

Jorge Wagensberg es director del Museu de la Ciència de la Fundació La Caixa de Barcelona. Es, asimismo, director de la colección *Metatemáticas*, dedicada al pensamiento científico.

Cómo perseverar cuando la incertidumbre aprieta bajo la ley general del cambio

Jorge Wagensberg

Perseverar, en el mundo inerte, significa seguir estando; en el mundo vivo significa seguir vivo; y en el mundo culto significa seguir conociendo. Cada vez que la incertidumbre del entorno fluctúa, se replantea la cuestión. Entonces la selección (fundamental, natural o culta) actúa sobre individualidades y éstas ganan así nuevas funciones en favor de seguir estando, seguir viviendo o seguir conociendo. Los objetos inertes no tienen estímulos que les empujen a seguir. Pero cualquier cambio, cualquier fenómeno, requiere energía y riesgo. La selección natural en cambio suele consolidar estímulos del tipo placer-dolor que vencen la pereza de gastar energía o el miedo a ponerse en peligro. Pero ¿entre qué alternativas se produce la selección? Las alternativas en la selección culta dependen de la creatividad de la mente. Pero ¿qué se puede decir del mapa de alternativas en el mundo vivo? ¿Donde encuentra la selección natural su campo propio de opciones? ¿Cómo seguir vivo cuando la incertidumbre aprieta?

Para empezar, necesitamos un principio de definición. Usaremos ésta:

Un ser vivo es un objeto que tiende a mantener una identidad independiente de la incertidumbre de su entorno.

La calidad de vivo se gana en cuanto la palabra «tendencia» incluye la facultad de modificar el correspondiente entorno. Un cristal de cloruro sódico es una individualidad en ciertos ambientes, allí donde resiste ciertas variaciones del entorno sin perder la identidad propia de esta sal. Pero si el entorno cambia demasiado, por ejemplo aumenta demasiado la humedad, el cristal se disuelve. Es decir ¡no es capaz de cambiar la humedad de su entorno para seguir siendo un cristal de sal! Resiste, pero no modifica. Es una individualidad pero no un individuo vivo. El salto de la individualidad al individuo, de lo inerte a lo vivo, se produce cuando la independencia del entorno se consigue estableciendo un diálogo entre el objeto y la incertidumbre en la que éste está inmerso.

La idea del ser vivo como una individualidad es una de las tres claves de la definición que acabamos de proponer. Por otro lado, el ser vivo no es una parte cualquiera o una simple colección de otros individuos vivos. Ello no descarta, claro, que la asociación de dos o más individuos pueda llegar a dar lugar a la emergencia de un nuevo individuo vivo. Como veremos, crear una nueva identidad, aunque sea en otro orden jerárquico es, de hecho, un buen recurso para perpetuar la calidad de *vivo*.

La segunda clave está en que la relación del individuo con su entorno no se centra en la idea de adaptación sino en la idea de *independencia*, un término que tiene un nítido significado a la hora de hablar de la estabilidad de un sistema y de sus eventuales interacciones con su mundo exterior. Un pedazo de materia inerte, por ejemplo, se calienta mansamente cuando en su entorno inmediato aumenta la temperatura. Se adapta. Un ser vivo, en cambio, tiende a reorganizarse para que su temperatura se mantenga como si en el entorno

no hubiera ocurrido nada. Cambia para que nada cambie. La clave *independencia* proporciona a la clave *individuo* un sentido más relevante.

Pero la tercera clave es quizá la clave de las claves: consiste en elegir la *incertidumbre* como la medida relevante del entorno. Lo esencial no es atender y responder a unas fluctuaciones concretas y determinadas del entorno, sino tener la elasticidad para encajar las fluctuaciones de un entorno en principio caprichoso e imprevisible. Resulta fácil inventar una máquina que anule los efectos de unas perturbaciones conocidas de antemano, pero resulta muy difícil construir una máquina que se defienda de la incertidumbre. Con esta definición ganan sentido otros conceptos que han caído en desgracia en biología. Por ejemplo, nos regala, como efecto colateral un nuevo significado para la palabra progreso tantas veces defenestrado cuando se trata de hablar de algo vivo ①.

Un individuo progresa en un entorno si gana independencia con respecto a él.

Para ser más explícitos: un individuo pasa de un estado A a un estado B, tal que B es más progresivo que A, si el estado B es más independiente de la incertidumbre del entorno que A. El concepto es nuevo y ahora se trata de ver si, con esta definición, la palabra es capaz de recuperar el prestigio perdido en ciencia con las contradicciones y ambigüedades de las anteriores definiciones. También se trata de poner la idea a prueba para ver si con ella se consigue un nuevo enfoque de la evolución de las formas vivas. Tenemos por delante una cuestión crucial: conocer (comprender) las alternativas que le quedan a un individuo vivo cuando resulta que la incertidumbre de su entorno aumenta. Empecemos por esto último ¿cómo dibujar un panorama de las alternativas disponibles? ¿Cómo integrar nuestros actuales conocimientos en física, química y biología para trazar un mapa de las alternativas para seguir vivo?

En el año 2000 propuse un intento de respuesta en la revista *Biology and Philosophy* ② que despertó cierto interés ③, ④. Se trata de una síntesis en forma de identidad matemática que procede de un especial engarce entre la termodinámica del no-equilibrio (intercambio de materia y energía del individuo con el entorno) y de la teoría matemática de la información (intercambio de información con el entorno). Se trata de una relación inviolable entre cuatro conceptos trascendentes de la relación de un objeto con su entorno. La nombraremos como *ley general del cambio* y en palabras suena así:

La complejidad de un individuo más su capacidad de anticipación respecto del entorno, es igual a la incertidumbre del entorno más la capacidad del individuo para cambiar el (o de) entorno.

Se puede proponer, como veremos, una generalización que va más allá de los propios seres vivos en los que se ha inspirado su deducción y propuesta. Analicemos de momento, uno a uno, los cuatro conceptos:

La *complejidad* mide la variabilidad de estados accesibles al individuo vivo. Es una expresión de su identidad. Si por ejemplo hablamos de la propiedad color, el término será casi nulo para un oso polar (cien por cien de un sólo color), ligeramente mayor para una cebra (blanco y negro en torno al cincuenta por ciento) y mucho más grande para un vistoso pez tropical. En cambio la complejidad será máxima si los colores están repartidos por igual entre diferentes posibilidades. La complejidad, como cualquiera de las otras tres magnitudes se mide en unidades de información (bits por ejemplo) como la masa se mide en kilogramos.

① Wagensberg, J. en *El Progreso: ¿Un concepto acabado o emergente?*, Metatemas 52, Tusquets, eds, 1998.

② Wagensberg, J. «Complexity versus Uncertainty and the question of staying alive», *Biology and Philosophy*, 2000.

③ Dennett D. C., *Freedom evolves*, Viking Press, 2003.

④ Altenberg Workshops, en *Theoretical Biology*, The Konrad Lorenz Institute Research, Altenberg, octubre 1999.

La *incertidumbre* es la complejidad del entorno. Es decir: expresa la variabilidad de estados accesibles al entorno. Si seguimos hablando de la propiedad color como ejemplo, el término será casi nulo para un paisaje ártico y bastante mayor para un jardín botánico en flor. Si hablamos de estados atmosféricos posibles, otro ejemplo, entonces será mayor la incertidumbre de una selva tropical que la del fondo de una fosa marina donde la luz ambiental no existe (oscuridad total cierta y permanente) y donde la temperatura apenas cambia unas centésimas de grado a lo largo de todo el año. Es un término imprescindible a la hora de hablar de un ser vivo y da cuenta directamente de lo caprichoso de las fluctuaciones ambientales. Yo diría incluso que la incertidumbre del entorno es parte inseparable de un ser vivo. No tiene demasiado sentido, por ejemplo, comparar dos seres vivos entre sí prescindiendo de cuáles son sus entornos. Obsérvese que con ello la idea coloquial de incertidumbre, como sinónimo de azar, caos o ignorancia, adquiere aquí un sentido bien claro, mensurable y objetivo. Tanto, claro, como cualquiera de los otros términos de la identidad.

La *capacidad de anticipación* de un ser vivo expresa la variabilidad de los estados accesibles (o complejidad) de un individuo vivo, una vez fijados (conocidos) los estados accesibles al entorno. Se trata pues de un interesante término cruzado entre el sistema y su entorno. La capacidad de anticipación de una lombriz, que sólo detecta ciertos cambios groseros de humedad o de luz ambiental, es pequeña. La capacidad de anticipación de la torre de control de un aeropuerto en cambio, es grande. El sistema inmunológico, la inteligencia y el propio conocimiento científico son claros logros de la evolución para ganar anticipación.

La *capacidad de cambiar el (o de) entorno* expresa la variabilidad de estados accesibles del entorno, una vez fijados (conocidos) los estados accesibles del individuo. Es pues otro interesante término cruzado, el término cruzado simétrico. Puede tener el sentido directo de *impacto ambiental*, muy pequeño en el caso de un inmenso desierto transitado por un solitario beduino o muy grande si se trata de la afluencia masiva de bañistas a una pequeña playa. Pero también expresa, y es el quid de la cuestión, la manera accesible al ser vivo para introducir modificaciones en su entorno. En esencia hay dos modos: la tecnología (cambiar el entorno) o la movilidad (cambiar de entorno).

La *ley general del cambio* es una identidad matemática (no confundir con la identidad de un objeto o de un individuo, concepto representado, justamente, por el primer término de la identidad matemática). Una ecuación sólo se cumple para unos valores de las variables que llamamos soluciones. En cambio una identidad se cumple para todo valor de las variables. Por ello es inviolable e insoslayable. Si resulta que la incertidumbre del entorno de un individuo aumenta, entonces se abren tres grandes alternativas para seguir vivo: mejorar la anticipación, la movilidad y/o la tecnología. Se trata, atención, de una restricción. No esconde ninguna clase de obligación. Justamente, hay muchas soluciones compatible con la restricción determinada por *ley general del cambio*. Entre las soluciones posibles (entre las soluciones que no contradicen la ley), hay donde elegir. Por ello tiene sentido hablar de selección. Nos estamos ocupando de seres vivos y, por lo tanto, de la selección natural favoreciendo la idea de seguir vivo. Adelantemos sin embargo que la ley es del todo universal. Nada hay en ella que obligue a restringir su vigencia a los seres vivos. Por lo tanto, nada se opone a generalizar su uso a la selección fundamental que favorece la idea de seguir estando, ni a la selección culta que favorece la idea de seguir conociendo.

La selección (fundamental, natural o culta) es un filtro que deja pasar las innovaciones que favorecen la independencia de alguna clase de individualidad respecto de la incertidumbre del resto del mundo.

He aquí, por el mismo precio, otra interesante manera de mentar el concepto función. El significado profundo de esa propiedad de los objetos llamada función contiene las garantías de independencia para perseverar en la realidad. La noción de individualidad (y de individuo vivo) que hemos preparado precontiene este significado. No se trata de una circularidad lógica sino de una coherencia entre conceptos de un mismo esquema. Por eso comprender un objeto de la realidad equivale a captar sus funciones, es decir, las garantías de independencia que hacen que se observe tal objeto en la realidad con la precisa frecuencia con la que se le observa. Esta es la idea central con la que trataremos de comprender la emergencia de las formas.

El propio esquema conceptual brinda la generalización de lo natural a lo inerte y lo culto. Las diferentes estrategias para seguir vivo deducibles de la *ley general del cambio* (y que vamos a revisar a continuación) admiten una extensión a cualquier clase de materia. Para ello basta ampliar la idea de «seguir vivo» hasta la idea spinoziana más general de perseverar en la realidad. Ya hemos visto cómo: perseverar en la materia inerte significa resistir la incertidumbre, perseverar en la materia viva significa modificar la incertidumbre y perseverar en la materia culta significa anticipar la incertidumbre. El significado de individuo también adquiere sus matices en cada materia. En la materia inerte los individuos son ciertos objetos trascendentes y estables (son las partículas, átomos, moléculas, cristales...). En la materia viva los individuos son ciertos objetos como los genes, las células, los organismos, las poblaciones... Pero quizá sea en la materia culta donde el concepto de individuo es más nítido: la mente. La selección culta es obra de una mente. La mente es el último sujeto de conocimiento. Pensar, pensar, pensar, piensa una mente. El paso siguiente sería el grupo humano. Con ello entramos sin duda en política. Se puede hablar incluso de una selección más como candidata a nuestro esquema conceptual. En ese caso habría cuatro clases de selección bien distintas: selección fundamental, selección natural, selección culta ¡y selección social! ¿Cómo se toma una decisión colectiva? Eso es política. En un extremo está la autocracia en sus diferentes versiones: una mente convence al resto de las mentes para que deleguen en ella el acto de seleccionar, luego vienen las distintas formas de participación, las distintas maneras de elaborar una selección colectiva. Entre ellas está por ejemplo la democracia...

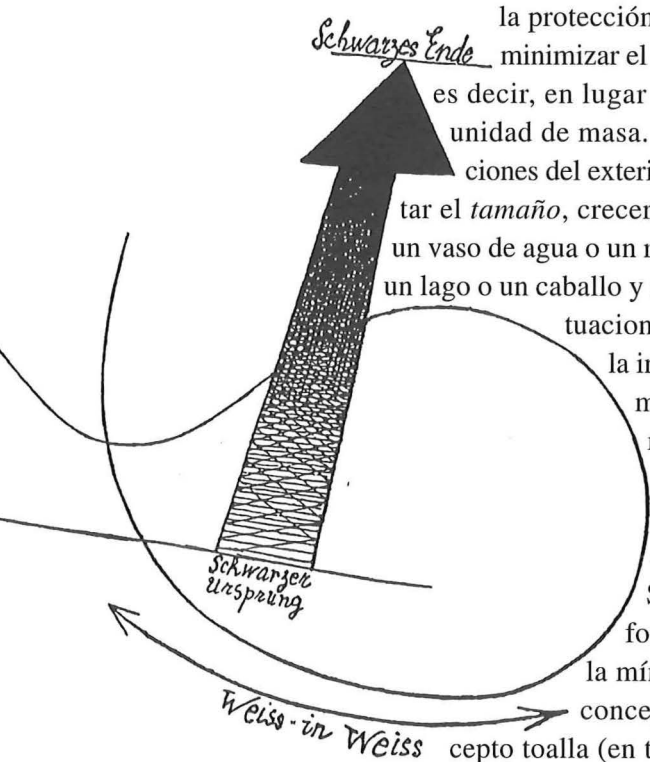
Pero sigamos con los seres vivos cuya gran ilusión es, como bien se sabe, seguir vivos. Con la posibilidad de la generalización en mente, nos disponemos ahora a plantear la cuestión central de la evolución en el caso de la materia viva. Se trata de estudiar las alternativas disponibles que tiene un ser vivo para perseverar cuando la incertidumbre de su entorno aumenta. Sobrevolemos, aunque sea rápidamente, tres grandes familias de soluciones. Son la *independencia pasiva*, la *independencia activa* y la *nueva independencia*. Se trata de ver lo que da de sí la *ley general del cambio* en el caso de la materia viva. La extensión de lo que sigue a la materia inerte es casi trivial. La extensión de lo que sigue a la materia culta da sin duda para un libro.

Independencia pasiva La manera trivial de ser independiente consiste en aislarse. Si no se intercambia nada con el exterior (materia, energía o información), el exterior no influye en el interior, y viceversa. Sólo que para un ser vivo, tal cosa no es en principio demasiado interesante porque el único estado termodinámico compatible con el aislamiento es el equilibrio termodinámico, el estado donde ya ha ocurrido todo lo que podía ocurrir. Biológicamente hablando: la muerte. Sin embargo la vida aprovecha aproximaciones de riesgo cerca del estado que la niega.

Un caso es la independencia pasiva por *simplificación*. Consiste en reducir la actividad interior casi a cero. En condiciones muy especiales de baja complejidad, tal cosa puede ser soportable. Es el caso de *sistemas* provisionalmente lo bastante simples como las semillas, esporas u otras formas resistentes, que pueden esperar inactivos la llegada de tiempos mejores. También es el caso de sistemas no tan simples, pero que renuncian a buena parte de su *actividad* a la espera de una mejora de las condiciones del entorno, como la hibernación, la latencia o el letargo...

El segundo caso es la independencia pasiva por *aislamiento*. Aquí, al anularse el intercambio, la identidad del sistema queda a merced de su propia actividad interna lo que, al menos parcialmente, puede no ser nada grave. Es *el abrigo*, una manera eficaz de protegerse de ciertas fluctuaciones ambientales más bien previsibles (el pelo invernal, la protección de un nido, de un caparazón blindado...).

La otra manera de minimizar el efecto del intercambio con el exterior es reducir su efecto local, es decir, en lugar de anular su valor absoluto se reduce su valor relativo a la unidad de masa. Es *la inercia*; una manera eficaz de amortiguar las fluctuaciones del exterior, si el aislamiento es difícil, consiste sencillamente en aumentar el *tamaño*, crecer y ser grande (respecto de las fluctuaciones de temperatura: un vaso de agua o un ratón sufren más la fluctuación de un grado de temperatura que un lago o un caballo y éstos a su vez más que un mar o una ballena; respecto de fluctuaciones del peligro a ser devorado: una ballena depende menos de la incertidumbre del entorno de depredadores que un caballo y éste menos que un ratón). Y, atención, otra manera consiste en alterar la *forma* de la frontera del individuo con el exterior, en particular reducir la relación volumen-superficie (cuando un pájaro extiende sus alas al sol aumenta dicho parámetro para conseguir lo contrario, aprovechar las fluctuaciones exteriores). Si de lo que se trata es de no perder materiales, calor u otra forma de energía, lo más eficaz es adoptar la forma que suponga la mínima superficie posible. Es la esfera, el concepto contrario al concepto de radiador de calefacción (en temas de calor) o al concepto de toalla (en temas de quitarse el agua). El instinto universal de un animal que tiene frío es acurrucarse, donde acurrucarse significa acercarse todo lo posible a la forma de una esfera, la forma que más tiempo retiene el calor interior.



Paul Klee:
Formación de la flecha negra

Independencia activa

Una manera no trivial de ser independiente consiste en cambiar todo lo que haya que cambiar de la actividad interna y del intercambio con el exterior para conservar la complejidad de la propia identidad. Representa la vida propiamente dicha de los organismos y requiere un genuino concepto de autoorganización, es decir percibir las fluctuaciones y actuar en consecuencia. El intercambio de materia, energía e información mantiene al sistema lejos del equilibrio termodinámico. Ahora es la *ley general del cambio* la que nos orienta sobre las alternativas para seguir vivo. Se trata de mantener la complejidad cuando aumenta la incertidumbre.

Un camino consiste en intentar aumentar la capacidad de anticipación. Cuanto mayor sea esta facultad más independiente será de la incertidumbre del entorno. Una rata está mejor preparada para amortiguar los caprichos del entorno que una lombriz de tierra. El comportamiento críptico es un modo de independizarse de posibles depredadores y está claro

que tal cosa se consigue con una buena información fluyendo entre el individuo y sus alrededores. El sistema nervioso, los órganos de la percepción, el cerebro y las prestaciones de éste, como los distintos grados de inteligencia, siguen ciertas líneas evolutivas que no se explican tanto en virtud de una secuencia de selecciones naturales a favor de la adaptación al medio, sino a favor de una protección contra su incertidumbre. A esta idea se podría objetar ¡y se objeta! que no ocurre lo mismo con muchas otras líneas evolutivas, que hay formas estancadas, incluso regresivas. Es verdad, pero la presunta objeción encaja también en nuestro esquema conceptual, porque tales casos ocurren en entornos en los que la incertidumbre disminuye. Y en esas condiciones surge el especialista que a veces, a cambio de eficacia o bajo costo, regresa y aumenta su riesgo de ser sorprendido por un capricho de la incertidumbre. No sólo no es un contraejemplo, sino que supone un test suplementario de consistencia del esquema que proponemos. Es lo que ocurre en las profundidades abisales de los océanos, donde la temperatura apenas fluctúa, donde la luz es constantemente nula (reino vegetal ausente) y donde todo lo que tiene algún interés viene de arriba, «cae del cielo», de las capas superiores. La incertidumbre del entorno es casi nula y sus habitantes pueden instalarse y especializarse en cualquier estrategia compatible. Es lo que ocurre en un bosque sin depredadores con abundancia de un alimento que pocos apetece, como el eucalipto. La especialización tiene algunas ventajas respecto del intercambio de materia y energía, sobre todo de costo y eficacia. No hay que ir rápido, no hay que competir, no hay que buscar, no hay que proteger... no hay que anticipar. Pero atención, el especialista es sumamente frágil respecto de un entorno poco incierto, cuando ¡ay! éste deja de serlo. De la capacidad de anticipación dependen funciones tales como el sistema inmunitario y la inteligencia.

El otro camino tiene dos vertientes, pues consiste en (uno) mejorar su capacidad para cambiar el entorno (tecnología) o en (dos) mejorar de entorno (movilidad). Las herramientas, el dominio del fuego, la agricultura o la ganadería son logros tecnológicos que contribuyen a seguir vivo al ganar independencia. El fuego, por ejemplo, aumentó la diversidad de la dieta en una proporción enorme e independiza de las tres o cuatro cosas tiernas y digeribles accesibles en un momento y lugar. Lo mismo puede decirse de una economía basada en el dinero respecto de una economía basada en el trueque. Con el dinero no dependemos de los caprichos del cazador o del recolector para subsistir. El abrigo, que antes hemos comentado en su versión pasiva se convierte aquí en genuina arquitectura de nidos, madrigueras y toda clase de impensables refugios y construcciones. La otra vertiente de esta posibilidad es nada menos que la capacidad de un individuo para moverse dentro de su entorno. Cualquier prestación del movimiento puede jugar decisivamente a favor de la independencia del individuo respecto de la incertidumbre. Es curioso notar, por ejemplo, que el comportamiento críptico se puede lograr de maneras que encajan perfectamente aquí. Una es disfrazándose hasta hacerse indistinguible del paisaje inmediato (como hace un camaleón y tantísimas otras especies), pero cuando no se tiene capacidad alguna de disfraz todavía queda la posibilidad de actuar a la inversa, buscar una parte del paisaje que se parezca al individuo y esconderse en él (como hacen tantísimas otras especies). El ejemplo de la aleta para nadar de peces, mamíferos y pájaros sirve también pero como ilustración de la larga carrera de la movilidad.

Es curioso constatar que las funciones que favorecen la independencia de los individuos vivos de la incertidumbre de ciertos entornos pueden llegar a contradecirse entre sí.

La inercia por tamaño, la defensa y la movilidad, por ejemplo, llegan con frecuencia a una situación de aparente dilema. Moverse con agilidad en según que paisajes requiere no ocupar demasiado espacio, así que el crecimiento puede llegar a dificultar la movilidad (como ocurre con la cornamenta de tantos herbívoros). En estos casos la solución es de compromiso, donde el compromiso es una nueva función-pacto que hace viables otras dos en conflicto. La nueva función que hace que crecer y moverse se reconcilien finalmente puede ser por ejemplo el empaquetamiento. Y no hay inconveniente en adelantar que la emergencia de una forma viva puede conseguirlo: la espiral.

Independencia nueva Otra manera no trivial de independizarse cuando la incertidumbre aumenta consiste en renunciar a la propia identidad y seguir vivo con otra (¿más independiente?). Ya hemos comentado que con la selección natural la solución precede al problema así que, hablando correctamente, digamos que un cambio de identidad, cualquiera que sea la causa, puede ser una solución cuando el capricho de la incertidumbre se presenta.

La reproducción y la asociación son prestigiosos procedimientos para crear identidades nuevas. Cualquier error de replicación es una innovación que se propaga con la reproducción, pero sobre todo con la reproducción sexual, un verdadero generador de variabilidad por combinación de las identidades de individuos diferentes. La nueva identidad puede ser más o menos independiente de la incertidumbre del entorno. Pero está claro que si lo es más, tendrá más cartas para afrontar la nueva compatibilidad con el entorno. El descarte de innovaciones (cambios inviables) aumenta con la incertidumbre reinante. Las que quedan pueden suponer un aumento de la independencia o, de momento, simplemente «quedarse ahí». Quedarse ahí hasta que la propia selección las elimine o hasta que, en otro estado del entorno, la innovación sí suponga una ventaja en el sentido de una ganancia de independencia. Con el tiempo, las innovaciones seleccionadas se acumulan. Una incertidumbre baja o constante no tiene por qué animar una línea en algún sentido progresiva de innovaciones. Resulta que todos los entornos no tienen la misma incertidumbre. Resulta que la incertidumbre de un entorno no tiene por qué mantenerse constante. La evolución de una forma viva no se comprende por su capacidad de adaptación a una clase de entorno, sino por su capacidad de independencia respecto de las variaciones de tal entorno. La llamada presión selectiva no se produce por una competencia ante un reto determinado, sino que es el resultado de un aumento de la incertidumbre del entorno. El concepto de progreso es un concepto que a biólogos como Gould les pone los pelos de punta. Si progresar es ganar independencia respecto de la incertidumbre del entorno, entonces... ¡Claro que hay líneas progresivas y líneas regresivas! Cuando la incertidumbre aumenta, la complejidad de los sistemas tiende a aumentar, es el aspecto vertical de la evolución. Cuando la incertidumbre es baja, lo que aumenta es la diversidad, es el aspecto horizontal de la evolución. Los dos aspectos se alimentan mutuamente ya que una buena diversidad supone un buen conjunto de posibles para que la selección natural seleccione. El aumento de la complejidad puede traducirse ¿por qué no? en una línea progresiva.

Otra manera de crear una nueva identidad es a partir de dos viejas identidades. Es cuando dos individuos se asocian para crear un nuevo. Existen como mínimo dos grandes modos para generar asociaciones viables: entre individuos similares –digamos en sentido amplio: sociedad– y entre individuos distintos –digamos en sentido literal: simbiosis. El

primer caso abarca desde el concepto de familia hasta el de sociedad propiamente dicha, pasando por el de mero agregado, conjunto gregario o tipo manada. Se trata de una situación fundamentalísima que explica cómo los individuos escalan los niveles jerárquicos de la organización de la materia viva. La idea es clara en nuestro contexto:

El individuo sacrifica algo de su identidad individual a cambio de ganar algo de independencia respecto de la incertidumbre de su entorno.

El sentido de la selección natural también adquiere ahora un brillo especial:

El individuo aumenta su dependencia con otros individuos similares y se integra en un conjunto que es viable si es menos dependiente de la incertidumbre del entorno, de lo que lo son los individuos por separado.

Los ejemplos son interminables. Un ñu solitario depende más de las inclemencias del entorno que un ñu en manada. Los pingüinos regulan mejor las fluctuaciones de temperatura gregariamente... La identidad de un individuo construido por asociación puede ser tan fuerte que su nueva unidad se hace irreversible. Eso es sin duda lo que ocurre con los insectos sociales. La colonia de hormigas es, sin la menor duda, un individuo vivo más independiente de la incertidumbre del entorno (¡y más complejo!) que cualquiera de sus miembros (es más que la mera suma de complejidades). El tema adquiere aquí matices apasionantes. ¿Cómo fue el tránsito hacia los primeros metazoos? Durante miles de millones de años sólo hubo bacterias cuya independencia fue transformando el entorno. No sabemos cómo, pero hace unos cientos de millones de años, el método de crear nuevos estados estacionarios por asociación dio sus primeros frutos. Hoy sabemos que, en condiciones desfavorables del entorno, muchas bacterias se agregan ⑤ estableciendo entre ellas incluso vínculos mecánicos, lo que confiere al conjunto una textura de fina y consistente película. Reaparece la misma idea: el aumento de la incertidumbre del entorno es la presión que anima la escalada a través de las sucesivas estructuras jerárquicas.

Otra manera de crear una nueva identidad por asociación es por la integración de dos o más individuos diferentes. Es la simbiosis, un hermoso fenómeno que ha dado lugar a elegantes propuestas sobre la evolución de las especies ⑥. La idea se lee aquí, en esencia, como en el caso anterior de la asociación:

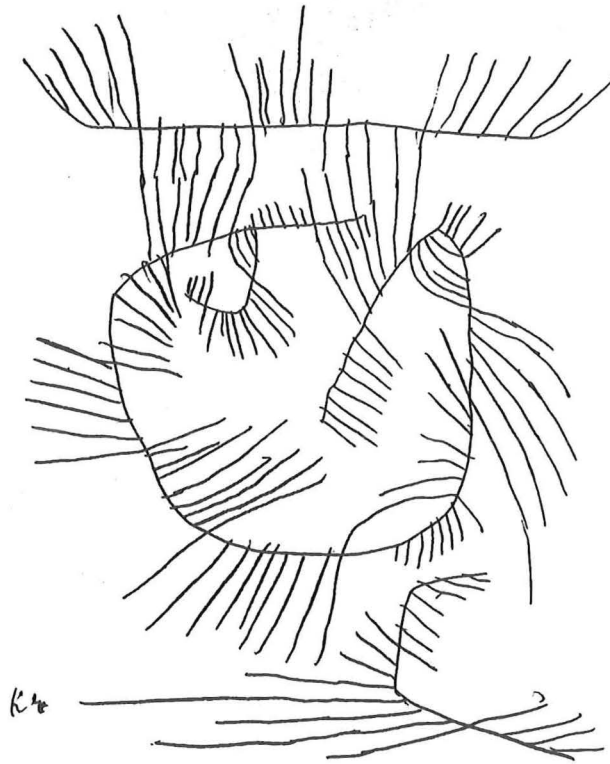
El resultado de la simbiosis es más independiente respecto de la incertidumbre del entorno, que cualquiera de los simbiosistas por separado.

Además, la simbiosis no es en general una mera yuxtaposición de identidades diferentes. Entre los elementos que pactan una simbiosis suele haber una interacción no nula, lo que genera un nuevo individuo cuya independencia es incluso mayor que la de la suma de sus partes. Las ilustraciones aquí son también sencillamente inagotables. Digamos sólo que una célula que come bien y se mueve mal se puede aliar íntimamente con otra que come mal pero que se mueve bien, para inventar una nueva célula nueva mucho más independiente de la incertidumbre del medio que cualquiera de las dos firmantes del pacto. Margulis ha mostrado la potencia generadora de la simbiosis en microorganismos y nadie duda que tal cosa se extienda con enorme insistencia en todos los sentidos y niveles de la organización biológica. La presión de la incertidumbre del entorno es el gran estímulo para el establecimiento de pactos simbióticos.

⑤ Wagensberg, J. (1982) «Patterns in Nonequilibrium Organization». En *Selforganization and Dissipative Structures*. The University of Texas Press, 14 (239).

⑥ Margulis L. y D. Sagan, *Microcosmos*. Metatemas 39, Tusquets eds., 1995.

En suma, está claro que la ciencia nunca verá sus modelos y teorías libres de contradicciones. Se trata de contradicciones entre distintas teorías y contradicciones entre teorías y experiencia. Y no sólo hay contradicciones, sino lagunas, es decir, pedazos de realidad aún ininteligibles. La ciencia no es coherente ni completa. Tiene contradicciones y tiene lagunas. Por eso hay que seguir haciendo ciencia cada día. El darwinismo es hoy, sin duda, la fuente de contradicciones y lagunas que mejores y más profundas cuestiones plantea a los intelectuales de la ciencia. La evolución biológica es todo un reto. Sin embargo, creo que falta un esquema conceptual con el que biólogos, físicos, geólogos, matemáticos y demás científicos puedan entenderse. Un esquema conceptual es una lista de conceptos y de principios actualizados a la realidad conocida y al idioma interdisciplinario. Sobre eso, y no sobre otra cosa, he querido ofrecer aquí algunas intuiciones.



Paul Klee:
En sí mismo (1938)

1938 R 71 in sich

