

Pandemias, guerras y crisis financieras. Rarezas no tan raras

Leonardo Ivarola, IIEP-CONICET
ivarola@economicas.uba.ar

Alfredo García, FCE-UBA
garcia.alfredodaniel@gmail.com

Resumen

En el presente trabajo argumentamos que eventos como la pandemia provocada por el Coronavirus —y como muchos otros eventos considerados “raros”, como las guerras, las catástrofes o las crisis políticas o económico- financieras— emergen inintencionadamente de una serie compleja de relaciones entre elementos de un sistema, que tienen lugar en el nivel *meso* (entre lo macro y lo micro). Si bien tales eventos, por su carácter masivo, parecen ausentes del horizonte de planeamiento de una sociedad y su irrupción marca un punto de inflexión en el decurso de la historia, el presente enfoque evita etiquetarlos como “shock exógeno” (no correlacionado con las variables del modelo) o “evento aleatorio” (no explicado por el modelo) y la división entre “situación normal” y “situación anormal”. Postulamos que tales eventos son emergentes del propio sistema. Esto marca una diferencia importante en el diseño e implementación de políticas públicas.

Palabras Clave: pandemias, rarezas, complejidad, nivel meso.

Abstract

In this paper we argue that events such as the Coronavirus pandemic —and like many other events considered “rare”, such as wars, catastrophes or political or economic-financial crises— emerge unintentionally from a complex series of relationships between elements of a system, which take place at the meso level (between the macro and the micro). Although such events, due to their massive character, seem to be absent from the planning horizon of a society and their irruption marks a turning point in the course of history, the present approach avoids labeling them as an “exogenous shock” (not correlated with the variables of the model) or “random event” (not explained by the model) and the division between “normal situation” and “abnormal situation”. We suggest that such events are emergent from the system itself. This makes an important difference in the design and implementation of public policies.

Keywords: pandemics, rarities, complexity, meso level.

Introducción

Desde el punto de vista económico, el distanciamiento social impuesto comunitariamente durante una pandemia puede entenderse como un “bien social” en tanto reduce la propagación del contagio, preservando los recursos humanos y tratando de evitar el desborde del sistema de salud. Sin embargo, la prolongación de este distanciamiento puede tener efectos adversos sustanciales sobre la producción y la demanda agregada, el aumento de la pobreza, y una mayor incertidumbre que impacta en las decisiones de inversión.

Si el distanciamiento es un “bien social”, tiene que ir en contra de otro “bien social” como es la actividad productiva. Hay entonces una interacción de fuerzas en juego, que se activan o detienen a medida que aumenta o disminuye el contagio, que invocan un modelo dinámico y evolutivo. Lo mismo puede postularse de una guerra o una crisis financiera: una actividad que se considera “normal” (la actividad económica, la diplomacia internacional, la actividad financiera) mantienen reprimidos, controlados, ciertos elementos indeseados encapsulados a nivel local (micro). En los ejemplos enunciados antes, pequeñas poblaciones enfermas, pequeños conflictos locales, o pequeños niveles de insolvencia, son fuerzas reactivas, que se mantienen acotadas, aunque siempre latentes. En determinado punto de su evolución, La fuerza reactiva motorizada por la propia intensidad de la fuerza activa, rompe su cápsula y pasa de ser un fenómeno local para expandirse, mediante contagios y réplicas, volviéndose masiva (macro) y exigiendo la interrupción de la fuerza activa, para frenar el escalamiento de la crisis. Nos interesa esa interacción dinámica, su estructura en red (necesaria para explicar el contagio) y su posibilidad de amplificación, presentándose así como un fenómeno complejo donde la crisis es endógena y no, como suele plantearse en la literatura, como shock externo o aleatorio.

El enfoque permite revisar críticamente los pares binarios como “actividad humana vs distanciamiento”, “libertad vs confinamiento”, “políticas de Estado vs iniciativa individual”. En ciertas condiciones locales (países con poblaciones en superficies naturalmente distanciadas (Australia), fronteras con fuerte presencia militar (Israel), larga historia de disciplina social (China) pueden funcionar políticas de corto plazo con alto nivel de confinamiento (v.gr., “one time shock”). Pero en la mayoría de los casos, sin embargo, distanciamiento y actividad económica, vistos como “bienes sociales contrapuestos”, están indisociablemente entrelazados en sus efectos, generando olas de contagio y ciclos abruptos en el nivel de actividad económica. La generación de ondas es el resultado de una interacción compleja entre dos extremos posibles: una interrupción laboral total y cero covid, por un lado, o libertad laboral plena y contagio desatado, en el polo opuesto. Esto implica un nivel de complejidad extra para las políticas públicas. La sociedad no puede elegir en forma definitiva entre uno y otro de ambos bienes, sino por sucesivas aproximaciones en forma intermitente.

La secuencia se presenta en la forma de “aumento del contagio -> aumento del distanciamiento social-> caída del nivel de actividad -> reducción del distanciamiento-> aumento del contagio -> reinicio del ciclo”. En términos matemáticos esto puede plantearse como:

$$(1) \frac{dY}{Y} = g - mD$$

$$(2) \frac{dD}{D} = -f + rY$$

La actividad económica (Y), varía a una tasa “g”, que queda condicionada por algún nivel “m” de distanciamiento requerido (D). La variación del distanciamiento (D), a su vez, es afectada por el nivel de actividad (Y) a cierto nivel fijado por “r” y por cierto grado de fatiga al distanciamiento “f”. En particular, “r” se vincula al grado de agresividad y/o transmisibilidad del virus.

Un factor determinante en esta secuencia es el aspecto intensivo de las interacciones, dado por los parámetros g , r , m y f , que dan combinaciones diferentes en distintos lugares y momentos de la evolución del fenómeno. En situaciones “normales” la economía puede enfocarse desde su aspecto macro, considerando solamente el parámetro “g” y el resto muy cerca de cero. Bajo una situación de pandemia, sin embargo, el nivel macro va a estar afectado por la intensidad del distanciamiento, que afecta la movilidad de los factores. A su vez, la intensidad del distanciamiento dependerá de la intensidad del contagio y la disposición de los agentes (voluntaria u obligatoria) a mantenerse aislados, remitiendo a cuestiones vinculadas a los límites de la libertad individual y la responsabilidad social, como fenómeno entre lo micro y lo macro.

La conexión entre agentes (tanto en la estructura en red de sus intercambios sociales como la estructura en red de los contagios) pasa a ser un factor determinante, que no puede identificarse plenamente ni en el nivel macro ni en el nivel micro, sino en un nivel que llamamos “meso”. (Arthur, 2014; Dopfer, 2007; Elsner, 2009). La propuesta es entonces enfocarse en el evento pandemia considerando una dinámica no lineal entre 1) la intensidad de las interacciones mutuas entre contagio y actividad humana 2) las intensidades del distanciamiento que cada grupo humano sean capaces de sostener en el tiempo.

Las interacciones dinámicas suceden tanto sobre un reducido número de elementos de la red (inicio de los contagios) como, al desplegarse y sobrepasar determinados límites de nivel local a poblaciones enteras, haciendo emerger el evento “pandemia”, como efecto endógeno e intensivo.

La intensidad del contagio en relación con la intensidad del confinamiento, y de éste respecto del nivel de actividad, da lugar a ciclos que se observan tanto a nivel de las curvas de casos confirmados como las curvas de nivel de actividad humana, (por ejemplo medido como movilidad de celulares respecto a los lugares de trabajo).

Ontología dinámica

Fenómenos tales como la pandemia, las guerras o las crisis políticas o económico- financieras son eventos que suelen entenderse como “shocks” exógenos debido a la propensión a considerar como ontológicamente relevante la estabilidad de los equilibrios, esto es, la reducida o nula capacidad de transmisión de cambios de intensidad de las fuerzas puestas en juego que conforman el fenómeno. Pero la actividad viral, la conflictividad en las fronteras nacionales, la

insolvencia, son parte constitutiva de los sistemas, considerados como red de vínculos, que nunca están en un estado de equilibrio de largo plazo, sino en estados metaestables, o de equilibrios múltiples e inestable. Asumir la “normalidad” de estos sistemas, donde los fenómenos generan resultados de tal forma que responden a una distribución de probabilidades conocida de antemano, obliga a pensar que un evento que aparezca fuera del rango establecido, se corresponde con un shock aleatorio (no explicado) y exógeno (no correlacionado).

La problemática del evento aparece cuando un desbalance de fuerzas interiores al sistema cambian sus intensidades relativas, y una se amplifica por la red de vínculos y desequilibra los términos de la relación. No es una cuestión epistemológica respecto a los términos de la relación: conocemos la existencia de coronavirus, la posibilidad de transmisión entre humanos, la alta concentración de humanos en los nodos de transporte masivos, las tensiones entre libertades individuales y seguridad pública. La diferencia se da al conectarse la red de contagio viral presente a nivel local con una red de transporte con supernodos masivos. Allí el efecto contagio se potencia y enfrenta las dificultades de frenar la inercia de la actividad social.

Es necesaria entonces establecer una ontología con primado de la relación, que modifica los términos que conforman la red. Un virus local se transforma en “otra cosa” (una amenaza nacional y luego mundial) y la actividad económica se transforma en “otra cosa”, al ser el medio para el contagio. Los términos (los entes) que respondían a un concepto “normal”, se transforman en “anormales” por efecto de la intensidad que adquiere la transmisión de la información en las redes (de actividad y contagio) en las que se resignifican.

Esto también sería posible desplazarlo hacia el análisis de una crisis financiera. Operaciones tradicionales, normales, de generación de débitos y créditos en una red bancaria pueden gestar sistemas fiduciarios a gran escala y con altos niveles de supervisión. Sin embargo, la dinámica está basada en la liquidez y solvencia de cada nodo de la red. Una respuesta diferente por parte de algún nodo, que podría quedar limitado a nivel local, puede desatar una secuencia de iliquidez que se contagia aceleradamente, dependiendo de la posición particular de ese nodo, su densidad de conexiones, su centralidad, etc. No hay un shock masivo exógeno ni una situación “impensable” en el núcleo de la crisis, ni un “puro azar” resumido en una variable aleatoria independiente, sino una dinámica interna al sistema, fruto de la forma en la que se relacionan sus términos. Un aumento pautado de la tasa de interés de referencia, anunciado de antemano, puede impactar sobre las expectativas de liquidez de un nodo central y la sola propagación y contagio de una duda sobre su capacidad crediticia propagarse a una intensidad incontrolable, transformado un fenómeno local en global.

Volviendo al caso de la pandemia, la velocidad de contagio depende, a nivel micro, tanto de su carga viral (la intensidad de virus transmitidos de un humano a otro) como de la intensidad de interacción humana, que remite a la topología de la red.

Es necesario introducir una ontología del evento que no exija imponer causas exógenas que vienen a alterar la “normalidad”, ni condiciones *ceteris paribus* que busquen independizar linealmente su complejidad. Es necesario sostener la complejidad del evento y evitar la tentación de buscar órdenes causales lineales, para poder aproximar la forma de operar de las fuerzas involucradas.

Endogeneidad y nivel *meso*

El primer movimiento es, a nuestro juicio, evitar entender la pandemia del COVID como un shock aleatorio y exógeno, que irrumpe en un sistema que era pensado como blindado de influencias externas, y cuyo funcionamiento repetitivo asegura una distribución de probabilidades conocida. Tradicionalmente se establece que el efecto agregado a nivel macro es la sumatoria de efectos de comportamiento de algún agente “promedio” o “representativo”. Sin embargo, cuando la dinámica del fenómeno responde a una topología de red, no es posible utilizar distribuciones normales. Allí las intensidades de transmisión, vinculadas a indicadores como la cantidad de conexiones por nodo (densidad), tamaño de la red y de los clústeres más conectados, la centralidad de ciertos “hubs”, etc., genera efectos que parecen inesperados, cuando son endógenos a dicha topología. En este sentido decimos que, si bien hay repetición fenoménica (ya hubo pandemias y por lo tanto deberían incluirse en el horizonte de eventos posibles) el fenómeno “aparece”, se “declara” como novedad absoluta, marcando un hito histórico imprevisible; está en el mundo de las interacciones complejas. (Arthur, 2014; Arrow, Anderson and Pines, 1988; Farmer, 2012; Fontana, 2010; Holland, 2014; Kirman, 2011; Rosser, 2009).

Un sistema complejo tiene gran cantidad de elementos conectados entre sí, con alta exposición a la dinámica endógena de sus fuerzas contrapuestas. Desde tal perspectiva, la realidad fenoménica es conceptualizada como una interconexión de partes que lo hacen a diferentes intensidades. En ciertos niveles la estructura puede permanecer en auto-equilibrio, pero sin garantías de que la paridad de fuerzas auto-equilibrantes permanezca inmutable en el tiempo. Son sistemas que no son ni estables, ni inestables, sino meta-estables.

El enfoque de la complejidad permite aproximar al fenómeno pandemia como una realidad virtual a nivel macro, ya que el término exige ser declarado como tal dentro de un contexto que no lo incluía como probable. Al mismo tiempo es una realidad material a nivel micro, que se concreta en cada caso de contagio particular. Es muy difícil entender la realidad del evento como una sumatoria a nivel *micro* (cantidad de contagiados que, sobrepasando determinado nivel dejan de ser considerados casos aislados o epidemias locales y pasan a ser pandemia), o sólo a nivel *macro* (que exige dividir el tiempo sucesivamente en un periodo “pre-pandemia”, otro “pandemia” y luego otro “post pandemia” como cambios operados exógenamente. El vínculo se manifiesta en un nivel intermedio, en la red de interacciones que se va transformando a sí misma según distintas intensidades. El nivel meso “emerge” de la interacción de intensidades micro (contagios individuales) hasta transformarse en entendible como idea macro (pandemia).

Lo determinante de la “unidad” ontológica del evento “pandemia” no es que se la categorice en un único sentido (es micro o es macro) o que se lo vea desde una sola perspectiva jerarquizante (prevalece lo micro o lo macro: o son simples gripes individuales o son catástrofes mundiales) sino que en un único sentido se puedan categorizar todas la diferencias individualizables o modalidades endógenas que desde su inicio hasta su final se reconocen como siendo parte de un determinado evento virtual: “la pandemia”.

Aunque virtual, el evento tiene efectos materiales y por lo tanto reconfigura la realidad (tiñe todo lo que antes se entendía como actividad normal y lo recategoriza como extraordinario, anormal) que se concreta a nivel micro (cada caso individual de contagio a partir de determinada cantidad acumulada de antecedentes: susceptibilidad corporal, carga viral recibida, entorno de exposición social, etc.). Los dos ámbitos confluyen en el dominio de la interacción meso. En el nivel macro, cada pandemia que se da en la historia es diferente, pero esa categoría virtual da sentido ontológico a la multiplicidad de efectos que se están produciendo a nivel micro. En la interacción meso, las intensidades definen la dinámica que prolonga el evento en las ondas de contagio y recuperación según se amplifique o se retraiga, como expone el sistema de ecuaciones diferenciales no lineales antes presentado.

Esto es relevante al momento de identificar, por ejemplo, comportamientos individuales interceptados por consignas de política pública. Cualquier autoridad que intente controlar un fenómeno complejo, se volverá parte de la interacción meso, y llevará el fenómeno a un nivel de complejidad mayor. Trátese de contagios, embotellamientos de tránsito, crisis bancarias, la dinámica de Internet, etc., es insuficiente una explicación que separe la conducta aislada de un actor individual (nivel micro real) o de una totalidad (nivel macro virtual). En el estudio del nivel meso, es necesario determinar la intensidad de las interacciones, ya que, si esta es baja, es posible que no se produzcan efectos de colapso. En este sentido, decimos que una configuración puede comportarse como normal, pero contiene las condiciones endógenas para transformarse en un evento “inesperado”.

La intensidad de las relaciones tiene un rol ontológico central, en cuanto es la razón detrás de lo que aparece como evento inesperado.

En el caso de la pandemia, la interacción entre contagios y nivel de actividad humana, genera restricciones de distanciamiento impuestas (por los agentes o por el gobierno) que dan lugar a resultados muy diferentes según las intensidades en las cuales las restricciones pueden ser implementadas y cumplidas. La misma red puede tener momentos proclives al distanciamiento y otros de fatiga, resistencia o necesidad de relajar el distanciamiento. Las interacciones son procesos que definen una dinámica no lineal.

Causalidad no-lineal

El segundo problema ontológico está asociado a la idea de *causalidad*. Sin tener que subsumirse en la propia noción de causalidad -como en sus diferentes enfoques-, existe la tradición de pensar que existe alguna entidad, sistema o variable que actúa como causa, y que, de manera invariante, produce un efecto (véase, por ejemplo, Bunge, 2011; Cartwright, 2007; Pearl, 2009; Woodward, 2003).

Cuando la causalidad se conceptualiza de esta manera, las interdependencias entre los elementos de un sistema desaparecen –o, mejor dicho, son dejados de lado–. ¿Es la causa de la pandemia una mutación de un virus, hasta el momento desconocida? Sabemos de muchas mutaciones y de muchas afecciones virales que no han llegado a causar una pandemia ¿Es producto de las dificultades del sistema socioeconómico para restringir su modo habitual de vida? Sabemos que

estos modos de vida, a pesar de concitar importantes críticas, muchas de ellas relevantes, no se la puede considerar la causa.

El procedimiento estándar aplicado trabaja con una entidad, mecanismo o capacidad que es aislado de influencias externas, para permitir dar cuenta de su contribución pura a determinado resultado. La lógica del aislamiento para reducir el fenómeno a una linealidad “causa –efecto” y el recurso a las cláusulas *ceteris paribus* que permiten una correspondencia entre la ley teórica y los hechos históricos observados no ayudan, sin embargo, a entender un evento.

Si bien no negamos la importancia del concepto de causalidad lineal cuando esta puede aislarse lo suficiente, queremos enfatizar que, en muchas ocasiones, se trata de una separabilidad forzada para estabilizar el fenómeno analizado. En otras palabras, no es que una contribución causal sea estable –y que por ello podamos apelar a métodos como el de aislamiento–, sino que forzamos su estabilidad y de esta manera impedimos que el fenómeno a problematizar deje de ser problema, pero al mismo tiempo no pueda explicar la endogeneidad de su cambio. De nada serviría aplicar una causalidad del tipo: aislar al infectado hasta su recuperación o muerte, típico del modelo SIR aplicado en biología, ya que los agentes designados para la tarea de organizar tal aislamiento son a su vez probables vectores de transmisión (en el sistema sanitario, alimenticio, de transporte, de seguridad pública, etc.).

En general, en el enfoque de sistemas complejos, la causalidad es usualmente entendida en términos no lineales (véase, por ejemplo, Wagner, 1999). Lo que existe es una interdependencia entre los elementos de una red, al punto que se hace prácticamente imposible tanto aislar como linealizar encadenamientos causales. Un cambio (o manipulación) en alguna de sus partes puede afectar al funcionamiento del resto, con consecuencias insospechadas.

Dado que toda invarianza o regularidad depende de procesos repetitivos, se puede creer que ésta es espontánea y natural, cuando en realidad es un caso particular que surge de una estimación lineal que no es ni suficiente ni necesaria cuando las intensidades de relaciones cambian y al mismo tiempo cambian la configuración de la estructura que las contiene. A diferencia de un sistema mecánico, un sistema complejo no puede ser aislado de su entorno ni la estructura que conforma puede presuponerse estable.

Micro-Macro

Un aspecto relevante que surge durante la implementación de políticas públicas es hasta donde es posible llevar adelante medidas de confinamiento y distanciamiento obligatorio.

Dada una situación inicial de contagios a nivel micro (agentes contagiados) y observaciones a nivel macro (sistema de alertas sanitarios), la misma enfermedad será identificada de manera distinta según la intensidad de la propagación (casos locales, epidemia, pandemia) y las medidas de aislamiento serán válidas para las tres situaciones identificadas. Sin embargo, el paso de una situación a la otra, como transición de fase, acontece y desde ese acontecimiento virtual (que debe declararse) se reconfigura la red de vínculos sociales por las cuales el virus puede transmitirse. En el nivel macro, virtual, a partir de su designación (pandemia) es donde opera la nueva realidad. A nivel micro, se da la actualización de los estados de cada componente de la

red. La vinculación entre ambos estados, como las dos caras de una moneda, está dada por la estructura de la red de contagios y su topología, que traspasado un límite de intensidad suele hacerse exponencial. En el nivel micro, cada agente puede decidir aislarse durante el tiempo exigido por la cuarentena. Si fuera universalmente el caso, el contagio caería abruptamente y la actividad se reduciría a su menor límite posible. Por el contrario, si el objetivo, en tanto no se dispone de vacunas, fuera alcanzar la inmunidad de manada, con la decisión ética favorable a la posibilidad de lograr que aquellos/as que sobrevivan pasen a estar inmunológicamente en un estadio superior. A nivel ético, esta situación se planteó en similares términos dicotómicos: libertad vs autoritarismo, economía versus vida, solidaridad versus individualismo, etc. El problema de la ética vista como pares opuestos remite a una ontología dialéctica, que impide ver todo el rango de fenómenos que queda en el medio de esos extremos.

Las discusiones de relevancia histórica que se plantean en una situación de crisis operan de forma similar: intervencionismo versus liberalismo, asistencia a los bancos versus depuración de aquellos más ineficientes.

La dinámica de interacciones obliga a prestar atención a la permanente reconfiguración de las redes de contagio y estas responden a procesos repetitivos de conexión/desconexión a nivel micro. Una forma actual de racionalizarlas es mediante modelos de simulación, que permiten modificar las intensidades de las fuerzas en juego (en nuestro caso los valores de los parámetros del modelo dinámico diferencial no lineal). Parámetros como el que indica variaciones en la fatiga al distanciamiento, por ejemplo, denotará mayores resistencias a comportamientos solidarios, o que pongan el énfasis en principios económicos que privilegien formas desreguladas de obtener ingresos. En estos casos, el sostenimiento por parte de las autoridades de la “emergencia por pandemia” tendrá crecientes dificultades en su continuidad, con lo cual deberá recalibrar sus supuestos iniciales.

Simulación

Un sistema cerrado garantiza invarianza o estabilidad epistémica. Empero, y salvo en aquellos casos donde el aislamiento de causas realmente refleja la contribución pura de las mismas, estos sólo nos brindan información respecto de lo que sucedería bajo condiciones muy específicas, esto es, respecto de lo que sucedería en el mundo real si éste tuviese una estructura análoga a la del modelo en cuestión. En otras palabras, no permite, de modo alguno, responder a un rango de preguntas del tipo “¿Qué sucedería si las cosas fueran diferentes?”, es decir, de pensar escenarios alternativos frente a eventos que están fuera del modelo. Salvo incluirlos como un “shock aleatorio”. En nuestro ejemplo de modelo, una situación de “normalidad” nos llevaría a definir el crecimiento de la actividad solo considerando el parámetro “g” descartando el distanciamiento social. Una vez incorporado este efecto, el rango de variación de los parámetros incluidos (fatiga al distanciamiento y susceptibilidad al contagio) se hace amplio en términos de las condiciones sociales de la comunidad afectada.

Los modelos de simulación de nivel meso son simplificaciones útiles que permiten hacernos una idea general de cómo cambia una configuración de relaciones en red a partir de iteraciones dinámicas y un eventual cambio de intensidades en tales relaciones. En tal tipo de modelos

pueden considerarse las heterogeneidades de agentes (por ejemplo, considerando su grado de susceptibilidad al contagio y sus decisiones sobre si es posible o no aislarse). Cuando no es posible agrupar a la totalidad de los agentes bajo una conducta racional única, sino de agrupamientos o clusters, será posible identificar distintas evoluciones del contagio a nivel meso y no una respuesta única a nivel macro. Incluso en modelos tan sencillos, la configuración de la red, la cantidad de interacciones permitidas (las corridas del modelo) y la intensidad de las preferencias dará resultados muy diferentes.

En una situación de pandemia, los agentes están sometidos a una doble tensión, la que impulsa a la actividad y la que impulsa al aislamiento. Esa tensión se resuelve en cada momento, pero abre un momento siguiente donde alguna de las fuerzas tensionantes prevalece, originando ciclos. Los agentes sometidos a esta tensión no tendrán una respuesta única en el tiempo de duración del evento. Esto es también válido para las autoridades gubernamentales, que en un primer momento pudieron menospreciar los efectos del contagio y luego reaccionar cuando este llega a niveles “críticos”. El problema de pensar en términos de modelos cerrados es que algunas posibilidades desestimadas quedan fuera de la parte descriptiva del modelo y se las remite a su componente aleatorio. Cuando se produce el “shock” este se vuelve “impensable” dentro del modelo.

Un modelo de simulación, en cambio, hace inferencias por sucesivas iteraciones, pero puede encontrar distribuciones de probabilidad muy diferentes a las distribuciones gaussianas. Los modelos estocásticos dividen a la realidad en dos partes. Lo que es conocido y descrito por el modelo y lo que no es conocido por el modelo pero que se comprobó empíricamente en algún momento. La primera parte contiene toda la teoría que se logró elaborar sobre las relaciones causales y la segunda parte, la diferencia entre las relaciones causales y los hechos comprobados. Esta diferencia debe ser tal que no esté correlacionada con la parte explicativa. Los modelos estocásticos proveen una solución única con más/menos un error. En un sistema cerrado, la estructura ya está dada de antemano. El modelo deja de ser explicativo y predictivo para transformarse en normativo.

Los modelos de simulación, por el contrario, no requieren trabajar intensivamente la diferencia entre modelo y realidad, sino que la intenta aproximar y usa el error para corregirse recursivamente. Ontológicamente, el modelo de simulación contiene, analiza, calibra, sus propias diferencias con la realidad de forma interactiva y endógenamente. Así como la realidad se está reconfigurando constantemente, creativamente, la simulación intenta seguir un curso analógico con esta. Al no generar soluciones únicas (más/menos un error) responde con escenarios posibles, incorpora la incertidumbre que la misma realidad contiene. El modelo del ejemplo trabaja con las diferenciales de fuerza permitiendo asignar mayor o menor intensidad a los parámetros.

El agente que enfrenta la tensión entre actividad y aislamiento en cada caso, resuelve decidiendo sin tener certeza, se enfrenta a un escenario abierto e incierto, donde cualquier cierre conceptual lo llevaría a apegarse a un único resultado. En un contexto de incertidumbre, el agente enfrentado a la tensión entre actividad y distanciamiento irá calibrando su decisión, que está asociada a las decisiones de los otros agentes de la red, y solo por repetición de la diferencia de ponderaciones de cada fuerza, configurará una dinámica de comportamiento, que se anticipa no lineal, ya que está inserto en una red de agentes que interactúan del mismo modo. La interacción a nivel meso delinea una estructura dinámica y cambiante, que recursivamente se revisa, se

recalibra y reactualiza en la decisión, que a su vez reactualiza la realidad. El implementador de una simulación, igualmente, tiene que decidir entre escenarios que arrojan resultados según la intensidad de las variables en juego.

Etimológicamente hablando, “decidir” proviene del latín *decidĕre*, que significa “cortar”. Cuando el agente decide está generando un corte, como cuando se traza una línea en un papel que divide la superficie en dos. Reordena sobre aquello que tenía otro orden. Cuando el agente “decide”, se embarca en un proceso de experimentación y no solo de descripción determinística.

Lo que el modelo de simulación intenta no es cualquier orden, sino aquel que, por secuencias repetitivas, que corren con el modelo, aproximan estados posibles según la intensidad dada a los parámetros de fuerzas y debe hacerlo esperando cierta apertura de resultados alternativos.

Contrafacticidad

Los métodos de simulación permiten obtener un conocimiento de estados contrafácticos.

Su importancia ontológica es la siguiente. El evento “pandemia” no puede explicarse simplemente por una cantidad de situaciones particulares y su correspondiente cuantificación. Por ejemplo, al describirla con una curva de contagios y establecer un objetivo de reducción de la pendiente positiva, tratando de reducir su intensidad. Tal opción sería casi trivial, en tanto simplemente se restringe la actividad hasta que ya no queden casos de contagio. Exige priorizar un objetivo (el sanitario por sobre el económico, por ejemplo, el colectivo por sobre el individual, el autoritario por sobre el libertario, etc.).

Aplicar elementos contrafácticos permite pensar posibles escenarios diferentes al que se venía dando. Aquí también hay un cambio a nivel epistémico: ya no se habla de la adquisición y/o posesión de un conocimiento seguro (con más/menos un error estocástico). Sostener la relevancia del evento como lo inesperado requiere que este no se diluya en la secuencia histórica de los resultados computados en el pasado y transforme el proceso en un recuento de aciertos o desaciertos, éxitos o fracasos, reconstruyendo hacia atrás las decisiones como si éstas no hubieran estado sometidas a incertidumbre. El evento, si es tal, requiere ser reconocido como inesperado y construir bajo esa premisa escenarios de evolución lo más amplio posibles.

A través de las simulaciones no podemos saber de antemano cuál de las alternativas prevalecerá. Pero esto es, al mismo tiempo, una actitud prudente, ya que rescatamos la ontología del evento (como algo inesperado) y solo consideramos sus efectuaciones pasadas como contingentes al juego particular de fuerzas en tensión que le dieron origen. Al reconocer nuestra propia ignorancia ante la aparición del evento (y al mismo tiempo estar reconociéndolo, porque podemos nombrarlo, diferenciándolo de otras “pandemias” por ejemplo) es imprescindible incluir su aspecto contingente e irrepetible a nivel micro. La incertidumbre es un elemento que no se puede dejar de lado, ni siquiera subsumiéndolo en un error estadístico, sino abriéndolo en el proceso de simulación.

Lo macro no fundamenta lo micro, ni viceversa, sino que ambas realidades juegan en conjunción. Son dos caras de la misma moneda. Lo macro (pandemia) provee el espacio

problemático estructurante del evento. Esto es, le da sentido de realidad al gran entramado de interacciones micro y las pone bajo una determinada problemática, la transcribe como problema. La actualización de lo micro (contagios-actividad) provee los casos puntuales, tan distintos como las distintas interacciones que cada agente puede llegar a ser. Ambos niveles tienen sus propios tiempos. Los casos micro se suceden en semanas, lo macro perdura por años. En el nivel meso se dan las interacciones, en clústeres de contraposición de fuerzas (confinamiento-actividad, por ejemplo) y las repeticiones de las interacciones generan un tiempo cíclico, desplegado en ondas de mayor o menor cantidad de casos, en una variedad de situaciones de acuerdo con la topología de la red y conectando lo macro con el micro. El nivel micro tiene así una categoría ontológica distinta a la macro, ya que la relación es primera respecto de los términos que relaciona, pero es entendible en relación con su encuadre macro de “pandemia” (y no de caso aislado o epidemia local, por ejemplo).

En el nivel meso no hay equilibrios, sino aceleraciones y lentificaciones, grados de amplificación de los intercambios individuales. Los agentes de la red son receptores y amplificadores o amortiguadores del proceso.

Desde una perspectiva aristotélica se diría que la forma (pandemia) informa la materia (los cuerpos que devienen enfermos o recuperados o fallecidos) y entonces se puede hablar de causa. Decimos que el contagio informa a un individuo sano que pasa a estar enfermo, y el mismo cuerpo tuvo un shock externo, que lo enfermó. Esto solo es posible si se acepta la forma (contagio) como límite de actualización (el paso de un estado a otro). Pero en términos de proceso a nivel meso hay una intensidad de contagio dada no sólo por la carga viral y las condiciones inmunológicas del receptor (la causa aristotélica) sino la proximidad con la fuente de contagio, que depende de la topología de la red de la cual forma parte. La causa no está en el virus ni en el cuerpo susceptible sino en la relación “contagante” entre ambos. No hay una síntesis lógica, que se basa en una relación de identidad (“virus-humano más o menos distanciado y susceptible”), sino que “busca la identidad en las relaciones” (el contagio, como proceso). A diferencia de la idea de formas permanentes y sus accidentes y su taxonomía estática (normal-anormal) supone una relación que se despliega en la red. La potencialidad viral y la potencialidad de la susceptibilidad corporal pueden desplegar distintos resultados, desde lo inocuo a lo catastrófico, según tales potencialidades se inhiban mutuamente o se amplifiquen, resonando tanto hacia el interior de la relación micro como hacia el exterior en la red. El individuo va resolviendo la tensión entre contagio y distanciamiento de acuerdo a su entorno y configura determinadas dinámicas de la red que no son anticipables como conjunto, ya que la red se va formando en el proceso de contagio. No hay una configuración dada de antemano que pre-determine qué respuesta dará cada relación y qué consecuencias tendrá como conjunto, sino que se resuelve por iteraciones sucesivas. Se genera una “ética colectiva” que no responde a valores previamente establecidos sino integrada a la dinámica resultante. Comporta una regulación que favorece una solución en ciclos de aceleración y lentificación.

Políticas públicas

La dificultad de los gobiernos para implementar políticas sociales en pandemia está vinculada a la idea aristotélica del ser humano como sustancia, como resultado ya dado, con una actividad dada (normal) que es afectado por un accidente y no como un proceso relacional sometido a

intensidades de interacciones complejas que lo llevan a decidir en una situación de máxima incertidumbre.

Es posible plantear un modelo o caso donde la variación del nivel de actividad sea función del distanciamiento, este de la variación del contagio, y la variación del contagio del nivel de actividad. En este caso, estaríamos en presencia de un sistema diferencial no lineal que sólo sería posible aproximar mediante modelos que autogeneren resultados contrafácticos. ¿Qué pasaría si la intensidad de aislamiento fuera mayor o se prolongara en el tiempo? ¿Qué pasaría si, por el contrario, se verificara una creciente fatiga al confinamiento? ¿Qué posibilidades habría de confiar en una “inmunidad de manada”? Estas y muchas otras cuestiones son fundamentales para hacernos una idea de lo que podría llegar a suceder en diferentes situaciones, las cuales no tienen asignada una probabilidad de resultado definida. Un modelo de simulación se hace cargo del problema “pandemia” como campo problemático, transdisciplinario, plantea escenarios de resoluciones consistentes, da al decisor la oportunidad de decidir por uno de ellos, actuar en consecuencia, recoge los hechos, recalibrar el modelo y reinicia el proceso.

La incertidumbre es aquí una intensidad de fuerzas en relación que no se esperaba y que al darse no puede ser respondida de inmediato. Introduce un campo no explorado. Podemos decir en este caso que un/a Decisor/a de política (DP) sería aquel/la que dirige una exploración. Tal accionar de política desequilibra el estado del sistema, y añade inicialmente mayor incertidumbre, ya que necesariamente está dando a conocer aquello que está encontrando en su exploración, transformando el fenómeno mientras lo trata de entender.

Es interesante la referencia de Rowe y Voorhoeve (2019) sobre la decisión del gobierno del Reino Unido de aumentar el gasto para prevenir la gripe aviar (influenza H1N1), previendo que habría entre 65.000 y 75.000 muertes, cuando en realidad solo hubo 457. Los/las DP se decidieron por el peor escenario, y la crítica apuntó a que el gobierno se basó en el peor valor esperado, como si tuvieran completa ignorancia, cuando podrían haber tomado otros escenarios menos desfavorables. Los autores defienden, sin embargo, la decisión de los/las DP, basados en su propuesta de que actuar con alta aversión al riesgo y así reducir la incertidumbre de los menos favorecidos. Vemos aquí dos aspectos. Por un lado, coincidimos en que el decisor enfrenta escenarios posibles, no teniendo a mano información suficiente para asignar probabilidades a ninguno de ellos. Pero, por otro lado, los autores no consideran que cualquier aplicación de probabilidades conocidas previamente solo funcionarían en aislamiento o sea suponiendo que el resto de las variables se mantienen igual (cláusula *ceteris paribus*). Solo de esta manera se podría suponer la política a implementar como si fuera un shock externo y de una vez (que viene del gobierno) para contrarrestar el shock pandémico (que también vino como shock externo).

Levantada la condición *ceteris paribus*, la decisión no se tomará de una vez y para siempre, sino que, al tener que implementarse a nivel meso, el propio gobierno se incorpora como una serie de nodos adicionales en la red de relaciones. Así inicialmente aumenta la complejidad de las interacciones a la vez que queda obligada a esperar la respuesta de la red de la que forma parte y deberá interactuar en sucesivas intervenciones.

Dejando de lado que la justificación para actuar con alta aversión a la incertidumbre en realidad apela a una variable auxiliar externa al modelo (la justicia social), es a priori imposible saber si la decisión tomada era la de mayor o menor aversión a la incertidumbre ex-ante. Esto es así porque,

como indicábamos en el punto anterior (Macro Micro) el espacio entre los posibles resultados de lograr un aislamiento total o una libertad total (asociada, por ejemplo, a una consigna ética o al objetivo de lograr la inmunidad de rebaño) no tiene antecedentes empíricos relevantes que puedan transpolarse para corroborar la hipótesis de base de la decisión política. De hecho, por definición, los gobiernos son entendidos como moderadores ante la incertidumbre que generan las consignas dicotómicas que suelen dividir a las sociedades al momento de concebir sus decisiones individuales, moderando las intensidades de interacción que las mueven hacia un lado y hacia otro. La categorización del riesgo realmente asumido siempre es *ex post*. En ese sentido el hacedor de política no puede ser ni más ni menos adverso al riesgo que el que le imponga, luego de cada intervención, las respuestas del sistema a su propia intervención.

El/la DP no deja de estar inscripto en una historia de decisiones pasadas de nivel meso (efecto de red) que se va reconfigurando con las relaciones de fuerza. El gobierno agrega complejidad, para bien o para mal y por lo tanto no puede presuponerse que “sólo” actúa sesgadamente hacia el lado de la reducción de” la carga de incertidumbre” que afecta más a los más desposeídos, como si esta fuera una fuerza externa al juego de interacciones sociales enmarcados en una tradición ética dominante. Lo cual no significa que no aceptemos que los más desposeídos reciban una mayor carga de incertidumbre en los contextos socio económicos actuales. Puede que estos grupos, sin embargo, tengan más motivos para rechazar una drástica reducción de la actividad social, o una reasignación violenta de la asistencia social dada en épocas “normales”, aun cuando tal reducción favorezca una mayor certeza de menor contagio.

El corolario inmediato de la idea mencionada arriba es que el clásico compromiso de usar un conocimiento seguro (o probablemente seguro) no puede separarse del tiempo que llevaría tenerlo disponible para tomar decisiones y que nuevas experiencias (nuevas exploraciones por parte del/la DP) aumentarán esas posibilidades. La alternativa es considerar que ese tiempo nunca está disponible, por lo cual la realización de simulaciones previas permita acotar cuáles serían los riesgos a asumir en el rango contra fáctico más amplio posible.

Las simulaciones no se oponen a la idea de que, a mayor evidencia, mayores serán las chances de diseñar una política exitosa, sino a que el éxito solo puede medirse luego de decidir una acción y experimentar sus resultados.

Por otro lado, la irrupción del evento (en este caso la pandemia) limita mucho la posibilidad de que encuentre a los decisores de política con suficiente información sobre las interacciones complejas y las intensidades de fuerza de esas interacciones. El evento plantea siempre un escenario inesperado y bajo incertidumbre radical, no hay manera de asignar probabilidades en estos casos; ni siquiera de manera subjetiva. Los eventos como las pandemias o las crisis financieras nos enfrentan a tener que decidir sobre la marcha.

El objetivo de incorporar el nivel meso como punto de partida de los fenómenos causales estriba en que estos últimos pueden tomar multiplicidad de formas, dependiendo de cómo se den las interacciones entre los elementos de un sistema no separable de su entorno. No habría “una” política que garantice de antemano un resultado exitoso. Por el contrario, el/la DP, con todo su acervo de conocimientos disponibles, (transdisciplinarios, en el caso de la pandemia) deberá diseñar y rediseñar sus medidas con diferentes intensidades. La administración de política es un proceso constante, no un hecho establecido de una vez y para siempre.

Esta idea de implementar políticas sobre la base de una revisión continua es algo que en la filosofía de la ciencia moderna no ha sido suficientemente tenido en cuenta. Por ejemplo, en el enfoque de política basada en la evidencia —o incluso en la crítica que Cartwright y Hardie (2013) hacen de la misma— la variable política es entendida como algo estático: una vez que se cumplen toda una serie de condiciones, se dispara la medida política, y se espera (pasivamente) a que el resultado llegue. La intervención es *ex-ante*. Empero, reconocer la naturaleza del nivel meso y su intensidad interactiva hace que un hacedor de políticas no pueda esperar a que el cúmulo de datos disponibles llegue a su mesa, ya que por definición el evento los está reactualizando en forma novedosa. Además, una intervención de política no será algo que acomode la realidad al modelo que elija utilizar. Una intervención es una fuerza más de interacción que va a ser respondida por el resto de fuerzas que interactúan. La intervención se cancela en un resultado, pero ese resultado reconfigura el juego de fuerzas, incluyendo las desplegadas por el decisor. Un mayor distanciamiento reduce el contagio, pero empeora la situación social. Un mayor distanciamiento no respetado reduce la efectividad de la medida, aumenta el contagio e introduce una nueva variable (la fatiga del confinamiento). El estratega simula primero sus jugadas en la mesa de decisiones y luego las vuelve a jugar en la realidad. El resultado va moldeando el modelo teórico y va generando nuevas intervenciones, recursivamente.

El otro punto a tener en cuenta es sobre los resultados extremos. En su libro “el cisne negro”, Taleb (2007) nos exhorta a prestar atención a lo improbable y a lo extremo, ya que son esta clase de eventos los que cambian el rumbo de la historia. Ahora bien, esto es justo lo que no se hace cuando se implementa una política sobre la base de regularidades invariantes (Woodward, 2003), prospectos con probabilidades conocidas (Rowe y Voorhoeve, 2019) o “tortas causales” (Cartwright y Hardie, 2013).

Dado que el objetivo central de tal tipo de estrategia estriba en alcanzar un resultado con el mayor grado de certeza posible, el sistema bajo análisis termina recibiendo todo tipo de cierres y restricciones que le den al/la DP una suerte de garantía epistémica. El problema es que, en algunas situaciones como la de la pandemia del COVID-19, lo que se decida dejar de lado puede tener consecuencias profundamente negativas, y en algunos casos hasta irreversibles. El problema del político es que se espera que represente una mayoría (un agente representativo) y decida como si fuera ese agente. Puede tener éxito al inicio, cuando los integrantes de la red responden identificándose con él. Pero este agente es solo relevante durante el tiempo que dure la intensidad de tal identificación. En una interacción compleja, habrá ciclos de identificación y también de rechazo, con lo cual, en la práctica, el político, aunque así lo pretenda, no estará trabajando en un mundo determinista.

Veamos esto en términos de *eventos*. El evento “pandemia” emerge dentro del evento previo “normalidad” y lo reconfigura profundamente. Los/las DP buscarán pasar a un nuevo evento que podríamos llamar “nueva normalidad”. Consideremos estos tres escenarios como campos complejos estructurantes. En el nivel meso, estos campos son actualizados de acuerdo con las distintas intensidades de contagio y de niveles de actividad. La primera fase, con bajo nivel de contagio y alto nivel de actividad pertenecen a la normalidad previa; la segunda fase, al evento pandemia. El/la decisor/a debe tratar de moverse hacia un tercer evento (o nueva normalidad) ¿Podría establecer anticipadamente las posibilidades de que, pasado determinado momento, las actividades no esenciales retomarán su nivel previo? ¿Debería volver a permitir, por ejemplo,

actividades recreativas, o en cambio reforzar los sistemas de salud que estaban vigentes durante la normalidad? La normalidad, por supuesto, es aquella en la cuales hay mayor conocimiento sobre los efectos de las políticas, y la tendencia será a restablecerla. Empero, debajo de los eventos, existe un juego de interacciones micro de fuerzas diferenciales de distinta intensidad que impiden que el futuro se parezca al pasado. Cualquier nueva normalidad es un campo problemático abierto y por lo tanto necesitado de ser explorado, no un destino ya conocido.

La política emerge justamente como una forma de decidir y no de elegir, para actuar allí donde no se puede anticipar si una medida producirá el efecto deseado. De otro modo, los políticos serían meros intermediarios puestos a elegir entre opciones conocidas de antemano.

El/la DP tiene que superar el orden causal conocido y sus probabilidades y aceptar su rol de decisor. Sabe que no puede cuantificar a priori las pérdidas y ganancias finales. Más precisamente, en el nivel meso, el hacedor de política interactúa recurrentemente sobre el juego de fuerzas que subyacen a la realidad, decidiendo cuál es la problemática bajo la cual leerá esa interacción de fuerzas, y calibrará las intensidades de sus propias fuerzas para intentar hacer valer algunas por sobre las otras. La pregunta no es, por ejemplo, si habrá o no confinamiento, sino con qué intensidad tendrá lugar y que dispersión de reacciones generará. El hacedor de política no puede ser ni más ni menos averso al riesgo que el que le impongan, con cada intervención, las respuestas del sistema, actuando recursivamente. Esto es, una actualización de un modelo de simulación.

Consideraciones finales

Entender a la pandemia bajo la lógica del nivel meso nos permite pensar a la misma como un fenómeno endógeno. No se trata de algo que cayó del cielo, sino de algo que surgió en nuestra sociedad, que ha estado creciendo dentro de la red global de interconexiones y que tiene un alto costo desconectar mediante aislamientos.

Esta endogeneidad también permite hacernos una idea de que eventos como las pandemias o las crisis financieras no son tan raras o anormales, sino cambios de intensidades en el nivel meso, lo cual impide que puedan ser anticipadas. Los eventos que se dan al nivel meso pueden provocar transformaciones sistémicas muy grandes y en un tiempo muy corto. Estas transformaciones tienen base tanto en las formas topológicas de la red, en los *feedback* de interacciones a nivel micro y muy especialmente con las intensidades que configuran y reconfiguran el nivel meso.

La pandemia del COVID, lejos de ser un shock exógeno que ha irrumpido en la sociedad moderna, es un fenómeno endógeno y complejo que re-plantea, entre otras cosas, el modo en cómo entendemos la realidad socioeconómica. El enfoque “gaussiano” propone centrarse en lo normal, o sea en la evidencia de lo que hasta ahora ha ocurrido a determinadas intensidades, sin considerar que estas pueden variar en amplitud. Como contrapartida a este enfoque, propusimos mirar a esta clase de fenómenos desde la perspectiva de la complejidad. Esto involucra repensar cuestiones tanto ontológicas (crítica a la idea de causalidad lineal) como de política (centrada en “lo normal”). En primer lugar, destacamos la importancia de incorporar un enfoque basado en el nivel *meso*, donde las interacciones entre elementos a nivel micro generan, de manera no

intencionada, un fenómeno de lo cual, ex-ante, se puede decir poco. En este marco, la simulación puede ser una buena herramienta para plantear escenarios contrafácticos posibles, y así tomar medidas de política menos sesgadas hacia la búsqueda de una cuestionable “normalidad”.

Referencias bibliográficas

Arrow, K., P. Anderson, and D. Pines (1988). *The Economy as an Evolving Complex System*. Addison-Wesley, Reading, MA.

Arthur, W. (2014). *Complexity and the Economy*. Nueva York: Oxford University Press.

Bunge, M. (2011). *Causality and Modern Science: Third Revised Edition*. New Jersey: Transaction Publishers.

Cartwright, N. (1998). “Capacities”. En J. Davis, W. Hands, y U. Maki (Eds.), *The handbook of economic methodology*. Cheltenham: Edward Elgar, pp. 45-48.

Cartwright, N. (1999). *The Dappled World*. Cambridge: Cambridge University Press.

Cartwright, N. (2007). *Hunting Causes and Using Them –Approaches in Philosophy and Economics*. Cambridge: Cambridge University Press.

Cartwright, N. y Hardie, J. (2013). *Evidence-Based Policy. A Practical Guide to Doing It Better*. Oxford University Press.

Dopfer, K. (2007). The Pillars of Schumpeter’s Economics: Micro, Meso, Macro. In Hanusch and Pyka, eds., *Elgar Companion to Neo-Schumpeterian Economics*. E. Elgar, Cheltenham, UK.

Elsner, W., and T. Heinrich (2009). “A Simple Theory of ‘Meso.’ On the Co-evolution of Institutions and Platform Size”. *Journal of Socio-Economics*, 38, 843–858.

Farmer, J. (2012). “Economics Needs to Treat the Economy as a Complex System”. CRISIS publications working paper.

Fontana, M. (2010). “Can Neoclassical Economics Handle Complexity? The Fallacy of the Oil Spot Dynamic”. *J. Economic Behavior & Organization*, 76, 584–596.

Holland, J. (2014). *Complexity: A Very Short Introduction*. Oxford: Oxford University Press.

Keynes, J. (1937). The General Theory of Employment. *The Quarterly of Journal of Economics* 51(2): 209-223.

Kirman, A. (2011). *Complex Economics*. Routledge: New York.

Mäki, U. (1992). “On the Method of Idealization in Economics”. *Poznan Studies in the Philosophy of the Sciences and the Humanities*, Vol. 26, pp. 319-354.

- Mäki, U. (2011). “Models and the locus of their truth”. *Synthese*, Vol. 180, No. 1, pp 47-63.
- Pearl, J. (2009). *Causality: Models, Reasoning and Inference*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Rosser, J. (2009). ed. *Handbook of Research on Complexity*. E. Elgar: Cheltenham.
- Rowe, T. & Voorhoeve, A. (2019). Egalitarianism under Severe Uncertainty. *Philosophy & Public Affairs*, Vol. 46 (3), pp. 239-268.
- Taleb, N. (2007). *El cisne negro: el impacto de lo altamente improbable*. Buenos Aires: Paidós.
- Wagner, A. (1999). Causality in Complex Systems. *Biology and Philosophy*, vol. 14, pp. 83–101.
- Woodward, J. (2003). *Making Things Happen: A Theory of Causal Explanation*. Oxford: Oxford University Press.