



# Emergencia. Concepto y método

EMERGENCY. CONCEPT AND METHOD

**Dr. Manuel Vivanco** (mvivanco@u.uchile.cl) Departamento de Sociología, Universidad de Chile (Santiago, Chile)

## Abstract

The notion of emergence is longstanding. To date, in the context of the paradigm of complexity, has become important to be co-opted by various schools. This is not a univocal term. However, independent of the perspective always relates to a system and the micro / macro relationship. Historically the emergence has been some kind of a black box of inputs and outputs. The mechanism has been inscrutable. To date there has been a qualitative change in that regard. Indeed, currently available theoretical and methodological devices that allow revealing the black box, namely phenomenal, move from description to explanation of the mechanism of the emergent process.

**Key words:** system, emergency, mechanism, computer simulation

## Resumen

En el contexto del paradigma de la complejidad se trata la noción de emergencia. A la fecha, ha adquirido relevancia siendo cooptada por diversas escuelas. No se trata de un término unívoco. Sin embargo, independiente de la perspectiva siempre refiere a un sistema y a la relación micro/macro. Históricamente la emergencia ha sido una caja negra de inputs y outputs. El mecanismo ha sido inescrutable. A la fecha se ha producido un cambio cualitativo a este respecto. En efecto, actualmente se dispone de dispositivos teóricos y metodológicos que permiten develar la caja negra, a saber, pasar de la descripción fenoménica a la explicación del mecanismo del proceso emergente. Este texto articula la conceptualización de emergencia con su investigación empírica vía simulación computacional.

**Palabras clave:** sistema, emergencia, mecanismo, simulación computacional

## 1. Introducción

Desde un punto de vista histórico es posible distinguir tres momentos en el tratamiento de la emergencia como un atributo de entidades reales que se presenta de modo imprevisto, siempre referida a la interacción todo/partes.

I. En el pensamiento occidental desde los presocráticos están presentes proposiciones del tipo “el todo es antes que las partes” (una explicación del comportamiento global es más importante que una explicación a nivel de los comportamientos locales) y “el todo es más que las partes” (una configuración de elementos unificados como un todo no se puede comprender solamente como suma de sus partes). En los clásicos –los griegos– ambos postulados hacen referencia a una entidad identificable, coherente y pre existente. A una cosa que existe independiente y antes que el sujeto que conoce. En la noción moderna de emergencia hay un matiz. En efecto, refiere a un atributo imprevisto que se presenta en el proceso evolutivo de los sistemas.

II. El tratamiento moderno se remonta a fines del siglo XVIII. G. H. Lewes a propósito de los componentes de una reacción química, distinguía entre componentes “resultantes” y “emergentes”. La noción de emergencia se



transforma en parte de los dispositivos conceptuales utilizados por J. S. Mill para estudiar causalidad (causas y efectos) en el siglo XIX.

Durante las primeras décadas del siglo pasado fue cooptado por una tendencia en las ciencias y la filosofía conocida como evolucionismo emergente. Una de las tantas variantes generadas a propósito del renacimiento de la teoría de la evolución producto de su vinculación con la genética de Mendel. Goldstein (1999) señala como representantes del movimiento al etólogo C. Morgan, los filósofos S. Alexander y C. Broad y el entomólogo W. Wheeler.

En el contexto del neodarwinismo (teoría de la evolución y genética) el evolucionismo emergente pierde relevancia en la década del 30. Sin embargo, la noción de emergencia se mantuvo presente en el ámbito de la filosofía de la ciencia. En particular, como una posición intermedia entre el vitalismo irracional y el mecanismo reduccionista (a la fecha dos doctrinas sin interés que no han tenido un rendimiento comparable con la noción de emergencia). Destaco a este respecto la revista digital de amplia difusión *Emergence: Complexity and Organization*.

Cabe desatacar que en durante este período el proceso de la emergencia permaneció como una caja negra (uso la metáfora caja negra con la misma acepción que se le ha otorgado desde la primera cibernética). Se podía distinguir entre las entradas y las salidas a propósito de la emergencia, sin embargo, el mecanismo de la emergencia resultaba inescrutable.

III. Desde la tercera sistémica, Sawyer (2005) establece a propósito de la emergencia una metateoría para estudiar sistemas sociales abarcando de lo individual a lo estructural. Su propósito es diluir la persistente dicotomía micro-macro. El propósito de Sawyer es dilucidar un problema clásico tratado previamente por Touraine, Giddens, etc. En el contexto de la ciencia social generativa se retoma el concepto para contextualizarlo como atributo de los sistemas complejos. En particular, de los sistemas complejos adaptativos.

Goldstein (1999) junto a Gershenson y Heylighen (2005) coinciden en señalar que para un tratamiento actual del concepto resulta pertinente considerar lo que estiman son las fuentes principales de la teoría de la complejidad. En rigor, se trata de cuatro escuelas que estudian sistemas complejos con entradas independientes y sin dialogo entre ellas. Se reseñan brevemente a continuación.

- La teoría de los sistemas complejos adaptativos desarrollada en *Santa Fe Institute*. La teoría surge a propósito de la vida artificial (Langton 1989) y es aplicada a sistemas económicos (Arthur 1997) y sociales (Watts 2003). Desde esta perspectiva, la emergencia se produce por la interacción a nivel micro entre agentes autónomos que generan un patrón a nivel macro (Holland 1998, Kauffman 1995).
- La teoría de los sistemas dinámicos no lineales o teoría del caos. Los estudiosos del caos han identificado en la evolución de los sistemas deterministas e imprevisibles un patrón identificable conocido como atractor extraño. Éste como figura geométrica es un fractal y como secuencia de órbitas es una emergencia.
- La teoría sinérgica formulada por el físico Haken (1981). Importante para explicar fenómenos de autoorganización a partir de la reducción de entropía y el consecuente aumento en organización, orden, y patrones. En ciencias sociales es el enfoque utilizado por la escuela de Forrester (Meadows 1993, 2006) para estudiar la emergencia de orden a nivel macro.
- La teoría termodinámica de los procesos irreversibles desarrollada por Ilya Prigogine. Desde esta perspectiva los sistemas dinámicos se comportan como estructuras disipativas. El orden emerge en un proceso de autoorganización que se desarrolla espontáneamente condicionado por ciertos valores críticos de los parámetros que controlan el sistema.



## 2. Una definición operacional

La pluralidad de escuelas no facilita una comprensión unívoca del concepto. En efecto, el reconocimiento de la emergencia como concepto relevante en distintas disciplinas plantea la pregunta respecto a qué es lo propio de la emergencia.

A la fecha es posible elaborar un conjunto de alternativas a propósito del uso y significado que se da a emergencia. Así, por ejemplo, para algunos la emergencia dice relación con la percepción de parte de un observador de una pauta imprevisible y otros entienden que la presencia del observador es irrelevante dado que ésta sucede al margen de la observación.

Hay quienes consideran que la mente es una emergencia producida en el cerebro por la actividad neuronal y otros consideran que ésta –la mente– no tiene nada que ver con impulsos electroquímicos.

Para algunos la sociedad es una emergencia generada a partir de la interacción local de agentes autónomos. Para otros el lenguaje es una emergencia porque el significado se genera como resultado de la combinación de palabras.

En fin, algunos consideran que la emergencia es consecuencia de la interacción de elementos que operan autónomamente según ciertas reglas de acción. Otros, por el contrario, argumentan que no hay emergencia cuando una propiedad de la totalidad puede inferirse directamente a partir de interacciones locales.

En el paroxismo, Miller y Page (2007) señalan que en relación con la emergencia hacen suya la frase del juez de la Corte Suprema de Estados Unidos que a propósito de la pornografía señaló que no podía dar una definición, pero si la veía inmediatamente la reconocía.

En general, se asume que la emergencia es un fenómeno sorprendente a nivel del comportamiento global del sistema. Esta es una descripción vaga que permite incluir procesos sistémicos de diverso orden. Suele ser ilustrada mediante ejemplos simples y típicos. Un clásico es la bandada de pájaros (Colella, Klopfer y Resnick 2001). En efecto, la forma en V de las bandadas de pájaros no se produce porque un pájaro ha sido seleccionado como líder y los otros se ordenan detrás del líder. El comportamiento de cada pájaro y su lugar en la bandada se basa en su posición respecto a los pájaros inmediatamente cercanos. La forma de V no es planificada o determinada centralmente. Se trata de una emergencia a partir de simples reglas de interacción local entre agentes autónomos.

La bandada de pájaros evidencia una de las características más propias de los fenómenos emergentes. A saber, las regularidades a nivel macro son el resultado de reglas simples e interacciones locales a nivel micro. En fin, la organización social en la colmena, el orden espontáneo en el atascamiento de tráfico, las células de Benard según Prigogine y la autosemejanza en el objeto fractal de Mandelbrot.

Goldstein (1999) antes de dar una definición, realiza una caracterización: “la emergencia no funciona tanto como explicación, es más bien un término descriptivo que señala los patrones, estructuras o propiedades que surgen a nivel macro”. A su juicio, la emergencia se refiere al “surgimiento de estructuras, patrones y propiedades nuevas y coherentes durante el proceso de autoorganización en los sistemas complejos”.

Resulta particularmente consecuente con la perspectiva generativa la definición de Sawyer (2005): “Un sistema exhibe emergencia cuando a nivel macro se dan propiedades emergentes permanentes que surgen en forma dinámica de las interacciones entre las partes en el nivel micro”.



La definición de Bunge (2003) es consecuente con su tendencia a la formalización: “Otra categoría filosófica resaltada por el enfoque sistémico es la de emergencia. Decimos que cierta propiedad de un sistema es emergente en el nivel N si ninguna de las partes de N la posee”.

### 3. Características de la emergencia

Los fenómenos emergentes adquieren características propias en distintos tipos de sistemas, sin embargo, comparten ciertas propiedades comunes que las identifican como emergencias. Sin pretensión de exhaustividad, listamos algunos atributos de identidad más allá del sistema en que la emergencia se manifiesta.

**Carácter ontológico.** La emergencia es un fenómeno sistémico a nivel ontológico. Dice relación con los caracteres fundamentales del ente que se presenta como sistema. No es una categoría epistemológica útil para el conocimiento del sistema, ni es una heurística que permita descubrir propiedades del sistema.

**Fenómeno explicable.** La emergencia no es una novedad radical que resulta imposible de inferir a partir de interacciones a nivel micro. Las emergencias no son misteriosas. Se identifican, se explican y siguen siendo emergencias. Por ejemplo, el lenguaje y la sociedad.

**Coherencia interna.** Los fenómenos emergentes tienen identidad y persistencia temporal. Presentan una correlación particular entre las partes componentes a nivel micro y la unidad nueva que se genera a nivel macro. Esta correlación es condición para producir un fenómeno con identidad propia.

**Presencia notoria.** Las emergencias pueden ser identificadas dado que se distinguen en el sistema. Son reconocibles porque se hacen identificables –no necesariamente visibles. En este sentido son fenómenos notorios.

**Robustez y flexibilidad.** Los fenómenos emergentes surgen y permanecen independientemente de perturbaciones locales. Por ejemplo, la bandada de pájaros o las tribus urbanas son insensibles al comportamiento errático de un elemento. La emergencia es robusta respecto al comportamiento de las partes del sistema. No se ve afectado por fallas o errores locales.

### 4. Sistemas y emergencia

A juicio de Goldstein (1999), aunque los fenómenos emergentes aparecen de forma distinta en los diferentes tipos de sistemas, ciertas características básicas del sistema facilitan el desarrollo de la emergencia. A modo de referencia citaremos las características más generales.

**No linealidad.** La primera y segunda sistémica tratan tangencialmente el de tema la no linealidad. Wiener escribió a propósito de efectos no lineales porque el bucle de retroalimentación – feedback positivo o negativo– implica comportamientos no lineales. Sin embargo, no se hace un tratamiento del tema en los términos de la tercera sistémica.

La no linealidad compleja mantiene al sistema al filo del caos producto de la sensibilidad a las condiciones iniciales. El rasgo más propio de los sistemas no lineales es la desproporción entre la causa y el efecto, tal que un pequeño cambio puede generar un gran efecto ampliado o, en forma inversa, un cambio considerable puede generar una variación menor en la dinámica del sistema. Sirvan como referencias el efecto mariposa y la no linealidad de los puntos de bifurcación.



**Autoorganización.** Los teóricos de las primeras sistémicas no fueron ajenos a procesos de autoorganización. En particular, la primera sistémica se interesó en la autorregulación y la segunda en la autoproducción. Sin embargo, lo propio de la tercera sistémica es su preocupación en el nexo autoorganización y adaptación. Se concibe que son atributos complementarios en los sistemas complejos y condición para una dinámica coevolutiva apropiada.

**Control descentralizado.** La referencia al control descentralizado dice relación con dos condiciones: ausencia de una dirección central y determinación del comportamiento global por acción de elementos locales. En el sistema no hay un lugar en el que la totalidad esté representada. No existe un dispositivo que controle el sistema o un director que ejecute un plan maestro. La descentralización es necesaria dado que la emergencia es una novedad sorprendente e imprevista.

**Relación niveles micro y macro.** La relación entre nivel micro y macro es recursiva. En efecto, el fenómeno emergente se gesta a nivel micro y el fenómeno generado incide en los elementos particulares que han contribuido a generarlo. Se verifica la existencia de un bucle de doble causalidad.

Las cuatro condiciones mencionadas fueron propuestas originalmente para explicar la emergencia en los sistemas biológicos y físicos. A mi juicio, éstas se encuentran en los sistemas sociales de modo más intenso que en los sistemas naturales. Sin embargo, lo que hace cualitativamente diferente la emergencia en los sistemas sociales son dos rasgos distintivos de los seres humanos: la comunicación simbólica y la autorreferencia. Este reconocimiento no implica que lo social pueda ser reducido a lenguaje o que lo más propio de la sociedad sea su capacidad para autodescribirse.

## 5. Una tipología desde la reflexividad

Reflexividad, segundo orden y autorreferencia son parte del vocabulario de la mirada compleja. Nos interesa indagar en el vínculo observador y emergencia.

En principio, el observador es externo al sistema o es parte del sistema observado. Cuando el observador es externo el sistema, simplemente exhibe una novedad ante un observador que, asombrado, da cuenta de ella. Cuando el observador es parte del sistema las observaciones que realiza son componentes activos del sistema observado y contribuyen a la producción del sistema.

Existe una tercera opción. A saber, la presencia de un observador externo es condición necesaria pero no suficiente para que el sistema exhiba una emergencia.

Indagaremos en las tres opciones a fin de distinguir respecto a la incidencia de los fenómenos emergentes en el sistema que los exhibe. ¿Existe diferencia entre una emergencia que es simplemente observada y otra que es utilizada por el sistema que la produce? Sí. ¿En qué consiste ésta?

**Emergencia descriptiva.** Tipo de emergencia que se produce cuando un observador externo al sistema y sin influencia sobre él, detecta una novedad sorprendente e imprevista. Se trata de la noción de emergencia conceptualmente más amplia. El observador descubre una emergencia.

Los elementos que componen el sistema no presentan una propiedad emergente. El sistema como un todo exhibe un fenómeno emergente. La emergencia no incide sobre los elementos del sistema y no contribuye al desarrollo de éste. No hay recursividad entre la emergencia y el sistema. Por ejemplo, el arcoíris en el horizonte no afecta al ecosistema del cual emerge.



**Emergencia acoplada.** Hay emergencia acoplada cuando un observador externo es necesario. Sin embargo, reconocer la emergencia a nivel de la totalidad no es suficiente para dar cuenta del fenómeno. La emergencia se presenta como producto simultáneo de dos niveles. Una propiedad emergente a nivel micro y un fenómeno emergente a nivel macro.

El ejemplo de la mercancía y el mercado es ilustrativo. A nivel inferior los productos se transforman en mercancía (emergencia local) si y sólo si a nivel de la totalidad surge el mercado (fenómeno emergente global). Existe interdependencia entre los objetos como novedad emergente y la totalidad como fenómeno cualitativamente nuevo. No hay mercancías sin mercado y viceversa.

El observador es externo al sistema y solo puede percibir un comportamiento emergente si intencionadamente observa el comportamiento del sistema. Para una adecuada descripción de la emergencia el observador debe acoplar la novedad de nivel inferior con la novedad global.

La emergencia acoplada se caracteriza porque el sistema es cerrado respecto a la utilización de la emergencia. En efecto, la dinámica que produce la emergencia depende exclusivamente del fenómeno emergente.

**Emergencia recursiva.** Caracterizada porque no existe un observador externo. El observador es parte del sistema que se observa. Se trata de una emergencia recursiva porque el objeto tiene capacidad para observar y sus interacciones pueden ser alteradas de acuerdo a sus observaciones. La alteración de las interacciones puede dar lugar a la alteración del comportamiento emergente producido. Esta propiedad introduce un bucle recursivo de retroalimentación permanente.

El sistema social es un ejemplo canónico de emergencia recursiva. Nótese que el sujeto es reflexivo y el objeto es reflexivo. El sujeto pertenece al objeto sistema social y el objeto incluye al sujeto como su subsistema de pertenencia. En términos de Piaget, la dificultad epistemológica fundamental de las ciencias humanas es que éstas son a la vez sujeto y objeto.

Desde la perspectiva de Luhmann, los sistemas sociales constantemente redefinen sus límites en un intento por reducir su complejidad. Esto puede ser leído como una dinámica de emergencia recursiva. En efecto, el sistema social percibe un entorno que lo acota –siempre más complejo que el sistema mismo– y actúa con el propósito de redefinirlo. Este proceso continuo es un ejemplo de adaptación recursiva.

La teoría de estructuración social de Giddens puede leerse desde la emergencia recursiva. La estructura social resulta ser una emergencia que los actores reproducen como efecto no intencional de sus propias acciones. Nótese que la acción social se verifica en el marco de la estructura social y ésta es reproducida por la acción social en un bucle recursivo continuo.

La emergencia, cuando es recursiva, puede ser utilizada por el sistema para generar una dinámica de desarrollo autoproducida.

## 6. El mecanismo

Los sistemas sociales son reales y materiales –sólo parcialmente físicos. En tanto sistemas concretos –no conceptuales, ni semióticos– funcionan a partir de uno o más mecanismos que regulan la dinámica autoorganizativa y adaptativa del sistema. Desde una epistemología realista, comprender un sistema implica revelar sus mecanismos.



Bunge (2003) se explaya a este respecto. En este contexto formulamos la siguiente pregunta: ¿Cuál es el mecanismo de fenómenos emergentes como el rumor o la ola generada por el público en el estadio?

Cabe destacar que en los sistemas sociales la emergencia es un fenómeno imprevisto, pero no misterioso. En efecto, la emergencia presenta un mecanismo que da cuenta de su origen y desarrollo. Para explicarla es preciso develar los mecanismos por los que devino en lo que es. Nótese que aquello que emerge –físico, biológico, social– surge de una entidad preexistente. De la nada no se origina nada.

Bunge (2007) considera que una explicación referida a un mecanismo debe cumplir con tres condiciones. A saber, el mecanismo debe ser concreto (no inmaterial), examinable (no oculto) y comportarse según regularidades empíricas (no azar irreductible).

Las condiciones mencionadas impiden hablar del funcionamiento de los mecanismos en general. Los mecanismos son referidos al sistema concreto en el cual operan. Cada mecanismo es específico, implica una operatoria particular y funciona en un sistema determinado.

En este contexto una explicación común para el mecanismo de la emergencia es inviable dada la variedad de dominios o sistemas en los que la emergencia se presenta. En rigor, la explicación será específica porque los mecanismos son específicos. ¿Qué mecanismos comunes puede tener la emergencia en una reacción química, la bandada de pájaros y una celebración callejera de un triunfo deportivo?

Ahora bien, cómo ir más allá de la explicación solo en términos de inputs y outputs. ¿Cómo develar la caja negra? A nuestro juicio se dispone de los dispositivos teóricos y metodológicos para pasar de la descripción fenomenológica a la explicación en términos de funcionamiento.

Teóricos: matemática no lineal, lógica borrosa, inteligencia artificial paralela y distribuida, geometría fractal, neurocomputación. Metodológicos: simulación computacional. Ésta es una heurística insuperable para conocer composición, estructura, mecánica y evolución de un sistema.

Nótese que el giro es conceptual, no tecnológico. El punto no es el computador, sino la simulación como dispositivo epistemológico. La simulación computacional como nueva entrada para pensar los procesos sistémicos.

En efecto, ésta se puede utilizar para indagar el comportamiento de un sistema obteniendo sucesivos resultados computacionales. Simplemente se cambian los parámetros para generar un mapeo de múltiples resultados posibles.

La simulación hace del computador un laboratorio para estudiar la relación entre comportamientos a nivel micro y propiedades globales a nivel macro. En general, permite explicar fenómenos complejos que se resistían a ser comprendidos teóricamente. Por ejemplo, comprender regularidades sociales macroscópicas que surgen del comportamiento agregado de elementos individuales.

La simulación permite capturar procesos emergentes que no pueden anticiparse intuitivamente. El mecanismo de la emergencia se estudia observando cómo reglas de nivel local producen efectos imprevistos y sorprendentes.

En simulación computacional el investigador define las reglas de interacción local, pero no define las reglas de evolución del sistema. Define los términos de interacción, pero no los resultados que han de emerger de ella.



En definitiva, el investigador establece pautas, genera un proceso y se sienta a mirar cómo evoluciona el sistema. Lo imprevisto y sorprendente se desarrolla literalmente frente a sus ojos. El mecanismo de la emergencia se presenta como una secuencia de imágenes en una pantalla.

### **Bibliografía**

Arthur, W.B. et. al. 1997. *The economy as an evolving complex system II*. Reading: Addison-Wesley.

Bunge, M. 2003. *Emergencia y convergencia*. Barcelona: Gedisa.

Bunge, M. 2007. *A la caza de la realidad*. Barcelona: Gedisa.

Colella, V., Klopfer, E., y Resnick, M. 2001. *Adventures in modeling: exploring complex, dynamic systems with starlogo*. New York: Teachers College Press.

Gershenson, C. y Heylighen, F. 2005. How can we think the complex? En: K. Richardson (ed.) *Managing organizational complexity: philosophy, theory and application*. Greenwich, Connecticut: Information Age Publishing, pp. 47-62.

Goldstein, J. 1999. Emergence as a construct: history and issues. *Emergence* 1(1): 49-72

Haken, H. 1983. *Advanced synergetics: instability hierarchies of self-organizing systems and devices*. New York: Springer-Verlag.

Holland, J. 1998. *Emergence. From chaos to order*. New York: Basics Books.

Kauffman, S. 1995. *At home in the universe: the search for the laws of self-organization and complexity*. New York: Oxford University Press.

Langton, C. 1989. *Artificial life*. Redwood City: Addison Wesley.

Meadows, D. et al. 1993. *Más allá de los límites del crecimiento*. Madrid: Aguilar.

Meadows, D. et al. 2006. *Los límites del crecimiento 30 años después*. Madrid: Galaxia Gutenberg.

Miller, J. y Page, S. 2007. *Complex adaptive systems: an introduction to computational models of social life*. New Jersey: Princeton University Press.

Sawyer, K. 2005. *Social emergence. Societies as complex system*. Cambridge: Cambridge University Press.

Watts, D. 2003. *Six degrees. The science of connected age*. New York: Norton.

Recibido el 24 Oct 2013

Aceptado el 4 Ene 2014