mala noticia. No hay manera de incluir un término de información en la ecuación de Gibbs que regule el intercambio

de masa y energía entre un sistema abierto fuera del equilibrio y su entorno. Es imposible. Las ecuaciones de la física hablan de materia y energía. La matemática habla de información. ¿Cómo reunir las dos disciplinas para dar cuenta de las venturas y desventuras de un ser vivo contra la incertidumbre de su entorno?

La tercera buena noticia es que es posible encontrar una manera. La que he propuesto aparece en la revista *Biology & Philosophy* (Jorge Wagensberg, «Complexity versus Uncertainty: The Question of Staying Alive», *Biology & Philosophy* 15: 493-508, 2000). El artículo no puede evitar cuestiones sobre la física, la biología y la filosofía. Decidí no enviarlo a una revista de física por su fuerte contenido biológico; así que lo envié a una revista de biología teórica, en la que ya había publicado anteriormente, pero allí se disculparon por no poder valorar el alcance filosófico de las propuestas. Así que, finalmente se ha publicado en una revista de filosofía de la biología, donde fue aceptado a la primera y sin la menor queja por incompetencia de los jueces respecto de la física y de la biología. En tal publicación se encuentran los detalles de la ecuación fundamental de un ser vivo frente a su entorno. Traducido a conceptos introducidos aquí, tal ecuación fundamental se leería como sigue:

La complejidad de un ser vivo, menos la complejidad de tal ser vivo condicionada por el comportamiento de la incertidumbre del entorno, es idéntico a la incertidumbre del entorno, menos la incertidumbre del entorno condicionada por la complejidad del ser vivo.

Hay dos conceptos simétricos nuevos. El primero es la gama de alternativas que le queda al individuo, una vez se fijan (o se conocen) las condiciones que regulan la incertidumbre del entorno. Tal término no es otra cosa que la capacidad de *anticipación* del sistema. Cuantas menos alternativas, menos dudas y más anticipación. Llamémosle, simplemente así, anticipación. Está claro que la percepción del mundo exterior, el sistema inmunitario o el conocimiento propiamente dicho, van a favor de la anticipación. El otro término se enuncia simétricamente y se refiere a la gama de alternativas que le quedan al entorno, una vez se ha fijado la diversidad de comportamientos del sistema. Nombrando las cosas biocéntricamente, es decir, desde el punto de vista del ser vivo, se pueden escoger dos grandes familias de alternativas: *la movilidad* (o capacidad para cambiar de entorno) o *la tecnología* (o capacidad para cambiar *el* entorno). En palabras más llanas podríamos decir sencillamente:

Complejidad + Anticipación = Incertidumbre + Acción

Esta ecuación es, desde el punto de vista matemático, más que una ecuación. Es una identidad. Las ecuaciones sólo se satisfacen para ciertos valores de las variables que llamamos «soluciones». Una identidad en cambio se satisface, debe satisfacerse, para cualquier valor de las variables. Tenemos pues delante una ley muy fuerte, el balance inviolable e imburtable de todas las alternativas disponibles para un ser vivo frente a la amenaza del entorno, para que éste intente cumplir con su máxima ilusión: seguir vivo.

Si la certidumbre aumenta, el individuo puede intentar mantener su independencia, es decir, seguir vivo de varias maneras o combinaciones de tales maneras:

Aumentando su capacidad de anticipación (percepción, sistema inmunitario, inteligencia, conocimiento...) , su movilidad (agilidad, velocidad, distancia, diversidad de medios...) o su tecnología (nidos, herramientas...). Otras dos soluciones a otras escalas consistirían en, por un lado, aislarse (o casi) como las semillas, las esporas, la latencia, la hibernación, el letargo... Es la independencia pasiva, la solución que se basa en no gastar nada y no arriesgar nada para así no hacer nada... a la espera de tiempos mejores. La otra solución consiste en renunciar a la propia individualidad para adoptar otra, una nueva, generalmente superior en la jerarquía de los niveles biológicos. Es la nueva independencia del hormiguero respecto de la hormiga. Se consigue por ejemplo, mediante la reproducción sexual, o a través de pactar con otros individuos. Es el caso de la prestigiosa *simbiosis* (entre especies distintas) o del reputado *asociacionismo* dentro de la misma especie (familias, manadas, sociedades, ciudades...).

Sin embargo una cosa está clara: el camino que han seguido los homínidos primero y la humanidad después: el conocimiento. ¿Dónde, en nuestro contexto, se enmarca esta estrategia? Es, claro, la anticipación. La independencia ganada por el ser humano y por las organizaciones humanas puede seguirse en el tiempo, desde muy atrás, pero siempre dentro del término que hemos llamado capacidad de anticipación. El proceso histórico está bien definido.

Hubo un tiempo en el que había vida, pero no inteligencia. Los individuos vivos no aprendían nada nuevo durante el tiempo en el que estaban vivos. Su comportamiento estaba escrito, digamos, en sus genes. Una hormiga puede llegar a tener un comportamiento complejo y sofisticado, pero para innovarlo no tiene más remedio que convertirse en otra especie, es decir, mutar. Es el nivel I: anticiparse con inteligencia enlatada, es decir, sin inteligencia, o en el nivel cero de la inteligencia. Pero un día se accedió a un nivel con nuevas prestaciones, justamente porque el propietario de tal nueva inteligencia podía, por primera vez, reaccionar a la incertidumbre. Definamos este nivel II como aquel que, cuando falla el plan A, es capaz de buscar un plan B. El salto del nivel I al II es enorme. Un invertebrado, como el pulpo (quizá sea el único invertebrado), ya luce una inteligencia de esta clase. El experimento que lo demuestra es bien sencillo de hacer. Un pul-

po intentará comerse un cangrejo encerrado en una botella; primero intentará atravesar directamente el cristal (plan A) y, tras el fracaso, llegará a abrir el tapón roscado (plan B). El pulpo ha aprendido y su descubrimiento le servirá para vencer pequeñas fluctuaciones de la fortuna a la hora de comer y no ser comido. La inteligencia II responde, eso sí, a un instinto seleccionado y escrito, el hambre. Y resulta que la incertidumbre del entorno puede llegar a plantear cuestiones irresolubles para la inteligencia de nivel II. Por ejemplo, en el caso en el que dos instintos sean contradictorios o compitan en el espacio y el tiempo a la hora de tomar una decisión. Puede emerger entonces la inteligencia III, la que es capaz de administrar instintos. Un perro (que no un caballo ni una oveja) puede respetar una alfombra por mucho que le urjan las tripas. Sin embargo, es la inteligencia IV, la que accede al conocimiento inteligible, la que ha hecho que sus propietarios logren una victoria memorable de la complejidad contra la incertidumbre.

Creo que hay tres tipos de conocimientos puros. Y me he esforzado en demostrarlo en el ensayo *Ideas sobre la complejidad del mundo* (1985). Son los conocimientos *científico*, *artístico* y *revelado*. O lo que es lo mismo, cualquier tipo de conocimiento es una mezcla ponderada de estos tres. Pero atención. Hay un aspecto que interesa particularmente en el contexto de este debate. Sólo uno de estos tres conocimientos está diseñado, por principio, por oficio, para que funcione a favor de la *capacidad de anticipación*. Se trata claro, del conocimiento científico. Los tres principios fundamentales garantizan tres aspectos diferentes y complementarios de la capacidad de anticipación: *el principio de objetividad*, *el principio de inteligibilidad* y *el principio dialéctico*.

Precipitemos los acontecimientos. El esquema conceptual que arranca de la definición de un individuo vivo y de las leyes fundamentales de la naturaleza provee conceptos nuevos y relaciones nuevas con significado y rigor científicos que versan nada menos que sobre las alternativas que tiene una complejidad para progresar frente a la incertidumbre del medio. La idea ahora es ver si estos conceptos, renovados por su nuevo estatus científico, pueden enriquecer e iluminar el debate sobre la organización de la convivencia humana. Complejidad, incertidumbre, progreso, independencia e identidad fundamental son, creo que sí, nuevas pistas para nuevos debates en el siglo que entra. He aquí algunos apuntes para empezar el ejercicio:

1. ¿A qué nivel de individualidad es prioritario el concepto de independencia? ¿Qué es lo que debe progresar? ¿La persona, la familia, el grupo, la ciudad, la sociedad...? La individualidad pensante es la del individuo, es una mente... Lo que debe hacer por ejemplo una ciudad sería velar por la independencia de sus ciudadanos.
2. El progreso se plantea a cualquier nivel de individualidad, es cierto, y se basa sobre todo en la elaboración de nuevo conocimiento, lo único que puede enfrentarse a la in-

certidumbre ambiental en el espacio y en el tiempo. Por lo tanto, una individualidad, se llame persona, familia, grupo, etc. da el salto definitivo a la modernidad en el momento que descubre que no puede renunciar ni a la investigación científica ni al método científico, que siempre habrá nuevo conocimiento que ninguna otra individualidad realizará gratuitamente en su lugar.

3. Para la organización de la convivencia se han usado, a lo largo de la historia, sobre todo, dos formas de conocimiento: el revelado y el artístico. El método científico es reciente y en él se basa, por ejemplo, la democracia moderna. Por lo tanto, no hay que divulgar sólo los contenidos de la ciencia (sus logros), sino también su método y su práctica. Es una idea para hacer madurar la propia democracia.
4. Progreso no significa en absoluto acumulación de magnitudes extensivas, aumento de eficacia y reducción de riesgo, sino más bien ganancia de independencia respecto de la incertidumbre del medio. Ello requiere movilidad y sistemas generadores de innovaciones. Hay algunas ideas a favor de este nuevo concepto: estimular espacios de encuentro y conversación (¡más cafeterías!), promiscuidad de conocimientos, xenofilia... Dos empresas que se funden aumentan de tamaño y de capacidad para absorber fluctuaciones por inercia, lo que sólo es bueno si, globalmente, no afecta al grado de independencia.

La humanidad ha colonizado el planeta con el conocimiento y el método de la ciencia, con la contradicción de que no los usa más allá de los laboratorios y aulas científicas. En otras palabras, el ser humano usa la ciencia para vivir, pero no para convivir. Empezar a disolver esta contradicción es quizá el principio del nuevo paradigma.