Texto publicado en: *Causalidad o emergencia. Diálogo entre filósofos y científicos*, Bogotá, Universidad de la Sabana/Sociedad Colombiana de Filosofía de la Ciencia, 2004, ISBN 958-12-0227-7, págs. 31-63

EXPLICANDO LA SORPRESA.
Un estudio sobre emergencia y complejidad

Carlos Eduardo Maldonado*

Es altamente difícil pensar el mundo, pues pensarlo significa tener en cuenta al mismo tiempo las dimensiones temporales –pasado, presente, futuro-, sus interacciones, dependencias y resultados, las codeterminaciones entre lo local y lo universal, así como las inestabilidades, turbulencias y movilidades y la manera como se afectan entre sí. Pero más difícil todavía consiste en pensar las posibilidades y la novedad en el mundo, lo que sobreviene y lo que pueda acaecer, puesto que generalmente se considera a las posibilidades en términos estadísticos, probabilísticos, lineales o ramificados, mientras que la novedad es considerada en términos y en función de lo ya conocido. En ambos casos, la fuerza del sentido común es notablemente significativa.

Tradicionalmente, la ciencia y la filosofía no han sido de novedades y posibilidades; por el contrario, la filosofía y la ciencia han estado profunda y sempiternamente marcadas por lo que acertadamente Heidegger denominó una "metafísica de la presencia", y que no es sino una expresión para traducir lo que más recientemente aprendimos con Kuhn como "ciencia normal". A su manera, Husserl había sostenido una idea similar, a saber, que la ciencia y la filosofía se basan en supuestos, algunos más tácitos, otros más explícitos, frente a lo cual elevó la bandera, no siempre bien comprendida, de hacer filosofía sin supuestos. Pensar la novedad y la posibilidad no ha sido lo normal en la historia de la ciencia y de la filosofía; han sido sólo la excepción; siempre, una notable excepción.

Pensar la novedad es notoriamente difícil dado que, como lo expuso suficientemente Kuhn, toda novedad –y por extensión, las posibilidades en general-, implican o son rupturas: rupturas epistemológicas, y por tanto, rupturas sociales. "Revoluciones", las

* Profesor Asociado Universidad El Bosque. E-mail: cemaldonado@cable.net.co

llama Kuhn. Es mi interés con este texto pensar la dimensión de lo posible y, puntualmente dicho, explorar la idea de una ciencia de la sorpresa. Puntualmente dicho, ¿puede hacerse una ciencia de la sorpresa? Lo que sostuvo la historia de la filosofía y de la ciencia es que la sorpresa se encuentra en la base del conocimiento, constituye, por así decirlo, un elemento catalizador para la investigación, pero no necesariamente el más determinante. Algunas formas de expresar este elemento son como el *khaos* o asombro, el *thaumaxein* griego cuyo resultado es el *eureka*, o el *serendipity* de los anglosajones. Pero que la sorpresa pueda encontrarse en la base del conocimiento no quiere decir, ni mucho menos, que aquella marque a éste. Quiero sostener aquí, por tanto, la idea de que la sorpresa puede constituirse no simplemente en un elemento catalizador, sino en la estructura misma de la racionalidad, esto es, por tanto, de una nueva racionalidad, y de una forma de vida distinta y por definición novedosa. Creo que una manera afortunada de explorar esto, es con el estudio de la emergencia. De esta suerte, el estudio de la emergencia corresponde a la posibilidad de entrever y avanzar en una nueva forma del pensar. Asistimos a la aurora de una nueva forma de racionalidad; culturalmente hablando podemos decir que el estudio de la emergencia permite anticiparnos literalmente a un nuevo momento en la historia de la civilización humana.

En 1955, N. Wiener hace del tema de la gestación y el cultivo de las ideas un problema: ¿qué es inventar? La invención significa la creación de novedades. En contraste, la ciencia –y en menor medida también la filosofía-, han sido predominantemente la historia de descubrimientos. Por definición, el descubrimiento implica que existe un continente ya allí, afuera, esperando a ser visto y conquistado. La era de los descubrimientos coincide plano por plano –coincide, pero no se identifica- con la modernidad, a partir de 1492. Es ya un clásico el recuento que D. Boorstin ha realizado sobre lo que él denomina como "los descubridores" (Boorstin, 1986). Sin embargo, el problema más difícil y significativo en ciencia y en filosofía, y definitivamente, el problema más difícil desde el punto de vista cultural, es el de la innovación, un tema que nos viene a asaltar recientemente en el contexto de la Investigación y el Desarrollo (I&D) y de la cienciometría. Es preciso y posible entonces distinguir entre impacto social, impacto de desarrollo, e impacto de innovación en la ciencia y la filosofía[1]. Sin embargo, la innovación no es un tema fácil ni evidente.

[1] Lo que se encuentra en la base de las preocupaciones por la innovación es de inmensa envergadura filosófica, cultural y espiritual, a saber: se trata de la distinción, que se encuentra implícita pero no

Hasta antes del problema abordado por Wiener, la mejor manera como la ciencia –que no la filosofía-, había formulado la posibilidad de hacer una ciencia de sí misma, en el sentido de tematizar aquello que le imprime dinámica interna –metaciencia-, era mediante los experimentos mentales, un tema explorado recientemente en la historia de la humanidad apenas a partir de A. Einstein y de A. Turing. La manera más directa, y acaso ingenua, de precisar lo que significa hacer una ciencia de la ciencia –o, correlativamente, una filosofía de la filosofía-, es no simplemente colocando en la base a la sorpresa, sino, haciendo de la sorpresa una ciencia. La primera, y hasta donde tengo conocimiento la única persona que ha formulado la expresión "ciencia de la sorpresa", ha sido el matemático J. Casti (1995), en la presentación de un libro sobre la complejificación (*complexification*) del mundo y de la realidad. El mérito de Casti consiste en haber situado de manera precisa, el marco y las bases del estudio de la sorpresa, a saber: las ciencias de la complejidad[2]. Sin embargo, la expresión "ciencia de la sorpresa" no debe ser tomada en un sentido ligero, pues adquiere en el contexto del estudio de las ciencias de la complejidad una significación precisa. Una prueba del sentido sensible y fino que tiene la sorpresa en el contexto del estudio de los sistemas dinámicos complejos se encuentra en las distinciones entre lo no sorpresivo, la sorpresa no sorprendente, y la sorpresa sorprendente elaboradas por Ronald y Sipper (Ronald y Sipper, 2000). Más adelante tendré la ocasión de volver sobre los aportes de estos dos autores al concepto de emergencia.

Pues bien, con este texto me propongo dos metas. De un lado, mostrar lo que hasta el momento no se ha señalado en manera alguna, y es que existe y es posible una pedagogía, una metodología y una lógica de y hacia las ciencias de la complejidad. En una palabra, que es posible una propedéutica de, o a, la complejidad. Esta propedéutica

---

desarrollada hacia el final del libro de Wiener (1995), entre sociedades y culturas de progreso continuado y culturas y sociedades de estabilidad. Vivimos, y deberemos vivir hacia futuro la construcción de una sociedad a gran escala de progreso continuado. La manera como designamos a esta sociedad es como sociedad del conocimiento, o globalización (distinguiendo claramente entre globalización y globalismo). Pues bien, en el seno de esta sociedad a gran escala se encuentra el problema, sensible y difícil, de la estabilidad. Este problema se condensa en el título "sostenibilidad" (o "sustentabilidad"). ¿Es posible al mismo tiempo el progreso continuado y la sostenibilidad? En la respuesta a esta pregunta se encuentra la eventual salida del cuello de botella de la civilización humana en la época actual.

[2] Véase el estupendo trabajo de (Di Paolo, Noble, Bullock, 2000) sobre las relaciones entre simulación, emergencia y experimentos mentales. Dado que mi esfuerzo no se concentra aquí en la simulación ni en los experimentos mentales, debo dejar al margen algunas consideraciones sobre este trabajo.

consiste en el estudio de, y el trabajo con, la emergencia. De otra parte, me propongo mostrar en qué consiste esta propedéutica, la cual inaugura en la historia de la humanidad una nueva forma de racionalidad, perfectamente distinta de todos los otros tipos de racionalidad conocidos hasta la fecha. De esta suerte, mi tema será directamente el estudio de la emergencia, e indirectamente, el de la complejidad, o mejor, la complejidad creciente de los fenómenos, comportamientos y sistemas.

***

Mientras que el concepto de causalidad encuentra su nacimiento exactamente en los orígenes de la humanidad occidental, de tal suerte que la historia de la causalidad coincide, plano por plano, con la historia de Occidente, otra cosa sucede con respecto al concepto de emergencia. El concepto de emergencia fue formulado por primera vez a finales del siglo XIX en el contexto de la reciente ciencia desarrollada por Haeckel llamada ecología, pero sería sólo hasta las últimas décadas del siglo XX cuando es re-descubierto y apropiado por parte de numerosas otras disciplinas científicas, específicamente en el contexto del estudio de los sistemas dinámicos o los sistemas complejos no-lineales. Esta última circunstancia es altamente significativa para la comprensión del concepto de "emergencia", para lo que éste contiene, sus alcances, posibilidades y contexto. Como quiera que sea, quisiera decir de entrada que el concepto de emergencia poco y nada tiene que ver con los tres tipos de causalidad física, a saber: con la causalidad clásica de la física mecánica, la causalidad estadística en la mecánica estadística, y la causalidad probabilística, en la mecánica cuántica.

El concepto de emergencia nace a finales del siglo XIX como resultado del debate entre el vitalismo y el reduccionismo. Parece ser que la primera vez que fue formulado se debió gracias a G. H. Lewes en su obra *Problemas de la vida y la mente*, en 1875. No quisiera ocuparme aquí de trazar el recorrido histórico del concepto de emergencia, ni tampoco la evolución de las posturas entre el reduccionismo y el vitalismo, puesto que este tema se encuentra muy bien elaborado en el ya clásico artículo de 1997 de Emmeche *et al.* En este artículo se muestra de manera suficientemente clara y sólida de qué manera el concepto se ha desvitalizado, el papel que algunos de los constructores de sistemas, tales como Haeckel, Peirce y otros, han jugado en esa desvitalización, y se concentra en las discusiones habidas acerca de los significados y connotaciones ontológicas y/o epistemológicas de la emergencia en la historia de la ciencia y de la

filosofía de la ciencia. Asimismo, en el artículo mencionado se distingue muy bien entre el uso del concepto de emergencia referido a la creación de nuevas propiedades, tanto como al problema de la consideración de niveles y subniveles. Incluso se debate la conveniencia o no de destacar algunos rasgos aristotélicos o aristotelizantes del mismo, así como su correspondencia con el concepto de superveniencia (*supervinience*), al igual que las conexiones con la Gestalt. Un tema puntual en este artículo es el resumen que presenta entre dos posturas extremas: las relaciones entre emergencia y determinismo. En el primer caso, R. Thom sostiene la idea, en contra de Prigogine, según la cual ante la ausencia de una descripción determinista de ciertos procesos, se debe abandonar la descripción determinista como un todo y ver la evolución en el sistema en cuestión como el efecto de fluctuaciones en el nivel micro, que bien podrían enviar al sistema en otra dirección distinta. En el segundo caso, se encuentra la postura defendida por I. Prigogine, quien afirma que la secuencia de las fluctuaciones de un fenómeno en estudio crea la trayectoria en un espacio de fases. No en última instancia, el marco en el que los autores estudian la emergencia está demarcado por las relaciones entre emergencia, reduccionismo y determinismo. Dado que el artículo de Emmeche *et al.* es una buena presentación del estado del arte del concepto de emergencia, no puedo menos que remitir a él, y por consiguiente, omitir aquí una repetición de estos estudios y consideraciones. Sin embargo, debo advertir que no coincido, para nada, con la intención ontológica de los autores del artículo por razones que expondré más adelante, advirtiendo que es notable la ligereza con la que, en un solo párrafo, consideran las relaciones recientes entre complejidad y emergencia. Excepto por este último aspecto, el artículo *Explaining Emergence: Towards an Ontology of Levels* es altamente valioso para recordar el origen, la evolución, y los debates filosóficos e incluso metafísicos habidos hasta la fecha en torno al concepto de emergencia. Pues bien, precisamente por lo anterior, quisiera concentrar mi atención en otro foco, a saber: la importancia de la emergencia en el estudio de los sistemas dinámicos complejos. Más adelante presentaré las razones para esta elección. Quisiera adoptar como problema la explicación de la emergencia como explicación de la sorpresa, y como hilo conductor, la elucidación de en qué consiste la significación del estudio de los sistemas dinámicos complejos.

***

El uso generalizado, y por consiguiente indiscriminado, de "emergencia" hace referencia al hecho de que existen niveles, fenómenos, dimensiones de un nivel básico

a partir de los cuales surgen otros en otros niveles. En su expresión popular, la emergencia hace referencia al hecho de que de poco surge mucho, y que lo que surge es imprevisible a partir del conocimiento de lo que antecede o del nivel primario considerado. De esta suerte, el concepto de emergencia posee una base y un contexto claros: de lo que se trata a propósito de la emergencia es del problema del origen o los orígenes de fenómenos y propiedades. En este sentido, incluso la ciencia que no se ocupa ni sabe nada de sistemas dinámicos, así como las teorías en boga en general, e incluso una buena parte de los filósofos, conocen el término de emergencia y lo emplean precisamente en este sentido. No es de este sentido que quiero ocuparme, pues este uso genérico de emergencia es al mismo tiempo superfluo y demasiado general. En este sentido, quienes así hacen uso del término recurren a una entidad o principio ad-hoc tan errático como débil. Se dice, genéricamente entonces, que de la astrofísica emerge la geofísica, de la física la química, de la química la biología, de la materia la vida, del cerebro la mente, y cosas semejantes. En contra de estos usos, es preciso elaborar una explicación de la emergencia, y no simplemente recurrir a la emergencia como una presunta explicación de los fenómenos. Esta constituye una de las aristas más sugestivas y difíciles de las ciencias de la complejidad, y las posiciones oscilan entre quienes reconocen la necesidad y la importancia de desarrollar una teoría de la emergencia (Holland, Bak) –teoría aún inexistente-, como la de quienes emplean el concepto en un sentido eminentemente instrumental[3] (Blue, V., Adler, J., (2000); Flentge, F., Polani, D., Uthmann, T., (2000); Gotts, N., Callahan, P., (1998); Hendriks-Jansen, H., (1995); Izumi, K., Ueda, K., (1998); Kluegl, F., Puppe, F., Raub, U., Tautz, J., (1998); Nishimura, S., Ikegami, T., (1998); O´Reilly, U.-M., Ross, I., Testa, P., (2000); Sommerer, Ch., Mignonneau, L., (2000); Steels, L., (1995); Suzuki, H., (1997); Ventrella, J., (1995); Yamaguchi, Y., Maruyama, T., Hoshino, T., (2000)).

En términos generales, existen dos sentidos básicos del concepto de "emergencia". En un caso, podemos decir que el sentido ontológico de la emergencia hace referencia a la presencia de un número tal de causas que hace muy difícil precisar cuál es determinante,

[3] Digamos de pasada que esta oscilación del concepto de emergencia, entre una teoría de la misma y un empleo instrumental y técnico del mismo, podría, en sentido laxo, comprobarse también con respecto al concepto de causalidad. Así, hay quienes apuntan hacia una teoría de la causalidad, cuya mejor expresión se condensaría en los términos como "el principio de causalidad"; y en contraste, hay también quienes sólo destacan un uso instrumental de la causalidad. Este es un tema delicado en torno al cual, ulteriormente, gira un problema aún más difícil, a saber: la plausibilidad de (re)introducir la idea de causa final en la naturaleza y en los sistemas vivos. Pero este es un problema que en este momento no nos interesa.

razón por la cual, en numerosas ocasiones, se introduce el concepto de multicausalidad. En este sentido, se dice que existen procesos y fenómenos emergentes, con lo cual se hace referencia al surgimiento de fenómenos complicados, complejos y difíciles. No es sobre ese sentido que quiero ocuparme aquí. Por el contrario, existe un segundo sentido de emergencia, cuya acepción quiero determinar como de significación lógica. En este sentido, el foco de atención se centra no simplemente en la observación de fenómenos, propiedades y procesos emergentes, sino, mejor aún, en la generación o producción de emergencia. En este texto me ocuparé de este sentido y procesos de emergencia. Sin embargo, quisiera aclarar que este sentido tiene al mismo tiempo una connotación ontológica y lógica, pero que entonces la ontología y la lógica tienen un significado perfectamente distinto a los conocidos en la historia de la ciencia y la filosofía. Ya tendré la ocasión de volver sobre esta observación.

A fin de precisar el sentido lógico de la emergencia, esto es, la manera como la emergencia se encuentra en la base de una ciencia de la sorpresa, y más radicalmente, a fin de mostrar la forma en que la emergencia es constitutiva de una ciencia de la sorpresa, se hace necesario distinguir, de partida, tres cosas: elementos, partes y un todo. Pues bien, el estudio de la emergencia se sitúa en las relaciones entre las partes de un sistema y el sistema como un todo, esto es, en un nivel meso. La importancia de determinar este nivel consiste en que es en él en donde se cruzan los niveles o escalas micro y macro.

De acuerdo con Bar-Yam (1997), la emergencia es una aproximación en el estudio tendiente a organizar las propiedades de los sistemas complejos. Cabe distinguir, entonces, dos tipos de emergencia. De un lado, existe una complejidad emergente, la cual consiste en un sistema –dinámico-, compuesto por partes simples en el que el comportamiento colectivo es complejo. En contraste, de otra parte, puede decirse que un sistema puede ser caracterizado como de simplicidad emergente cuando está compuesto por partes complejas cuyo comportamiento colectivo es simple. En este último caso, el sistema colectivo posee un comportamiento en una escala diferente que el de sus partes (Bar-Yam, 1997: 5). Los análisis escalares son de gran ayuda en este segundo caso, y sólo en este caso. Pues bien, no es este segundo sentido el que nos interesa aquí. Por el contrario, el concepto de emergencia muestra sus mejores dones cuando es visto a la luz del primer sentido, esto es, en el estudio de los sistemas complejos.

¿Cómo es posible que elementos simples, en un número suficientemente amplio, de lugar a un comportamiento complejo? Este es el piso del estudio de los sistemas complejos. Exactamente en este sentido cabe precisar que el estudio de la complejidad consiste en el estudio de sistemas, fenómenos o comportamientos *de complejidad creciente*. Siguiendo a Bar-Yam, cabe entonces distinguir una emergencia local –que es aquella en la que el comportamiento colectivo se puede ver ya en una parte pequeña del sistema-, de una emergencia global –en la que el comportamiento colectivo forma parte del sistema como un todo-. Para el estudio de la emergencia local la geometría de fractales es de inmensa ayuda. Como sabemos, el estudio de las estructuras fractales pone de manifiesto que estas estructuras son independientes de las escalas que se adopten, algo conocido como autosimilitud. La razón para hablar de emergencia consiste en el hecho de que la descripción, caracterización o comprensión de un elemento individual no permite, en manera alguna, descubrir la complejidad en una escala mayor resultante de las interacciones de ese elemento con otros. El concepto ya clásico de sinergia encuentra en este terreno un perímetro amplio de acción.

Mientras que la ciencia clásica y la filosofía pueden descubrir, como efectivamente es el caso, por sí mismas la emergencia local, la emergencia global, por el contrario, implica un distanciamiento o una ruptura con la filosofía y la ciencia clásicas. En el estudio de los sistemas complejos estamos particularmente interesados en la emergencia global. Cuando un sistema posee una propiedad emergente global, el comportamiento de una parte pequeña es diferente, cuando se la aísla, que cuando está integrada con un sistema más amplio.

Los sistemas complejos pueden caracterizarse, por tanto, de la siguiente manera (Bar-Yam, 1997). Si se suprime una parte del sistema existen dos posibilidades:

a) Que las propiedades de la parte se vean afectadas, pero el resto quede inalterado;
b) Que el resto se vea alterado mediante la supresión de una parte.

Es en este segundo caso cuando puede hablarse verdaderamente de un sistema complejo. Este sistema tiene un comportamiento colectivo que depende del

comportamiento de todas las partes, esto es, del comportamiento resultante de las interacciones no-lineales entre las partes.

***

El descubrimiento integral, esto es, extendido de la emergencia fue posible gracias al desarrollo de los computadores. De este modo, cabe delimitar dos modos de trabajo con fenómenos, sistemas y comportamientos emergentes. De un lado, están quienes emplean el término y trabajan con temas de emergencia en sentido amplio. Para este primer grupo, la emergencia es una propiedad que surge en la realidad objetiva de manera imprevista. El azar cumple un papel altamente significativo. De otra parte, la emergencia corresponde al trabajo con, y la explicación de, sistemas complejos gracias al papel del computador. En este sentido, la emergencia no es ajena a los trabajos de simulación. En sentido riguroso, el computador implica un trabajo de síntesis, antes que de análisis. Es fundamental reconocer que en las ciencias de la complejidad no existe una realidad objetiva independiente del sujeto, sino, que sujeto y realidad se co-construyen y co-evolucionan. En complejidad no hay dos cosas: sujeto y objeto, explicación y fenómeno explicado, en fin causa y efecto. Nunca sobra recordar que la importancia del computador en las nuevas ciencias de la complejidad implica una auténtica transformación en el modo de pensar, algo ya suficientemente conocido en la bibliografía sobre complejidad (Pagels, 1991).

El primero en llamar la atención sobre este hecho, esto es, que la emergencia se corresponde con el trabajo y el desarrollo de los computadores fue J. Holland. La idea de base es que el estudio de la emergencia va de la mano con el desarrollo de programas de computación, y notablemente, en su caso personal, con el trabajo con algoritmos genéticos. “Antes de la llegada de los computadores programados, sólo podíamos estudiar modelos con un amplio número de agentes asumiendo que los agentes individuales exhibían un comportamiento típico o “promedio” (Holland, 1998: 121). Esta idea señala en una dirección bien precisa, a saber: el estudio de los agentes individuales que interactúan de múltiples maneras es posible de otra forma, sin caer en simplificaciones o reduccionismos de tipo estadístico o probabilístico. Hasta antes del recurso a programas de simulación y a heurísticas tales como los algoritmos genéticos, el trabajo consistía en, y se centraba en torno a, el recurso a métodos estadísticos o matriciales.

El título en el que se concentra el estudio no promediado, estadístico ni probabilístico de los fenómenos es justamente el de "emergencia". Pues bien, Holland insiste en la idea de que la emergencia es ante todo el producto de interacciones acopladas, dependientes de un contexto, y su resultado es no-lineal. Desde este punto de vista, es perfectamente posible reducir el comportamiento de un todo al comportamiento regular de las partes, pero a condición de que se tomen en consideración la interacciones no-lineales. Queda así en evidencia la relación fuerte entre emergencia y no-linealidad. Pues bien, el computador es el *médium* en el que no-linealidad y emergencia se implican recíproca y necesariamente.

Quisiera puntualizar en la manera como la emergencia es producida en programas de simulación y/o en heurísticas como los algoritmos genéticos. Posteriormente tendré la ocasión de evaluar, o mejor, de tomar distancia con respecto al peso que los algoritmos genéticos tienen para el tema de las sorpresas. Según Holland (1998), es perfectamente posible indicar algunas de las pautas para el trabajo con emergencia, así:

i) Se debe definir un estado –estado inicial, si se quiere-, de manera directa, tal y como sucede en el caso de los juegos (ajedrez, poker u otros);
ii) Se debe establecer claramente la definición de la estrategia del juego, lo cual es posible gracias al teorema minimax de Von Neumann y Morgenstern, un teorema altamente importante justamente en el contexto de la teoría de los juegos;
iii) Se debe determinar una serie limitada de reglas;
iv) Es básico identificar a los agentes del juego.

En otras palabras, lo anterior significa que es posible estudiar la emergencia en términos de una serie de mecanismos y de procedimientos para generarlos (Holland, 1998). O bien, y para decirlo de una manera puntual y directa, y es este el punto sobre el que quiero llamar la atención, es perfectamente posible elaborar un modelo de la emergencia. Esta posibilidad nos sitúa en el camino preciso hacia la consideración no meramente instrumental, sino, mejor aún, teórica de la emergencia.

Holland denomina a un modelo semejante como CGP (*constrained generating procedures*) (procedimientos restringidos de generación)[4]. "Los modelos resultantes son dinámicos, por tanto, procedimientos; los mecanismos que sustentan el modelo generan el comportamiento dinámico; y las interacciones permitidas entre los mecanismos restringen las posibilidades, del mismo modo en que las reglas de un juego restringen el tablero posible de configuraciones" (Holland, 1998: 126). En otras palabras, de esta suerte es posible efectivamente captar las jerarquías, esto es, el tema delicado de la existencia y dinámica de niveles. Pues bien, lo verdaderamente relevante consiste en que se aprecia de este modo la manera como emergen las complejidades, puesto que el estudio de la complejidad es exactamente el tema de la constitución –u emergencia- de fenómenos y sistemas de complejidad creciente. Nunca sobra insistir en este punto, puesto que, por lo demás, este constituye un rasgo fuerte de diferencia con respecto a territorios vecinos como la cibernética de segundo orden y los enfoques sistémicos.

En un libro dedicado al estudio de la forma en que surge el orden, Holland sostiene que la complejidad es el resultado de adaptaciones (1995), una idea que desarrolla y completa en un trabajo posterior (Holland, 1998) afirmando que la complejidad es el resultado de emergencias (1998). Ello no implica, sin embargo, que la adaptación se asimile a la emergencia, sino, más adecuadamente, que el estudio de la complejidad consiste en el estudio de los resultados de procesos en cuya base se encuentran comportamientos básicos aunque imprevisibles. Más sencillamente: la complejidad es generada.

***

La idea que queda hasta aquí es clara. Y sin embargo, es precisa una moderación de la misma. Sorpresivamente, esta moderación consiste al mismo tiempo que en una afirmación de lo que precede, esto es, que el estudio de la emergencia se corresponde perfectamente con el empleo y la importancia de los computadores para la filosofía y las ciencias de la complejidad, también una toma de distancia que no elimina esto último, sino, adicionalmente, introduce un nuevo elemento. Me explico.

[4] Holland distingue entre procedimientos restringidos de generación para estructuras fijas (cgp) y procedimientos restringidos de generación para estructuras variables (cgp-v), pero en este contexto esta distinción no es relevante puesto que de entrada la idea que queda aquí es la de la emergencia de complejidades. Para una precisión acerca de las razones de esta distinción, cf. (Holland, 1998: 184).

Uno de los fundamentos más sólidos de la complejidad es la criticalidad autoorganizada, un tema fundado originariamente por P. Bak. Bak llega incluso a afirmar que la criticalidad autoorganizada (CAO) (*Self-Organized Criticality*, en inglés) es una ciencia (1996), algo que no termina de ser muy evidente, incluso entre quienes se dedican con seriedad al estudio de los sistemas dinámicos complejos. Lo que sí es reconocido es que la CAO constituye uno de los caminos claros hacia el estudio de la complejidad. Por tanto, es posible sostener sin dificultad alguna, y tal es precisamente el objeto de la CAO de acuerdo con su fundador, que la criticalidad autoorganizada constituye una efectiva explicación de los fenómenos emergentes. Mejor aún, la CAO es el único mecanismo general conocido generador de complejidad (Bak, 1996).

Es particularmente importante la postura de Bak acerca de la complejidad por dos razones. En verdad, mientras que la CAO es descubierta mediante el empleo del computador, y por consiguiente de matemáticas altamente sofisticadas, también es cierto que las matemáticas de la CAO pueden también ser desarrolladas con lápiz y papel, y no simplemente con ayuda de los computadores. Esto es, las matemáticas de la CAO también pueden ser desarrolladas analíticamente.

El tema de base de la complejidad no es simplemente el movimiento -una idea que aunque vaga podría alegrar a gente tan distinta como a Heráclito, Aristóteles, Newton o Boltzmann, por ejemplo-. Por el contrario, el problema consiste en el estudio de las transiciones orden/desorden. Estas transiciones no son generalmente predecibles y la causalidad bastante poco sirve para explicarlas. Por el contrario, las transiciones orden/desorden revelan, ya sea ante la mirada reflexiva o desprevenida, una cantidad de sorpresas y de novedades. Pues bien, es exactamente en este sentido que, de una manera general, hablamos de emergencia y, de un modo específico, la CAO da cuenta de la sorpresa.

De acuerdo con Bak, los sistemas complejos se caracterizan por cuatro rasgos determinantes:

a) Exhiben comportamientos catastróficos, los cuales obedecen a patrones simples[5];

b) La complejidad se caracteriza por poseer una estructura fractal;

c) Presentan patrones del tipo el ruido 1/f, o los fractales en el tiempo; y,

d) Pueden ser modelados en términos de la ley de Zipf[6].

Pues bien, según Bak, estos cuatro fenómenos son tan similares entre sí que pueden ser expresados de una manera unificada y más básica. Esta forma es la CAO. "Los sistemas de criticalidad autoorganizada evolucionan hacia un estado complejo crítico sin la interferencia de ningún agente externo. El proceso de autoorganización tiene lugar durante un muy largo período de transiciones. El comportamiento complejo, ya sea en geofísica o en biología, siempre es creado por un largo proceso de evolución. No puede ser comprendida con el estudio de los sistemas dentro de un marco de tiempo que es corto, comparado con este proceso evolutivo" (Bak, 1996: 31). En una palabra: lo que sostiene Bak es que la novedad es el resultado de la CAO. Dicho radicalmente, en contraste con lo que se evidencia en la evolución, la CAO es una teoría catastrofista; esto es, la novedad es el resultado de dinámicas súbitas, y no graduales, que es lo que sostienen las teorías evolucionistas. Muy pocas personas han sostenido tan lúcida, radical y críticamente una posición catastrofista como Bak, en contraste con la corriente principal en ciencia y en filosofía a partir de Darwin, y que opta mejor por posturas gradualistas. "El estado crítico autoorganizado con sus fluctuaciones no es el mejor

---

[5] Cuando P. Bak emplea el término catástrofes, no necesariamente se hace deudor de la teoría de las catástrofes de R. Thom. La razón específica radica en que el estudio de las catástrofes es una de las modalizaciones del verdadero interés de Bak, a saber: la CAO. Por lo demás, de otra parte, es preciso recordar siempre que, de acuerdo con el propio Thom, la teoría de las catástrofes no puede ser considerada como una teoría científica en el sentido tradicional de la palabra, sino, más genéricamente, es una metodología o un lenguaje que permite organizar los datos de la experiencia (Thom, 1993: 65).

[6] Mientras los cambios catastróficos y los fractales son bastante más conocidos, el ruido 1/f y la ley de Zipf requieren alguna explicación elemental, puesto que estos dos rasgos son conocidos particularmente entre quienes tienen una formación en física y se dedican al estudio de los sistemas complejos. El fenómeno conocido como ruido 1/f designa un patrón que puede ser identificado en fenómenos y sistemas tan diversos como las pulsaciones de los quásares, el flujo del río Nilo o el tráfico de automotores, por ejemplo. La idea básica consiste en la identificación de patrones de regularidad en todas las escalas de tiempo. Se trata de señales ("ruido") cuyo poder es mayor en las frecuencias pequeñas y menor en las frecuencias mayores. En cuanto a la ley de Zipf –que adquiere el nombre a partir de unos trabajos de George Kinsley Zipf, profesor en Harvard-, se refiere a la verificación de regularidades simples en sistemas de origen humano. Básicamente consiste en el hecho de que existe una regularidad que se expresa mediante líneas rectas en el trazado algorítmico de rango versus la frecuencia, en un diagrama cualquiera. Esa línea de descenso es conocida como la ley de Zipf.

estado posible, pero sí es el mejor estado que es alcanzable dinámicamente" (Bak, 1996: 198)[7].

***

Aquello de lo cual se trata con la emergencia es de novedades. Pero, ¿sí existe algo verdaderamente nuevo? Desde una posición algo escéptica, o por lo menos crítica, J. Crutchfield distingue tres nociones, así: a) una definición intuitiva de emergencia que se condensa en la expresión: "algo nuevo aparece"; b) la formación de un patrón, y que consiste en el papel que el observador identifica como "organización" en un sistema dinámico, y, c) una emergencia intrínseca, que es aquella en la cual el sistema mismo capitaliza sobre patrones que aparecen (Crutchfield, 1999: 519). En otras palabras, el problema de la novedad estaría definido como una especie de tensión, por así decir, entre el observador y el sistema dinámico mismo. La novedad, y por consiguiente la emergencia, más sencillamente, conducirían al viejo dilema de los demonios de la modernidad, desde el genio maligno de Descartes, pasando por el demonio de Laplace hasta el demonio de Maxwell.

Una postura semejante como la anterior requiere de un examen más cuidadoso. Este examen puede ser adelantado con la ayuda de distinciones más importantes a partir del reconocimiento de un hecho básico: la novedad es el título mismo de las posibilidades de la razón y de los sistemas vivos. Si un sistema es emergente o posee propiedades emergentes, ese sistema será claramente sorprendente. Pero si ello es así, el tema de la sorpresa exige ser tematizado frontalmente. Para ello, quisiera recurrir a dos líneas de trabajo diferentes.

En primer término, según Casti (1995), la anatomía de la sorpresa se compone de seis elementos, a saber: los entramados lógicos y la autorreferencia, el movimiento caótico, la inestabilidad estática, la incomputabilidad, la irreducibilidad, y la emergencia. En otras palabras, estos son los seis tipos de generadores de sorpresas. Ciertamente que cada uno de ellos puede dar lugar, como es efectivamente el caso, a diversos modelos de realidad; pero es igualmente verdadero que estos generadores se encuentran en la base de fenómenos, comportamientos y sistemas caracterizados por una complejidad

[7] Para una visión crítica de las ideas de Bak, véase (Crutchfield, 1999).

creciente. Esto es, cada uno de ellos e incluso todos ellos en sus interrelaciones, tratan de capítulos centrales en el estudio de la complejidad.

En segundo lugar, es bastante más sugestivo el trabajo adelantado por Ronald y Sipper (2000), centrado en las distinciones entre los mecanismos mismos generadores de sorpresa. Estos mecanismos son: la ingeniería clásica, la ingeniería emergente, y la vida artificial. Gracias a estas distinciones, Ronald y Sipper logran avanzar en tres distinciones que denominan la sin-sorpresa (o no sorpresa: *unsurprising*), la sorpresa y la sorpresa sorprendente (*surprising surprise*).

La ingeniería clásica, esto es, aquella que tan sólo se ocupa de la aplicación de ciencia y matemática, es el resultado de la racionalidad clásica de corte mecanicista y reduccionista, y por consiguiente, por definición, nada sabe de sorpresas. La sorpresa se encuentra, para este tipo de ingeniería, en otros continentes, por ejemplo, en la ciencia básica, en la filosofía o en el arte. Frente a este tipo de ingeniería, Ronald y Sipper introducen la idea de otra ingeniería, a la que denominan ingeniería emergente, y que es aquella que trabaja con redes neuronales artificiales y con algoritmos evolutivos. Ciertamente que gracias al empleo de los algoritmos evolutivos y de las redes neuronales artificiales –una heurística común en el trabajo de la ingeniería actual-, es posible encontrar procesos y propiedades emergentes; pero esta emergencia es –*¡hélas!*-, relativamente predecible. El ingeniero logra crear un diseño que revela emergencias, pero estas emergencias quedan delimitadas por el modelo mismo de trabajo o el modelo en discusión. Inmediatamente tendré la ocasión de precisar esta observación.

Es inevitable pensar que mediante los conceptos de ingeniería clásica y de ingeniería emergente Ronald y Sipper se refieren a gente como J. Holland (aun cuando ni siquiera aparece en las referencias bibliográficas empleadas para su artículo), con lo cual, como se revela clara y directamente de su artículo, la idea de sorpresa, o mejor, de emergencia, en la que piensan es bastante más radical que la que permite el trabajo pionero del padre de los algoritmos genéticos. Es necesario, por tanto, atender cuidadosamente a la idea de sorpresa –"sorpresa sorprendente"-, que tienen en mente estos dos autores. Lo particularmente sugestivo radica en el hecho de que este tipo de sorpresa se revela en realidad gracias al trabajo en vida artificial.

Existen diversas posiciones acerca de la vida artificial, pero la más relevante para el tema de las emergencias, y por tanto de las sorpresas, es aquella que se denomina como "vida artificial fuerte", y que consiste en el estudio de la vida tal y como podría ser (*life-as-it-could-be*), y no simplemente de la vida tal y como la conocemos (Maldonado, 2001). El programa fuerte de vida artificial trata, de un extremo al otro, con emergencias. Pues bien, el énfasis recae entonces en el trabajo y la elaboración de programas de simulación. La inmensa mayoría de ingenieros no saben de programas de simulación en el sentido primero de la palabra, tanto menos cuanto que, a lo sumo, trabajan con modelos. La diferencia es sensible, a saber: mientras que un modelo es una explicación particular de un fenómeno particular, una simulación es una explicación abierta y adaptativa de un fenómeno particular en términos universales. En filosofía de la ciencia este elemento es altamente significativo hacia futuro. Las teorías científicas no se fundan ya simplemente en modelos, sino, además y fundamentalmente, contienen y anticipan simulaciones de fenómenos, comportamientos y sistemas. Este es un rasgo que la filosofía clásica de la ciencia de Popper, por ejemplo, ni siquiera contiene ni puede prever. Dicho inversamente: una simulación es la anticipación de una teoría científica. No en vano, efectivamente, los trabajos con emergencia apuntan todos hacia la elaboración y la expresión de una teoría de la emergencia.

***

Las simulaciones ponen al descubierto un rasgo que empata, por otros caminos pero con muchos canales, con una parte importante de las ciencias cognitivas, la filosofía de la mente, y las neurociencias, por ejemplo. Se trata del reconocimiento de que la realidad es generada. Esto es, no existe una realidad allí afuera, independiente del sujeto, una tesis cara a los realismos de distinto tipo. Quiero aquí suscribir la posición de acuerdo con la cual, la realidad es una construcción sorprendente, construcción en la cual nos va la vida entera. Y la vida misma, como es sabido, no es ni existe, simplemente, sino, la vamos imaginando y construyendo, con certezas, con riesgos, y también con incertidumbres. El tipo de ciencia de los tiempos que vivimos y hacia futuro es la ciencia de sistemas dinámicos no-lineales que tratan con sorpresas y emergencias y que se refiere a sus objetos como a construcciones continuas y abiertas.

¿Significa esto entonces caer en la tentación del computacionalismo? La respuesta es doblemente negativa: de un lado, debido a que, como lo exploran bien por vías distintas

Casti (1995) y G. Chaitin (2001), la sorpresa o las emergencias o la no-linealidad son por definición no-computables, algo que se sigue necesaria y suficientemente de los trabajos de Turing y de Gödel. Mientras que el reduccionismo –notablemente el principio de causalidad- es computable y decidible, las emergencias y la complejidad son indecidibles, están marcadas por la incompletud y son incomputables. En una palabra, las emergencias no son deductivas[8]. Esta primera razón es algo ya perfectamente conocido y bastante trabajado en el contexto del estudio de los sistemas dinámicos complejos. Mucho más interesante es la segunda razón mediante la cual lo que precede no implica una caída –burda acaso- en el informacionalismo o el computacionalismo.

Me refiero al hecho, señalado ya por A. Clark (1996), de acuerdo con el cual es preciso adscribirle un espacio propio tanto al funcionamiento y a las capacidades del cerebro, como a las simulaciones realizadas con la ayuda de los computadores. En palabras de Clark: es necesario dar una explicación de la emergencia, y no simplemente formularla como un concepto ad-hoc. Pues bien, ello es posible gracias al entrelazamiento entre emergencia y explicación en el siguiente sentido: se trata de distinguir en los fenómenos y sistemas de estudio rasgos emergentes internos –que son parámetros no controlados constituidos por la interacción de múltiples fuentes internas de variación-, y rasgos emergentes comportamentales –que son parámetros constituidos por las interacciones entre organismos en función y el medio ambiente- (Clark, 1996: 279).

De esta suerte, si del lado del sujeto, la sorpresa puede designarse como una disonancia cognitiva entre los estados mentales –contenidos mentales, en realidad- del observador, y los estados del sistema –comportamientos, fenómenos-, esta postura exige ser fuertemente matizada y sólidamente criticada. Quiero sostener una tesis más radical, a saber: la sorpresa es una relación entre un sujeto abierto y un sistema abierto, y el carácter de abierto se define globalmente como dinámica, mejor aún, como dinámica no-lineal al mismo tiempo del agente y del objeto.

***

[8] Las emergencias no son deductivas, pero tampoco son inductivas. Justamente, son construidas (y no precisamente en el sentido del constructivismo.

Quisiera a continuación detenerme en una consideración menos técnica y más conceptual acerca de lo que precede. Con Bar-Yam podemos sostener que "la posibilidad sólo existe gracias a las fuertes interacciones no lineales de las partículas (estados) en células adyacentes" (Bar-Yam, 1998: 140). Dicho en términos algo más clásicos, esto quiere decir que la posibilidad sólo existe como resultado de la sinergia. Fenómenos emergentes persistentes pueden servir como componentes para más fenómenos complejos emergentes. Extrapolando, es perfectamente razonable concluir entonces que las posibilidades se generan, no existen. La generación de las posibilidades es el estudio y producción de emergencias.

Lo que no se enseña en ciencia y en filosofía es a soñar, fantasear o imaginar. Por el contrario, todo el acento ha estado volcado, casi exclusivamente hacia la pericia y las habilidades, y hacia el conocimiento[9]. En una palabra, nos formamos de espaldas a la innovación. Si al lado de esa herramienta conceptual que es el computador podemos situar los experimentos mentales, ambos confluyen en un punto altamente sensible, particularmente para la filosofía de la ciencia. Se trata de la importancia de la metáfora.

La emergencia ocurre en sistemas que son generados. En este sentido, en un libro ya clásico y por tanto pionero, H. Simon (1991) sostenía que la ciencia de los sistemas complejos es ciencia de sistemas artificiales. Los fenómenos emergentes en sistemas generados son, de manera típica, patrones persistentes con componentes cambiantes. El contexto en el que un patrón emergente persistente es asimilado, determina su función. Procedimientos generativos de orden mayor pueden resultar de una persistencia acentuada. De esta manera existe la novedad en ciencia y en filosofía, y en realidad más en ciencia que en filosofía[10].

---

[9] Me he ocupado de esto en: Maldonado, C.E., "Investigación y universidad. Una relación poco obvia", en: Autores varios, *Políticas universitarias en el siglo XXI*, Bogotá, Ed. Magisterio, (en prensa, 2003).

[10] Como se ha observado con acierto recientemente, la filosofía renunció hace mucho tiempo ya a lo que le era más natural: la investigación, y la investigación es, en el sentido primero y más fuerte de la palabra, el trabajo con novedades; en una palabra, con innovación. La investigación, en el sentido fuerte y primero de la palabra, quedó como un patrimonio del pensamiento científico. No creo, sin embargo, que ello sea inevitable, y por el contrario, es posible decir, razonablemente, que la filosofía puede recuperar las dimensiones de la investigación también para sí, aunque ya no de manera exclusiva para sí. Pero si ello es posible, implicará una transformación de la filosofía, o por lo menos de su relación consigo misma.

Pensar en términos de emergencia equivale exactamente a desarrollar un pensamiento no centralizado (Resnick, 1995). Pero es igualmente sensato afirmar que pensar en emergencia o trabajar con emergencias es, de acuerdo con una expresión de Johnson (2001), pensar "de abajo hacia arriba" (*bottom-up*), puesto que las emergencias suceden exactamente en este sentido: de abajo hacia arriba[11].

El mérito del trabajo de Johnson consiste en mostrar, adicionalmente, la interconectividad entre esferas, territorios y dimensiones diferentes del mundo. En la esfera de la ciencia, el trabajo de J. Burke (1999) sobre conexiones no es, sencillamente, otra cosa que una clara y brillante ilustración de la emergencia. Pensar en términos de emergencia es perfectamente distinto a pensar en términos de causalidad, y bastante más que pensar en términos de multicausalidad.

Es preciso insistir en este problema: ¿en qué niveles encontramos las transiciones orden/desorden? El problema de base aquí es la pregunta por el origen, o mejor, los orígenes. Pues bien, quisiera sugerir aquí la idea según la cual, en contraste con la causalidad, el origen no es algo distinto de lo originado, externo, y que queda atrás. Por el contrario, es perfectamente posible observar que el origen continúa, no cesa, y permanece con la evolución misma de lo que se origina. Esta observación es posible mediante los programas de simulación, con el recurso a los fractales, o bien gracias a la criticalidad autoorganizada. Tal es, como queda dicho, exactamente el sentido del concepto de emergencia.

***

El problema de las sorpresas y de la novedad puede y debe ser inscrito en un contexto preciso, a saber: el de la determinación del espíritu que vive una comunidad científica, y con ella, una sociedad determinada, o un momento específico en la historia de la familia humana. Cuando algunos sostienen que nada hay nuevo bajo el sol, se está poniendo en realidad al descubierto un tipo de ciencia que se corresponde con un tipo de psicología que afirma o anuncia descreimiento, fatiga y desidio. En contraste, el problema de la

[11] Una traducción social y política de pensar en emergencias, esto es, en términos de complejidad creciente se condensa en el título/problema de la subsidiariedad. Los temas y problemas de subsidiariedad corresponden exactamente al estudio de emergencias y de sistemas de complejidad creciente; he trabajado el tema de la subsidiariedad en: Maldonado, CE., *Filosofía de la sociedad civil*, Bogotá, Siglo del Hombre, 2002.

sorpresa y la novedad hace referencia a un espíritu joven, capaz de sorprenderse, y de dejarse sobrellevar por la pasión de lo nuevo. Ante la fatiga de la humanidad europea (Husserl, Heidegger), las ciencias de la complejidad son la expresión de un nuevo espíritu joven. Más exacta y radicalmente, se trata de aquel espíritu que no simplemente se lanza al encuentro de lo inexplorado, que toma riesgos y se atreve, sino que, mejor aún, se lanza a la aventura de crear lo nuevo mismo. Por esa única razón podemos decir, sin ambages, que es un espíritu joven, esto es, cargado de vida.

En un mundo marcado por interdependencias múltiples, directas e indirectas; un mundo en el que la causalidad es relevante tan solo a escala local y en una dimensión macro de contigüidad; un mundo que ha aprendido la importancia de las turbulencias, las dinámicas no-lineales y las sorpresas permanentes; un mundo en el que existen tensiones numerosas entre los tiempos personales e históricos; un mundo marcado por inestabilidades, fluctuaciones e incertidumbres de orden creciente; un mundo en el que las previsiones existen tan sólo limitadamente; en fin, un mundo en el que las tensiones entre un progreso continuado y la búsqueda de conservación y permanencia se entiende como una tensión esencial (Kuhn) o un punto crucial (Capra), por ejemplo, lo que revela el estudio de la emergencia, es que *no hay* posibilidades, sino, por el contrario, *las posibilidades se generan*. Existe una herramienta, es decir, un ámbito cultural en el cual la generación de posibilidades encuentra la mejor expresión e idoneidad: se trata del trabajo con el computador, que es, por excelencia, el trabajo con no-linealidad. Si la imprenta fue la herramienta que nos sacó de la Edad Media y nos lanzó a la modernidad, el computador es el instrumento conceptual que termina la modernidad y nos lanza en otra dirección, hacia otra temporalidad.

La búsqueda de posibilidades consiste exactamente en la creación de posibilidades, y no empíricamente en su encuentro, acaso fortuito. Las posibilidades son algo que los agentes le introducen a la realidad y que la realidad por sí misma no posee. En ello consiste la especificidad de los sistemas vivos, a saber: la vida consiste en una generación de posibilidades, pero las posibilidades no son otra cosa que creación de la vida misma. Sin embargo, la generación de posibilidades no es a la manera de la producción serial, planeada paso a paso. Por el contrario, las posibilidades se crean en la interfase entre lógica y narrativa, esto es, en la interfase entre el trabajo con modelos y con metáforas. Pero, adicionalmente, se trata de comprender que las posibilidades no las

crea un agente, sino, más adecuadamente, las posibilidades son el resultado de fuertes interacciones no-lineales entre agentes diversos.

No es fácil ver posibilidades, puesto que de suyo no hay posibilidades; y aún más difícil es el hecho de que, una vez que se han (entre)visto posibilidades, quepa llevarlas a cabo. Que en general no existen posibilidades sino que se las crea, significa que es fundamental reconocer que las posibilidades no deben ser pensadas a la manera de espacios vacíos que se llenarían, ni tampoco a la manera de derivaciones o ramificaciones como en un árbol de decisiones o, en lógica formal, como un árbol de Porfirio. Una idea semejante conduce a la creencia, errónea y peligrosa, de que existen posibilidades, y sólo hay que encontrarlas; literalmente, descubrirlas. Esta idea es errónea pues todavía es víctima del dualismo forma/contenido, por ejemplo, y peligrosa puesto que conduce a la inacción, en fin a la pasividad y el providencialismo o a cualquier otra de sus derivaciones (como fatalidad, determinismo, etc.). Las posibilidades sólo existen cuando son creadas.

La tarea más difícil en la vida consiste justamente en eso, en concebir posibilidades, y en realizarlas. La manera como una parte de la sabiduría tradicional ha abordado el problema de ver posibilidades es mediante la expresión: abrirse a las posibilidades. Lo verdaderamente significativo consiste justamente en eso: en que las posibilidades, la dimensión de lo abierto, y por definición, lo indeterminado exigen ser pensados, imaginados o creados, tres maneras distintas de decir una sola y misma cosa. Pero ese el tema de pensar indeterminaciones o lo indeterminado; precisamente, la sorpresa. En efecto, y por contraste, no hay nada más determinado que la realidad, que es, por definición, lo conocido. Pues bien, que las posibilidades abren e inauguran horizontes significa exactamente que abren horizontes inesperados. Sorpresivos justamente. Ya no se trata, por tanto, de si la sorpresa es un componente de la ciencia y la filosofía y cómo es y qué clase de componente es. Más radicalmente, se trata de hacer una ciencia de la sorpresa. La ciencia tradicional trabaja, en ocasiones, con la sorpresa. Los nuevos retos y problemas de la humanidad hacia futuro exigen, y creo que hacen al mismo tiempo posible, una ciencia de la sorpresa misma. Esa es una ciencia de procesos dinámicos de complejidad creciente, esto es, de procesos de continua autoorganización y equilibrios dinámicos, en la que la emergencia es la pauta más sobresaliente.

La manera más clásica de hablar del pensar es como meditación. Ahora bien, existen dos modos diversos de meditación. En Occidente, la meditación consiste en una producción de posibilidades, en una creación de realidades, en fin, en un trabajo del entendimiento, la razón o la conciencia –para el caso lo mismo da-. Los ejemplos más conspicuos de este tipo de meditación en Occidente son Descartes –quien escribe unas *meditaciones de prima philosophia*-, y Husserl –quien, emulando a aquel escribirá unas *meditaciones cartesianas*-. Por su parte, en Oriente, la meditación no es un trabajo –activo, por definición-, sino, todo lo contrario, la liberación de la mente, la disolución de todos los focos, que tiene como resultado sorpresivo la apertura de la mente gracias a lo cual encontramos posibilidades. Un ejemplo en Oriente de este tipo de meditación es el budismo. Puntualmente dicho: mientras que en Occidente la meditación es una búsqueda activa de respuestas, en Oriente se trata del encuentro con respuestas que ya están o estaban allí.

Quedan por señalar tres aspectos puntuales. Un primer aspecto hace referencia a las razones por las que es difícil realizar las posibilidades. Esto tiene que ver inmediatamente con el tema de la novedad. Es altamente difícil implementar o llevar a cabo novedades. De hecho, no es ni natural ni necesario que las novedades acontezcan. Por el contrario, las novedades son fenómenos que acaecen, y que implican enormes esfuerzos y luchas. Existe aquí una paradoja: mientras que en principio todo el mundo desea que el mundo sea mejor, casi nadie acepta que sea distinto. La razón primaria es que no estamos preparados para que el mundo sea distinto del ya conocido, aun cuando deseemos que las cosas mejoren. Toda la dificultad pareciera estar en los ritmos, las velocidades o las intensidades temporales para que las cosas sean mejores y distintas. Precisamente por ello he querido elaborar aquí unas reflexiones acerca de la emergencia como una ciencia de la sorpresa. La emergencia es vista mediante el computador –lenguajes de programación-, y generada de este modo. Otra cosa es su implementación o realización en la esfera social, política y cultural. Pero ese ya es tema de otras consideraciones aparte. Lo relevante aquí, mientras tanto, consiste en el hecho de que el computador ha comenzado a modificar la percepción natural del mundo. Ciencia y filosofía que no incorporen esta herramienta conceptual quedan desuetas. Sin embargo, debe quedar en claro que el recurso al computador no implica que todos los fenómenos sean computables. En la esfera de la lógica, en el sentido amplio de la palabra, ello ha conducido al descubrimiento de las ciencias de la complejidad esto es, las ciencias de

fenómenos, procesos y comportamientos de complejidad creciente. Y en la esfera de la ética, recientemente, F. Varela (2003) ha llamado también la atención sobre la no correspondencia entre computación y ética. Pero, insisto, la dimensión práctica queda aquí por fuera, por lo pronto. Ese es el objeto de otro trabajo.

Un segundo aspecto puntual que queda por señalar es el significado de lógica y de ontología en el contexto de las ciencias de la complejidad. Decía al inicio que estos significados demasiado poco tienen que ver con las acepciones tradicionales en la historia de la filosofía. De lo que precede, debe quedar en claro que aquello de lo cual se trata en complejidad es de una realidad sintetizada, y no pre-existente, ajena e indiferente al sujeto. Por esta razón, no existe tampoco mayor prelación del sujeto. Por consiguiente, en el mejor de los casos, hablamos de una *ontología de las posibilidades*, puesto que la realidad es apenas un modo de la posibilidad, o una parte de ésta. Y por lógica hay que entender en rigor un entramado en el que la lógica formal y las lógicas no-clásicas inciden unas sobre otras transformándose sustancialmente. Pero este es tema de otro trabajo aparte.

Un tercer aspecto que cabe señalar es que el tema de fondo en las relaciones entre emergencia y complejidad es el del tipo de teoría que es la teoría de los sistemas complejos no-lineales. De una manera general, este es el más difícil, y al mismo tiempo central, problema de toda la filosofía de la ciencia. El problema ya no es tanto, qué es una teoría, sino, más radicalmente, ¿cuál es una buena teoría científica? La teoría de la complejidad se ocupa de establecer por qué existe variabilidad, o cuáles son los patrones típicos que pueden emerger. Pero la teoría no predecirá jamás cucarachas – o robots. Pero el tema, más amplio del estatuto de cientificidad o, si se quiere, el estatuto epistemológico de la complejidad es otro tema aparte[12].

Bibliografía

Adami, Ch., Belew, R., Kitano, H., Taylor, R., (eds.), (1998). *Artificial Life, VI*. Proceedings of The Sixth International Conference on Artificial Life. Cambridge, MA/London: The MIT Press

[12] Los tres aspectos mencionados y que quedan como temas de trabajos apartes pueden dar aquí la impresión de promesas incumplidas. Debo decir que ellos corresponden, como de hecho este mismo texto, a una investigación en progreso sobre filosofía y sistemas complejos, y que en ella estos aspectos puntuales encontrarán su espacio más apropiado.

Bak, P., (1996). *How Nature Works. The Science of Self-Organized Criticality*. New York: Springer Verlag

Bar-Yam, Y., (1997). *Dynamics of Complex Systems*. Reading, MA: Addison-Wesley

Bedau, M., McCaskill, J., Packard, N., Rasmussen, S., (eds.), (2000). *Artificial Life, VII*. Proceedings of The Seventh International Conference on Artificial Life. Cambridge, MA/London: The MIT Press

Blue, V., Adler, J., (2000). "Cellular Automata Modelo of Emergent Collective Bi-Directional Pedestrian Dynamics", págs. 437-445, en: Bedau, M., McCaskill, J., Packard, N., Rasmussen, S., (eds.) (2000)

Boorstin, D., (1986). *Los descubridores. Vol. I: El tiempo y la geografía. Vol II: la naturaleza y la sociedad*. Barcelona: Grijalbo Mondadori

Brooks, R., Maes P., (eds.), (1995). *Artificial Life, IV*. Proceedings of The Fourth International Conference on Artificial Life. Cambridge, MA/London: The MIT Press

Burke, J., (1999). *The Knowledge Web. From Electronic Agents to Stonehenge and Back – and other Journeys Through Knowledge*. New York: Simon & Schuster

Casti, J., (1995). *Complexification. Explaining a Paradoxical World Through the Science of Surprise*. New York: HarperCollins Publishers

Chaitin, G., (2001). *Exploring Randomness*. Springer Verlag

Clark, A., (1996). "Happy Couplings: Emergence and Explanatory Interlock", en: Boden, M., (ed.), *The Philosophy of Artificial Life*. Oxford: Oxford University Press, págs. 262-281

Cowan, G., Pines, D., Meltzer, D., (1999). *Complexity. Metaphors, Models, and Reality*. Cambridge, MA: Perseus Books

Crutchfield, J. A., (1999). "Is Anything Ever New? Considering Emergence", in: Cowan, G., Pines, D., Meltzer, D., (1999), págs. 515-537.

Darley, V., (1995). "Emergent Phenomena and Complexity", págs. 411-416, en: Brooks, R., Maes, P., (eds), 1995

Di Paolo, E., Noble, J., Bullock, S., (2000). "Simulation Models as Opaque Thought Experiments", págs. 497-506, en: Bedau, M., McCaskill, J., Packard, N., Rasmussen, S., (eds.) (2000)

Emmeche, C., Køppe, S., & Stjernfelt, F., (1997). "Explaining Emergence: Towards an Ontology of Levels", en: *Journal for General Philosophy of Science*, vol. 28, págs. 83-119, reimpreso en Midgley (2003)

Flentge, F., Polani, D., Uthmann, T., (2000). "On the Emergence of Possession Norms in Agent-Societies", págs. 343-347, en: Bedau, M., McCaskill, J., Packard, N., Rasmussen, S., (eds.) (2000)

Gotts, N., Callahan, P., (1998). "Emergent Structures in Sparse Fields of Conway´s "Game of Life", en: Adami, Ch., Belew, R., Kitano, H., Taylor, R., (eds.), 1998, págs. 104-113.

Hendriks-Jansen, H., (1995). “In Praise of Interactive Emergence, or Why Explanations Don´t Have to Wait for Implementations”, en: Brooks, R., Maes, P., (eds), 1995

Holland, J., (1995). *Hidden Order. How Adaptation Builds Complexity*. Reading, MA: Perseus Books

----------, (1998). *Emergence. From Chaos to Order*. Reading, MA: Addison-Wesley

Izumi, K., Ueda, K., (1998). “Emergent Phenomena in a Foreign Exchange Market: Analysis Based on an Artificial Market Approach”, en: Adami, Ch., Belew, R., Kitano, H., Taylor, R., (eds.), 1998, págs. 398-402

Johnson, S., (2001). *Emergence. The Connected Lives of Ants, Brains, Cities, and Software*. New York: Scribner

Kluegl, F., Puppe, F., Raub, U., Tautz, J., (1998). “Simulating Multiple Emergent Phenomena Exemplified in an Ant Colony”, en: Adami, Ch., Belew, R., Kitano, H., Taylor, R., (eds.), 1998, págs. 408-412

Langton, Ch., (ed.), (1995). *Artificial Life. An Overview*. Cambridge, MA/Lindon: The MIT Press

Langton, Ch., Shimohara, K., (eds.), (1997). *Artificial Life V*. Proceedings of The Fifth International Conference on Artificial Life. Cambridge, MA/London: The MIT Press

Maldonado, C.., (2001). “La heurística de la vida artificial”, en: *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*, Vol. II, Nos. 4 y 5, págs. 35-43

Midgley, G., (2003). *Systems Thinking*. Vol. I, II, III, and IV. Sage Publications

Nishimura, S., Ikegami, T., (1998). “Emergence and Maintance of Relationships among Agents”, en: Adami, Ch., Belew, R., Kitano, H., Taylor, R., (eds.), 1998, págs. 438-442

O´Reilly, U.-M., Ross, I., Testa, P., (2000). “Emergent Design: Artificial Life for Architecture Design”, págs. 454-463, en: Bedau, M., McCaskill, J., Packard, N., Rasmussen, S., (eds.) (2000)

Pagels, H., (1991). *Los sueños de la razón. El ordenador y los nuevos horizontes de las ciencias de la complejidad*. Barcelona: Gedisa

Resnick, M., (1995). “Learning about Life”, págs. 229-241, en: Langton, Ch., (ed.), (1995)

Ronald, E., Sipper, M., (2000). “Engineering, Emergent Engineering, and Artificial Life: Unsurprise, Unsurprising Surprise, and Surprising Surprise”, págs. 523-528, en: Bedau, M., McCaskill, J., Packard, N., Rasmussen, S., (eds.) (2000)

Simon, H., (1991). *Sciences des systèmes, sciences de l´artificiel*. Paris: Bordas

Sommerer, Ch., Mignonneau, L., (2000). “Modeling Emergence of Complexity: The Application of Complex Systems and Origin of Life Theory to Interactive Art on the Internet”, págs. 547-554, en: Bedau, M., McCaskill, J., Packard, N., Rasmussen, S., (eds.) (2000)

Steels, L., (1995). “Emergent Functionality in Robotic Agents through On-Line Evolution”, págs. 8-14, en: Brooks, R., Maes, P., (eds), 1995

Suzuki, H., (1997). “Functional Emergence with Multiple von Neumann Computers”, págs. 108-115, en: Langton, Ch., Shimohara, K., (1997)

Thom, R., (1993). *Parábolas y catástrofes. Entrevista sobre matemática, ciencia y filosofía*. Barcelona: Tusquets

Varela, F., (2003). *La habilidad ética*. Barcelona: Debate

Ventrella, J., (1995). “Explorations in the Emergence of Morphology and Locomotion in Animated Characters”, págs. 436-441, en: Brooks, R., Maes, P., (eds), 1995

Yamaguchi, Y., Maruyama, T., Hoshino, T., (2000). “A Co-evolution Model of Scores and Strategies in IPD Games: Toward the Understanding of the Emergence of the Social Moral”, págs. 362-366, en: Bedau, M., McCaskill, J., Packard, N., Rasmussen, S., (eds.) (2000)