

Criptomonedas y clausura operativa del sistema económico

Santiago Calise (Conicet-UBA IIGG)

Este trabajo busca señalar algunos puntos problemáticos para comenzar una indagación sobre el funcionamiento de las criptomonedas desde la perspectiva de la teoría de sistemas sociales. En trabajos anteriores (Forte, Pignuoli Ocampo, Calise, Palacios y Zitello, 2012), el equipo de trabajo que convoca a esta mesa ha teorizado la emergencia del medio digital, ligado a tres procesos: la digitalización, la convergencia e Internet. Esta estructura supone la aparición de la informatización de contenidos (digitalización), la convergencia de distintos soportes tecnológicos, y el robustecimiento y la mundialización de la conectividad de Internet. Esta ponencia intenta seguir esta línea de trabajo, combinando el análisis del medio digital con el de la diferenciación interna de los sistemas funcionales. En este sentido, a primera vista, las criptomonedas se presentarían como una forma de dinero digital emergido desde periferia del sistema económico, desafiando las formas estatales de control y funcionamiento del sistema representadas por el dinero fiduciario.

1. Criptomonedas y dinero:

La teoría de Luhmann enfoca el dinero desde la perspectiva de los medios de comunicación simbólicamente generalizados (MCSG), dejando de lado todos los debates concernientes a la teoría del dinero generados desde la ciencia económica, ni tampoco se profundiza el análisis de la relación entre el dinero y la diferenciación interna del sistema económico propuesta por el mismo Luhmann. Esta última cuestión es de suma relevancia, aunque solamente fue brevemente esbozada (Luhmann, 1988). El dinero ha permitido la diferenciación de un sistema funcional específico para la economía sobre la base de operaciones de pago en dinero. Como no ocurre en ningún otro sistema, el medio dinero contribuye sustancialmente a la clausura operativa del sistema remitiendo toda operación de pago en dinero al sistema económico. Estos pagos generan que el dinero circule y conforme dos círculos, un círculo interno que representa la capacidad de pago en dirección de la incapacidad de pago, y un círculo externo que se mueve en sentido contrario. El círculo interno se orienta al gasto de dinero para proyectos económicos que resulten rentables, por lo cual se gasta el dinero cuando hay perspectivas de su reintegro con una compensación por el riesgo asumido. Mientras que en el círculo externo

se encuentran, por un lado, el fisco, en permanente incapacidad de pago, el cual compensa esta situación a través del cobro de impuestos. Por otro lado, están las familias, que resuelven su incapacidad de pago a través del trabajo.

En el centro del sistema aparecen los bancos, que sostienen y hacen posible el funcionamiento de la doble circulación. Los bancos cuentan con el privilegio de poder comprar sus propias deudas con ganancia, o sea, utilizar su incapacidad de pago y transformarla en capacidad de pago. Para regular este privilegio de poder transformar incapacidad de pago en capacidad de pago se necesita un banco central. Éste no se orientaría primariamente hacia la generación de su propia ganancia, porque él no puede caer en la incapacidad de pago, sino, en todo caso, puede poner en riesgo la libre convertibilidad de la moneda bajo su control. Desde el punto de vista estructural, la desparadojización se garantiza mediante una jerarquía: banco central, bancos comerciales, clientes. La contribución que realiza el sistema bancario es la de garantizar la separación y la capacidad de intermediación de las dos circulaciones.

El planteo de Luhmann plantea una complementariedad entre dinero, sistema bancario y sistema económico, por la cual, el dinero es producido por el sistema económico y, a su vez, el dinero se vuelve indispensable para poder lograr la diferenciación y la clausura operativa del sistema funcional. Las criptomonedas, en este esquema, quedarían, desde el punto de vista organizativo, en la periferia del sistema, y, desde la perspectiva de la circulación del dinero, en el círculo interno. Esto último significa que las criptomonedas seguirían la dirección de la capacidad hacia la incapacidad de pago, como cualquier inversión que implique un gasto de dinero fiduciario o la compra de bienes de consumo. Sin embargo, tomado este planteo de manera rigurosa, toda transacción realizada con pago en criptomonedas podría ser considerada como una operación económica solamente por analogía, por la similitud entre dinero fiduciario y criptomonedas, pero no quedaría completamente claro si es realmente una operación económica.

Desde la perspectiva de los MCSG, los requisitos para que un medio logre la generalización simbólica proponen otros interrogantes. En este sentido, podría cuestionarse cuán generalizado es el uso de las criptomonedas, como para considerarlas dinero, aun en el caso de la más difundida, el Bitcoin. Sin lugar a duda, a nivel internacional, ninguna criptomoneda es tan generalizada como medio de intercambio como el dinero fiduciario emitido por la Reserva Federal de Estados Unidos o el Banco Central Europeo, sin embargo, la teoría de los MCSG no especifica cuál es el nivel de generalización al que debe arribarse. En este sentido, muchas monedas fiduciarias nacionales podrían tener menor generalización que algunas criptomonedas para transacciones internacionales, o aun en el contexto territorial en donde son emitidas. Si desde los MCSG

la cuestión del carácter dinerario de las criptomonedas podría llevarnos a empantanarnos en el debate sobre la generalización del medio, desde las tradicionales funciones del dinero parece quedar claro que las criptomonedas todavía no pueden ser consideradas dinero. En primer lugar, porque no sirven como unidad de cuenta, debido a las permanentes fluctuaciones en su precio a las que están sometidas y a la inflexibilidad de su provisión¹ (Ammous, 2018). Normalmente, la unidad de cuenta es garantizada por la política monetaria al proporcionar un ancla nominal (Malherbe, Montalban, Bédu y Granier, 2019). En el caso de las criptomonedas tal instancia central de control no solamente no existiría, sino que es indeseable. Por otro lado, un régimen monetario basado en una criptomoneda como el Bitcoin generaría deflación y una severa depresión económica, causada por la escasez monetaria (Malherbe et al., 2019). A su vez, esta escasez es la que permite que el precio del Bitcoin suba, lo cual termina incentivando a la gente a que compre Bitcoin con fines especulativos. En este sentido, la función que sí cumple una criptomoneda como el Bitcoin es la de reserva de valor, como el oro u otras commodities (Malherbe et al., 2019), acercándolo más hacia un instrumento de inversión que hacia una moneda (İçellioglu y Öner, 2019). Este carácter de reserva de valor parecería ser más propio del Bitcoin que de todas las criptomonedas, ya que el primero es el que ha logrado el mayor nivel de credibilidad, asegurando una provisión previsible y resistiendo a las manipulaciones de su programa original (Ammous, 2018).

2. El Blockchain como medio:

Como se mencionaba anteriormente, desde el punto de vista estructural, la conformación organizativa que permite el funcionamiento del dinero fiduciario y de las criptomonedas es totalmente diferente, otorgándole a cada uno características y potencialidades desiguales. En la tesis luhmanniana de la circulación del dinero, las interacciones que se dan en la superficie social se sustentan en las operaciones de los bancos comerciales y los bancos centrales, quienes se encargan de su creación y administración. En el caso de las criptomonedas pueden destacarse tres niveles principales: las interacciones de pago en la superficie del medio digital; el medio de inscripción de las transacciones, que en varias criptomonedas es el Blockchain; y el nivel de los nodos (los mineros) conectados en una red peer-to-peer, a través de hardware especializado.

El Blockchain puede ser pensado como un medio específico generado dentro del medio digital, cuyo fin es el de generar una memoria incorruptible del sistema de transacciones. Este medio está conformado por diferentes bloques, donde cada bloque registra

¹ El Bitcoin tiene, por ejemplo, un límite de emisión de 21 millones.

un cierto número de transacciones (Eyal y Sirer, 2014). Este medio se caracteriza por ser descentralizado y no necesitar de ninguna instancia de control o administración central. Internet, como parte de la estructura del medio digital, permite la interconexión entre nodos mediante protocolos de intercambio de información, donde los protocolos se conciben como desarrollos de software capaces de vincular y compatibilizar procesamientos de información realizados en nodos físicamente separados y gradadamente remotos. El Blockchain aprovecha del sustrato medial proveído por el medio digital y regula las operaciones mediante un protocolo específico. El protocolo PoW (Proof-of-Work) es el más conocido, utilizado por varias criptomonedas, incluido el Bitcoin. Este protocolo está conformado por una serie de procedimientos, donde los bloques tienen un número identificatorio único y cada uno contiene la solución a un acertijo conformada por el hash del bloque anterior, el hash de las transacciones de ese bloque y una recompensa en Bitcoin que se acreditará a quien resuelva el acertijo. El proceso de tratar de resolver tal incógnita para obtener la compensación lleva el nombre de minado (*mining*). La dificultad de los problemas matemáticos a resolver se va ajustando de manera que se genere un bloque cada diez minutos, por lo cual si aumenta la capacidad de cálculo del conjunto de los participantes de la red, también aumenta la dificultad de los problemas. Una vez generado el bloque, el minero debe hacer público tal suceso, de modo que los demás mineros tengan el mismo registro y puedan seguir minando en esa dirección. Si dos mineros generan dos bloques diferentes a partir de un solo bloque se produce una bifurcación, lo cual puede dar lugar a diferentes ramas. Esta situación resulta indeseable, ya que todos los mineros deben estar de acuerdo sobre la cadena de transacciones. En tales casos, el protocolo prescribe adoptar y minar del lado de la cadena más larga. Por consiguiente, las cadenas más cortas son podadas e ignoradas. Este suceso suele ser excepcional, ya que la diseminación de la información respecto de la creación de un nuevo bloque tarda segundos y la creación del próximo bloque diez minutos. No obstante, estas bifurcaciones suelen ocurrir cada sesenta bloques.

Como lo expone Nakamoto (2008) en su paper, Bitcoin viene a satisfacer la necesidad de poder contar con un sistema de pago basado en pruebas criptográficas y no en la confianza, que permita que dos partes puedan realizar una transacción de manera directa, sin la necesidad de un tercero en quien confiar. No obstante las afirmaciones de los partidarios de las criptomonedas y de los discursos anarco-capitalistas que las han informado desde sus inicios, parece evidente que el elemento confianza no ha sido eliminado. Como sugiere Dodd (2018), el Bitcoin podrá tener éxito como moneda en la medida en que fracase como ideología. Esto se debe a que esta criptomoneda se basa en la confianza de una creciente comunidad, o sea, de la dependencia del dinero en las

relaciones sociales, que es aquello que la ideología originaria buscaba negar. Por ejemplo, la creencia en que el número de Bitcoins nunca superará el límite de los 21 millones funciona como la ficción necesaria que mantiene a la red unida, por lo cual es posible que este monto se mantenga fijo para que el sistema no caiga en el descrédito generalizado.

Desde la teoría de sistemas sociales, puede pensarse a los protocolos desde la perspectiva de la teoría de la legitimación a través de los procedimientos. Ella forma parte de la producción pre-autopoiética de Luhmann y enfoca procesos sociales (especialmente jurídicos y políticos) que ocurren en los centros de los sistemas funcionales, que suelen coincidir con las “organizaciones estatales” de diferentes sistemas (el Estado, para el sistema político; los tribunales, para el sistema jurídico; el banco central, para el sistema económico). Los procedimientos jurídicos se caracterizan por incluir y elaborar la incertidumbre respecto de sus resultados y consecuencias, y la apertura de las alternativas de comportamiento en un determinado contexto de acción y su estructura de motivación. Ellos eliminan las alternativas, reducen complejidad, absorben incertidumbre o transforman la indeterminada complejidad de todas las posibilidades en una problemática determinable y aprehensible. Los procedimientos se desarrollan como una historia de decisiones, en la cual cada decisión parcial de cada participante se vuelve premisa de decisión del otro, estructurándose así la situación general. Luhmann los concibe como sistemas sociales que tienen la función de elaborar una única decisión vinculante. Dentro del sistema procedimiento se da una separación de roles, que también lo diferencia de su entorno. Por otro lado, la legitimidad es definida como una disposición a aceptar, dentro de ciertos límites de tolerancia, decisiones de contenido todavía indefinido.

De esta manera, el protocolo del Blockchain establece un procedimiento estricto que deben obedecer los mineros para poder crear un nuevo bloque y así obtener su recompensa. En este sentido, el protocolo tiene un valor regulativo y su respeto genera expectativas normativas de que éste seguirá siendo respetado y no se lo modificará. Estas expectativas parecerían ser mucho más rígidas que la confianza depositada en los bancos centrales, que gozan de mayor margen de maniobra para intervenir sobre el mercado monetario. En este sentido, la inflexibilidad de las expectativas respecto del respeto de los procedimientos establecidos por el protocolo, que es la fuente de legitimidad de criptomonedas como el Bitcoin, también limitan sus posibilidades para convertirse en dinero y dejar de ser, principalmente, un instrumento de inversión. Paradójicamente, la posibilidad de eliminar el techo de los 21 millones o de adoptar un protocolo que permita evitar la concentración o reduzca el enorme consumo energético serían modificaciones que podrían extinguir la legitimidad y confianza hasta ahora acumulada.

3. Los nodos como redes:

En este contexto, cada minero lucha por resolver los problemas matemáticos antes que sus competidores, para poder obtener la recompensa (suma que ha ido disminuyendo con el tiempo), que es la fuente principal de ganancia, establecida hoy en día en el caso del Bitcoin en 6.25. Con la suba del precio de ciertas criptomonedas, numerosas empresas y conglomerados han volcado gran cantidad de capital en el negocio de la minería, invirtiendo en hardware cada vez más sofisticado. Tras el lanzamiento de Bitcoin se dio un rápido desarrollo de nueva tecnología especializada para el trabajo de minería, generando un rápido proceso de especialización y exclusión de los nodos con menos capital invertido. Un año después del inicio de Bitcoin aparecieron las GPUs, al siguiente las FPGA, y en 2012 ya hicieron su irrupción las ASIC (Han, Foutris y Kotselidis, 2019). El rápido progreso del hardware, sumado a los altos requerimientos energéticos que demanda el proceso, han desbancado del negocio a los usuarios que minaban desde sus casas con sus computadoras personales (Calvão, 2018). Respecto del problema del ingente consumo eléctrico que precisa la red, el sistema social organizacional resulta más flexible para dar una solución al mismo. En este sentido, muchas empresas se han localizado en zonas de China donde la energía es mucho más barata y el clima es frío, para poder contar con un sistema de refrigeración natural.

Sin embargo, los mineros no han solamente pasado de ser aficionados que minaban desde sus casas, para pasar a asumir la forma de empresas, sino que se han conformado conglomerados o “pools” de mineros —que aglutinan tanto a empresas como a individuos o grupos de individuos—, para poder hacer de este negocio algo rentable. Estos pools mineros pueden ser caracterizados como redes, según la definición propuesta por Teubner (1992). Desde esta perspectiva, las redes son fenómenos que emergen, no entre, sino más allá de los contratos y las organizaciones². Su autoorganización se lleva a cabo mediante una re-entry de la distinción institucionalizada entre mercado (contrato) y jerarquía (organización) en el mercado, por un lado, y en la jerarquía, por otro. De esta manera, los contratos incorporan elementos organizacionales y las organizaciones se ven permeadas por elementos del mercado. Un aspecto central de las redes es que funcionan con una doble atribución. Esto significa que cada comunicación en la red es atribuida a una de las partes autónomas del contrato, pero, al

² Respecto del concepto de organización, Teubner sigue un modelo muy similar al esbozado por Luhmann. Por otra parte, los contratos con caracterizados como sistemas sociales que formalizan relaciones de intercambio. El logro particular de los contratos formales modernos está en que producen deberes autogenerados de prestaciones que aparecen antes de que la otra parte realice la suya.

mismo tiempo, a la organización como un todo. Desde el punto de vista económico, todas las transacciones se orientan, simultáneamente, hacia la ganancia de la red y la ganancia de los actores individuales. Teubner identifica dos tipos de redes: las redes organizacionales y las redes de mercado. Aquí nos interesarán las segundas. Las redes de mercado aparecen en la esfera contractualmente organizada. Ellas reaccionan al déficit de alta variedad en los contratos controlados por el mercado, y tratan de aumentar la redundancia a través de elementos organizacionales. Las fallas del mercado generan el mejoramiento de los incentivos y controles internos dentro del contrato. Normalmente, hay una empresa central que juega el rol de guía de la coordinación, y muy raramente estas redes se organizan espontáneamente y sin coordinación.

La constitución de redes de mercado responde al hecho de que un minero aislado, aun dotado de una ASIC, podría tardar años antes de llegar a minar un bloque (Eyal y Sirer, 2014) y siquiera recuperar el dinero invertido en hardware. Frente a ideal de competencia perfecta de los mercados que ha inspirado a muchas criptomonedas a la hora de conformar sus protocolos, la formación de redes parece un resultado indeseable. En vez de luchar todos por minar el mismo bloque y desperdiciar gran cantidad de tiempo y energía, los nodos han preferido adoptar ciertos rasgos organizacionales, desarrollando estrategias de minado, de manera que todos sus miembros minan el mismo bloque y dividen las ganancias cuando uno de ellos logra minarlo. De esta manera, las ganancias de cada minero se hacen más predecibles. Rápidamente, el pool se ha conformado en la forma de estructuración predominante de los nodos (Calvão, 2018). De hecho, solamente el 8.4% de los mineros de criptomonedas y 6.4% de los mineros de Bitcoin no pertenecen a ningún pool.

4. El problema de la concentración:

La conformación de redes, sumando a los requerimientos de inversión de capital en hardware y el aprovechamiento de ventajas comparativas territoriales de las que algunos nodos pueden gozar llevan hacia la centralización de la red y a poner en peligro el carácter “democrático” de criptomonedas como el Bitcoin. Dicho de otra manera, este proceso de centralización conduce a que sea cada vez más probable que un pool logre controlar el 51% del poder de minado total de la red, pudiendo modificar el historial de transacciones a voluntad. Siguiendo con el ejemplo del Bitcoin, como indica Nakamoto (2008) en el paper que dio inicio a la criptomoneda, el sistema es seguro en tanto los nodos honestos tengan mayor poder computacional que los atacantes. En el caso de que los atacantes ganen, pueden optar por robarle los pagos a todos los tenedores de Bitcoin, o seguir generando nuevas monedas. Según Nakamoto, sería más provechoso

continuar obedeciendo el protocolo que defraudar a todos los usuarios. Otros estudios han buscado demostrar la vulnerabilidad del sistema, indicando que la visión optimista de los creadores de la criptomoneda no tiene fundamentos tan sólidos (Eyal y Sirer, 2014).

Para evitar los peligros del monopolio, otras criptomonedas han optado por protocolos alternativos al PoW. Uno de ellos es el “hard-memory PoW” (Han et al., 2019), que combina un limitado ancho de banda de memoria, alta latencia de acceso y escasa capacidad. El objetivo es que los mineros con mejor equipamiento no puedan sacar ventaja, para favorecer la descentralización y democracia del Blockchain. Sin embargo, este protocolo resulta altamente ineficaz a nivel energético. Otras criptomonedas, como Ethereum, han optado por implementar otro protocolo, el Proof-of-Stake (PoS). Este protocolo elimina la competencia entre mineros para resolver los problemas criptográficos (Malherbe et al., 2019). El creador del PoS selecciona a quién minará el próximo bloque sobre la base de su cantidad de monedas poseídas. Este minero deberá depositar sus monedas para participar en el proceso y las perderá si el protocolo verifica que ha violado las reglas. De esta manera, el sistema se ahorra una gran cantidad de energía y de procesamiento inútil de datos.

Pese a que estas alternativas puedan ser más eficientes y teóricamente más seguras, ninguna, hasta ahora, parecería capaz de generar el crecimiento suficiente para desbancar a Bitcoin del primer lugar de las preferencias de los inversores (Amous, 2018). Esta última, aprovechando la ventaja de haber sido la primera criptomoneda, se ha demostrado segura, acumulando el mayor poder de procesamiento y el mayor número de usuarios, de manera que es difícil que gran cantidad de usuarios vayan a preferir nuevas alternativas más pequeñas, de las que todavía no se comprobó su seguridad. Bitcoin no se ha apartado de su programa inicial, demostrando su compromiso efectivo en su cumplimiento. Además, sus creadores no se han auto-asignado una gran cantidad de monedas al momento de su inicio. Esto demuestra que la cuestión de la confianza como base moral de la moneda, no se ha eliminado por el mero hecho de haber suprimido la participación de organizaciones estatales en el funcionamiento de las criptomonedas.

5. Conclusiones:

Este trabajo ha comenzado repasando la teoría de la doble circulación propuesta por Luhmann, la cual permite la diferenciación interna del sistema económico, produciendo la distinción entre organizaciones del centro y organizaciones e interacciones de la periferia del sistema. La función central que desempeña el dinero como medio para la

diferenciación de la economía sirve de punto de partida para comenzar el análisis del funcionamiento de las criptomonedas desde la teoría de sistemas. En este sentido, se ha buscado reconstruir la estructuración de las criptomonedas en sus diferentes niveles, observándose tres niveles fundamentales: el nivel de los intercambios; el nivel del medio de inscripción de las transacciones (para las principales criptomonedas identificable con el Blockchain); y el nivel de los nodos o mineros. Para el nivel del Blockchain se ha propuesto observar a su protocolo como el procedimiento que otorga legitimidad a la criptomoneda, generando expectativas normativas referidas al respeto del mismo. Ellas parecerían ser, a su vez, un obstáculo para que las criptomonedas que funcionan con el protocolo PoW puedan llegar a transformarse en dinero.

Para el nivel de los nodos, se ha observado la tendencia a la centralización, en contra del ideal originario de individuos minando desde sus casas con computadoras personales. Debido al progreso del hardware, el alto consumo energético y la alta improbabilidad de poder llegar a minar un bloque trabajando en forma aislada, es que los nodos se fueron autoorganizando en en redes de mercado, donde varias organizaciones o individuos se organizan para minar ciertos bloques y repartir la ganancia.

Este esbozo inicial de la problemática deberá ser complementado en el futuro por un análisis más detallado de la conformación de la confianza en las criptomonedas, de los mecanismos operativos de las redes de mercado y su estructuración interna, y del nivel semántico que fue generando avances preadaptativos para la conformación de los protocolos y del medio Blockchain.

6. Referencias bibliográficas:

- Ammous, S. (2018). Can cryptocurrencies fulfil the functions of money? *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 70(3), 38–51.
<https://doi.org/10.1016/j.qref.2018.05.010>
- Calvão, F. (2018). Crypto-miners: Digital labor and the power of blockchain technology. *Economic Anthropology*, 6(1), 123–134. <https://doi.org/10.1002/sea2.12136>
- Dodd, N. (2018). The Social Life of Bitcoin. *Theory, Culture & Society*, 35(3), 35–56.
<https://doi.org/10.1177/0263276417746464>
- Eyal, I. y Sirer, E. G. (2014). Majority Is Not Enough: Bitcoin Mining Is Vulnerable. En N. Christin y R. Safavi-Naini (Eds.), *Lecture Notes in Computer Science. Financial Cryptography and Data Security* (Vol. 8437, pp. 436–454). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-45472-5_28

- Forte, M. Á., Pignuoli Ocampo, S., Calise, S., Palacios, M. y Zitello, M. (2012). Las TIC como problema de la teoría sociológica: Una aproximación conceptual a la comunicación digitalizada desde la teoría general de sistemas sociales autorreferenciales y autopoieticos. *Entramados y Perspectivas*, 2(2), 205–226.
- Han, R., Foutris, N. y Kotselidis, C. (2019, marzo). *Demystifying Crypto-Mining: Analysis and Optimizations of Memory-Hard PoW Algorithms*. 2019 IEEE International Symposium on Performance Analysis of Systems and Software, Madison, WI, USA. <https://doi.org/10.1109/ISPASS.2019.00011>
- İçellioğlu, C. Ş. y Öner, S. (2019). An Investigation on the Volatility of Cryptocurrencies by means of Heterogeneous Panel Data Analysis. *Procedia Computer Science*, 158(3), 913–920. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.131>
- Luhmann, N. (1988). *Die Wirtschaft der Gesellschaft*. Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag.
- Malherbe, L., Montalban, M., Bédu, N. y Granier, C. (2019). Cryptocurrencies and Blockchain: Opportunities and Limits of a New Monetary Regime. *International Journal of Political Economy*, 48(2), 127–152. <https://doi.org/10.1080/08911916.2019.1624320>
- Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. Recuperado de <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
- Teubner, G. (1992). Die vielköpfige Hydra: Netzwerke als kollektive Akteure höherer Ordnung. En W. Krohn y G. Küppers (Eds.), *Suhrkamp Taschenbuch Wissenschaft: Vol. 984. Emergenz. Die Entstehung von Ordnung, Organisation und Bedeutung* (1ª ed., pp. 189–216). Frankfurt am Main: Suhrkamp.