
EVOLUCIÓN, TEORÍA DE LAS EXTINCIONES, COMPLEJIDAD

Evolution, Theory of Extinctions, Complexity

CARLOS EDUARDO MALDONADO¹, Ph. D.

¹Profesor Titular, Universidad del Rosario. Bogotá D.C., Colombia.
carlos.maldonado@urosario.edu.co

Presentado 21 de septiembre de 2009, aceptado 10 de noviembre de 2009, correcciones 18 de mayo de 2010.

RESUMEN

Este texto discute la posibilidad del desarrollo de una teoría de las extinciones, una teoría inexistente hasta la fecha, y que vendría a ser la contraparte o el complemento de la teoría de la evolución. El problema central es el de la exploración de una teoría general de la complejidad, una tarea que permanece abierta e inconclusa hasta el momento. La paleontología y la biología evolutiva pueden verse como las dos caras de una moneda cuyo rasgo distintivo no es el gradualismo, sino los equilibrios puntuados y el catastrofismo. El tema de las extinciones se concentra aquí en la importancia y el papel de las extinciones masivas. A partir del diálogo entre biología y paleontología, evolución y extinciones, varias reflexiones se extrapolan al plano social, cultural y filosófico. El marco amplio es el de las ciencias de la complejidad.

Palabras clave: cambio, extinciones masivas, leyes de potencia, no-linealidad, teoría de la evolución.

ABSTRACT

This paper discusses the possibility of reaching a theory of extinctions, a theory nonexistent so far that can be taken as complementary to the theory of evolution. The core problem is here the exploration of the general theory of complexity, a task that remains open and without a definite conclusion until now. Paleontology and biology can be grasped as the two faces of one and the same token whose most salient feature is punctuated equilibria and catastrophism, and not gradualism any longer. Extinctions are viewed here particularly as massive extinctions. After the dialogue between paleontology and biology, evolution and extinctions, a number of reflections are extrapolated to the social, cultural and philosophical framework. The general context hence is the one provided by the sciences of complexity.

Key words: Change, massive extinctions, non-linearity, power laws, theory of evolution.

INTRODUCCIÓN

He venido trabajando, con algún grado de sistematicidad, en el desarrollo de una teoría general de la complejidad - una expresión que es desafortunada, pero que sirve sencillamente como anuncio de las investigaciones que me ocupan y que se refieren, con seguridad, a la arista más difícil en el estudio de los sistemas complejos no-lineales (Maldonado, 2007a; Maldonado, 2007b; Maldonado, 2009). Dicho genéricamente, el tema de una teoría general de la complejidad

–una expresión equívoca, pero que aquí debe ser tomada, por lo pronto, en un sentido amplio o indicativo y no técnico–, es el de explicar cómo y por qué los fenómenos se hacen complejos. Ahora, que las cosas, los sistemas, la naturaleza, el universo, tienden a hacerse cada vez más complejos no es, sin embargo, una característica de fatalidad, pero tampoco un rasgo favorable o beneficioso. No siempre es necesario, deseable o bueno que las cosas se hagan complejas. Pero cuando sucede, tenemos la obligación intelectual, y en ocasiones la necesidad, de explicar la complejidad creciente.

El trabajo en complejidad es concomitante, por decir lo menos, con el trabajo en torno a la teoría de la evolución, sin duda, la mejor teoría habida hasta la fecha en el estudio de dinámicas, procesos, cambios, transformaciones. Aun cuando se trate, como es efectivamente el caso, de una teoría incompleta, hasta la fecha (Mitchell, 2009). De hecho, no hay ninguna dificultad en afirmar que la teoría de la evolución atraviesa transversalmente, por así decirlo, a todas las ciencias, teorías, modelos constitutivos en general de las ciencias de la complejidad.

El estudio de los sistemas complejos es, propiamente dicho, la explicación de los sistemas caracterizados por complejidad creciente. Sin embargo, la complejidad no es un fenómeno que acaezca de manera necesaria ni inevitable. La evolución conduce a los sistemas al límite en el que deben hacerse complejos si es que quieren subsistir. La forma como ello sucede es por vía de la adaptación. Los sistemas evolutivos exitosos son sistemas adaptativos, como es sabido.

Si existe un elemento que distinga a los sistemas complejos de aquellos que no lo son, se trata del papel del tiempo. El tiempo desempeña un papel constructivo, creativo, y no ya simplemente negativo o destructor. La complejidad es el tiempo mismo. Pues bien, la teoría de la evolución implica una flecha del tiempo de creación, de complejización, en el más estricto sentido darwiniano de la palabra. Pero el reto de las extinciones –notablemente, de las extinciones en masa– introduce el problema de un quiebre en la flecha de complejización y creación de formas, estructuras y patrones de vida. Así, el tema se convierte, por así decirlo, en el desarrollo de una teoría del tiempo que haga compatibles creatividad conjuntamente con ruptura y discontinuidad. La dificultad enorme es que la flecha del tiempo de la evolución implica regularidad, mientras que las extinciones entrañan aleatoriedad.

Quiero sostener aquí la tesis según la cual no es posible comprender plenamente el significado y el alcance de la teoría de la evolución sin comprender, al mismo tiempo, su contracara, por así decirlo. Se trata de la teoría de las extinciones. Esta teoría tiene una tarea difícil que explicar, a saber: por qué existe y ha existido el fracaso y, más exactamente, cómo es posible que la mayoría de los fenómenos, sistemas, seres vivos, empresas humanas, fracasen. Dicho de manera más radical: cómo explicar el proceso evolutivo supuesta, justamente la complejidad, esto es, la complejidad creciente de la naturaleza – una idea de claro cuño darwinista.

Sin embargo, existe una dificultad enorme: no existe, hasta la fecha, nada semejante a una teoría de las extinciones. A lo sumo, podemos hablar de clasificaciones de extinciones y del trabajo en torno a la identificación de pautas subyacentes a las diversas formas de extinción. Lo que es aún peor: no existe absolutamente ningún modelo, y mucho menos una teoría, que integre o ponga en comunicación a los dos fenómenos fundamentales del universo, de la naturaleza y de la sociedad: la evolución y la extinción. Quiero sugerir girar la mirada en esta dirección. En ella se encuentra, con seguridad, el tema de una teoría general de los sistemas complejos adaptativos.

Ahora bien, mientras que la atracción de la teoría de la evolución consiste en poner de manifiesto cómo y por qué numerosos sistemas triunfan, la teoría de las extinciones se ocupa de la tarea de hacer inteligible por qué razón el fracaso es, por así decirlo, ubicuo. La biología no es, de ninguna manera, una ciencia del pasado. Creería, incluso que es todo lo contrario. Ahora bien, en el estudio de las dinámicas temporales, las ciencias del pasado abren, recientemente, una

ventana totalmente inopinada. Se trata del problema de las extinciones; en fin, por ejemplo, de los colapsos de formas de vida, ecosistemas, e incluso de sociedades, culturas y civilizaciones.

EL RETO DE UNA TEORÍA DE LAS EXTINCIONES

Darwin publica en 1859 *El origen de las especies por medio de la selección natural* en el que presenta de manera detallada a la selección natural como el mecanismo distintivo que permite explicar la lógica de la vida; es decir, de los sistemas vivos. Según Darwin, esta lógica se caracteriza por un progreso continuo y un proceso de complejidad creciente, anatómica, fisiológica y termodinámica. Los primeros ocho capítulos de *El origen* están dedicados a la exposición de esta lógica (Darwin, 1995).

El capítulo primero, *Variación bajo domesticación*, comienza presentando las causas de la variabilidad, los efectos del hábito y la importancia de la herencia y las correlaciones de crecimiento y termina con el estudio de las circunstancias favorables que explican el poder selectivo de los seres humanos. El segundo capítulo, *La variación bajo la naturaleza*, discute con detenimiento las variaciones, y es en realidad una presentación acerca de la variedad o diversidad de las especies vivas. El tercer capítulo, *La lucha por la existencia*, discute las diversas acepciones del concepto de selección, y su relación con la variedad de plantas y animales, y en él se precisa que la selección opera en los individuos, no en las especies. El cuarto capítulo, *La selección natural*, contrasta la selección en la naturaleza en contraste con la selección que representa la cultura humana, discute las circunstancias favorables y desfavorables de la selección, destaca la importancia de la selección sexual, y pone de manifiesto que a partir del origen en un pariente común, la selección opera a través de la divergencia del carácter y extinción. El capítulo quinto, *Leyes de la variación*, llama la atención acerca de nuestra ignorancia acerca de ellas, destacando que algunas condiciones externas de la vida, tales como el clima, la alimentación y otros, parecen producir ligeras modificaciones en las especies. El capítulo sexto, *Dificultades de la teoría*, se detiene en algunos malentendidos sobre la teoría de la descendencia con modificaciones, expone la famosa tesis según la cual no existen saltos en la naturaleza (*Natura non facit saltum*), y destaca que la teoría de la selección natural comprende o sirve de fundamento para la ley de la unidad de los tipos y de las condiciones de existencia. El capítulo séptimo, *El instinto*, se detiene en la comparación de los instintos con los hábitos, y luego de estudiar varios casos, plantea las dificultades de una teoría de la selección natural de los instintos. El octavo capítulo, *Hibridación*, estudia el problema de la esterilidad de los organismos de una especie, y luego de discutir el tema con relación a la fertilidad y las especies híbridas, concluye que no existe ninguna distinción fundamental entre especies y variedades.

En esta visión general y rápida, sin embargo, vale destacar que la evolución es un proceso de ramificación y no de transformación lineal - algo que el diagrama del árbol de la vida, que Darwin elabora en el capítulo cuarto, pone suficientemente de manifiesto.

En términos generales, la teoría de la evolución explica por qué triunfamos, por qué triunfa la vida; sencillamente, por qué existe la vida. La respuesta es elegante por lo sencilla. La vida es el triunfo de la adaptación supuestas las restricciones del medioambiente, y es el resultado de la selección. Junto a la selección, los otros mecanismos de la evolución son la mutación, la migración y la deriva genética.

Vista desde la perspectiva del sistema como un todo, del número total de especies, la evolución nos ofrece una estabilidad y cambio mezclados con equilibrio y desorden aparente. Es cierto que el ritmo de la evolución varía ampliamente con el tiempo pero es igualmente verdadero que ella tiene lugar a un ritmo más bien lento. Esto es cierto, particularmente cuando se lo mide con referencia a las escalas de tiempo humanas.

Pues bien, este es el primer significado de lo que significa la teoría de la evolución, a saber, en el contraste entre, y el trabajo con, diversas escalas temporales: la de los organismos individuales –que es donde propiamente opera la selección natural–, la de las especies, y la de los nichos, los biomas o los ecosistemas. Desde la perspectiva humana, se trata, adicionalmente, del trabajo con las escalas temporales humanas, manifiestamente más cortas e inmediatistas. Sin ambivalencias, es posible decir que, supuestas las contribuciones de la geología –y con nombre propio, a partir de los logros de Lyell (*Principles of Geology, Vols. I-III*)–, la teoría de la evolución es la primera de las ciencias en la historia de la humanidad occidental que nos enseña y nos exige, a la vez, pensar en términos de escalas temporales magníficas.

Pensar en términos evolutivos significa pensar en términos no-teleológicos. No existe finalidad alguna en la evolución de la vida. Aun cuando podamos afirmar efectivamente, que la vida es la respuesta del universo al problema o al reto de la entropía, la vida no sabe a dónde va. Solo, como decía Nietzsche, se quiere a sí misma. Algún autor (Dawkins) ha creído ver incluso aquí el sumo egoísmo en la vida, fundado en los genes.

La no-teleología de la vida es quizás la principal causa para el rechazo o la sospecha que la teoría de la evolución produce en círculos fundamentalistas. Toda la cultura occidental ha sido montada sobre la creencia de que existe un fin, o bien sobre la creencia de que sabe que tiene un fin o cuál es este¹.

Pero existe un segundo motivo de rechazo o sospecha sobre la teoría de la evolución, y es el desplazamiento del problema de las extinciones, y del cual se ocupa Darwin por primera vez en su libro de 1859 en el capítulo nueve, en el que acusa la imperfección de los registros geológicos. Es exactamente en el capítulo décimo, que se ocupa de la sucesión geológica de los seres orgánicos, en donde el tema de las extinciones se hace inevitable.

Para Darwin, las extinciones eran sencillamente la desaparición de un linaje específico, y se registra tan solo como fenómenos particulares referidos a cada especie. El tema de las extinciones aparece como una observación puntual, pero seria y profunda, acerca de los avatares que tiene la evolución. Sin embargo, algo así como una “teoría de las extinciones” es algo que se encuentra muy lejos en la obra misma de Darwin. Mucho más significativas al respecto son las contribuciones de G. Cuvier quien merece destacarse por dos razones, que son en realidad, una sola: de un lado, contra Darwin quien, incluso a pesar suyo, termina abrazando una filosofía del gradualismo, Cuvier es el mejor representante del catastrofismo, una filosofía que no ha merecido un reconocimiento suficiente en la historia de la ciencia, de la filosofía de la ciencia y de la cultura en general. En verdad, en el debate entre fijismo, gradualismo y catastrofismo, el papel protagónico lo ha llevado el gradualismo –como con acierto ha señalado por su parte M. Ruse–, por razones eminentemente extracientíficas. Es decir, en rigor, por razones políticas, en el sentido al mismo tiempo más amplio y fuerte de la palabra. Por su parte el fijismo ha alcanzado en algunos lugares y momentos un cierto protagonismo, notablemente favorecido por las posturas más ortodoxas de la ciencia, la religión y la sociedad. Con seguridad, después de Cuvier el mejor representante del catastrofismo, o de algo semejante, es S. J. Gould.

¹ Formulado y sistematizado por primera vez por Barrow y Tipler, 1986, el principio antrópico admite dos formulaciones, una fuerte y otra débil. De acuerdo con la primera, el universo estuvo diseñado de tal suerte que la vida y los seres humanos aparecieran necesariamente en él; y de acuerdo con la formulación débil, la vida y los seres humanos serían una variedad probable en la evolución del universo. Linde, 2004, lo pone en otros términos, así: “Sin la inflación, el universo sería feo; sin dinámicas cuánticas, estaría vacío”. Y complementa esta idea con la siguiente: “Los efectos cuánticos combinados con la inflación hacen al universo infinitamente grande e inmortal”. Pues bien, es justamente sobre la base de esta combinación que son posibles estructuras vivas estables.

En contraste con la idea generalizada según la cual la evolución podría ser entendida en un sentido progresivo, en donde la discusión sencillamente variaría entre las contribuciones que los enfoques genotípicos o epigenéticos podrían desempeñar, el problema de las extinciones implica directamente el reconocimiento de que la evolución sucede a través de largos períodos de estabilidad interrumpidos, súbita y dramáticamente, por puntuaciones que implican reorganizaciones –autoorganizaciones, en rigor– de gran escala en la biosfera. La expresión de esta comprensión de la evolución debe mucho a la (también bastante criticada) teoría de los equilibrios puntuados, formulada por primera vez por Eldredge y Gould en 1972 como alternativa al gradualismo filético (Gould, 2002; cap. 9, p. 745 y siguientes). Con todo, con seguridad, el significado más radical del problema de las extinciones estriba, manifiestamente, en el papel de la selección natural – o, según, del azar.

De otra parte, a favor de Darwin, ya en el final de la introducción a la teoría de la evolución por medio de la selección natural leemos:

La selección natural es el mecanismo que he encontrado para explicar la evolución, pero no estoy seguro que sea el único.

En otro lugar he trabajado la idea del carácter incompleto de la teoría de la evolución (Maldonado, 2007b). Quiero dejar aquí de lado este tema para concentrarme directamente en el significado de esta idea de Darwin.

La selección natural cumple, por así decirlo, una parte en los mecanismos explicativos de la evolución. Pero una parte igualmente importante la lleva a cabo el azar - una idea escandalosa, por lo demás, a los ojos de la cultura occidental habitual, para la cual el tema del azar representa un serio obstáculo cultural, emocional, cognitivo (Mlodinov, 2008).

Pues bien, digámoslo francamente: la selección natural constituye el mecanismo explicativo *par excellence* de la teoría de la evolución. Por su parte, el azar se erige, aparece, como el factor que determina cómo sucede una extinción y cuáles especies podrían repoblar de nuevo un nicho o un planeta. Como se aprecia, el problema consiste, de un lado, en una comprensión mejor del azar y, de otra parte, en los tipos de relaciones efectivos o posibles entre selección y azar.

De entrada, existen dos conceptos básicos para referirse a las extinciones. De un lado, el concepto de “extinción de fondo” hace referencia –en el más fiel espíritu a Darwin–, a la extinción que tiene lugar como resultado de las competencias entre especies. De otra parte, el concepto de “extinciones en masa” hace referencia a aquellas extinciones que tienen lugar en breves intervalos de tiempo en los que abruptamente desaparecen numerosas especies, cortando así el curso o las reglas del juego evolutivo, por así decirlo.

Ruse, 2006 y Ruse *et al.*, 2004, han puesto suficientemente de manifiesto que la teoría de la evolución es una teoría gradualista por razones extracientíficas. Específicamente, por conveniencias y una cierta sujeción de Darwin a la cultura victoriana de la época. Como se recordará, sucintamente el debate se planteaba entre una perspectiva gradualista y una catastrofista (dejo aquí de lado una puntualización mayor entre el fijismo, el gradualismo y el catatrofismo); entre Darwin –y la cultura británica– y Cuvier –y la impronta francesa–. A la postre será Darwin quien resultará victorioso, *malgré Cuvier et les français eux-mêmes*.

No existe una causa única de los desastres. Hasta el momento la paleontología ha logrado formular reglas de juego en los procesos de extinción (por ejemplo la distinción entre extinciones de fondo y extinciones en masa; o también entre extinciones en masa catastróficas, extinciones en masa escalonadas y extinciones en masa graduales), se han identificado patrones, y también se ha avanzado en la identificación de explicaciones matemáticas al respecto. Pero si es así, ¿es

posible una teoría de las extinciones? Lo que está en juego es que así como la teoría de la evolución permite predicciones, explicaciones y modelos sólidos y coherentes, la teoría de las extinciones debería poder permitir lo mismo. Pues bien, hasta la fecha no existe absolutamente nada semejante a una teoría de las extinciones.

De manera general, puede decirse que las extinciones son una especie de enfermedad crónica en las dinámicas evolutivas. Pero si es así, el tema se convierte entonces en cómo pensar el continuo vago salud-enfermedad –puesto que no hay dos cosas: salud, de un lado, y de otra parte, la enfermedad–; o lo que es equivalente: se trata de pensar, por tanto, los tipos de relaciones entre evolución y extinción en paralelo, contemporáneamente.

De acuerdo con Gould, 1991, en toda extinción cabe distinguir una primera fase contingente y catastrófica, y una segunda fase de recuperación relativamente predecible y determinista. En la primera fase, la evolución toma direcciones que eran impredecibles antes de la extinción en masa. Los rasgos que ofrecían resistencia a las extinciones en los períodos normales son ahora inoperantes. Las extinciones son procesos multicausales afectados por bucles retroactivos que convulsionan la circulación atmosférica y oceánica. Lo que condiciona la evolución posterior del sistema no son tanto el o los agentes causales de las extinciones, cuanto que las condiciones globales existentes inmediatamente antes de la catástrofe. Los ecosistemas tropicales son los más afectados y los que más tardan en recuperarse. La recuperación posterior a la extinción es un fenómeno predecible y determinista, pero muy variable en función de los supervivientes globales de cada extinción.

El estudio de las extinciones es desde el punto de vista filosófico muy importante: pues se trata del estudio de los efectos – generados, por ejemplo, por impactos, erupciones volcánicas, u otros factores. Sencillamente, se trata del reconocimiento explícito de que en numerosas ocasiones el estudio de los efectos no es algo secundario, en contraste con toda la tradición de la ciencia de corte aristotélica y newtoniana que se concentra en las causas. En numerosas ocasiones, los efectos son incluso más importantes que las causas. El ejemplo más conspicuo al respecto en el contexto de la evolución es justamente el de las extinciones. Dicho de manera general, el estudio de los efectos pone de manifiesto la complejidad de los sistemas y procesos, dado que permite tomar distancia frente a cualquier tipo de reduccionismo causal.

Como lo sostienen Leaky y Lewin, 1997. p. 78,

...las extinciones en masa no solo vuelven a poner en hora el reloj de la evolución atrasándolo durante una temporada; cambian la esfera del reloj. Crean la pauta de la vida.

De hecho, la historia del surgimiento de la especie *Homo sapiens* sirve muy bien como una ilustración del argumento que presentamos aquí. El *Homo sapiens*, en efecto, apareció en un momento de la historia de la Tierra que poseía la más abundante diversidad de formas de vida que ha existido.

Las extinciones en masa constituyen serias y radicales interrupciones en la evolución de la biosfera. Son auténticas crisis ecológicas. De esta suerte, pensar las extinciones significa pensar crisis evolutivas o crisis de la evolución, o crisis en la evolución, tres maneras distintas de referirnos a un mismo tema. Por derivación, digamos: el estudio de la complejidad es el estudio de crisis, y las ciencias de la complejidad son ciencias para fenómenos, sistemas o comportamientos en crisis; ya sea porque la crisis existe actualmente, o bien porque es posible, incluso aunque jamás llegue a ser efectivamente probable (Maldonado, en prensa). La manera más básica de entender esta idea es, por lo pronto, atendiendo a los puntos críticos y los estados críticos en los que suceden bifurcaciones, aunque sería igualmente posible atender a los estados de supracriticalidad y de subcriticalidad y la emergencia de los sistemas vivos (Kauffman, 1995; Kauffman, 1998; Kauffman, 2000).

De acuerdo con diversos estudios (Raup y Sepkoski, 1984; Raup y Sepkoski, 1986), se trata de episodios que tienen lugar en tiempos geológicos breves: entre tres meses hasta tres millones de años). Se han encontrado entre 14 y 18 extinciones en masa durante los últimos 600 millones de años, y en los últimos 250 millones de años estas extinciones en masa tuvieron lugar en intervalos predecibles de 26-30 millones de años (Kauffman y Harries, 1996, p. 17). La única excepción a estos patrones sería lo que Leakey y Lewin, 1997, denominan la sexta gran extinción, es decir, la que comenzó con la era de la agricultura y la ganadería y que se ha radicalizado en los últimos 200 años después de la revolución industrial, cuyo causante es, en términos biológicos, el *Homo sapiens*; y en términos económicos el sistema capitalista.

Las causas de las extinciones se reúnen en dos categorías, así:

1. **Endógenas al planeta.** Entre estas cabe mencionar explosiones volcánicas, la tectónica de capas, la lluvia ácida generalizada, los cambios de temperatura de los océanos y la atmósfera, el efecto invernadero, y otros.
2. **Exógenas a la Tierra.** Erupciones solares gigantes, supernovas cercanas, viaje del sistema solar a través del plano galáctico (cada 30-33 millones de años), impactos de cometas o meteoritos.

Lo que no es claro, sin embargo, es el peso que se le debe dar a la explicación exógena y a la endógena. Con todo, el hecho más significativo es que se ha logrado establecer ya suficientemente que la capacidad de renovación de los ecosistemas planetarios luego de cada extinción depende directamente de la diversidad biótica existente justo antes de la extinción. De este modo, cuanto mayor era la diversidad antes del colapso, mayor capacidad de recuperación ha habido.

La red interna de conexiones y cómo evoluciona en el tiempo son las causas más importantes de la extinción, aunque los choques externos siempre desempeñarán un papel (importante). Si ello es así, el área de trabajo que emerge es el del análisis estocástico; es decir, los intentos de predicción de eventos aleatorios.

En cualquier caso, es claro, como advierte Gould, que:

las extinciones en masa son más frecuentes, rápidas, devastadoras en cuanto a magnitud y distintivamente diferentes en cuanto a efecto (Gould, 1991, p. 313).

La cuestión principal que plantea la extinción en masa ha sido siempre, en palabras de Gould:

¿Hay alguna pauta acerca de quién consigue pasar y quién no? Y si es así, ¿qué es lo que produce dicha pauta? (Gould, 1991, p. 313).

Aquí se encuentra contenido exactamente el tema mismo del reto de una teoría de las extinciones.

La paleontología tiene el mérito de haber incorporado las extinciones en masa al modelo acumulativo de tipo darwiniano, y ello no obstante las paradojas que acusa Gould, con razón, acerca de las escalas de tiempo de la evolución y aquellas de las extinciones. Como se aprecia claramente, el tema, inaplazable, es el del reconocimiento de la importancia de una teoría de las extinciones y del fracaso.

Ciertamente que la evolución tiene lugar aleatoriamente, pero creemos ahora que podemos discernir patrones en la distribución de probabilidades de los resultados de este proceso aleatorio por lo menos en lo que concierne a las extinciones. Desde Volterra y Lotka, pasando por la síntesis de Fischer y Dobzhansky, hasta el trabajo reciente de Solé y Manrubia, 1996, o de Nowak, 2006, nuevas herramientas matemáticas han sido introducidas con esta finalidad. Detrás de esta idea se encuentra el estudio de probabilidad de encontrar otras formas de vida, hasta las probabilidades que tenemos de desaparecer o de triunfar como especie. Incluyendo, claro, los trabajos

sugestivos en cosmología por parte de Kardashev y sus reflexiones acerca de los estadios de evolución y de crisis de las civilizaciones a escala planetaria (o geológica).

El rasgo más dramático del cambio es el fracaso, no el éxito. Lo que se encuentra en el centro del debate acerca de evolución y extinciones (en masa) es, sencillamente el problema de una filosofía del movimiento, algo sobre lo cual ya Gould ha llamado la atención, en otro contexto perfectamente diferente (Gould, El pulgar del panda). Esta filosofía hace referencia no tanto a cambios regulares, cíclicos o periódicos, cuanto a disrupciones y rupturas fuertes, a caos y catástrofes, en fin, a irreversibilidad y ausencia de control. Tal es el terreno de la complejidad.

COMPLEJIDAD, EVOLUCIÓN Y AUSENCIA DE DISTRIBUCIONES NORMALES

Como se aprecia con claridad, la contracara de la teoría de la evolución es una teoría general de las extinciones - y los fracasos. Se trata de estudiar por qué la mayor parte de las especies y cosas fracasan. Hasta el momento la paleontología ha alcanzado el reconocimiento de extinciones masivas, como las más significativas (por encima de las extinciones de fondo, que son ampliamente reconocidas en biología y en ecología). Numerosos registros al respecto han venido siendo incorporados.

Sin embargo, con seguridad, el hecho más sorprendente es que las extinciones y los fracasos suceden gratuitamente, tanto como el éxito y la adaptación. Si hemos aprendido que hay orden gratuito -orden for free- (Kauffman, 1995; Kauffman, 2000), podemos entonces agregar que existe, asimismo, fracaso gratuito -failure for free-.

Recapitulando: mi tesis es que no podemos comprender plenamente el significado de la evolución hasta tanto no dispongamos, al mismo tiempo, de una teoría general del fracaso o del error. La mejor explicación que existe hasta la fecha es la de leyes de potencia. En otras palabras, la evolución, tanto como las extinciones no obedecen a distribuciones normales. Las leyes de potencia se encuentran en la base de los fenómenos no-lineales y de complejidad creciente. Sin embargo, avanzando un paso significativo en esta dirección, Nowak, 2006, desarrolla la idea de una teoría de grafos evolutivos, cuyo mérito es que, manteniéndose al interior del estudio de sistemas dinámicos, incluye -y en cierto modo desplaza, a las explicaciones basadas en leyes de potencia, en el marco más amplio de los grafos evolutivos, que, en el mejor espíritu darwiniano, estudia los efectos de las estructuras de poblaciones en la evolución al mismo tiempo que sitúa en los vértices de los grafos a los individuos (Solé y Manubria, 1996).

La explicación del fracaso aparece como el resultado del estudio de las estructuras de relaciones entre nodos (Barrat *et al.*, 2008). Las relaciones entre nodos y la percolación del fracaso son determinantes. En consecuencia, la topología, la teoría de grafos y la ciencia de redes complejas permite, por primera vez, explicar el fracaso en términos no simplemente descriptivos, generalmente *ex post*, y tampoco en términos simplemente estadísticos, sino, mejor aún, en el camino hacia una teoría general que permita entender, afirmamos, cómo la complejidad aparece a pesar del fracaso, e incluso, paradójicamente, gracias al fracaso. De esta suerte, el éxito no es simplemente lineal, ni tampoco providencial o seguro. La complejidad como la evolución sucede en el modo mismo de la aleatoriedad y de la emergencia de determinados patrones. Los más importantes son patrones de orden y patrones de extinción. Los patrones de orden son el objeto de teorías como la epigénesis, la autoorganización, la propia evolución. Los patrones de extinción son el objeto de áreas como la apoptosis, la teoría de las extinciones, en fin, las desapariciones y los fracasos².

² Una visión comprehensiva del fenómeno de la apoptosis se encuentra en Lane, 2005.

El desarrollo y estudio de una teoría del fracaso y la extinción tienen una dificultad enorme. Es el hecho de que psicológicamente no estamos acostumbrados en pensar en el error, ni nos gusta hacerlo. Son numerosas las teorías y las herramientas que, con toda razón, nos enseñan a no hacerlo. Pensar en el error, sostenía Hegel, ya es una forma de equivocarnos. Delumeau, 1999, ha puesto el dedo en la estructura mental y psicológica, con herramientas históricas, acerca de Occidente como una civilización del miedo. Sin embargo, lo distintivo aquí es que se trata de pensar en el fracaso como una forma de éxito, pensar en la extinción como una obra de la evolución y de la vida. No se trata, en absoluto, de pensar en el error y en el fracaso por sí mismos. Pues es tanto absurdo como, incluso, imposible.

Como lo ha puesto de manifiesto Ormerod, 2005, las claves de un sistema exitoso son la evolución, la innovación y la competencia. Y las claves de la extinción son el equilibrio, el encerramiento, el aislamiento. Las claves temporales son, respectivamente, las de una visión de gran escala o largo alcance y, en el otro caso, el inmediateísmo y la miopía.

Como quiera que sea, no existe una visión canónica de la extinción de las especies. Las extinciones catastróficas de especies pueden haber ocurrido aproximadamente cada 26 millones de años durante los últimos 250 millones de años de historia de la tierra. Más exactamente, disponemos de más de un patrón acerca de los datos de extinción.

El sentido común y la ciencia convencional sugieren que los grandes eventos tienen grandes causas. Pero en eventos caracterizados por leyes de potencia, eventos de amplia escala pueden tener lugar en cualquier momento y sin una razón particular. La ciencia normal y el sentido común creen que los grandes acontecimientos obedecen a grandes causas. Pero en el mejor espíritu de la evolución, ello no es cierto. Con seguridad una explicación afortunada en este sentido es la teoría de los equilibrios puntuados de Eldredge y Gould, que implica una filosofía catastrofista. No necesitamos identificar las causas de las extinciones mayores, pues pueden surgir de eventos triviales no observados con anterioridad. Grandes choques no conducen necesariamente a extinciones puesto que pueden ocurrir en momentos en los que el sistema es particularmente robusto.

Si es así, el foco se desplaza entonces hacia el estudio de la frecuencia de la rata de extinción y el tamaño de la rata de extinción. El tamaño de la rata de extinción es fácil de definir. Cuanto más grande es el tamaño de la rata de extinción, menos frecuente sucede. Sencillamente, la evolución tanto como las extinciones no obedecen a distribuciones normales; es decir, no se explican en función de la ley de los grandes números, de la campana de Gauss o de promedios y estándares. Por el contrario, las relaciones entre frecuencia y tamaño de la rata contiene otro tipo de distribuciones, a saber, aquellas que justamente expresan sistemas, fenómenos y comportamientos complejos: leyes de potencia.

En términos de leyes de potencia, el número de veces que se observa una extinción de un tamaño cualquiera se reduce a medida que el tamaño aumenta. El descubrimiento de las relaciones entre el tamaño y la frecuencia de extinción constituye un avance mayor en cómo necesitamos pensar acerca de la evolución. Podemos hacer una serie de afirmaciones acerca del rango que el sistema explorará, pero no podemos decir con seguridad en dónde se encontrará en un momento determinado. La frecuencia con la que una extinción de cualquier tamaño es observada decae en proporción al cuadrado del tamaño. Tal como lo ilustran los registros fósiles, el número de veces que se observa una extinción de cualquier tamaño se reduce en cuanto aumenta el tamaño.

³ Con respecto a la importancia de la información en los procesos evolutivos, el tema que se deriva de aquí es el del reconocimiento de la importancia de la biosemiótica. Al respecto, entre nosotros no existe nada mejor a Andrade (Andrade, 2003; Andrade, 2009).

En síntesis: se trata de estudiar la dinámica de las especies en los ecosistemas dejando de lado expresa y conscientemente la consideración de las especies triunfantes –especies, organismos, sociedades, grupos– como si dispusieran de la información suficiente que les garantizara el triunfo. Así, si bien es cierto que la evolución implica complejidad creciente, pudiera parecer que la complejidad creciente fuera deseable, necesaria o inevitable. En verdad, no hay nada más contingente que la evolución misma. Ahora bien, decir que el más apto sobrevive en el proceso de competencia no es lo mismo que decir que solo los más aptos posibles sobreviven, siendo estos últimos los agentes que han compilado toda la información disponible y procesado de modo que sigan una estrategia maximizadora³.

El proceso de la evolución biológica no puede ser planeado de suerte que se formulen estrategias de supervivencia por parte de las especies en general y ni siquiera de los seres humanos. Las estrategias de supervivencia o cualquier cosa semejante son en realidad acciones locales, de corto alcance y esencialmente oportunistas y fortuitas. Las especies animales no tienen ningún control sobre su evolución. Los seres humanos tampoco, pero creamos la evolución. Para nosotros, la selección natural ha dejado de operar y ha pasado a convertirse en selección cultural – con todas las variantes que se quiera: religiosas, militares, económicas, étnicas, lingüísticas, y otras más.

EXTINCIONES, EVOLUCIÓN Y EL ESTUDIO DE LAS PARADOJAS

Las dinámicas evolutivas, huelga decirlo, hacen referencia a transformaciones, cambios – que son por definición incesantes; justamente, como es sabido, si una especie deja de adaptarse sencillamente tiende a desaparecer. Más exactamente, las dinámicas evolutivas son abiertas, inacabadas y, por consiguiente, indeterminadas.

Pues bien, el pensamiento analítico no puede manejar el rasgo más dramático del cambio, a saber, el fracaso. Lo mejor que ha podido elaborar hasta la fecha es una teoría del riesgo que consiste en mostrar los factores y las condiciones del riesgo. Recientemente se ha acuñado –con éxito y justificadamente– la idea de una teoría del riesgo, y más ampliamente, en el ámbito social hemos aprendido la idea de “sociedad del riesgo”. Sin embargo, en rigor, la teoría del riesgo permanece aún en el marco –filosófico– de los sistemas lineales. En efecto, el riesgo exige aún de conceptos tales como priorización, maximización, optimización.

La teoría de riesgos aparece, en el mejor de los casos, como una teoría de rango medio, puesto que su universo de estudio y aplicación es tan solo el de las sociedades y las empresas humanas. No en vano, hemos aprendido recientemente, en forma notable gracias a autores como U. Beck en el contexto de la sociología, y M. Douglas en el ámbito de la antropología, que vivimos la sociedad del riesgo. En filosofía de la ciencia, una teoría se dice que es de rango medio cuando su universo de cubrimiento es parcial y cuando la escala temporal no es de gran escala.

Todas las decisiones –políticas, sociales, empresariales, económicas, militares– implican riesgo. Es más, incluso las acciones de ciertos organismos y sistemas vivos pueden ser descritos, como es efectivamente el caso, en el marco de una teoría de riesgos. De hecho, cada vez más, todas las actividades humanas implican riesgo. Y en el contexto de restricciones, retos y desafíos crecientes de parte del medioambiente, las especies biológicas se desenvuelven, igualmente, en condiciones de riesgo creciente. La expresión más clara e inmediata de esto es la existencia de especies en vías de peligro y especies en vías de extinción.

La biología incorporó la teoría de juegos dando así lugar a la teoría de juegos evolutivos, cuyo primer campo de trabajo ha sido la biología en general, la biología de poblaciones en particular y la ecología. Si observamos dos especies, o dos variedades de una misma especie, coexistiendo en una especie de armonía, podemos usar sencillamente la teoría de juegos para que nos explique por qué esto ha resultado así. La teoría de juegos no dice nada directamente acerca de los rasgos del

fracaso o de la extinción. El ritmo de la extinción parece variar el tiempo en olas irregulares. Propiamente, el riesgo se refiere a situaciones en las que el resultado no puede ser conocido con certeza, pero la probabilidad de cualquier resultado dado se entiende perfectamente.

Pues bien, como se entiende a partir de lo que precede, el estudio de las extinciones es la expresión más abstracta del tema más general del fracaso o el colapso. Como se aprecia, se trata del poner de manifiesto el hecho, a todas luces sorprendente, de que las extinciones desempeñan el papel de una destrucción creativa. Las extinciones juegan un papel esencialmente creativo. Es una destrucción creativa. Bakunin tenía una expresión para esta clase de situaciones y de procesos. Decía Bakunin: “la pasión de destruir es la pasión de construir”, una idea que en el contexto de la economía se encuentra también en Schumpeter, en cuya voz para muchos la idea suena menos escandalosa (que en boca de Bakunin).

Como se aprecia sin dificultad, nos enfrentamos con aporías, con paradojas. Quiero decirlo de manera franca: el estudio de sistemas estocásticos, el trabajo con sistemas de complejidad creciente, en fin, el tema mismo de las dinámicas evolutivas atraviesa medularmente por el tema de las paradojas - esto es, expresado en términos lógicos, en términos de consistencia, inconsistencias y paraconsistencias. Al respecto, Volterra (*A Mathematical Theory of The Struggle for Life*) nos ofrece una paradoja: en conflicto con el nivel individual, la armonía prevalece al nivel de las especies y es lo que ulteriormente se expresa de manera puntual con las ecuaciones Lotka-Volterra.

La principal causa del fracaso es la incertidumbre. Ahora bien, la incertidumbre asume los dos siguientes significados. De un lado, se trata del hecho de que un sistema vivo, o también un sistema que exhibe vida, no conoce el mundo en todos sus detalles, y más exactamente, no puede conocerlos. Y sin embargo, actúa en él, decide, se adapta y modifica de la forma como puede, el entorno al cual se adapta. De otra parte, al mismo tiempo, la incertidumbre es el título en el que se condensa el hecho de que el futuro no está dado de antemano y de una vez para siempre. Dicho, puntualmente, la característica más importante de vivir significa no saberlo todo, no poderlo todo, en fin, tener un futuro esencialmente abierto e indeterminado. Literalmente, un futuro de posibilidades.

El fracaso puede ser benéfico. En efecto, el fracaso al nivel individual puede ser, paradójicamente, un motivo que fortalezca la *fitness* del sistema como un todo; a condición, desde luego, de que el sistema sea capaz de aprender del fracaso de los individuos (Ormerod, 2005). En términos más generales, el fracaso, más que el éxito, es lo que caracteriza a los sistemas vivos en general y, *a fortiori*, a la vida política, corporativa, económica.

Es claro que vemos a los sobrevivientes y los triunfos como héroes, pero los fracasos permanecen virtualmente olvidados. A esto se refería, en otro contexto, Nietzsche cuando hablaba de la historia monumental (De la utilidad y los inconvenientes de la historia para la vida), es decir, la historia que descansa en triunfos y éxitos, sin atender al hecho de que la inmensa mayoría de los acontecimientos humanos están marcados por riesgo, fracaso, incertidumbre. Detrás de aquella visión, acusaba Nietzsche, se esconde en realidad el nihilismo. De hecho, para mencionar un ejemplo muy puntual, la teoría económica y administrativa rechaza casi por completo la existencia amplia del error corporativo.

El fracaso es al mismo tiempo general y particular; esto es, caracteriza o les acaece a los organismos tanto como a las especies, atravesando por los niveles intermedios que se prefiera. Conciérne a organismos tanto como a especies y poblaciones; a individuos tanto como a culturas y sociedades. El contraste, quizás, sería que mientras que en biología la selección opera a nivel de los individuos, en la teoría de las extinciones se trata del micro y macro al mismo tiempo.

En general, en el plano cultural, no existe prácticamente ninguna mención acerca de la importancia del fracaso y, si se quiere, de la necesidad del mismo. En el plano económico y

administrativo, de dirección y de gestión de las organizaciones, por ejemplo, el énfasis es en lo que deben hacer las firmas no solamente para alcanzar el éxito, sino, para tomar la mejor decisión posible del amplio espectro que está disponible.

La incertidumbre, en sentido estricto, se refiere a situaciones en las que la probabilidad de varios resultados es, él mismo, desconocido. Como resultado tenemos una ecuación bastante elemental. Nos encontramos con la incertidumbre y su socio inseparable, el fracaso.

El tema de las paradojas representa un auténtico desafío para la racionalidad tradicional, clásica si se prefiere, que se caracteriza por el dualismo, la creencia en causas inmaculadas, en la importancia del control rígido, la predicción y la centralidad – todos ellos temas que, por decir lo menos, se matizan inmensamente en el contexto de la teoría de la evolución, en el estudio de las extinciones y en el marco de las ciencias de la complejidad.

¿Qué tan racional es la vida? No demasiado (Sainsbury, 1995; Bunch, 1997; Sorensen, 2003). Como lo advierte con precisión Gould,

las razones para la supervivencia diferencial son cualitativamente distintas de las causas de éxito de tiempos normales.

En efecto, de acuerdo con Leaky y Lewin, 1997, p. 120), “el motor de la evolución es la inestabilidad”. Y no ya, ya ni siquiera, el éxito. La consecuencia en términos de una mirada ecológica implica el reconocimiento expreso de que es necesario mantener la estabilidad de los ecosistemas permitiéndoles cambiar. Dicho de manera puntual: la pauta más chocante de la diversidad biológica del mundo es su distribución desigual.

Una teoría de las extinciones, que es la contratara de la teoría de la evolución, tiene como primera consecuencia reconocer y levantar la cortina de hierro del error/fracaso. Solo que la inteligencia de la mixtura, por así decirlo, entre ambas teorías no es, sencillamente, otra cosa, que el reconocimiento de que las escalas temporales difieren en el estudio de los sistemas vivos o de los sistemas que exhiben vida.

COMPLEJIDAD DE LA EVOLUCIÓN

En el marco de los estudios sobre los sistemas complejos, la evolución es ella misma dinámica y no aparece como la base sobre la cual las especies y los organismos acaecen. Mejor aún, es suficientemente sabido que el concepto mismo de evolución se ha ampliado y precisado a la vez poniendo de manifiesto el rasgo de la co-evolución – de especies y nichos, de presas y depredadores, en fin, de la cultura humana y la naturaleza. Quizás el plano más relevante al respecto sea el de la macroevolución. Lo que es evidente es que el medioambiente siempre está cambiando –continuamente. Y las especies y organismos deben adaptarse a los cambios del medioambiente. Las razones por las que el medioambiente está cambiando son múltiples y son el objeto de campos tan diversos como la biofísica, la química, la física de partículas, la geología, en fin, la biología del paisaje, por ejemplo. Hoy resulta aceptable hablar de complejidad, pero no de progreso.

El fracaso y la extinción le acaecen a una especie animal, a un nicho ecológico. Es un drama que parece insuperable. Pero en los seres humanos las cosas parecieran ser distintas, por lo menos a nivel de la especie.

El éxito frecuentemente llega por causalidad. Y lo mismo sucede con el fracaso. No planeamos el éxito, pero tampoco los fracasos. Y lo que planeamos usualmente es insuficiente para el resultado de nuestras acciones. Algunos de la mayoría sobrevivirán por puro azar. Las especies que prosperan son aquellas que el proceso aleatorio de la evolución hace que prosperen. Incluso los más aptos fracasan.

Los choques externos son aleatorios, por definición. Ni el sistema ni sus partes saben si o cuándo un impacto tendrá lugar. Impacto o erupción volcánica o terremoto, por ejemplo; aunque también podría hablarse de epidemias, pandemias y otras situaciones semejantes. Pero el sistema debe y puede prepararse o tener en cuenta la dinámica misma de las partes y de sus conexiones.

Bajo condiciones de incertidumbre es imposible que los agentes individuales sigan un comportamiento maximizador. Los agentes actúan de modo aleatorio. La preocupación principal de las personas a nivel local es la supervivencia.

Sin importar cuán cuidadosamente se planea un proyecto, algo saldrá mal con él. Este es el elemento más importante en cualquier consideración estratégica (estrategia corporativa, estrategia militar, estrategia política). Como lo advirtiera, a su manera Marx (18 Brumario de Luis Bonaparte), los seres humanos hacen la historia pero no siempre la hacen como quisieran o como lo tenían planeado. Lo cual, desde luego, tampoco debe ser tomado en el sentido de que el azar domina totalmente los acontecimientos, lo cual es insostenible desde cualquier punto de vista. No es posible construir estrategias de supervivencia basadas en experiencias anteriores. La memoria de la vida opera mejor sobre espacios contiguos que sobre espacios de memoria de largo plazo. Kauffman, 1995, ha expresado este proceso en términos de adyacentes posibles para designar en clave de complejidad la no-teleología de los sistemas vivos. Se trata, propiamente, de posibles adyacentes – que operan tanto hacia atrás como hacia adelante. Los seres vivos no pueden planear su evolución. Los adyacentes posibles son, sencillamente, un espacio de soluciones que opera y se resuelve por contigüidad.

El punto aquí es que el resultado que observamos no significa que podamos concluir que de algún modo el proceso de la evolución ha expurgado (eliminado las malas hierbas) a todos excepto a los mejores, esto es, como si solo sobrevivieran los maximizadores

A título ilustrativo, en el plano de la genética, la probabilidad de que un gen invada con éxito a una población es en promedio muy baja. Los genes no pueden mutar con intención. Una especie no decide hacerse mejor (*fitter*). Por el contrario, la contingencia desempeña un papel singular. En general, para los sistemas vivos es extremadamente difícil penetrar la cortina de incertidumbre que rodea al futuro. En el paisaje (rugoso adaptativo) de la evolución el ritmo de las extinciones parece variar con el tiempo en olas irregulares.

Podemos pensar en la tolerancia al estrés como indicando el nivel de *fitness* para la supervivencia de las especies. El medioambiente en el cual deben vivir las especies está determinado por una serie de choques aleatorios. Una vez que sucede una extinción, las especies extintas son reemplazadas inmediatamente, de manera que, podemos decir, el sistema como un todo genera extinciones cuyo tamaño varía irregularmente con el tiempo pero que, no obstante, posee un patrón claro. Nunca podremos conocer con anticipación cuál será el tamaño de la próxima extinción, aunque sea posible asignarle probabilidades a la escala en la que tendrá lugar. Lo que sí es claro es la relación entre el tamaño de un evento y la magnitud de sus consecuencias no es completamente aleatorio.

No cabe la menor duda: es extremadamente difícil establecer las razones de por qué un agente se hace extinto. El futuro parece cubierto con un velo, para todos. Nuestra habilidad para comprender tales ambientes/entornos es limitada. Quizás sería razonable afirmar que podemos pensar en el nivel de *fitness* en el que los agentes se extinguen como un indicador de la competencia general del medioambiente en el que operan. Aunque si aumentamos el umbral en el que los agentes pueden extinguirse, les resulta más difícil sobrevivir, y si lo disminuimos, les es más fácil sobrevivir. Cuanto más fácil les resulta a los agentes sobrevivir, menor es el *fitness* del sistema como un todo. La salud del sistema como un todo. En el modelo de extinción no es factible planear una estrategia que aumente la probabilidad de supervivencia a una amplitud sustancial.

Innovar, innovar es la mejor actitud frente a la incertidumbre que encubre a las decisiones. El universo cultural que han creado los humanos no es especial en el mundo. En realidad, como lo sostiene Gould, somos un acontecimiento evolutivo altamente improbable.

Las comunidades están en transformación constante, con la intencionalidad aparente de perfeccionarse, pero por lo que actualmente sabemos la casualidad y la historia desempeñan un papel importante, (Gould, 1991, p. 182).

En cualquier caso, es evidente que la marca de calidad de la naturaleza es, tanto en las escalas temporales largas como en las cortas, el cambio dinámico, no el estatismo; más radicalmente: la marca de calidad son los cambios abruptos y no tanto la prevalencia del gradualismo, una idea que no deja de ser incómoda cuando se la traslapa al plano social, cultural, humano en fin.

La dificultad enorme estriba en el hecho de que los seres humanos piensan, en el mejor de los casos, en términos de una generación; la inmediatamente siguiente. No hemos comenzado a pensar en términos de centenares de millones de años. La unidad básica en geología es el millón de años. Debemos aprender a pensar en el cruce de escalas diversas de tiempo, muchas de ellas, incluso intraducibles o inconmensurables con otras.

Ya no existe la imagen donde el flujo de la vida era uniforme y previsible, con los humanos como culminación inevitable del proceso; lo que la sustituye es un mundo caprichoso e imprevisible donde el lugar propio se consigue con poca suerte. El catastrofismo ha vuelto; y es verdadero, (Gould, 1991, p. 248).

En esta visión, la especie humana puede ser vista como aquella que ha alcanzado la madurez para ser el factor destructor más colosal de la historia, solo superado por el asteroide gigante que se chocó con la tierra hace sesenta y cinco millones de años, barriendo en un instante geológico la mitad de las especies de entonces. Nos encontramos en cuello de botella que se expresa adecuadamente en el marco de evolución a escala cósmica.

Las extinciones en masa son prácticamente instantáneas, se producen en cuestión de años o de siglos, en el caso de un impacto asteroide, a milenios o millones de años de distancia de las causas materiales. La recuperación en cambio es lenta, ya que tarda en cinco y veinticinco millones de años. Quiero decir, lenta a escala humana. Lenta no solo en lo que se refiere al tiempo que podemos abarcar como individuos, sino también en lo que se refiere a nuestra duración como especie.

En *La vida maravillosa*, Gould propone abandonar la representación del árbol de la vida en forma cónica, para optar, mejor por una representación de cono invertido. A partir de los estudios sobre Burgess Shale, el modelo de representación de cono invertido pone de manifiesto que los procesos de extinción en masa pueden y deben ser entendidos aleatoriamente. El concepto más adecuado, sugiere Gould, es el de que las especies son diezmadas. Así, la diezmación debe ser entendida en referencia a su origen etimológico e histórico en la Roma antigua. Cuando en el ejército romano tenía lugar algún motín, cobardía o cualquier otro motivo –recuérdese que antiguamente los ejércitos estaban compuestos principalmente por esclavos, miembros de pueblos conquistados y ocasionalmente por mercenarios–, como castigo al amotinamiento se elegía al azar un soldado de diez y se lo ejecutaba. Mientras que en el lenguaje común y corriente diezmar ha llegado a significar eliminar de manera abrumadora, en sentido estricto, se trata de un pequeño porcentaje elegido aleatoriamente: al azar (Gould, 1991:41-44).

Las extinciones en masa señalan las fronteras principales de la escala del tiempo geológico. Para ello, es fundamental tener en cuenta que la unidad básica de tiempo geológico comienza en un millón de años. Las fuerzas usuales de la selección natural no les permiten a los organismos

ajustarse a los cambios drásticos y acelerados que tienen lugar durante una extinción en masa. Sencillamente, las extinciones en masa son fenómenos o procesos que descarrilan, anulan o reorientan cualquier cosa que pudiera estar acumulándose durante períodos “normales”.

Gould plantea dos modelos de formación de pautas mediante extinciones en masa. Se trata de modelo aleatorio y el modelo de las reglas diferentes. De acuerdo con el primero, –Raup, y Jablonski– las extinciones en masa preservan o aniquilan las especies al azar.

Si la teoría de la evolución tiene el efecto escandaloso a los ojos de la tradición occidental de que se trata de un pensamiento no-teleológico, el problema de las extinciones y el desarrollo de una teoría de las extinciones tiene el efecto adicional de que introduce el azar en toda la línea, terminando por complicar enormemente las ideas fundadas en causalidad-punto, finalidad y teleología.

Incluso si la supervivencia está correlacionada con la distribución geográfica, el destino de una especie puede ser aleatorio con respecto a las virtudes anatómicas de sus individuos (Gould, 1991, p. 314).

Por su parte, el modelo de las reglas diferentes constituye una alternativa al modelo aleatorio. Gould, 1991, no cree que la aleatoriedad total predomine en las extinciones en masa.

Pienso que la mayoría de supervivientes salen del percance por razones específicas, con frecuencia un complejo conjunto de causas (p. 314).

Los rasgos que aumentan la supervivencia durante una extinción lo hacen de maneras que son incidentales y que no están relacionadas con las causas de su evolución en primer lugar (*ibid.*). “Bajo las nuevas reglas –que implica la extinción, en contraste con la evolución en períodos normales–, tus mejores rasgos, la causa de la prosperidad previa, puede ser ahora tu toque de difuntos.

El modelo de las reglas diferentes fractura la continuidad causal que Darwin imaginaba entre las razones para el éxito en las poblaciones locales y las causas de supervivencia y proliferación a través de largos períodos de tiempo geológico. De ahí que este modelo promueva fuertemente el papel de la contingencia en la evolución, considerada ante todo como impredecibilidad (Gould, 1991; p. 316).

Como se aprecia, el primer modelo destaca la aleatoriedad, mientras que el segundo la incertidumbre y la impredecibilidad. Las líneas demarcatorias entre ambas son sutiles, móviles y permeables, queremos decirlo. Aquí se encuentra un centro sensible para el desarrollo de una teoría de las extinciones.

Para finalizar, quisiera argumentar a favor de la confluencia entre evolución y extinciones en términos de una máquina de Turing. Es decir, se trata, para decirlo de dos maneras, tanto de un programa indecible, en el sentido de que, de un lado, si se rebobina, no hay absoluta –así: absolutamente– ninguna garantía o seguridad de que sabremos cuáles especies van a estar condenadas al éxito o al fracaso. Y, al mismo tiempo, se trata de una máquina de Turing en el sentido de que se trata de un problema N-P.

Filosóficamente, la idea de tiempos N-P hacen referencia a la idea un tiempo kairológico (kairós), en medio de y a pesar del *Chronos*. Un tema sobre el que Gould también se ocupa, en otro contexto y de otra manera (cfr. Historia del tiempo; pero sobre el cual no puedo entrar aquí por limitaciones de espacio).

Las pautas generales de la evolución implican la impredecibilidad de los resultados específicos. Como lo ha puesto de manifiesto Kauffman, 1998: ignoramos los rasgos generales, pero tenemos acceso a resultados particulares. Se trata de las dos caras de una teoría esencialmente subdeterminada (Maldonado, 2007a).

El conflicto estriba en el choque entre la asunción uniformista y extrapolacionista y el cambio global súbito. La teoría de las extinciones, ¿afectaría la idea general de un progreso de la cultura, que es, por lo demás, la filosofía misma de Darwin? Es decir, ¿de un progreso en la historia de la vida? A favor de Darwin, volvamos a leer el final de la Introducción a la El origen de las especies por medio de la selección natural: “*Furthermore, I am convinced that Natural Selection has been the main but not exclusive means of modification*”.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDRADE E. Los demonios de Darwin. Semiótica y termodinámica de la evolución biológica. Bogotá: Editorial Universidad Nacional de Colombia; 2003.
- ANDRADE E. La ontogenia del pensamiento evolutivo. Bogotá: Editorial Universidad Nacional de Colombia; 2009.
- BARRAT A, BARTHÉLEMY M, VESPIGNANI A. Dynamical Processes on Complex Networks. Cambridge: Cambridge University Press; 2008.
- BARROW JD, TIPLER FJ. The Anthropic Cosmological Principle. Oxford University Press; 1986.
- BUNCH B. Mathematical Fallacies and Paradoxes. Mineola, NY: Dover Publications, Inc.; 1997.
- DARWIN CH. [1859]. The Origins of Species by Means of Natural Selection or The Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life. New York: The Classics of Science Library; 1995.
- DELUMEAU J. El miedo en Occidente. Barcelona: Taurus; 1999.
- GOULD SJ. La vida maravillosa. Burgess Schale y la naturaleza de la historia. Barcelona: Crítica; 1991.
- GOULD SJ. The Structure of Evolutionary Theory. Harvard University Press; 2002.
- KAUFFMAN EG, HARRIES PJ. Las consecuencias de la extinción en masa. Predicciones para la supervivencia y regeneración en ecosistemas antiguos y modernos. En: Benton *et al.*, editores; 1996. p. 17-60.
- KAUFFMAN S. The Origins of Order. Oxford: Oxford University Press; 1995.
- KAUFFMAN S. At Home in the Universe. Oxford: Oxford University Press; 1998.
- KAUFFMAN S. Investigations. Oxford: Oxford University Press; 2000.
- KOWALSKI K. Pautas de extinción de los mamíferos durante el Cuaternario. En: Benton *et al.*, editores; 1996. p. 193-212.
- LANE N. Power, Sex, Suicide. Mitochondria and the Meaning of Life. Oxford: Oxford University Press; 2005.
- LEAKY R, LEWIN R. La sexta extinción. El futuro de la vida y de la humanidad. Barcelona: Tusquets; 1997.
- LINDE A. Inflation, Quantum Cosmology, and the Anthropic Principle. En: Barrow JD, *et al.*, editors. Science and Ultimate Reality. Quantum, Theory, Cosmology and Complexity. Cambridge: Cambridge University Press; 2004. p. 426-458
- MALDONADO CE. El problema de una teoría general de la complejidad. En: Maldonado CE. Compilador. Complejidad: ciencia, pensamiento y aplicaciones. Bogotá: Universidad Externado de Colombia; 2007a. p. 101-132.
- MALDONADO CE. El problema de una teoría general de la complejidad de fractales. En: López Aguilar F., Branbila Paz F., editores. Antropología Fractal. México, D.F.: Sociedad Matemática Mexicana-CIMAT; 2007b.
- MALDONADO CE. Exploración de una teoría general de la complejidad. En: Maldonado CE, editor académico. Complejidad: revolución científica y teoría. Bogotá. Universidad del Rosario; 2009.

- MALDONADO CE. ¿Qué son las ciencias de la complejidad? Filosofía de la ciencia de la complejidad. AAVV, Editorial Pearson-Prentice Hall. En prensa.
- MITCHELL M. Complexity. A Guided Tour. Oxford: Oxford University Press; 2009.
- MLODINOV L. El andar del borracho. Cómo el azar gobierna nuestras vidas. Barcelona: Crítica; 2008
- NOWAK MA. Evolutionary Dynamics. Exploring the Equations of Life. Cambridge, MA/London: The Belknap Press of the Harvard University Press; 2006.
- ORMEROD P. Why Most Things Fail. Evolution, Extinction and Economics. New York: Pantheon Books; 2005.
- RAUP DM, SEPKOSKI JJ Jr. Periodicity of Extinction in the Geologic Past. Proc Natl Acad Sci U S A. 1984;81(3):801-805.
- RAUP DM, SEPKOSKI JJ Jr. Periodic Extinctions of Families and Genera. Science. 1986;231(4740):833-836.
- RUSE M. Darwinism and its Discontents. Cambridge: Cambridge University Press; 2006.
- RUSE M, LUSTIG A, RICHARDS RJ, editores. Darwinian Heresies. Cambridge: Cambridge University Press; 2004.
- SAINSBURY RM. Paradoxes. Cambridge: Cambridge University Press; 1995.
- SOLÉ R, MANRUBIA SC. Extinction and Self-Organized Criticality in a Model of Large-Scale Evolution. Phys Rev E. 1996;54(1)R42-R45.
- SORENSEN R. A Brief History of the Paradox. Philosophy and the Labyrinths of Mind. New York: Oxford University Press; 2003.

