



INSTITUTO DE ESPAÑA

Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras

“Hic Sunt Leones: el futuro del dinero.
De la digitalización a la tokenización
de la economía”

Barcelona, 2018

Publicaciones de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras

López González, Enrique

Hic Sunt Leones: el futuro del dinero. De la digitalización a la tokenización de la economía/ discurso de ingreso en la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras ... Enrique López González y contestación... Anna Maria Gil Lafuente.

Bibliografía

ISBN- 978-84-697-9473-9

I. Título II. Gil Lafuente, Anna Maria III. Colección

1. Discursos académicos 2. Economía—Innovaciones tecnológicas 3. Contabilidad—
Metodología 4. Digitalización 5. Moneda Electrónica

HD38.7

La Academia no se hace responsable
de las opiniones expuestas en sus propias
publicaciones

(Art. 41 del Reglamento)

Editora: © Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras, Barcelona, 2018

ISBN: 978-84-697-9473-9

Depósito legal: B 3401-2018

N.º registro: 2018006430

Esta publicación no puede ser reproducida, ni total ni parcialmente, sin permiso previo, por escrito de la editora. Reservados todos los derechos.

Imprime:

PRINTED 2000, Sdad. Coop.

Pol. Industrial de Trobajo del Camino. C/ La Vaguada, s/n. Trobajo del Camino, León



Esta publicación ha sido impresa en papel ecológico ECF libre de cloro elemental, para mitigar el impacto medioambiental

INSTITUTO DE ESPAÑA

Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras

“*Hic Sunt Leones*: el futuro del dinero.
De la digitalización a la tokenización
de la economía”

Discurso de ingreso en la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras
como Académico Correspondiente para Castilla y León, leído el 15 de febrero de 2018,
por el

ILMO. SR. DR. ENRIQUE LÓPEZ GONZÁLEZ

Laudatio y Discurso de contestación por la Académica de Número

EXCMA. SRA. DRA. ANNA MARÍA GIL LAFUENTE

Barcelona, febrero 2018

Sumario

Discurso de ingreso en la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras
leído el 15 de febrero de 2018, por el académico correspondiente para Castilla y León
ILMO. SR. DR. ENRIQUE LÓPEZ GONZÁLEZ

Hic Sunt Leones: el futuro del dinero.
De la digitalización a la tokenización de la economía..... 7

Laudatio y Discurso de contestación por la académica de número
EXCMA. SRA. DRA. ANNA MARIA GIL LAFUENTE

Discurso..... 105

Publicaciones de la Real Academia de Ciencias Económicas y Empresariales..... 117



ILMO. SR. DR. ENRIQUE LÓPEZ GONZÁLEZ

Índice

Saludos y Agradecimientos	7
Proemio	9
1. ¿Cómo impacta la digitalización en la economía?	11
1.1. ¿Qué es la digitalización?	11
1.2. ¿Cuáles son las implicaciones del crecimiento exponencial de la digitalización?.....	20
1.2.1. ¿Quién alcanza a la Reina Roja?.....	20
1.2.2. ¿Cómo superar la confusión?.....	23
1.3. ¿Cuál es la próxima generación de tecnologías potencialmente disruptivas?	29
2. ¿Hacia el fin del dinero?.....	35
2.1. ¿Qué son y para qué sirven las criptomonedas y las cadenas de bloques?.....	36
2.2. ¿Qué es el dinero?	52
2.3. ¿Las criptomonedas son dinero?.....	58
2.4. ¿Hacia una tokenización de la economía?.....	68
2.5. ¿La contabilidad importa?	75
Coda: Más allá de las conclusiones. Hacia nuevas preguntas.....	87
Bibliografía	89

Saludos y Agradecimientos

Excelentísimo Señor Presidente
Excelentísimas Señoras Académicas
Excelentísimos Señores Académicos
Amigos, compañeros y familiares
Señoras y Señores.

Constituye para mí un motivo de entrañable y sentida gratitud el alto honor y privilegio que esta Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras me haya llamado para integrarme en su importante quehacer. Este reconocimiento no sólo deseo expresarlo como un íntimo sentimiento de personal satisfacción moral, sino también por la viva conciencia científica que me produce el saberme incorporado a la convivencia intelectual de tan noble, prez y generosa Real Corporación. Porque el esfuerzo científico y humano no se realiza, ni acontece, en solitario, sino que precisa del consenso vivencial comunitario para su potenciación acumulativa y acelerada.

Este trascendente espíritu de colaboración y comunidad en el ejercicio de nuestros saberes, desarrollado y favorecido tan brillantemente por la Academia, sensibiliza mi ilusión de proseguir el trabajo investigador y mi compromiso para retornar con mi esfuerzo la confianza en mí depositada en aras de alcanzar la gran tarea y responsabilidad de la ansiada búsqueda de verdades y fuentes de evidencia con los profundos planteamientos de tan insignes Académicos.

Por todo ello, en este acto solemne me siento tan legítimamente honrado como lícitamente emocionado y les doy mis más expresivas gracias a los señores académicos que propusieron mi ingreso a esta Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras, a la Junta de Gobierno que informó favorablemente la propuesta y al Pleno que la revalidó.

También extendiendo mi agradecimiento a todos los presentes, familiares, compañeros y amigos, que han pospuesto otros afanes para acompañarme en este acto.

Proemio

"El desierto crece; ¡ay del que alberga desiertos!"

Friedrich Nietzsche (*Así habló Zaratustra*)

El desierto nietzscheano, ¿qué era?, ¿acaso la convicción de que, para Occidente, tras largas percepciones de avance y muchas idolatrías de progreso, había comenzado una nueva era de incertidumbres?

Siempre me ha impresionado este aforismo. En este inicio de siglo, se ha discutido mucho de la primera parte, acerca de la devastación, de la confusa vastedad y el extravío... En definitiva, que el planeta está en peligro. Aunque, sin entrar siquiera a considerar la hermenéutica del nihilismo en el pensamiento de Nietzsche, mi atención se encendió mucho más por la interjección de la segunda parte de la sentencia o verso: ¡ay del que alberga desiertos!

Escasamente se menciona esta segunda desertificación, ese espacio humano en el que, como supo metaforizar Nietzsche, los dioses han desaparecido y el tiempo ha dejado de significar continuidad o avance para hacerse inacabable reiteración. De alguna manera, una alusión de una nueva era en la que parece haber entrado la Humanidad: el desierto no sólo avanza a nivel de la tierra, sino que impacta de lleno en el espíritu humano. Esta segunda miseria, es tan importante como la otra. La ruina, la indigencia espiritual interior del hombre es la que ocupa menos energía y, sin embargo, participo de la opinión de que no desmerece un ápice en importancia.

También su compatriota, Martin Heidegger (2002), en su trabajo titulado "*Serenidad*", se cuestiona qué va a ser el hombre frente a la nueva civilización técnica, con todo lo positivo y negativo que tiene este mundo. Un mundo que ya no es el mismo, ni por asomo, que fue el de nuestros predecesores. Él dice que, para poder estar preparados para un desarrollo técnico tan vertiginoso y potente, hay que estar diestros también interiormente, esto es, tiene que haber un desarrollo de la conciencia. No es suficiente con acceder a una tecnología alucinante a nuestro alcance. El hombre tiene que prestarse a realizar un salto cámbrico en la conciencia para hacerse cargo de esa tecnología, esto es, cultivar el pensar meditativo y no sólo el pensar calculante; no reducir a los demás ni reducirse uno mismo a animal de trabajo, material o recurso humano; lograr una auténtica cercanía respecto de lo que nos rodea, de los que están en torno nuestro y de nosotros mismos.

Recientemente, Bauman (2013) concluye que la sociedad se ha vuelto “soluble en agua”: vivimos en la modernidad líquida donde todo fluye y se transforma. Estamos en una época de un potencial tecnológico impresionante, incluso existe una cierta aceptación en utilizar el acrónimo VUCA para su caracterización, a saber: Volátil, Incierto, Complejo y Ambiguo (Bennett y Lemoine, 2014).

Finalmente, un nuevo eco sobre los “males” del presente viene por parte de Byung-Chul Han (2013 y 2017), el filósofo surcoreano y profesor de la Universidad de las Artes de Berlín, quien en sus obras *La Sociedad de la Transparencia* y *La Sociedad del Cansancio* sostiene que un exceso de positividad está cambiando el paradigma de occidente, profundizando sobre las consecuencias que el abandono de la negatividad y de toda resistencia a la alteridad está operando en la sociedad actual, totalizado el concepto de la transparencia hasta convertirlo en un fetiche.

Todas estas llamadas a la atención tienen que ver con el desierto interior. Y las preguntas entonces no pueden ser otras: ¿qué hacemos para detener ese desierto que avanza? ¿cómo sembramos oasis, cómo volvemos a colocar verde sobre el desierto?

Quizás la solución sea volver al punto de partida prístino del “filosofar” griego. El estado de ánimo del “*thaumazein*”, del asombro o la admiración, la capacidad propia de todos los hombres, ya desde la infancia. Resolver algo es ya parte de esa encrucijada, donde las cosas son problemas y que el hombre debe hacer algo frente a lo otro. Como se ha reiterado hasta el cansancio, lo otro es principalmente todo lo que no se conoce.

En palabras de Heidegger (1989): “Y si incluso nuestra propia existencia está ante un gran cambio, si es verdad lo que decía el apasionado buscador de Dios, el último gran filósofo alemán, Federico Nietzsche: «Dios ha muerto», si tenemos que tomarnos en serio este abandono del hombre actual en medio del ente, ¿qué pasa entonces con la ciencia? Pues que entonces el inicial perseverar admirativo de los griegos ante el ente se transforma en un estar expuesto, sin protección alguna, a lo oculto y desconocido, es decir, a lo digno de ser cuestionado. El preguntar ya no volverá a ser el mero paso previo hacia la respuesta, el saber, sino que el preguntar se convertirá en la suprema figura del saber. El preguntar despliega entonces su más peculiar poder de abrir lo esencial de todas las cosas. El preguntar obliga entonces a la extrema simplificación de mirar a lo absolutamente ineludible”.

Por ello, en un intento de cartografiar el parteaguas que plantea la transformación digital, este alegato se enfoca en una serie de preguntas acerca del futuro del dinero.

1. ¿Cómo impacta la digitalización en la economía?

"No es suficiente que usted deba entender acerca de la ciencia aplicada para que su trabajo pueda aumentar las bendiciones del hombre. La preocupación por el hombre y su destino siempre debe ser el principal interés de todos los esfuerzos técnicos; preocupación por los grandes problemas no resueltos de la organización del trabajo y la distribución de bienes para que las creaciones de nuestra mente sean una bendición y no una maldición para la humanidad. Nunca olvide esto en medio de sus diagramas y ecuaciones".

Albert Einstein

"No hay nada más poderoso que una idea a la que le ha llegado su tiempo"

Víctor Hugo

"Cualquier tecnología suficientemente avanzada es indistinguible de la magia".

Arthur C. Clarke

La Reina Roja seguía gritando: *"¡Deprisa, más deprisa!"*; pero Alicia sentía que no podía correr más, aunque estaba sin aliento y no podía decirse. Lo más curioso era que los árboles y las cosas que tenían a su alrededor no cambiaban de lugar: por deprisa que corrieran, no parecían dejar nada atrás. *"¿Se moverán las cosas a la vez que nosotras?"*, pensó la pobre Alicia, perpleja. [...] Alicia miró en torno suyo, muy sorprendida. *"¡Vaya, para mí que todo el tiempo hemos estado bajo este árbol! ¡Todo es igual que antes!"*

"¡Naturalmente!" –dijo la Reina–. *"Pues ¿cómo querías que fuera?"*

"Bueno, en mi país –dijo Alicia, jadeando todavía un poco– *"habríamos llegado a algún sitio ... si hubiésemos estado corriendo deprisísima tanto tiempo, como hemos corrido aquí".*

"¡Pues sí que es lento ese país!" –dijo la Reina–. *"Aquí, como ves, necesitas correr con todas tus fuerzas para permanecer en el mismo sitio. Si quieres ir a otra parte, tienes que correr lo menos el doble de rápido".*

Lewis Carroll (*Alicia a través del espejo*)

"Nunca cambiarás las cosas luchando contra la realidad existente.

Para cambiar algo, construye un nuevo modelo que vuelva el modelo existente obsoleto"

Richard Buckminster Fuller

1.1. ¿Qué es la digitalización?

"Hay un trozo de azul que tiene más intensidad que todo el cielo"

Alfonso Cortés

Lo que va de siglo XXI haría las delicias de cualquier chino maledicente (¡Ojalá vivas tiempos interesantes!). En comparación con el siglo anterior, estos últimos años han sido tan llenos de acontecimientos significativos como la última mitad del siglo anterior, pero, además, como van Dijk (2005: 46) argumenta, "por

primera vez en la historia tenemos una única infraestructura de comunicaciones que enlaza todas las actividades en la sociedad”. De ahí que resulte de general aceptación que el principal motor de la innovación y el cambio en todos los sectores de nuestra economía se encuentra en la continua convergencia de lo real y el mundo virtual, lo que se conoce a nivel global bajo la denominación común de «digitalización»¹.

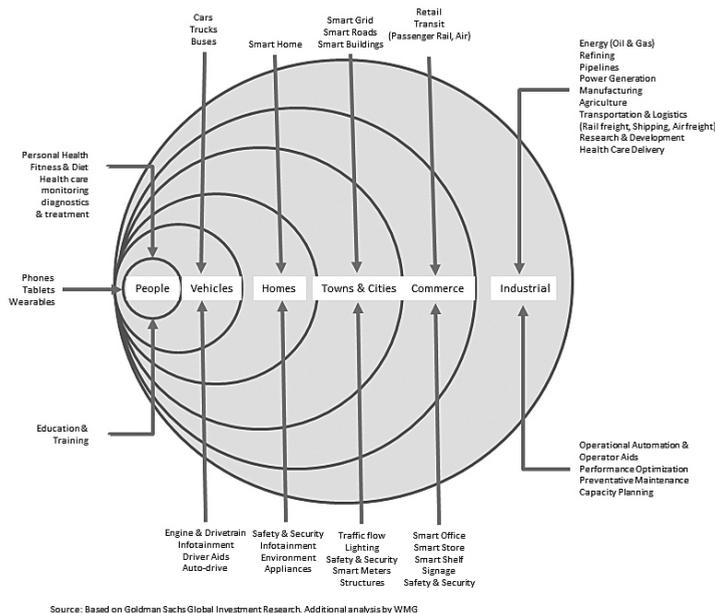
La digitalización tiene el potencial de transformar radicalmente la ciencia, la sociedad, la economía y todas nuestras instituciones actuales, a saber: la manera en que educamos (educación personalizada), la forma de hacer investigación (análisis de big data), cómo nos movemos (coches de Google) o el transporte de mercancías (drones), la forma en que producimos (fabricación aditiva - impresoras 3D), cómo vamos de compras, cómo buscamos empleo o viajamos. Pero también su influencia se percibe en cómo podemos prever el clima o movimientos sísmicos (polvo inteligente), cómo nos curamos (medicina personalizada) e, incluso, en la política (participación ciudadana) y, por supuesto, en el conjunto de la economía, ya sea la economía real o la economía financiera. Vivimos en una sociedad que se ha vuelto (*demasiado*) digital, como dijo Negroponte ya en 1995, donde resulta difícil saber cuántas “cosas” se despliegan digitalmente. Se puede conseguir casi cualquier número, ya que todas las estimaciones son necesariamente borrosas.

Así, a modo de ejemplo, en un intento de trazar un “paisaje” de la disrupción acontecida por la “Internet de las Cosas” (IoT), una de las principales metáforas de la digitalización, puede ser esclarecedora la Figura 1, donde se puede observar a través de un enfoque de “halo”, aunque no pretenda ser una taxonomía exhaustiva, la enorme cantidad de posibles enfoques organizativos de las partes constituyentes de la IoT, mirando cómo se aplicarán los principios de la digi-

(1) Con disgusto sentido adversativo, dadas las desafortunadas implicaciones que ello conlleva, nuestro “Diccionario de la Real Academia de España” registra la palabra “*digitalización*” como «acción y efecto de digitalizar» y, a su vez, la palabra “*digitalizar*” como «1. Registrar datos en forma digital y 2. Convertir o codificar en números dígitos datos o informaciones de carácter continuo, como una imagen fotográfica, un documento o un libro». Por el contrario, el Diccionario Inglés de Oxford (OED) sí difiere explícitamente, dado el valor analítico que tal distinción conlleva, los términos “*digitization*” y “*digitalization*”. En el OED, la “*digitization*” hace referencia a “la acción o el proceso de digitizing: la conversión de datos analógicos (ya sean imágenes, vídeo o texto) en forma digital”. Sin embargo, “*digitalization*”, se refiere a “la adopción o el aumento en el uso de la tecnología digital o el ordenador por una organización, la industria, el país, etc.”. No debe resultar extraño entonces que este trabajo se enfoque en la «digitalización», al modo anglosajón, entendida como la forma en que muchos dominios de la vida social se reestructuran en torno a la comunicación digital y las infraestructuras de comunicación, superando la escasa perspectiva de la «digitación» como simple proceso material de convertir corrientes analógicas individuales de la información en bits digitales.

talización a las personas individuales, sus entornos más próximos (vehículos y viviendas), la organización de los periferos (pueblos y ciudades y las carreteras y otros sistemas de transporte que las conectan), la gama de actividades sociales (esencialmente el comercio, aunque también los viajes, el entretenimiento o el ocio) y, finalmente, los fundamentos de esas actividades (los procesos productivos industriales, incluyendo la agricultura, la energía y el transporte y la logística).

Figura 1. El mapa de la IoT



Fuente: John Parkinson (2015): "IoT mapped: The emerging landscape of smart things". <http://venturebeat.com/2015/08/23/iot-mapped-the-emerging-landscape-of-smart-things/>

En el escenario mundial actual, la digitalización ha pasado de ser un espacio de consumo a un espacio de producción, esto es, muchos de los aspectos de la economía se apoyan en el internet no sólo como un mercado, sino como un ambiente propicio para la producción de nuevos bienes y servicios. Se trata de una transformación alimentada por una constelación de importantes avances tecnológicos fundamentales donde sensores, máquinas, piezas de trabajo y los sistemas informáticos avanzados (incluidos, en el nivel más sofisticado, intelectos sintéticos) se conectarán a lo largo de la cadena de valor más allá de una sola empresa. Estos sistemas ciberfísicos conectados pueden interactuar entre sí

mediante protocolos basados en estándares de Internet y analizar datos masivos para predecir el fracaso, re-configurarse ellos mismos y adaptarse a los cambios posibilitando procesos más rápidos, más flexibles y más eficientes para producir bienes de mayor calidad a costes reducidos. Esto a su vez aumentará la productividad de la fabricación, modificará el perfil de la fuerza de trabajo, lo que supondrá, en última instancia, el cambio de la competitividad de las empresas y regiones.

Una mínima revisión del “estado del arte”, mucho más allá del exceso profético e incluso de la manipulación ideológica que describen la mayoría de los discursos sobre la revolución de la digitalización, debería permitir avizorar su verdadero significado fundamental, pues, se trata de todo un acontecimiento histórico, al menos tan cardinal como lo fue la revolución industrial del siglo XVIII, inductor de discontinuidad en la base material de la economía, la sociedad y la cultura.

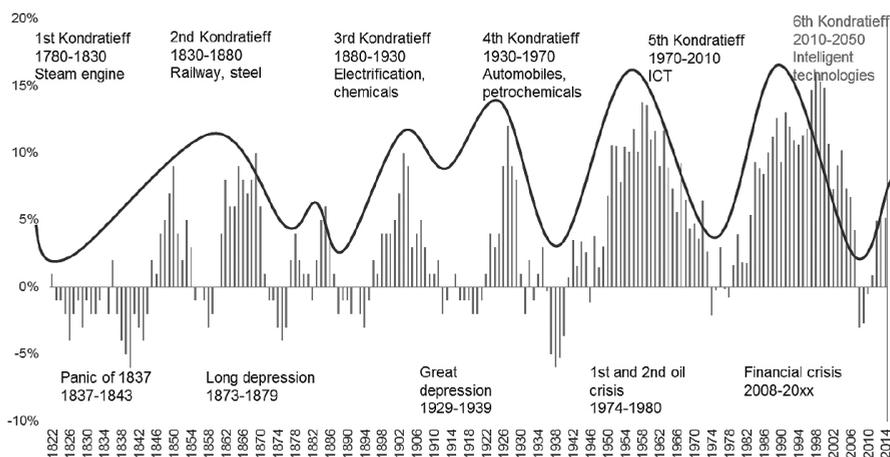
A este respecto, en aras a explicar el surgimiento de las denominadas revoluciones tecnológicas, la propuesta de Pérez (2004) de una “Teoría de las Oleadas de Desarrollo” presenta un análisis sistemático de la relación entre tecnología, economía y sociedad, empíricamente fundado y teóricamente coherente: cada una de estas revoluciones se presentaría en forma de oleada e implica un cambio de paradigma que se propagan por toda la economía, trayendo consigo cambios estructurales en la producción, distribución, comunicación y consumo, así como cambios cualitativos profundos en la sociedad. Cada oleada, a su vez, tiene dos fases distintas. La primera, es la de “instalación” y, la segunda, la de “despliegue”. Entre ambas, un breve espacio de reacomodo. A mayores, el modelo implica un desplazamiento pendular, así, en la primera parte, la más agresiva, se presenta la lucha de lo nuevo contra lo viejo; el desmantelamiento del marco institucional; la exaltación del individualismo y el auge de la “destrucción creadora”. Luego, en la segunda fracción, se restituye la responsabilidad colectiva, se reactiva el rol del Estado y se gesta la próxima oleada.

Como señala Pérez (2004: 43-46), “la acción de estos agentes pioneros abre el camino, permitiendo el surgimiento de externalidades y condicionamientos crecientes —incluyendo la experiencia en la producción y el entrenamiento de los consumidores— los cuales les facilitan a otros seguir su ejemplo. Los éxitos de aquéllos se convierten en una poderosa señal en dirección a las ventanas de oportunidad que ofrecen mayores ganancias. Es así como el nuevo paradigma tecno-económico llega a convertirse en el nuevo ‘sentido común’ general, el cual termina por enraizarse en la práctica social, la legislación y otros componentes del marco institucional, facilitando las innovaciones compatibles y obstaculizando

las incompatibles. Un cambio de paradigma abre las ventanas de oportunidad necesarias para adelantarse (*forging ahead*) y para dar alcance (*catching up*) en la carrera del desarrollo. Por lo tanto, la capacidad para llevar a cabo caminos estructurales en la dirección más ventajosa es una habilidad societal muy valiosa para alcanzar el desarrollo y para, después, preservar e incrementar la ventaja a medida que van cambiando el contexto y las oportunidades”.

No resulta extraño entonces aceptar que el núcleo de la transformación de “la sexta ola de Kondratieff” (ver Figura 2) que experimentamos en la revolución en curso remita a las tecnologías de la información y las comunicaciones, incluso que, con frecuencia, pudiera confundirse la caracterización de la revolución actual como esencialmente dependiente del nuevo conocimiento e información, su materia prima sobre la que actúan las nuevas tecnologías. Sin embargo, la principal diferencia prístina de la revolución tecnológica actual, respecto de cualquier otra revolución previa, radica en cómo se aplica este conocimiento e información a su vez para generar nuevo conocimiento, en un círculo de retroalimentación acumulativo entre la innovación y sus usos alternativos, con la capacidad de penetración que ello conlleva.

Figura 2. Surfear la 6ª ola de Kondratieff



Fuente: Markku Wilenius, Sofi Kurki (2015) Riding the Sixth Wave: Kondratieff theory as a method in a multi-stakeholder process for the renewal of the Finnish forest and financial services industries. The Future-Oriented Technology Analysis (FTA) 2014 Conference. https://ec.europa.eu/jrc/sites/default/files/fta2014-t2S_130.pdf

De hecho, como indica Castells (1997: 58) “las nuevas tecnologías de la información no son sólo herramientas que aplicar, sino procesos que desarrollar. Los usuarios y los creadores pueden ser los mismos. De este modo, los usuarios

pueden tomar el control de la tecnología, como en el caso de Internet. De esto se deduce una estrecha relación entre los procesos sociales de creación y manipulación de símbolos (la cultura de la sociedad) y la capacidad de producir y distribuir bienes y servicios (las fuerzas productivas). Por primera vez en la historia, la mente humana es una fuerza productiva directa, no sólo un elemento decisivo del sistema de producción”.

En otras palabras, el intelecto humano es la nueva “mano invisible” que estimula la revolución digital.

Continúa Castells señalando (1997: 92), “el paradigma de la tecnología de la información no evoluciona hacia su cierre como sistema, sino hacia su apertura como una red multifacética. Es poderoso e imponente en su materialidad, pero adaptable y abierto en su desarrollo histórico. Sus cualidades decisivas son su carácter integrador, la complejidad y la interconexión”. Pero, hay más y de posible superior calado e impacto radicalmente transformador. Entre otros aspectos diferenciadores del cambio de paradigma que conlleva la digitalización cabe mencionar, a los efectos de este trabajo de forma sucinta, los cuatro siguientes:

A. La capacidad de expansión o penetración de los efectos de la “digitización de todo” (“Digitization of Everything”).

“Si no estás en Internet no existes” recuerda Han (2013), pues la información es una parte integral de toda actividad humana, con lo que todos los procesos de nuestra existencia individual y colectiva están directamente fundidos en el nuevo medio tecnológico.

La “Digitización de Todo” –la conexión de las personas, los procesos, los datos y las cosas– va a cambiar todo, desde la forma de trabajar a cómo enseñamos a nuestros jóvenes. La distinción entre lo que es físico y digital está disolviéndose. Se hace líquida. Así, hay evidencias de prototipos que facultan a las señales neurológicas para manipular el mundo físico directamente a través de la integración de los componentes a nivel moleculares y atómicas. “Piensa en ello y, simplemente, sucede”. Las implicaciones que se avizoran son profundas, como se vaticina, por ejemplo, en propuestas como la investigación del “polvo neural”².

(2) Dongjin Seo, Jose M. Carmena, Jan M. Rabaey, Elad Alon, Michel M. Maharbiz. Neural Dust: An Ultrasonic, Low Power Solution for Chronic Brain-Machine Interfaces. 2013. Accesible en <http://arxiv.org/abs/1307.2196>

Además, la “red” se vuelve más consciente de la actividad ambiental. El aumento en la potencia colectiva de procesamiento disponible y las nuevas fronteras de la inteligencia artificial y el aprendizaje profundo permitirán a una mayor comprensión de nuestras actividades de todo tipo.

B. La flexibilidad y recombinación.

No son sólo reversibles los procesos, sino que también pueden modificarse las organizaciones y las instituciones e incluso alterarse de forma fundamental mediante la reordenación de sus componentes, esto es, el tratamiento de las innovaciones como ladrillos o bloques de construcción. Cada nueva innovación no sólo tiene valor independiente. También tiene el potencial de ser combinada con otras innovaciones anteriores –o incluso nuevas combinaciones de varias diferentes innovaciones anteriores– para desencadenar nuevas ondas enteras de crecimiento. Esta capacidad para reconfigurarse mimifica un rasgo decisivo en una sociedad líquida caracterizada por el cambio constante y la fluidez organizativa.

La raíz de esto se encuentra en total desacuerdo con la doctrina estándar de tratar a las innovaciones como a la fruta, esto es, que cuando se presentan y se prueban, se agotan: una vez que han sido absorbidas por la sociedad, ya no contribuyen a un mayor crecimiento. Por el contrario, lo que es distintivo de la configuración de la digitalización hace referencia a que, al disponer de este tipo de ordenadores rápidos y potentes en un mundo totalmente interconectado, podemos cambiar, de lado a lado, las reglas sin destruir la organización, pues, la base material de la organización puede reprogramarse y re-equiparse.

C. La convergencia e integración tecnológica.

Relacionado con la recombinación, aunque es un rasgo claramente diferente, otra característica significativa de esta revolución tecnológica es la creciente convergencia simbiótica de tecnologías, ya sean adyacentes o entre diferentes campos tecnológicos, en un sistema totalmente integrado y extendido, dentro del cual las antiguas trayectorias tecnológicas separadas se vuelven prácticamente indistinguibles.

La convergencia en el paradigma de la información es el resultado de su lógica común de generación de la información, una lógica que es más evidente en la misma evolución natural, y que cada vez se reproduce más en los sistemas de información más avanzados, a medida que los chips, los ordenadores y el software se expanden a nuevas fronteras de velocidad, capacidad de almacenamiento y tratamiento flexible de la información desde fuentes múltiples y dispersas.

D. El crecimiento exponencial.

Hace casi dos décadas que Castells (1997: 56) ya avisaba: “el proceso actual de transformación tecnológica se expande de forma exponencial por su capacidad para crear una interfaz entre los campos tecnológicos mediante un lenguaje digital común en el que la información se genera, se almacena, se recupera, se procesa y se transmite”.

Este vertiginoso ritmo de crecimiento exponencial es consustancial al paradigma de la digitalización. Aquellos amables lectores con una cierta edad recordarán como, en los primeros años ochenta del siglo pasado, la compañía IBM había revolucionado el mercado de la informática doméstica con el primer “computador” (PC). No obstante, gracias a la “arquitectura abierta” (todos sus componentes eran fabricados por terceros), cualquiera podía construir un clon y competir con “The Big Blue”, del que sólo se reservaba en exclusividad absoluta la información que contenía la ROM BIOS (el chip con los códigos de arranque). Fue entonces cuando a IBM le surgieron competidores por doquier que practicando la ingeniería inversa obtuvieron sus clones que, luego, convirtieron en máquinas no sólo transportables sino verdaderamente portátiles, guiados muchos de ellos por el conocido mantra “Halt and Catch Fire“, esto es, una máquina dos veces más rápida por la mitad de precio. Y con ello, el ganador se lo llevaba todo. Toda una declaración de intenciones, donde es fácil extrapolar la deriva que conlleva implícito tal comportamiento organizativo, capaz de producir continuamente a un “increíble” ritmo de desarrollo (destrucción creativa).

En todo caso, la constatación de la embalsada cadencia de progresión del poder de la digitalización amplía toda una serie de observaciones de tendencias, regularidades, normas, o leyes capaces de hacer predicciones en la nueva economía. Entre las leyes epónimas que dan cuenta de esta pindia evolución, cabe destacar las tres siguientes:

1. La Ley de Moore: “La capacidad de proceso de los circuitos integrados digitales (chip) se dobla cada 18 meses”. Corolario: los sistemas basados en microprocesadores aumentan su potencia, y el precio para un nivel de potencia de cálculo dado se reduce a la mitad cada 18 meses.

Esta regularidad duplicativa está basada en una observación empírica hecha por Gordon Moore, cuando era director de los laboratorios de Fairchild Semiconductors (y antes de co-fundar Intel), fue publicada en un editorial en la revista Electronics de 19 de abril de 1965. Aún más, el propio Moore volvió a vaticinar en 2007 que

su ley dejaría de cumplirse en 10 a 15 años a partir de entonces, pero que otras tecnologías (como podrían ser las capas de transistores tridimensionales, la computación neuromórfica o la computación cuántica) vendrán a reemplazar lo conocido, estableciendo implícitamente que otra formulación de esa observación tendrá que ser desarrollada. Pero, en todo caso, su observación sentó las bases del desarrollo de la humanidad durante los últimos 50 años, ya que gracias a la duplicación del número de transistores cada dos años, la humanidad ha sido capaz de empequeñecer cada vez más los circuitos integrados y con ello ensanchar el mundo.

2. La Ley de Gilder, también conocida como la “Ley de la Banda Ancha”: “La capacidad de las comunicaciones que poseemos como individuos, pero también como empresas o instituciones, se triplica cada doce meses”.

Esta norma, enunciada por George Gilder en 1994, cuando era director del Media Lab, en Massachussets, trata de extrapolar a las telecomunicaciones las observaciones de Moore sobre la informática, al augurar que el ancho de banda (o tubería que determina la capacidad y velocidad de transmisión) se triplicaría en los próximos 20 años, a partir de 1997. En esta ley se involucra la potencia de las telecomunicaciones que nos permite enviar documentos, conversar en tiempo real o vernos en cámaras web, entre dos puntos del planeta a altas velocidades y a precios relativamente cada vez más baratos.

3. La Ley de Metcalfe: “El valor de una red de comunicaciones es proporcional al cuadrado del número de nodos. Es decir, al crecer la red, el valor añadido de un nodo conectado a ella crece cuadráticamente, mientras el coste por nodo se mantiene o incluso se reduce”.

El creador de la tecnología de la red de área local (LAN), Robert Metcalfe, propuso en 1973 la fórmula matemática $V = n(n - 1)$, donde n es el número de nodos de la red, que mostraba cómo el valor de la red aumenta con el cuadrado del número de nodos de la red (usuarios).

Esta constatación también resulta fundamental para comprender el crecimiento exponencial aludido, dada la lógica de interconexión de todo sistema o conjunto de relaciones que utilizan estas nuevas tecnologías de la información, cuya configuración topológica, la red, se materializa en todo tipo de procesos y organizaciones mediante las tecnologías de las comunicaciones. Además, cuando las redes se difunden, necesariamente su crecimiento se hace exponencial, esto es, los beneficios de participar en la red crecen exponencialmente, debido al incremento en el número de conexiones, mientras que los costes crecen de forma

lineal. Ítem más, los costes de exclusión de la red aumentan con el crecimiento de la red debido al número decreciente de oportunidades de alcanzar otros elementos fuera de ésta, denotándose el alto potencial que la cantidad de usuarios de un servicio supone para darle valor al mismo. De hecho, este principio es uno de los valores clave: el servicio mejora automáticamente mientras más personas lo utilizan, esto es, los usuarios agregan valor.

Las 3 leyes citadas son muy diferentes de las leyes que se aplican a la termodinámica o la mecánica clásica de Newton o de otras leyes de la ciencia, como la Ley de Ohm, que rige la tensión de una resistencia eléctrica, o la Ley de Boyle-Mariotte, que indica el volumen de un gas en función de la presión y la temperatura. Estas leyes sí ejercen de tales: se cumplen en cualquier momento y lugar, son universales.

Sin embargo, las 3 leyes mencionadas explican la evolución exponencial de las instalaciones hacia sistemas basados en multitud de elementos cada vez más inteligentes y potentes (Moore), con un aumento continuo del intercambio de información entre ellos (Gilder) y cada vez más interconectados (Metcalf). Por tanto, más que leyes, constituyen simplemente afirmaciones empíricas, basadas en la observación del trabajo de los científicos y técnicos en la industria digital, aunque, hasta la fecha se han ido cumpliendo sin tacha y, dada su facilidad para retroalimentarse mutuamente, sus efectos producen un vértigo que supera la imaginación y experiencia del más avezado experto.

1.2. ¿Cuáles son las implicaciones del crecimiento exponencial de la digitalización?

“Sucedee que una misteriosa clase de caos acecha detrás de una fachada de orden, y que, sin embargo, en lo más profundo del caos acecha una clase de orden todavía más misterioso”

Douglas Hofstadter

1.2.1. ¿Quién alcanza a la Reina Roja?

La carrera de la Reina Roja hace referencia a una teoría sobre la evolución que describe la necesaria mejora continua de las especies con el único fin de mantener el *statu quo* con su entorno. En términos evolutivos, se expresa así: “Para un sistema evolutivo, la mejora continua es necesaria sólo para mantener su ajuste a los sistemas con los que está co-evolucionando” (Van Valen, 1973).

El principio o hipótesis de la “Reina Roja” vio la luz por primera vez en 1973 de la mano del biólogo evolucionista Leigh Van Valen, que utilizó el símil de la carrera de la Reina Roja del libro de Lewis Carroll “*A través del espejo y lo que Alicia encontró allí*” (1872), como una analogía de la naturaleza. En dicho libro, en el capítulo 2, titulado “*El jardín de las flores vivas*”³, la protagonista, cogida de la mano de la Reina Roja para poder correr las dos a través de las casillas de ajedrez, ve que, aunque marchan muy veloces, prácticamente no se han movido de donde estaban. El famoso diálogo entre ellas concluye así:

— *Bueno, lo que es en mi país* —dijo Alicia jadeando todavía un poco— *habríamos llegado a algún sitio... si hubiésemos estado corriendo deprisísima tanto tiempo, como hemos corrido aquí.*

— *¡Pues sí que es lento ese país!* —dijo la Reina—. *Aquí, como ves, necesitas correr con todas tus fuerzas para permanecer en el mismo sitio. Si quieres ir a otra parte, tienes que correr lo menos el doble de deprisa.*

En la visión de la naturaleza de Van Valen, las especies evolucionan continuamente, pero su fitness —éxito reproductivo— nunca se incrementa, ya que cada nueva adaptación es contrarrestada por una adaptación de sus competidores y enemigos. Las especies evolucionan y se adaptan no para mejorar, sino para no extinguirse. No avanzar es ir hacia atrás. Para quedarse en el mismo lugar hay que ir tan deprisa como las demás especies.

La metáfora de la Reina Roja se aprovecha para ilustrar dos fenómenos, por una parte, la ventaja de la reproducción sexual entre individuos, y la constante carrera armamentista entre las especies. En la primera versión, microevolutiva, en la fecundación, cada sujeto constituye un experimento de la mezcla de los genes de los progenitores, que permite a las especies evolucionar con rapidez. En la otra versión, la macroevolutiva, la probabilidad de extinción para un conjunto de organismos, normalmente una familia, se hipotetiza dentro del citado colectivo, y como aleatoria entre grupos, esto es, la carrera de armamentos entre predador y presa: las liebres corren cada vez más para escapar del zorro, lo que fuerza al zorro a correr cada vez más para conseguir la misma comida que antes.

No resulta difícil extrapolar esta alegoría paradójica al mundo empresarial en general. Después de todo, las empresas son abstracciones sociales que pueden

(3) Cabe destacar que dicho jardín, donde transcurre la historia, en palabras de Alicia, “está trazado exactamente como un gran tablero de ajedrez” (el mayor tótem de los estudiosos de la función exponencial).

considerarse vivas y con capacidad evolutiva. Así, por ejemplo, resulta común que cuando en un comienzo la idea de innovar y liderar un mercado particular se suponía una estrategia claramente diferenciada y que procuraba valor absoluto a una empresa, con el transcurrir del tiempo parece que tales promesas de valor garantizan sólo “correr para quedarse en el mismo punto”, al menos a largo plazo.

En consecuencia, la ventaja sólo la gozan aquellos que crean el cambio, no los que se conforman con únicamente aprender a vivir con ello. La exhortación entonces de la Reina Roja referida a las empresas del siglo XXI bien pudiera ser del tenor siguiente: con el fin de permanecer en un lugar (la competencia) tienes que correr muy duro, mientras que para llegar a cualquier lugar tienes que correr aún más fuerte. Lo que tienen que hacer las empresas o sectores de actividad es “desaprender” lo que saben y “funcionar de forma diferente”, máxime cuando gracias a la infraestructura libre de fricción que conlleva la digitalización, la distancia entre una idea y su “realización digital” nunca antes resultó tan corta.

Por tanto, la digitalización cada vez más parece ser un organismo de auto-organización que lo que toca lo cambia, con su duplicación incesante. Las organizaciones no deben subestimar este poder. Resistirse resulta inútil. El entorno rápidamente cambiante requiere constantemente nuevas soluciones, y en muchos casos disruptivas. El problema radica en que, en general, las organizaciones no están acostumbradas a lidiar con el cambio acelerado que es causado por la digitalización.

Por si fuera poco, nuestros sesgos cognitivos son un ingrediente más en la sopa de la confusión, auténticas alcantarillas abiertas en las avenidas de nuestro pensamiento. Así lo acreditan las enseñanzas de los trabajos de los psicólogos Amos Tversky y Daniel Kahneman, que en 1972 desarrollaron la denominada “teoría de la perspectiva” (prospect theory), según la cual los individuos toman decisiones que se apartan de los principios básicos de la probabilidad. Con el fin de tomar decisiones rápidas de utilidad para nuestro devenir, en repetidas ocasiones tomamos los mismos atajos mentales, denominados “heurísticas”. De esta forma, nuestra propia experiencia nos hace obstinados sobre el futuro. Cimentamos nuestras ideas sobre el mundo en nuestra experiencia personal, la cual ha arraigado una tasa de crecimiento de los últimos años en nuestras cabezas como “la forma en que las cosas sucedan”. Pero, cuando nos encontramos ante situaciones que crecen exponencialmente, la simple extrapolación lineal puede no ser adecuada.

Quizás una de las causas de la confusión que plantea el crecimiento exponencial pudiera ser debida a que, en general, los humanos no estamos muy avezados

para discernir los cambios disruptivos que el comportamiento exponencial conlleva. Albert Bartlett nos recuerda que ésta es una de las mayores incapacidades de los humanos⁴, pues, nos olvidamos fácilmente que el crecimiento en un tiempo necesario para doblarse es siempre mayor que todos los crecimientos anteriores juntos.

A modo de ejemplo, imaginemos que introducimos en una botella de cristal transparente de un litro de capacidad una bacteria azul cuya única virtud o actividad radique en desdoblarse cada minuto y que, por evidencias previas, sabemos que al cabo de una hora la botella se ve totalmente azul. Pues bien, al cabo de media hora, ¿cómo luciría de glasto la botella? ¿por la mitad, o acaso, sería casi imperceptible, muy abajo, un tenue tono índigo? A la media hora, ¿se divisa el añil? ¿Cuándo la botella está medio llena, en el minuto 30, en el 45 o en el 59? Difícil de intuir, sí. Si esperamos, podemos comprobar como para mediar la botella se necesitan 59 minutos. Un minuto antes, sólo habría 250 mls. En el minuto 57 tan sólo 125 mls, etc. A mayores, en nuestro ejemplo, aunque se necesitaron 59 minutos para alcanzar la mitad de la botella, si hubiera cerca otras tres botellas vacías en ese momento, sólo necesitaríamos tres minutos más para que las cuatro rebosaran.

Tal comportamiento recuerda a un palo de hockey: sólo después de un largo ‘letargo’, zás, se eleva exponencialmente. Pero, entonces, su expansión es similar al interés compuesto: “la fuerza más devastadora del universo”, según Albert Einstein, remachando “el interés compuesto es la octava maravilla del mundo. El que lo entiende, lo gana; ... el que no ... lo paga “. Un ejemplo de nuevo pudiera servir de aclaración: Imagínese que un antepasado suyo entregó 1 libra al Banco de Inglaterra cuando se abrió por primera vez en 1694 con un interés compuesto del 3%. El heredero podría acrecentar su patrimonio en 14.010 libras en este momento. ¿Qué sucede si la tasa de interés es del 4% en lugar del 3%? Bueno, le agradecería saber que su riqueza sería de 317.500 libras, 22 veces más de lo que hubiera sido a una tasa de interés del 3%. No es exactamente lo que la intuición sugiere.

1.2.2. ¿Cómo superar la confusión?

En principio, cabe destacar dos aspectos que pudieran contribuir a aclarar la confusión indicada en el apartado anterior, a saber: cuando se trata de extrapolar el pasado, pensamos en líneas rectas y la trayectoria del pasado reciente puede presentar una historia distorsionada.

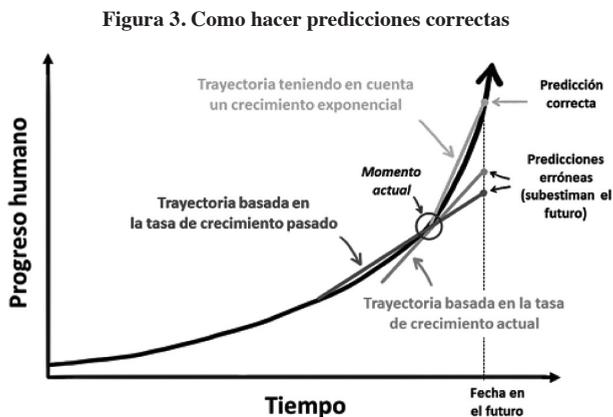
(4) http://www.albartlett.org/presentations/arithmetric_population_energy_transcript_spanish.html

A. Pensamiento lineal: (el pasado se extrapola con líneas rectas)

Resulta común para todos los humanos obviar la no linealidad e insistir en un razonamiento lineal, de hecho, cuando se trata de la historia, pensamos en líneas rectas. Así, cuando nos planteamos en qué medida va a cambiar el mundo en el siglo XXI, suele ser habitual considerar el progreso del siglo XX y, por muy sofisticadas que sean nuestras herramientas previsionales, desde hojas de rutas tecnológicas a modelos de efectos olvidados, extrapolamos hacia delante como si todo se mantuviese mínimamente estable, lineal o gaussiano.

Resulta habitual pensar de forma lineal cuando deberíamos estar pensando exponencialmente. Sin embargo, a tenor de las consideraciones previas, parece claro que no sería suficiente con tener en cuenta lo escorado y lleno de curvas que es el momento presente. Por ejemplo, tratar de predecir los avances de los próximos 20 años, no sólo mirando a los 20 años anteriores, sino percatándonos del *actual* ritmo de progreso y augurar en base a ello. Lamentablemente, aun cuando fuera más preciso, todavía pudiéramos alejarnos de la predicción correcta.

En un intento de tratar “pensar en el futuro” de una forma adecuada, la Figura 3 muestra cómo se precisa tener en cuenta el crecimiento exponencial, esto es, que las cosas pueden estar moviéndose a un ritmo mucho más rápido de lo que están moviendo ahora, tal como aconsejaba la Reina Roja a Alicia en “*A través del espejo*”, el maravilloso libro de Lewis Carroll.



Fuente: Tim Urban (2015) "The AI Revolution: The Road to Superintelligence". waitbutwhy.com/2015/01/artificial-intelligence-revolution-1.html

B. La trayectoria del pasado reciente puede presentar una historia distorsionada.

Como se ha señalado en el epígrafe anterior, parece claro que la perspectiva tradicional del progreso como desarrollo lineal y acumulativo es tan incongruente como la idea de que el cambio tecnológico es continuo y aleatorio. No obstante, cuando se observa de larga data, cabe observar que tales procesos pueden aparecer caracterizados por un crecimiento inmutable, ya que se alisan las grandes y pequeñas variaciones. Aplicando el lenguaje matemático: se acepta, sin más, que la media es una buena medida de tendencia central.

Aunque caben algunos propósitos para considerar tal proceder como adecuado, sin embargo, una vez que se tiene en consideración el impacto de las sucesivas revoluciones tecnológicas, con la pléyade de distorsiones y disrupciones que conllevan, al enfocarse en el complejo conjunto de cambios esquivos e interrelacionados comprometidos por las distintas oleadas de desarrollo e innovación, debería germinar una comprensión más atinente, menos lineal y más escalonada, acerca de los cambios estructurales en el devenir de la economía y en casi toda la sociedad.

El paleontólogo Stephen Gould (1980: 226) también lo constató: “la idea de que todo cambio debe ser suave, lento y constante, nunca se leyó de las rocas. Representó un sesgo cultural común, en parte una respuesta del liberalismo del siglo XIX a un mundo en revolución. Pero continúa empañando nuestra lectura, supuestamente objetiva, de la historia de la vida. [...] La historia de la vida, tal como yo la interpreto, es una serie de estados estables, salpicados a intervalos raros por acontecimientos importantes que suceden con gran rapidez y ayudan a establecer la siguiente etapa estable”.

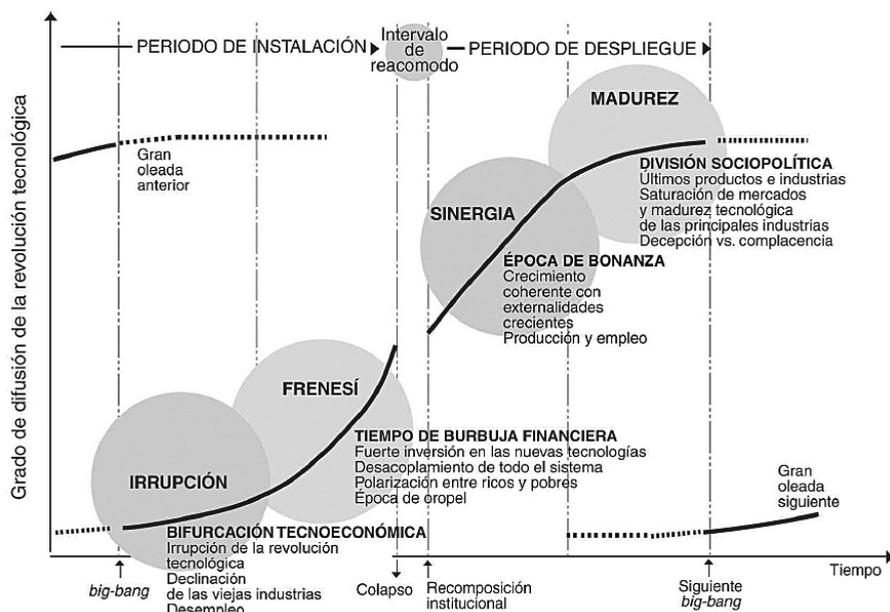
En consecuencia, no resulta extraño que la trayectoria de la historia reciente en ocasiones sea una historia distorsionada, ya que incluso una curva exponencial erizada parece lineal, sin rugosidad alguna, cuando sólo se mira a una pequeña porción de la misma. Como cuando nos fijamos en un pequeño segmento de un círculo enorme de cerca, se percibe casi como una línea recta. No obstante, la dinámica del crecimiento exponencial dista mucho de ser totalmente recta y uniforme y, al contrario, presenta pliegues, dobleces o altibajos, evidenciadores de los movimientos tectónicos que acontecen.

Por tanto, atendiendo a la apariencia gráfica, al objeto de intentar comprender lo que ocurre en tales escalones o intervalos raros de la historia, cabe destacar las tres propuestas siguientes: la “clásica” curva en forma de “S” del progreso tecnológico, la aleta de tiburón y la jeringuilla o ciclo de sobre-expectación.

1. La curva S (las olas del progreso tecnológico)

La Figura 4, incluida en la obra de Carlota Pérez antes citada, es lo suficiente expresiva del distinto comportamiento sumido en las olas de progreso, desde la irrupción con un crecimiento lento, casi imperceptible, seguido de una fase de crecimiento explosivo y luego una nivelación a consecuencia de la madurez, con la subsiguiente saturación del mercado por satisfacer una demanda enormemente generalizada.

Figura 4. Las fases recurrentes de cada gran oleada de desarrollo



Fuente: Carlota Pérez (2004:79) www.carlotaperez.org/downloads/pubs/Perez_RTFC_Cap_5.pdf

2. La aleta de tiburón (Big Bang Disruption)

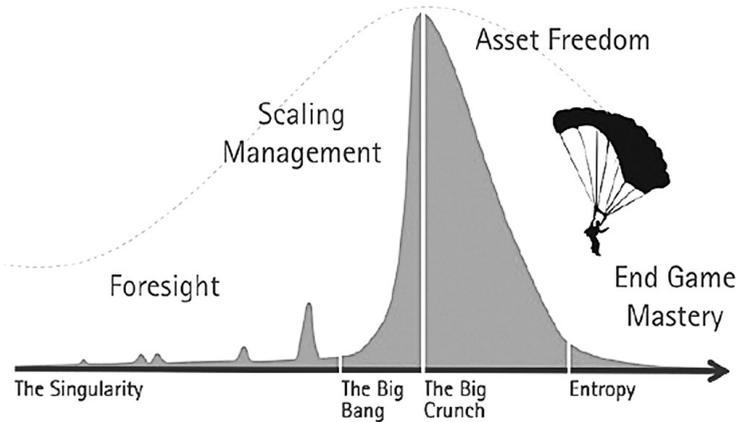
La teoría de la 'Big Bang Disruption', expuesta por Larry Downes y Paul Nunes (2014), en un intento de actualización de la obra 'El Dilema de los Innovadores' de Clayton Christensen (1997), pretende explicar cómo funcionan las innovaciones a gran escala y de ritmo trepidante que están transformando (sino destruyendo –cuando los consumidores abandonan su consumo y se pasan a un producto innovador que soluciona sus necesidades, mejor y más barato–) de forma profunda industrias enteras.

En este sentido, la Figura 5 muestra el esquema del desarrollo explosivo distribuido en cuatro fases análogas a la ‘teoría del Big Bang’:

- Singularidad. Corresponde a la etapa inicial de una innovación, en la que los innovadores realizan experimentos extraños –puede que aparentemente sin sentido–, y empiezan a crear un servicio que en ocasiones no incluye un modelo de negocio o ingresos aparentes (o reconocible).
Es la etapa de las start-ups, de la financiación por crowdfunding, de las aceleradoras e incubadoras...
- El ‘Big Bang’. Tras el huevo primigenio llega la gran explosión. Todo ocurre a la vez y, en muchos casos, de forma violenta: los clientes llegan de golpe o no llegan nunca. No hay grados: el ganador se lleva todo el mercado. La curva de crecimiento puede ser prácticamente vertical: la aceleración de la demanda es brutal, pues, los innovadores trabajan con sistemas de información sobre los mercados casi perfectos y con capacidad para viralizar los mensajes.
- El ‘Big Crunch’. La “gran contracción” aparece cuando en el sector innovador disruptivo los agentes se afanan por mantener el mercado conseguido, pero no en anticipar las necesidades de sus clientes, esto es, al éxito masivo repentino le sigue una contracción del mercado de forma dramática. Un cambio en las preferencias del cliente o la aparición de nuevos innovadores disruptivos, con propuestas alternativas, pueden quitarles el mercado a las jóvenes empresas triunfadoras. La diferencia con la tradicional curva en S del desarrollo tecnológico es la rapidez del proceso al dejar de existir la fase de madurez.
- Entropía. Los consumidores han abandonado en masa el sector en declive y se han pasado al nuevo.
Hay empresas que encuentran un hueco en el nuevo ecosistema, otras cambian de sector y otras sencillamente desaparecen. La clave para no convertirse en uno de ellos es la rapidez.

En resumen, los rasgos más llamativos de la representación gráfica de la Figura 5 son la duración del período de la singularidad (es decir, la experimentación), la brevedad del período de explotación (el propio Big Bang) y el rápido declive o big crunch, que puede ser casi tan caro como el Big Bang.

Figura 5. La aleta de tiburón:
las cuatro etapas de la “Big Bang Disruption” que requieren imperativos estratégicos diferentes



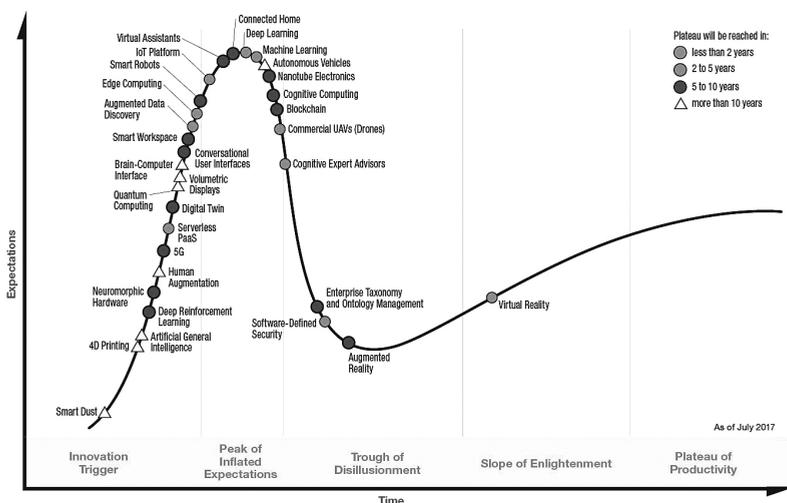
Fuente: Paul Nunes and Larry Downes (2014). https://www.accenture.com/t20170411T181442Z_w_/us-en/_acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/DotCom/Documents/Global/PDF/Dualpub_13/Accenture-Big-Bang-Disruption-Strategy-Age-Devastating-Innovation.pdf

3. El ciclo de sobre-expectación (Hype cycle)

La Figura 6 muestra el Ciclo de Sobre-expectación (“Hype Cycle”) de las tecnologías emergentes, relativo concretamente a 2017, que es elaborado anualmente por la empresa Gartner. Como se puede observar, la representación gráfica describe cómo las tecnologías emergentes pasan diferentes fases, alineadas con la innovación (entusiasmo inicial: “¡todo es posible!”), el dimensionamiento de las expectativas (desilusión: “¡no funciona para nada!”) y, tras la maduración de la tecnología, la incorporación de la misma a los procesos cotidianos (adopción: “*es la solución ideal para...*”).

El análisis anterior sirve tanto para captar la distinta vulnerabilidad de industrias y modelos de negocios como para orientar en qué deberían consistir las cuestiones claves que deberían formularse las organizaciones, empresas e industrias respecto a lo acertadamente que están respondiendo a minimizar las amenazas y maximizar las oportunidades presentadas por la digitalización. De hecho, la pregunta parece que no convendría que se centrara sólo en el cómo (impacto) la disrupción digital les afectará, sino también en el cuándo (urgencia), y cuya combinación permita poder establecer prioridades, donde la inspiración de Goethe puede resultar reveladora: “*lo que importa más nunca debe estar a merced de lo que importa menos*”.

Figura 6. Ciclo de sobre-expectación de las Tecnologías Emergentes en 2017



Fuente: Gartner (2017). <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/top-trends-in-the-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2017>

1.3. ¿Cuál es la próxima generación de tecnologías potencialmente disruptivas?

“Todas las cosas son difíciles antes de que sean fáciles”

Thomas Fuller

Existen evidencias, como se puede observar en el Cuadro 1, basado en el trabajo de Schuelke-Leech (2017), de cómo la digitalización ha creado disrupciones tanto en los mercados como en la misma sociedad, esto es, ha impactado en muchas industrias, empresas y servicios, ya sea en fabricación, comunicaciones, comercio, investigación científica, ingeniería, transporte o sistemas financieros. Incluso se han producido cambios significativos dentro del ecosistema de innovación en sí mismo. Algunas de estas transformaciones son el resultado del desarrollo y despliegue de estas tecnologías basadas en las TICs, mientras que otras mudanzas son el resultado del contexto socio-económico-político de la sociedad, esto es, dentro mismo de los sistemas humanos y sociales en los que vivimos. Son las interacciones entre las tecnologías y la sociedad en general las que marcan una tecnología disruptiva de segundo orden, esto es, la disrupción tiene lugar con las normas sociales, económicas y políticas, no sólo un mercado comercial o una industria individual (tecnología disruptiva de primer orden).

Además, la situación de “vucanización” del actual entorno (volátil, incierto, complejo y ambiguo) se ve agravada por el aumento constante de la globalización. Uno de los aspectos de este aumento es un mayor nivel de comercio entre países, si bien, junto a los acuerdos políticos, los avances tecnológicos también han apoyado una mayor globalización. La estandarización de los contenedores de carga, que han permitido que los bienes se muevan por ferrocarril, carretera y barco, de manera rápida y eficiente, ha aumentado la confiabilidad y disminuido los costos de transporte (Smil, 2010). Mientras que los bienes materiales aún necesitan ser movidos físicamente a través de sistemas de transporte convencionales, las redes TICs facilitan la comunicación global de órdenes de compra, diseños de productos y propiedad intelectual. Permiten comunicaciones y coordinación más rápidas y económicas a nivel mundial (Baldwin, 2016). Esto reduce la necesidad de mano de obra humana y otras tecnologías que se utilizaron anteriormente para proporcionar esta coordinación.

La globalización del comercio y la manufactura ha dado como resultado una cadena de suministro descentralizada e internacional (Baldwin y Lopez-Gonzalez, 2015). Ha surgido un sistema de innovación abierto, en el que las empresas también globalizan sus gastos de la I+D+i. En cambio, muchas empresas han pasado a invertir y adquirir nuevas tecnologías a través de sucursales corporativas de capital de riesgo (Chemmanur et al., 2014). De ahí que, la innovación acontezca más en redes que en organizaciones individuales (Adams et al., 2005; Cummings y Kiesler, 2005), donde la digitalización desempeña un papel absolutamente vital para habilitar estas redes de innovación descentralizadas (Rehm et al., 2015).

Otro aspecto de la globalización a reseñar radica en la mayor competencia por los recursos y los productos básicos (Bunker y Ciccantell, 2005; Kemp, 2012; Zhang, 2012). De hecho, a medida que los países se desarrollan y sus economías crecen, su búsqueda de recursos aumenta. Así, China e India han estado trabajando para establecer relaciones en Medio Oriente y África para asegurar los recursos petroleros necesarios (Kemp, 2012). Y también, además de la competencia por los recursos, han surgido nuevos modelos de inversión y desarrollo (Woods, 2008).

En consecuencia, dados los límites “fluidos” que ahora existen entre el ser humano y la máquina, como lo demuestran los avances tecnológicos que configuran el mundo digitalizado y que influirán en los cambios sociales consecuentes que acompañan a la automatización, afectando radicalmente nuestras vidas y medios de subsistencia, lo que se avizora es que nos encontramos en una auténtica encrucijada.

Cuadro 1. Tecnologías potencialmente disruptivas

Tecnología	Descripción	Fuentes de tecnologías disruptivas
Blockchain; Bitcoin	Libro mayor digital para usar con monedas virtuales y pagos electrónicos. Ejemplo es la criptomoneda virtual Bitcoin.	Bort, 2016; KPMG, 2016; Prevett, 2016; Weller, 2017
Impresión 3D; fabricación aditiva	La impresión en 3D es la creación de un objeto 3D a partir de un archivo digital (por capas de material). Fabricación aditiva es el término general para la unión de materiales avanzados.	Al-Razouki, 2016; Cag, 2017; KPMG, 2016; Mesko, 2016; Prevett, 2016
Arquitectura de seguridad adaptable y ciberseguridad	Seguridad digital y virtual para una organización o red informática	Bort, 2016; Weller, 2017
Materiales avanzados	La categoría de nuevos materiales que están diseñados para mejorar las propiedades (nanomateriales, materiales compuestos, polímeros y metales).	Manyika et al., 2013; DAMADEI, 2015
Inteligencia artificial y aprendizaje automático	Capacidad de un sistema informático para realizar actividades normalmente asociadas con la inteligencia humana, como el aprendizaje, el habla, el discernimiento y la percepción.	Bort, 2016; Cag, 2015; DeMers, 2016; KPMG, 2016; Paine, 2017; Prevett, 2016; Weller, 2017
Realidad aumentada, virtual y mixta	Las realidades aumentadas y mixtas acopian información e imágenes digitales en el mundo físico. La realidad virtual desplaza al mundo físico.	Bort, 2016; DeMers, 2016; KPMG, 2016; Manyika et al., 2013; Mesko, 2016; Prevett, 2016; Weller, 2017
Automatización y procesos automatizados	Uso de equipos o procesos automáticos (no manuales), sin intervención humana	DeMers, 2016; Manyika et al., 2013; Paine, 2017
Vehículos autónomos; sistemas autónomos	Operación de un vehículo o sistema sin intervención humana (o sin conductor).	Bort, 2016; Prevett, 2016; Weller, 2017
Biometría	Medición y monitoreo de funciones biológicas, a menudo relacionadas con la salud.	Mesko, 2016; Paine, 2016
Chatbots	Un algoritmo automatizado de la computadora diseñado para simular la conversación humana	Bort, 2016; Prevett, 2016; Weller, 2016

Tecnología	Descripción	Fuentes de tecnologías disruptivas
Computación en la nube	Uso de la red de servidores remotos e internet para almacenar y procesar, en lugar de usar una computadora personal local	KPMG, 2016; Manyika et al., 2013; Prevett, 2016
Cyborgs y cyborgification	Híbrido de sistema biológico y electrónico	Barfield, 2015
Medios digitales y sociales	Aplicaciones informáticas y sitios web diseñados para conectar a los usuarios en una red social virtual	KPMG, 2016
Ciencia de datos	Recolección, procesamiento, análisis y utilización de datos de redes, sensores, computadoras y dispositivos electrónicos, para identificar y explotar patrones de comportamiento.	DeMers, 2016; KPMG, 2016; Mesko, 2016
Identificación digital	Identificación individual digital o virtual	Paine, 2016
Integración digital-física; humanos aumentados;	Tecnologías para ayudar a los humanos. Las tecnologías están integradas en el sistema físico, en lugar de ser externas al sistema.	DeMers, 2016; Prevett, 2016
Gemelos digitales	Compañero virtual o computarizado, a menudo usando datos del original para informar al gemelo.	Bort, 2016; Weller, 2017
Almacén de energía	Un dispositivo que captura y almacena energía producida para su uso en un momento posterior.	Manyika et al., 2013
FinTech	Tecnologías de computación y algoritmos utilizados para finanzas y banca.	Al-Razouki, 2016
Ingeniería genética; CRISPR	Ingeniería y manipulación de genes y materiales genéticos. CRISPR es una herramienta específica para la edición de genes.	Al-Razouki, 2016; Cag, 2015; Prevett, 2016
Genómica, secuenciación de genes y pruebas de ADN	El genoma es la secuencia completa de genes en un organismo, o su ADN completo. La secuenciación de ADN, genomas y genes proporciona un mapa o guía para la creación y el funcionamiento del organismo.	Al-Razouki, 2016; Cag, 2015; Manyika et al., 2013; Mesko, 2016
Internet de las Cosas	Interconexión y conexión en red de dispositivos a través de Internet y personas para registrar, monitorear y optimizar sus actividades en tiempo real.	Cag, 2015; DeMers, 2016; Kagermann et al., 2013; KPMG, 2016; Luo, 2014

Tecnología	Descripción	Fuentes de tecnologías disruptivas
Nanotecnologías	Los nanómetros son 10^{-9} m o 1 mil millones de metro. Las propiedades de los materiales cambian significativamente a esta escala.	Mesko, 2016
Plataformas y servicios bajo demanda	La provisión de servicios en el momento preciso en que son necesarios o deseados.	DeMers, 2016; KPMG, 2016
Precisión y medicina personalizada	Medicamentos y tratamientos adaptados a un paciente específico, en función de sus factores genéticos y de estilo de vida específicos.	Al-Razouki, 2016; Bort, 2016; Weller, 2017
Computación cuántica	Computación basada en la teoría cuántica	Prevett, 2016
Monitoreo remoto	La supervisión de actividades y funciones a distancia a través de dispositivos electrónicos o informáticos, sensores y sondas.	Cag, 2015
Robots y robótica	Un robot es una máquina capaz de ser programada para actuar automáticamente. Cuando se combina con la inteligencia artificial, la máquina también puede aprender, percibir y actuar de forma autónoma.	Al-Razouki, 2016; Cag, 2015; Manyika et al., 2013; Mesko, 2016; Prevett, 2016
Sistemas inteligentes; infraestructura y red inteligente; ciudades inteligentes;	Un sistema inteligente es uno integrado con sensores que le permiten responder, adaptarse, predecir y corregirse a sí mismo. Las infraestructuras y redes inteligentes utilizan datos para responder a los cambios en la oferta y la demanda.	DeMers, 2016; Schuelke-Leech et al., 2015
Conectividad ubicua y comercio; Internet móvil	Conexión ininterrumpida a Internet a través de la proliferación de dispositivos, tecnologías, redes y puntos de conexión. Permite una actividad comercial continua.	KPMG, 2016

Fuente: Schuelke-Leech et al. (2015)

Las posibles conclusiones extraídas de los apartados anteriores sugieren que, para alcanzar el éxito en este inicio de siglo, la mayoría de las organizaciones deben hacer tres cosas bien, a saber: en primer término, deben entender profundamente estas tecnologías y las nuevas capacidades que ofrecen. También, deben realizar los cambios de comportamiento que permiten a estas capacidades ser incorporadas en las operaciones del día a día en un nivel profundo, de forma que

puedan cambiar rápidamente de oportunidad en oportunidad. Y, además, deben saber por dónde empezar, cómo evitar las trampas, la forma de mantener el progreso, y la forma de medir y comunicar el éxito.

Esta primera parte se ha enfocado en el estudio de la digitalización, planteando que la misma ya no es una opción, un utensilio más en la caja de herramientas. Como se ha sugerido, se está convirtiendo en la base de formas completamente nuevas de hacer negocios y, con ello, para la creación de muy diferentes tipos de negocios a los del siglo pasado.

Pero, ¿qué pasa con el dinero? Los análisis prospectivos considerados en este epígrafe avalan y ratifican el interés por el Bitcoin y las cadenas de bloques (Blockchain), de ahí que la segunda parte del presente discurso se enfoque en cómo la digitalización ha incidido directamente en el dinero.

2. ¿Hacia el fin del dinero?

*¿Qué hay aquí? ¿Oro? ¿Oro amarillo, reluciente,
precioso? No, dioses, no soy devoto que ruegue en vano:
iraíces, cielos cristalinos!*

*Pues mucho de esto hará negro lo blanco,
feo lo bello, mal lo correcto, bajo lo noble,
viejo lo joven, cobarde lo valiente.*

¡Ah, dioses! ¿Por qué esto? ¿Para qué, dioses?

*Pues esto desplazará de vuestra vera a sacerdotes
y servidores, y quitará la almohada
de debajo de la cabeza de los hombres fuertes.*

*Este esclavo amarillo unirá y partirá religiones,
benedicirá a los malditos,*

*hará que sea adorada la blanzuzca lepra,
y pondrá a los ladrones, con títulos, aprobación
y reverencias, en los escaños entre los senadores.*

*Es él quien casa de nuevo a la ajada viuda,
quien perfuma y embalsama cual para día de abril
a la que haría vomitar a los leprosos y las llagas.*

*Vamos, maldita tierra, ramera vulgar de la humanidad
que siembras la discordia entre las hordas de hombres,
yo te haré actuar según tu naturaleza cierta.*

.....

Oh, tú, dulce regicida

*y precioso divorcio entre el hijo natural y el padre,
brillante corruptor del más puro lecho de Himeneo,*

valiente Marte, galante siempre joven,

fresco, amado y delicado, cuyo resplandor

derrite la nieve sagrada en el regazo de Diana!

¡Tú, dios visible, que sueldas estrechamente

los contrarios y haces que se besen;

que hablas en todas las lenguas y con cualquier objeto!

¡Oh, piedra de toque de los corazones,

piensa que tus esclavos, los hombres, se rebelan,

y haz con tu poder que se enfrenten y se inmolan,

para que en el mundo imperen las bestias!

William Shakespeare

(*Timón de Atenas*. 4º Acto. 3ª Escena).

2.1 ¿Qué son y para qué sirven las criptomonedas y las cadenas de bloques?

“Hay una manera de hacerlo mejor, encuéntrala”

Thomas Alva Edison

El contenido de esta segunda parte, inspirándose en las recomendaciones de Whetten (1989) acerca de que una teoría completa consta de cuatro elementos esenciales: qué, cómo, por qué y contexto (quién, dónde, cuándo), se apoya en una tríada de áreas de análisis (epistemológicos, ontológicos y axiológicos) al objeto de articular y describir los diferentes conceptos y niveles conceptuales en su progresión y significado generativo relacionados con Bitcoin y Blockchain, a saber:

- a) La epistemología, a los efectos de este discurso, trata del conocimiento, esto es, se basa en la respuesta a preguntas fundamentales sobre el conocimiento, en especial qué nuevos tipos de cosas ayuda a saber o entender la tecnología blockchain. Así mismo, cabe preguntarse acerca de la verdad que respalda este nuevo conocimiento, por ejemplo: ¿hay un nuevo conocimiento que se requiere para crear y participar con la tecnología blockchain?
- b) La ontología, a los efectos de este discurso, trata las cuestiones de la existencia, esto, se basa en la respuesta a preguntas del tipo ¿qué es la tecnología blockchain? ¿cómo se caracteriza, crea e implementa? ¿cómo funciona en el mundo? ¿cuáles son sus definiciones, clasificaciones, teleología, posibilidades, restricciones y limitaciones? Por tanto, desde esta perspectiva ontológica se busca proporcionar una definición concisa de lo que es la tecnología, incluyendo su propósito, función y dimensiones.
- c) La axiología, a los efectos de este discurso, se refiere a cómo la tecnología blockchain es valorada, adoptada y considerada por los individuos y la sociedad, esto es, ¿qué aspectos están siendo valorados, sobrevalorados, infravalorados y pasados por alto? ¿quién está adoptando la tecnología blockchain y por qué?

A. La epistemología del Bitcoin y la Blockchain

Comprender el bitcoin y la blockchain, la tecnología de contabilidad distribuida (TCD) asociada al mismo, no resulta una tarea sencilla, ni mucho menos intuitiva. Para poder apreciar su potencial se precisa previamente dis-

cernir su “mensaje”, dado que, junto a sus capacidades tecnológicas, llevan consigo fundamentos filosóficos, culturales e ideológicos que también deben ser entendidos. De hecho, el Bitcoin y la blockchain reúnen e integran armoniosamente muchos campos, como la contabilidad (libros mayores, creación de cuentas y transferencia de saldo), economía (problemas de agencia, teoría de incentivos y teoría de juegos), la criptografía matemática, las tecnologías de red distribuida y el control de versiones (por ejemplo, Git, Tor), especificación de identidad, conceptos de gobernanza y de seguridad de la información basada en el usuario.

Una de las anécdotas más famosas del campo de la dirección de organizaciones puede ser ilustrativa aquí. Cuando Henry Ford, el fundador de la Ford Motor Company, solicitaba a sus clientes qué es lo que necesitaban, no fueron parvos los que le respondieron que un caballo más rápido. No resulta extraño que cuando muchas personas, incluidos economistas, oyeron hablar por primera vez de la tecnología blockchain como el software que apuntala las criptomonedas como Bitcoin, la primera metáfora conceptual fue que “blockchain es como PayPal”, una forma de transferir dinero de una persona a otra basada en Internet. A priori, el Bitcoin, parece encajar particularmente bien dentro de la categoría conceptual de dinero digital y sistemas de pago en línea. Otra metáfora conceptual basada en la computación en red supuso afirmaciones como “blockchain es como Napster por dinero”: una red descentralizada de igual a igual para transferir dinero en Internet de forma descentralizada. Pero, conviene no obviar que, si uno copia y distribuye música, eso que distribuye sigue siendo música. Sin embargo, si uno puede copiar dinero y distribuirlo sin más, tantas veces quisiera, eso ya no es dinero.

A más a más, en la medida en que la cadena de bloques del Bitcoin opera sin intermediarios humanos, esto supone un desafío adicional a la comprensión monolítica y tradicional del concepto fundamental del dinero. ¿Cómo podemos tener dinero sin un banco? ¿Quién confirma estas transacciones? ¿Quién mantiene el libro mayor centralizado registrando todas estas transacciones?

Por tanto, la metáfora conceptual de que “la blockchain es como el Napster por dinero” tiene una validez muy matizable, eso sí, nos ayuda a ver el blockchain como una red peer-to-peer sin un intermediario central. Mientras que la alusión de que “la blockchain es como PayPal”, exige también matizar que incorpora algunas características que lo hacen significativamente diferente del modelo tradicional de

PayPal, en el sentido de que es un sistema inherentemente descentralizado, que opera en la parte superior de una red de igual a igual, y sin ninguna parte central en cargo de coordinación de la red.

No obstante, siguiendo el razonamiento del Sr. Ford, pero enfocado al concepto de dinero, la mejor noción de “caballo” de una cadena de bloques es “efectivo digital” (algo con lo que ya convivimos), mientras que la noción de “auto nuevo” de una cadena de bloques es “dinero programable”, algo que proporciona la capacidad de configurar todos los parámetros de una moneda: quién puede usarla, cómo, dónde y para qué y qué sucederá en los plazos futuros, como caducidad, redistribución, indexación de precios y demora (los costos de mantenimiento asociados con la tenencia de dinero). A diferencia del efectivo digital, que simplemente representa el dinero en un formato digital, la capacidad de programar el diseño y las operaciones de dinero es una nueva capacidad que no estaba disponible hasta 2009, cuando Satoshi Nakamoto dio a conocer la primera moneda completamente digital, el Bitcoin.

Como es conocido, la criptomoneda Bitcoin fue incubada como un acto de desafío, como un antídoto contra las inequidades y la corrupción del sistema financiero tradicional bajo la creencia de que a medida que esta “moneda paralela” despegabá, competiría y, finalmente, desmantelaría las instituciones que habían provocado la Gran Crisis Financiera de 2008.

La frase no oficial de Bitcoin, “confiamos en la criptografía”, no dejaba lugar a dudas sobre a quién culpar: eran los intermediarios, los banqueros, los terceros “de confianza” en quienes no se podía confiar. Desde la perspectiva de sus coetáneos, tales intermediarios simplemente se interpusieron en el camino de otros humanos, extrayendo unilateralmente ganancias al olvidar el mínimo respeto sinalagmático entre las partes y complicando las transacciones.

Desde su surgimiento, el Bitcoin se ha propuesto reemplazar los servicios provistos por estos intermediarios con criptografía, código y confiando en las matemáticas. Cuando alguien firma un cheque para pagar, por ejemplo, una lavadora, se producen una serie de acuerdos en el fondo entre su institución financiera y otras personas, permitiendo que el dinero pase de su cuenta a la de otra persona. Su banco puede garantizar que su dinero es “bueno” porque mantiene registros que indican de dónde proviene cada centavo en su cuenta y cuándo. Ahora, los bitcoins y otras criptomonedas reemplazan esos acuerdos de antecedentes y transacciones con software, específicamente, con una base de datos distribuida

y segura, la de cadena de bloques, y cuyo valor radica en la creencia de que refleja una verdadera representación de la “realidad” en un punto en el tiempo y, al hacerlo, crea confianza en el rendimiento entre las partes. Conceptualmente, actúa como una máquina de estado, almacenando el estado de algo y actualizando ese estado mientras conserva un registro permanente de estados pasados que es inmensamente difícil de alterar.

Como señalaba Pérez Marco (2013): “la gran novedad que ofrece Bitcoin es el de ser una moneda electrónica, descentralizada, encriptada (esto es, no falsificable) y esencialmente anónima. Los pagos no están controlados ni tienen que ser validados por ningún organismo central, financiero o bancario, estatal o privado. Es un intercambio de moneda P2P similar al intercambio de archivos P2P”.

Cuando el Bitcoin se trata como cualquier moneda, puede convertirse en parte de un instrumento financiero, lo que lleva al desarrollo de una variedad de nuevos productos financieros, posibilitando un entorno de innovación increíble para la próxima generación de servicios financieros: los derivados, opciones, swaps, instrumentos sintéticos, inversiones, préstamos y muchos otros instrumentos tradicionales tendrán su versión de criptomonedas, creando así un nuevo mercado de servicios financieros.

Adicionalmente, con la aceptación y uso de Bitcoin y Blockchain se observa una clara ampliación del ámbito de aplicación, no restringiéndose al mundo financiero. Así, la gente está tratando de aplicarlo a procedimientos y procesos más allá del mero movimiento del dinero, desarrollando contratos inteligentes con diversos grados de éxito. Nick Szabo (1997), quien introdujo el término “contrato inteligente” utiliza la metáfora de una máquina expendedora basada en Blockchain para describir “el caballo” de un contrato inteligente.

En efecto, surgen muy diversas preguntas, como, por ejemplo: ¿qué otros acuerdos pueden automatizar una cadena de bloques? ¿Puede una cadena de bloques encontrar personas que ofrecen atracciones, vincularlas con personas que intentan ir a algún lado y dar a las dos partes una plataforma transparente para el pago?

Si los libros contables distribuidos pueden digitalizar el proceso comercial y crear confianza y transparencia en la cadena de negociaciones, los contratos inteligentes significarían una oportunidad para realmente re-imaginar y transfor-

mar el negocio. Los contratos inteligentes pueden ser una forma innovadora para fomentar una economía más colaborativa. La disposición precodificada puede automatizar tareas muy complicadas entre partes múltiples más allá de la capacidad de cualquier organización singular (Marvin, 2017).

En definitiva, la tecnología funciona sobre el principio de que, en su base, el dinero es sólo una herramienta de contabilidad: un método para abstraer el valor, asignar la propiedad y proporcionar un medio para realizar transacciones.

Una vez más se comprueba como la digitalización voltea y propicia especificar y componer nuestro mundo (presente o futuro) de formas nuevas y emocionantes. En este caso particularmente cabe observar cómo la temporalidad es una propiedad particularmente interesante que se vuelve más configurable en el contexto de los sistemas basados en la blockchain.

B. La ontología del Bitcoin y la Blockchain

Un Bitcoin no es más que un código criptográfico que los usuarios se intercambian como moneda de pago, tal como se muestra en la Figura 7, donde se puede observar como para poder operar con criptomonedas, los usuarios correspondientes deben disponer de un monedero o billetera electrónica. Estas billeteras se caracterizan porque, si bien son visibles para cualquiera, su inspección está restringida, esto es, en las billeteras hay dos claves, una clave pública, que se da para recibir pagos, y una clave privada y secreta, que se usa para efectuar pagos. La clave privada está encriptada de forma que, aunque fuese sustraída no pueden extraerla.

Una vez iniciada una transacción, hay que esperar unos diez minutos al objeto de que se recopile dicha transacción dentro de un bloque por una red de “mineros” que se encargan de validar las transacciones, simplemente verificando que no se ha gastado ningún Bitcoin más de una vez y por lo cual se les paga o premia con una cantidad de bitcoins establecida, ya el proceso de validación de cada bloque es computacionalmente intensivo (las “pruebas de trabajo” suponen un cierto consumo eléctrico) y requiere una computación distribuida para propiciar el consenso.

Finalmente, los bloques se encadenan unos a otros creando propiamente la cadena de bloques que recuerda todas las transacciones realizadas.

Figura 7. ¿Cómo funcionan Bitcoin y Blockchain?



María, cansada de su viejo coche, decide venderse a Diego por 1 bitcoin.

Para poder pagar a María, Diego instala una aplicación en su teléfono inteligente para crear una nueva billetera Bitcoin. Una aplicación de billetera es como una aplicación de banca móvil y una billetera es como una cuenta bancaria

Para efectuar el pago, necesita dos datos: su clave privada y su clave pública. Cualquiera que tenga una clave pública puede enviar dinero a una dirección de Bitcoin, pero solo una firma generada por la clave privada puede liberar dinero de ella.

Diego obtiene la clave pública de María escaneando un código QR de su teléfono, o pidiéndole que le envíe la dirección de correo electrónico, una cadena de números y letras al azar.

La aplicación alerta a los ‘mineros’ de Bitcoin en todo el mundo sobre la inminente transacción. Los “mineros” brindan servicios de verificación de transacciones.

Los mineros verifican que Diego tenga suficientes bitcoins para realizar el pago.

Muchas transacciones ocurren en la red en cualquier momento. Todas las transacciones pendientes en un marco de tiempo determinado se agrupan (en un bloque) para su verificación. Cada bloque tiene un número de identificación único, tiempo de creación y referencia al bloque anterior.

El nuevo bloque se coloca en la red para que los mineros puedan verificar si sus transacciones son legítimas. La verificación se logra al completar cálculos complejos criptográficos

Cuando un minero resuelve el problema criptográfico, el descubrimiento se anuncia al resto de la red.

El algoritmo recompensa al minero ganador con bitcoins, y el nuevo bloque se agrega al frente de la blockchain. Cada bloque se une al bloque anterior para que se haga una cadena: la cadena de bloques.

Unos diez minutos después que Diego iniciara la transacción, él y María reciben la primera confirmación de que el bitcoin había sido entregado a María.

Todas las transacciones en el bloque ahora se cumplen y María recibe un pago.

Fuente: Elaboración propia, inspirada en <http://cdn.americanbanker.com/media/ui/how-bit-works-big.jpg>

En resumen, la cadena de bloques logra la transferencia de valor en libros distribuidos a través de dos innovaciones principales: (a) valida las transacciones con tecnología criptográfica, principalmente a través de funciones hash y firmas digitales, y (b) protege contra el “doble gasto” a través del consenso, que se basa en un proceso de asignación al azar denominado “prueba de trabajo” en Bitcoin.

La cadena de bloques (blockchain) supone la convergencia de varias tecnologías. Es como una superposición de computadoras y redes que se construyen en la parte superior de Internet: una base de datos, una aplicación de software, un número de computadoras conectadas entre sí, clientes para acceder a ella, un entorno de software para desarrollarlo, herramientas para monitorearlo, y otras piezas más. Por tanto, la Blockchain no es “otra” nueva tecnología. Podría entenderse como un tipo de tecnología que desafía otras tecnologías de software existentes, incluso, con potencial de reemplazar o complementar las prácticas existentes. De hecho, para varios autores (Mougayar, 2016 o Narayanan et al., 2016), se trata de una tecnología que cambia otras tecnologías y cuyo éxito ha sido el resultado de una intrincada interacción entre varios factores clave de (1) ingeniería de software (algoritmos de consensos), (2) criptografía y (3) teoría de juegos. Por separado, estas técnicas ya existían, pero por primera vez, se han cruzado juntas armoniosamente y se han transformado dentro de las cadenas de bloques.

B1. Ingeniería informática

B1.1. Tecnología de contabilidad distribuida

Una cadena de bloques o Blockchain es una lista de transacciones, un libro mayor, mantenido por una comunidad de usuarios, en lugar de una autoridad central. Se trata principalmente de un libro mayor distribuido, público y con sello de tiempo que realiza un seguimiento de cada transacción que se haya procesado en su red, permitiendo que la computadora de un usuario verifique la validez de cada transacción de modo que nunca pueda haber un doble conteo. Este libro puede compartirse entre varias partes y puede ser privado, público o semiprivado. No obstante, como todo libro contable es tanto un libro distribuido de transacciones como una “máquina de estado”, esto es, que almacena información –estados- en un momento específico en el tiempo.

Una máquina de estado es una computadora o dispositivo que recuerda el estado de algo en un instante dado en el tiempo. En función de algunas entradas, ese

estado puede cambiar y proporciona un resultado resultante para estos cambios implementados. Poder hacer un seguimiento de las transiciones de estos estados resulta trascendental y eso es lo que hace bien la cadena de bloques, y de una forma que es inmutable, evitando así “doble gasto”, lo que se conoce en el mundo analógico como palimpsesto (el borrado y reescritura de registros). En efecto, las máquinas de estado han demostrado ser una buena opción para implementar sistemas distribuidos que tienen que ser tolerantes a fallas de confianza. Cada vez que se llega a un consenso, una transacción se registra en un “bloque” que es un espacio de almacenamiento, de ahí que la cadena de bloques se conciba como una plataforma de procesamiento de transacciones gigante, capaz validar una variedad de transacciones relacionadas con el valor en dinero digital o activos que han sido digitalizados.

Precisamente, ese proceso de encadenamiento de bloques proporciona la seguridad que ha hecho que los bitcoins estén protegidos. Así, en el caso del ejemplo de la Figura 7, si Diego tiene un Bitcoin y lo enviase tanto a María como a Cristina a través de Internet, ¿quién puede reclamar dicho Bitcoin como legítimo? En el mundo del efectivo físico esto no es un problema porque solo una persona obtiene el billete de curso legal. Sin embargo, en el mundo digital, ambas transacciones parecerían idénticas e igualmente válidas. La mejor manera de resolver esto es ordenar los hechos, es decir, se valida el primer Bitcoin que se registra en el sistema, suscitándose entonces la necesidad de disponer de un sistema de consenso que permita responder a ¿cómo puede toda la red tener cuidado y estar de acuerdo con el primer hecho?

Por tanto, la tecnología de contabilidad distribuida (TCD) como la cadena de bloques proporciona un mecanismo indiscutible para verificar que los datos de una transacción han existido en un momento determinado en el bloque. Por otra parte, dado que cada bloque en la cadena contiene información acerca de la secuencia anterior, entonces, la historia, la posición y la propiedad de cada bloque se autentican automáticamente y no pueden ser alterados.

B1.2. Algoritmos de consensos

El centro de gravedad del cambio de paradigma que conlleva la blockchain radica en la comprensión básica del concepto de “consenso descentralizado”, que supera el viejo paradigma del consenso centralizado, es decir, cuando se utiliza una base de datos central para regular la validez de las transacciones. Al contrario, un esquema descentralizado (como los protocolos de blockchain), transfiere

autoridad y confianza a una red virtual descentralizada y permite a sus nodos registrar continuamente y secuencialmente las transacciones en un “bloque” público, creando una “cadena” única, la cadena de bloques. Cada bloque sucesivo contiene un “hash” del código anterior (una huella digital única), que permite asegurar la autenticación del origen de la transacción, atestigua que nunca haya una grabación duplicada de la misma transacción, y elimina la necesidad de un intermediario central.

Cabría entender el consenso como la base del protocolo subyacente que rige la operación de una cadena de bloques, su núcleo, ya que representa el método o protocolo que confirma la transacción. Su importancia radica en la propia necesidad de confiar en estas transacciones. Como en el caso de un conductor que no precisa mirar debajo del capó de su vehículo para conducirlo, tampoco como usuario de negocios se necesita comprender escrupulosamente las formas exactas en que funcionan estos algoritmos, siempre que crea en su seguridad y confiabilidad.

De entre los muy diversos protocolos de consenso que existen en la actualidad, el utilizado por Bitcoin es conocido como la Prueba de Trabajo (POW), y puede considerarse como el “abuelo” de estos algoritmos. La POW se basa en el popular algoritmo “Practical Byzantine Fault Tolerant” que permite que las transacciones se comprometan de forma segura según un estado determinado.

Lamentablemente, uno de los inconvenientes del algoritmo de prueba de trabajo POW, se encuentra en su alto impacto ecológico, ya que requiere grandes cantidades de potencia de procesamiento de máquinas especializadas que generan energía excesiva. De ahí que un fuerte contendiente para POW será el algoritmo de Prueba de Posición (POS) que se basa en el concepto de minería virtual y votación basada en símbolo monetiforme o token, un proceso que no requiere la intensidad del procesamiento de la computadora como el prisionero de guerra y que intenta alcanzar la seguridad de una forma más sostenible a la par que rentable para los mineros.

B1.3. Descentralización punto a punto

Una cadena de bloques es un lugar donde se almacena cualquier información de forma semipública en un espacio contenedor lineal (el bloque). Cualquiera puede verificar que ha colocado esa información, porque el contenedor tiene su firma, pero sólo el poseedor de la firma secreta (o un programa) puede desbloquear

lo que hay dentro del contenedor, porque sólo él mantiene las claves privadas de esos datos, de forma segura.

Además, la capa base de blockchain se estructura como una red de igual a igual, ya que está diseñada como una red distribuida de nodos (ordenadores) en el que, cada uno de estos nodos almacena una copia de toda la cadena. Así, cuando una transacción se verifica y es aprobada por los nodos participantes, resulta altamente imposible cambiar o alterar los datos de la transacción, esto es, se imposibilita el “borrado y escrito encima”, lo que en el mundo analógico (tradicional) se conoce con la denominación de palimpsesto.

En esencia, una cadena de bloques podría considerarse como una nube de computación descentralizada, donde cualquier usuario puede contactarse y realizar transacciones con otro usuario al instante, sin importar dónde se encuentren en el planeta, independientemente del horario comercial. No se necesitan intermediarios para filtrar, bloquear o retrasar una transacción entre dos o más usuarios, o entre nodos que consumen una transacción. Cualquier nodo en la red puede ofrecer servicios basados en su conocimiento de las transacciones en cualquier otro lugar de esa red.

Además de crear una red P2P técnica, la cadena de bloques también crea un mercado de usuarios, en el que puedan realizar transacciones y transferir la propiedad de activos valorados entre ellos en forma transparente y sin la ayuda de mediadores de terceros, esto es, las redes de cadenas de bloques y las aplicaciones sobre ellas crean sus propias economías (distribuidas), con una variedad de tamaños y vitalidad. De ahí que las cadenas de bloques, traen consigo un modelo económico, y esa es otra característica clave que se ampliará más adelante en el apartado 2.3.

B1.4. Software de código abierto

Las cadenas de bloques más robustas son de fuente abierta, pública, propiciando que la innovación pueda suceder de forma colaborativa, además del software principal. Resulta aceptado con generalidad que cuanto más abierto sea el núcleo de una cadena de bloques, más resiliente, ágil y adaptable se volverá el ecosistema a su alrededor. Así, por ejemplo, el protocolo central de Bitcoin desde su desarrollo inicial por su creador Satoshi Nakamoto, ha sido mejorado con el tiempo por miles de desarrolladores independientes al innovar con productos, servicios y aplicaciones complementarios que aprovechan la robustez del protocolo Bitcoin.

B.2. Criptografía

La criptografía es probablemente el elemento más “visible” de una criptomoneda, en especial si la cadena de bloques correspondiente es pública, como en el Bitcoin. La criptografía, basada en la idea de comunicación en presencia de enemigos, denota el *leiv-motiv* de la cadena de bloques: visibilidad pública, pero inspección privada. Un ejemplo ilustrativo podría encontrarse en la dirección de una casa: Uno puede divulgar la dirección de su casa públicamente, pero eso no da ninguna información sobre cómo es su casa en el interior. Se necesitará su clave privada para ingresar a su casa privada, y como ya figura como reclamada esa dirección como suya, nadie más puede reclamar una dirección similar a la suya. Por tanto, las transacciones son públicas porque se distribuyen públicamente, pero son anónimas, puesto que sólo figuran las direcciones de origen y destino de los Bitcoins que se pueden generar para cada transacción.

Aunque los conceptos de criptografía han existido por un tiempo, los ingenieros de software se deleitan al combinarlos con la innovación de la teoría de juegos, para producir los constructos generales de cadenas de bloques, donde la aparente incertidumbre se mitiga con una abrumadora certeza matemática.

La ciencia de la criptografía se utiliza en múltiples circunstancias y lugares para proporcionar seguridad a una red blockchain, a través de tres conceptos básicos: hash, claves y firmas digitales.

a) Un “hash” es una cadena de caracteres de longitud fija que debe comenzar con un número específico de ceros, se trata de una huella digital única que ayuda a verificar que cierta información no haya sido alterada, sin la necesidad de verla realmente.

b) Las claves se utilizan al menos en una combinación de dos: una pública y otra privada.

c) Una firma digital es un cálculo matemático que se utiliza para probar la autenticidad de un mensaje o documento (digital).

Como se indicó, en el proceso operativo propio del Bitcoin, cada bloque recién agregado se codifica con un “hash”, esto es, un código producido aritméticamente que se genera a partir de los datos contenidos en el bloque: el hash es un método bien conocido que se utiliza, por ejemplo, para proteger contraseñas (confianza matemática).

Matemáticamente se basa en aritmética elemental: en la dificultad de factorizar un número grande. De esta forma, se utiliza como clave pública un número que es el producto de dos números (primos) enormes, y cualquiera de ellos es la clave privada. A partir de la clave pública no es factible encontrar la clave privada por la dificultad del problema de factorización. Así, en el ejemplo de la Figura 7, no es necesario que Diego dé su clave privada para demostrar que es el propietario de un Bitcoin cuyo código se conoce públicamente, lo cual le permite firmar documentos, encriptarlos (usando la clave pública de María y su clave privada) para que sólo María, la receptora del pago, los pueda leer (los podrá desencriptar usando su clave privada y la clave pública de Diego).

Por otro lado, el proceso de escribir bloques nuevos, conocido con la denominación de “minería”, consume mucha energía, por varias razones. Una es que cada bloque de transacciones debe estar codificado en un proceso iterativo llamado hashing criptográfico, que es computacionalmente intensivo. Otra es que el proceso de “minar” Bitcoins funciona como una lotería. Los mineros están compitiendo para producir cadenas hashes-alfanuméricas de una longitud fija que se calculan a partir de datos de una longitud arbitraria, esto es, están produciendo los hashes a partir de una combinación de tres datos: nuevos bloques de transacciones de Bitcoins, el último bloque en cadena de bloques y un número al azar. Estos se conocen colectivamente como el “encabezado del bloque” para el bloque actual. Cada vez que los mineros realizan la función de hash en el encabezado del bloque con un nuevo número aleatorio, obtienen un nuevo resultado. Para ganar la lotería, un minero debe encontrar un hash que comience con un cierto número de ceros. El número de ceros necesarios es un parámetro de cambio determinado por la cantidad de potencia de cálculo conectada a la red de Bitcoin. Cada dos semanas, en promedio, el software de minería reajusta automáticamente el número de ceros iniciales necesarios, el nivel de dificultad, al observar qué tan rápido se agregaron nuevos bloques de transacciones de Bitcoins. El algoritmo apunta a una latencia de 10 minutos entre bloques. Cuando los mineros aumentan la potencia de cálculo en la red, aumentan temporalmente la velocidad de creación de bloques. La red detecta el cambio y luego aumenta el nivel de dificultad. Cuando la computadora de un minero encuentra un hash ganador, transmite el encabezado del bloque a sus siguientes pares en la red de Bitcoin, que lo comprueban y luego lo propagan más. Entonces suceden dos cosas. Se agregan nuevas transacciones al libro mayor de cadenas de bloques de Bitcoin, y el minero ganador es recompensado con bitcoins recién acuñados. Por tanto, en última instancia, es un intercambio de electricidad

para las monedas, mediado por una gran cantidad de potencia informática. La probabilidad de que un minero individual gane la lotería depende completamente de la velocidad a la que ese minero pueda generar nuevos hashes en relación con la velocidad de todos los otros mineros juntos. Con lo cual, la lotería se parece más a una rifa, donde mientras más boletos compre en comparación con los demás, es más probable que saquen su nombre de la cuenta.

En todo caso, conviene tener en cuenta que generar un solo hash es relativamente fácil, pero los requisitos computacionales para crear una cadena de bloques (blockchain) aumentan a medida que crece su uso y aumenta el número de transacciones que se manejan. La tarea es llevada a cabo por “mineros”, que son individuos o colectivos que dedican su poder de cómputo a generar hashes y de ese modo facilitan la construcción de la cadena de bloques. A cambio de esto, los mineros son recompensados: por ejemplo, los mineros de Bitcoin obtienen bitcoins (BTCs) por cada hash exitoso que generan ⁵.

Por tanto, la función principal de los mineros es asegurar la irreversibilidad de las nuevas transacciones, haciéndolas definitivas e inviolables. Y, al recompensar a los mineros, se introduce competencia en la actividad, si bien algunos colectivos operan con vastas redes de computadoras dedicadas a la tarea descrita. Además, al operar un sistema “abierto” mediante el cual los hashes son generados y confirmados por mineros independientes, el blockchain está imbuido con un alto grado de confiabilidad.

En definitiva, los “mineros” de bitcoins son alquimistas electromagnéticos, convirtiendo eficientemente megavatios-hora de electricidad en la moneda de más rápido crecimiento del mundo. Su intensa actividad computacional protege criptográficamente la moneda virtual, aprueba las transacciones y, en el proceso, crea nuevos bitcoins para los mineros, como forma de pago.

El poder de la minería es alto y cada vez más alto, gracias a una carrera armamentista computacional (véase la referencia a la Reina Roja del apartado 1.2.1). Sólo hay que recordar que el número requerido de ceros al comienzo de un hash se ajusta dos veces por semana para acomodar la dificultad de crear un bloque, y más ceros significa más dificultad. El algoritmo de Bitcoin agrega estos

(5) Además de este rol de “producción” para compensar a los mineros que validan con éxito las transacciones, también las criptomonedas pueden tener un rol de “consumo” al pagar una pequeña tarifa por ejecutar un contrato inteligente (por ejemplo, en ETH de Ethereum). Estos incentivos, económicos y costes, se ponen en marcha para evitar los posibles abusos de la cadena de bloques.

ceros para mantener constante la velocidad a la que los bloques se agregan, en un nuevo bloque cada 10 minutos. La idea es compensar el hardware de minería cada vez más poderoso. Cuando el hash es más difícil, se requieren más cálculos para crear un bloque y, por lo tanto, un mayor esfuerzo para ganar nuevos bitcoins, que luego se agregan a la circulación. Como señala Vranken (2017), al comprobar que las ganancias de eficiencia de chip se están desacelerando: “Si intentas trabajar más duro, el algoritmo lo hace más difícil. Es un juego muy circular”.

Por último, cabe señalar que la criptomoneda es generalmente un proxy económico para las operaciones viables y la seguridad de una cadena de bloques. A veces se representa con un símbolo monetiforme o token, que es otra forma de representación relacionada de una criptomoneda subyacente y fuera de las operaciones propias de la cadena de bloques (recompensa a los mineros por validar bloques), la criptomoneda puede ser como cualquier otra moneda, pues se puede comercializar en bolsas y se puede usar para comprar o vender bienes y servicios.

B.3. Teoría de juegos

La teoría de juegos es “el estudio de modelos matemáticos de conflicto y cooperación entre tomadores de decisiones inteligentes e inteligentes”. Y esto guarda relación con la cadena de bloques porque la cadena de bloques del Bitcoin, originalmente concebida por Satoshi Nakamoto, se formuló como la resolución un enigma conocido de la teoría de juegos denominado “Problema de los Generales Bizantinos”. La solución de ese problema consiste en mitigar cualquier intento de un pequeño número de generales poco éticos que de otro modo se convertirían en traidores, incurriendo en mentiras sobre la coordinación de su ataque para garantizar la victoria. Esto se logra haciendo cumplir un proceso para verificar el trabajo que se puso a la elaboración de estos mensajes, y limitando el tiempo de los requisitos para ver los mensajes no protegidos a fin de garantizar su validez. Implementar una “Tolerancia de falla bizantina” es importante porque comienza con la suposición de que no se necesita confiar en nadie y, sin embargo, ofrece la seguridad de que la transacción ha viajado y llegó de manera segura basándose en la confianza de la red durante su viaje y sobreviviendo a posibles ataques.

Hay implicaciones fundamentales para este nuevo método de alcanzar la seguridad en la finalidad de una transacción, porque permite cuestionar la existencia y los roles de los intermediarios confiables actuales, que tenían la autoridad tradicional para validar las transacciones. A más a más, podría suscitar la necesaria

reflexión acerca de ¿por qué necesitamos una autoridad central para garantizar la confianza, si podemos lograr la misma confiabilidad cuando la transacción viaja de un par a otro, a través de una red donde la confianza está incrustada?

C. La axiología del Bitcoin y la Blockchain

Esta tercera área, la axiológica, hace referencia a cómo la tecnología blockchain es valorada, adoptada y considerada por los individuos y la sociedad.

La cadena de bloques o Blockchain promete una disrupción igualmente sorprendente para los negocios y la sociedad (Naughton, 2016). Sin embargo, convendría no confundir la narrativa “radical”, “innovadora” o sinónimos similares con “revolucionaria” durante las primeras etapas de la implementación y adopción de la tecnología. Así, por ejemplo, la aparición del Bitcoin ha sido bien documentada (Chuen, 2016; Dyson, 2014; Edwards, 2015; Feld, Schonfeld, y Werner, 2014; Higgins, 2015; Khan, 2015; Simonite, 2015). El impacto potencial de Blockchain, sin embargo, tanto positivo como negativo, no puede ser ignorado, y se ha convertido en el tema de numerosos artículos en revistas técnicas y profesionales (por ejemplo, Baxendale, 2016; Rutkin, 2016).

A este respecto, desde la publicación del libro blanco de Satoshi Nakamoto (2008), la comunidad de Bitcoin se ha convertido en un próspero enclave virtual, formado especialmente por un movimiento contracultural de modeladores de criptomonedas, programadores, arquitectos de sistemas, mineros, comerciantes e inversores (Ali et al., 2014; Angel y McCabe, 2015; Doguet, 2013; Fanning y Centers, 2016; Godsiff, 2015; Heires, 2016; Maurer et al., 2013; Parthemer y Klein, 2014; Plansky, O’Donnell y Richards, 2016; Tsukerman, 2015; Turpin, 2014; Walport, 2016; Welch, 2015). Como no está claro quién o qué es en realidad Nakamoto, no son pocos los que plantean que se trata de un grupo de ingenieros y diseñadores sin rostro quienes planearon una “revolución silenciosa”, reseteando todo el sistema financiero desde cero al crear nuevas formas de dinero virtual y nuevos patrones de transacciones. De hecho, la narrativa al uso sitúa a Bitcoin en el centro de un nexo rebelde, formado por financieros desilusionados, inversionistas inconformistas y neo-libertarios, unidos por las pérdidas sufridas durante la crisis financiera de 2007-2008 (Ali et al., 2014; Angel y McCabe, 2015; Doguet, 2013; Godsiff, 2015; Maurer et al., 2013; Parthemer y Klein, 2014; Tsukerman, 2015; Turpin, 2014; Welch, 2015).

Otra proporción significativa de la literatura blockchain se centra en su aplicación dentro de la administración de criptomonedas, particularmente Bitcoin (Barkatullah y Hanke, 2015; Bradbury, 2013 y 2015; Chuen, 2016; DeWaal y Dempsey, 2015; Di Battista et al, 2015; Edwards, 2015; Feld et al., 2014; Greebel et al, 2014; Khan, 2015; Roth, 2015; Tsukerman, 2015). También se encuentra una cierta literatura en el campo de la gestión empresarial, en cuyo enfoque destacan varias preocupaciones importantes en torno a las criptomonedas, incluida su volatilidad (Chuen, 2016; Feld et al., 2014), la aparición de nueva legislación (DeWaal y Dempsey, 2015; Greebel et al. al., 2014), los beneficios y las vulnerabilidades del sistema (Bradbury, 2013; Feld et al., 2014; Khan, 2015; Moser et al., 2013; Tsukerman, 2015).

Por otro lado, los nichos de oportunidad que abren Bitcoin y Blockchain, incendian la imaginación de los programadores, criptógrafos y comerciantes de Bitcoin más expertos y emprendedores que tratan de identificar nuevos roles para sí mismos en el mundo feliz del emprendimiento FinTech basadas en TCD (Ali et al., 2014; Doguet, 2013; Fanning y Centers, 2016; McWaters et al., 2016; Surowiecki, 2011; Taft, 2016; Tsukerman, 2015; Turpin, 2014; Walport, 2016; Welch, 2015).

A más a más, existe un cuerpo más pequeño de literatura que se centra exclusivamente en las tecnologías blockchain desde el campo de la informática, donde se discuten aplicaciones actuales y futuras de tecnologías y técnicas de blockchain (Maxwell et al., 2015; Swan, 2015; Coeckelbergh y Reijers, 2015), cuestiones de seguridad (Luu et al., 2015), control de calidad y herramientas analíticas (Di Battista et al., 2015; van den Hoof et al., 2014), junto con los límites de las tecnologías actuales (Decker y Wattenhofer, 2015). Además de respaldar las transacciones de criptomonedas, también se ha propuesto la Blockchain como una técnica que puede facilitar otros negocios novedosos y relaciones sociales. Así, por ejemplo, se puede utilizar como un sistema de depósito en garantía para arte (Khan, 2015), para registrar ventas de propiedades, incluidos terrenos o automóviles, para votar, junto con la transferencia de acciones, bonos, contratos de acciones, títulos, hipotecas y como una forma de llave (Tsukerman, 2015). Incluso, se ha sugerido que podría utilizarse para codificar y registrar mensajes e información personal (Bradbury, 2015).

Por otro lado, el sistema de pago electrónico, en el corazón de este ecosistema de folclore munífico, sí que posee una sólida reputación de velocidad y confiabilidad, lo que ha suscitado el interés de las instituciones financieras a

gran escala que buscan emularlo (Bateman, 2015; McWaters et al., 2016; Walport, 2016; Zuberi y Levin, 2016).

En definitiva, de la revisión del estado del arte sobre Bitcoin y Blockchain, es difícil obviar el potencial de las tecnologías de contabilidad distribuida, como la cadena de bloques o blockchain, que se avizora emocionante y promete hacer cambios radicales en la forma en que se conducen las empresas e incluso la sociedad (Coeckelbergh y Reijers, 2015). No obstante, las preocupaciones de seguridad, las limitaciones técnicas, el crecimiento y la sostenibilidad, así como el impacto ambiental, son factores restrictivos o preventivos. De hecho, en la actualidad, la literatura de Blockchain exhibe una perspectiva dual o binaria: La literatura académica está dominada por análisis conceptuales de sus métodos y requisitos computacionales, mientras que la bibliografía del profesional se nutre de informes de los problemas asociados con las aplicaciones actuales y predicciones tipo de “bola de cristal” acerca de las posibilidades radicales que ofrece.

2.2. ¿Qué es el dinero?

*“Flotamos en un barco sin timón e ignoramos dónde está el puerto;
es preciso, pues, continuar navegando”*
Isaiah Berlin

Este apartado, necesariamente breve, se centra en la naturaleza y evolución del dinero, esa sustancia mercurial que permanece extrañamente elusiva e incomprendida y cuya evolución puede desempeñar un papel decisivo en la prosperidad de nuestra especie, lo que conlleva la necesidad de trascender su papel de reducir todo a número, convirtiéndose, como el lenguaje, en un medio de comunicación más abierto y más afirmativo.

La pregunta “¿qué es el dinero?” difícilmente tiene una respuesta cerrada o fija, porque el dinero no es estable. Algunas personas argumentarán que el único dinero real es el oro. Otros, que todo el dinero es una ilusión colectiva sin realidad propia. Algunos creen que la producción de dinero es prerrogativa del gobierno, aunque no son pocos los que consideran una necesidad que el gobierno se aparte de las monedas privadas. El dinero es la raíz de todo mal. Aunque quizás tenga más razón George Bernard Shaw cuando sugiere: “la falta de dinero es la raíz de todo mal”, en línea con el aforismo de Ralph Waldo Emerson acerca de que “el dinero a menudo cuesta mucho”.

Por tanto, no es fácil la respuesta, quía. Pero sí lo es encontrar un acuerdo generalizable acerca de que el dinero tiene un atractivo magnético, casi mágico. Como el agua para los peces, es un ingrediente omnipresente de la vida moderna, esencial tanto en las transacciones cotidianas como en las operaciones más misteriosas de las altas finanzas y las políticas públicas. Sin embargo, la naturaleza del dinero en muy raras ocasiones es tema del discurso público; tal discusión se restringe a una sección estrecha de la academia.

El dinero es una de las primeras invenciones de la humanidad (no es una coincidencia que “acuñar” signifique “inventar”, ni que ésta sea la principal actividad de los “mineros” del Bitcoin). Su historia parece ser tan antigua como la de la escritura y las dos están estrechamente conectadas. De hecho, entre los artefactos escritos más antiguos que existen se encuentran las tabletas de arcilla de 5,000 años de Mesopotamia que se usaron para registrar depósitos de grano.

Tanto el dinero como el lenguaje son una forma de usar símbolos para describir el mundo. Ambos se utilizan como medio de comunicación y, por tanto, son fundamentalmente sociales y centrales en la relación entre los individuos y el Estado (un caso particular son los quipus, los libros de contabilidad incaicos, con su peculiar lenguaje de nudos que presentan una gran similitud con las cadenas de bloques del Bitcoin). El lenguaje y el dinero tienen propiedades económicas muy similares, cuya resiliencia y propagación no reside en un valor físico intrínseco, ni en una promesa, ni en el valor que cada individuo deriva de ellas. Reside en una “externalidad de red” (Liebowitz y Margolis, 1998): ambos se basan, junto al reconocimiento de interés mutuo entre las partes, en convenciones sociales.

David Hume es el primer gran pensador que identifica el lenguaje y el dinero como instituciones “espontáneas” de organización social. Hume (2001: 354) no cita “externalidades de red”, él menciona “convención” y un reconocimiento de interés mutuo. Su descripción de como el valor, tanto del dinero como del lenguaje, no reside en una promesa (un error que impregna gran parte del análisis contemporáneo) sigue siendo profundamente perspicaz: “Yo observo que convendrá para mi interés dejar a otro en la posesión de sus bienes, suponiendo que él se conduzca de la misma manera con respecto a mí. Éste es sensible de un interés igual en la regulación de su conducta. Cuando este sentido común del interés se expresa mutuamente y es conocido por ambas partes produce una resolución y conducta consecuente. Esto puede llamarse de un modo bastante exacto convención o acuerdo entre nosotros, aunque sin la interposición de una promesa, puesto que las acciones de cada uno de nosotros poseen una relación

con la de los otros y son realizadas bajo el supuesto de que algo se realiza de su parte. Dos hombres que mueven los remos de un bote lo hacen por un acuerdo o convención, aunque ellos no se han prestado jamás una promesa mutua. La regla que concierne a la estabilidad de nuestras posiciones no se deriva menos de las convenciones humanas, que surgen gradualmente y adquieren fuerza en una lenta progresión por nuestra experiencia repetida de los inconvenientes de no cumplirla. Por el contrario, esta experiencia nos asegura más que el sentido del interés se ha hecho común entre nuestros conciudadanos y nos proporciona la confianza de la regularidad futura de su conducta; solamente en la espera de ésta se fundan nuestra moderación y abstinencia. Del mismo modo todas las lenguas se establecen gradualmente, aunque sin promesa. De igual modo el oro y la plata llegan a ser los tipos comunes de cambio y son estimados como un pago suficiente para lo que vale cien veces más”.

Por su parte, Shell (2014) muestra como el desarrollo del dinero cada vez más simbólico involucró cambios sustanciales en las formas de metaforización y en el intercambio de significación en el discurso. Así, por ejemplo, según Martín (2013: 29): “La gran tentación siempre ha sido pensar que las monedas, tangibles y duraderas, son dinero, sobre el cual se construye el aparato mágico e incorpóreo del crédito y la deuda. La realidad es exactamente lo contrario”. Para Graeber (2011: 52):” Lo que llamamos ‘dinero’ no es una ‘cosa’ en absoluto”, mientras que Lietaer (2001: 39) insta: “Ahora debemos disipar una ilusión clave en la magia del dinero: el dinero no es una cosa”.

Por encima que como una cosa, el dinero se describe mejor como una cosa transferible, como la carga eléctrica. Sin embargo, es informativo, como señaló McLuhan (2003:179-195), se puede pensar en el dinero, o más exactamente el sistema monetario, como una especie de medio social, un medio de comunicación.

Aunque tales comentarios captan las propiedades no físicas y etéreas del dinero, esta división entre el sistema mental y el objeto físico, entre las ideas y las cosas, puede ser un obstáculo para la comprensión.

Para agrandar más si cabe el debate, cabe señalar el trabajo de Orrell y Chlupaty (2017), para quienes cuando surgió el dinero de las monedas, no fue un proceso natural y espontáneo, como se cuenta en la economía dominante, sino que fue el resultado de la política gubernamental. Los imperios griegos y romanos fueron ambos construidos en un complejo militar-financiero que obtenía oro (sólo hay que visitar las minas romanas de Las Médulas de El Bierzo en León) y esclavos de las tierras conquistadas, soldados pagados usando las monedas acuñadas.

Por tanto, el dinero era una herramienta para transferir recursos de la población general al estado bien armado. Pero, una vez establecido, el dinero creó su propia dinámica, ya que el uso del dinero creó a su vez una necesidad de dinero. Su papel se hizo cumplir no sólo a través de la conquista militar, sino también por las leyes, pues, si bien la idea de valor es inherentemente borrosa y difícil de cuantificar, los sistemas legales como el de los romanos requerían claridad, límites rectos y cálculos exactos, de ahí la necesidad de que todo tenía que ser convertible en dinero (nomisma).

En definitiva, el dinero de monedas no reemplazó al trueque, sino que fue impuesto por el gobierno a la población, al igual que el sello de una moneda fue forzado a metal.

Una línea argumental similar se encuentra en el trabajo de Birch (2017) cuando juega con el conocido “Principio de la Paz de Augsburgo (1555)” recogido en la frase “*cuius regio, eius religio*”, transformándolo en “*cuius regio, eius pecunia*”, resumiéndolo en el Cuadro 2, evidenciador de la relación entre quiénes son los creadores del dinero y cuál es el tipo de dinero subsiguiente.

Cuadro 2. Quién emite, y qué tipo, dinero

¿Quién podría emitir dinero?	¿Qué tipo de dinero?
<i>Banco Central</i>	Dinero fiduciario: no se incluye la inflación en la definición de riesgo aquí, naturalmente
Bancos comerciales Crédito monetario bajo regulación política	Dinero bancario. Lo que tenemos ahora, esencialmente: dinero creado por bancos bajo la supervisión del banco central
Empresas Futuras de dinero bajo regulación comercial	Dinero privado. Moneda a ser canjeada por futuros productos y servicios
Criptografía. Puede haber razones políticas, económicas, comerciales, sociales o técnicas para ceder el control del dinero a las matemáticas	Dosh ex machina. No existe emisor ni regulación externa del problema
Comunidades. Dinero de reputación bajo regulación comercial (Fiat descentralizado o futuros, pero sin crédito)	Dinero local: teniendo en cuenta que “local” significa algo diferente en los casos virtuales y mundanos

Fuente: Birch (2017: 341)

Por otro lado, y de nuevo Orrell y Chlupaty (2017), en un intento de explicar la confusión entre las escuelas de pensamiento económico, señalan que los economistas construyeron un modelo de la economía en el cual las personas o las empresas actuaban como átomos inertes, privados de cualquier vida o individualidad o relaciones de poder o conexión entre sí. Si bien estas suposiciones pueden haber parecido razonables en algún momento, como simplificaciones matemáticas, han encontrado menos uso en las ciencias de la vida como la biología y la ecología, donde se recogen evidencias de como los sistemas vivos muestran el llamado comportamiento emergente, lo que significa que el macro-comportamiento no puede predecirse a partir del conocimiento de los individuos. Por ejemplo, una colonia de hormigas no es simplemente una versión más grande de una sola hormiga, porque las hormigas no se comportan como individuos atomistas, sino que están incrustadas en una organización social compleja, están en constante comunicación entre sí, desarrollan roles especializados, experimentan dinámicas de grupo, etc. Tal argumentación, en una escala mayor, pudiera ser válida para la economía humana (comunidades, naciones, etc.), esto es, no parece muy robusto describir su comportamiento en términos de funciones de utilidad estática, ya que sus preferencias cambiarán con el tiempo y el contexto. De hecho, al tratar el dinero como un proceso, no como una cosa inerte o estática, Georg Simmel, el sociólogo austríaco, describió al dinero como el fenómeno social más abstracto y el más humano (1999).

Además, tampoco los sistemas vivos son homogéneos ni evolucionan igual ni a la misma velocidad (recuérdese la carrera de la Reina Roja mencionada en el apartado 1.2.1 anterior). Desde Darwin es conocido que la diversidad, junto con la competencia, es uno de los motores de la evolución. Si todo fuera igual, la “supervivencia del más apto” daría como resultado un empate y nada cambiaría. La misma dinámica explica por qué los mercados están a menudo dominados por un pequeño número de empresas exitosas, en lugar de un gran número de empresas esencialmente indistinguibles como asumió la economía neoclásica.

El resultado de este proceso evolutivo no es el equilibrio, sino un estado de cambio dinámico y adaptación continua. Y aunque la competencia juega un papel importante, también la cooperación. La diversidad significa que las personas y las empresas a menudo pueden hacer más cuando funcionan como parte de un equipo de lo que pueden individualmente. Como resultado, aparecen “nichos ecológicos”.

En esta visión del mundo, el dinero es una verdad intersubjetiva. No es un marcador de posición inerte o un trozo pasivo de metal, sino un medio vital y activo que circula a través de la economía, cambiándola a medida que avanza. De ahí que los precios difícilmente puedan reflejar con precisión meridiana el valor, porque el valor es una calidad borrosa que cambia con el tiempo y el contexto y no puede reducirse al número. Por tanto, no se reduce a las medidas de fuerza de trabajo (Smith) o utilidad (Jevons). No es objetiva (economía clásica) ni subjetiva (economía neoclásica), sino una mezcla de ambas. Es en gran medida un producto de la cultura, lo que significa que puede permutar, en ocasiones de forma acelerada y abrupta.

Por ejemplo, en el momento en que decidimos colectivamente que un bosque es valioso por su papel en el mantenimiento de la biosfera, desde ese instante es apreciable, aunque ello no conlleve que su precio subirá por la cantidad justa en algún mercado imaginario, pues, si bien hay retroalimentación entre los precios y el valor (si algo es caro, entonces tendemos a valorarlo por esa razón, y viceversa), difícilmente se puede equiparar a los dos, como tampoco los dos lados de una moneda se pueden fusionar. En otras palabras, no valoramos tanto el oro por su belleza, sino porque nos dicen que es valioso. Como bromeó Hirsch (2013): “podrías usar gallinas como dinero siempre y cuando la gente esté lista para aceptarlas como un medio de intercambio”..

A la luz del principio de indeterminación, que cabe resumir en la célebre frase “la realidad objetiva se ha evaporado, lo que nosotros observamos no es la naturaleza en sí, sino la naturaleza expuesta a nuestro método de investigación” (Heisenberg, 1958), el proceso por el cual las fuerzas del mercado (oferta y demanda) determinan un precio es similar al delicado proceso de medir un sistema cuántico, donde la medida cambia el sistema, es susceptible a la distorsión y proporciona sólo una descripción aproximada del estado. Y la dinámica del mercado no se asemeja a la dinámica suave y lineal, incluso estable o gaussiana, de una “mano guía”, donde todo está bien, sino más bien a la dinámica no lineal de un sistema turbulento, con estados de aparente calma interrumpida por momentos de caos. Es susceptible a la disrupción, y permite vislumbrar sólo una descripción aproximada del estado de situación.

Toda esta complejidad y ambigüedad, típica por cierto de los entornos actuales (VUCA), plantea un problema a los modelos convencionales, donde no resulta factible hacer las suposiciones simplificadoras del enfoque mecanicista newtoniano. En otras palabras, esta consideración más “realista”, que se atiene a

que la naturaleza del dinero media entre el número exacto y el valor borroso, el cuantitativo y el cualitativo, suscita el interés por que los economistas dispongan a su vez de herramientas que medien entre la matemática y la economía viva, como las propuestas seminales del Dr. Gil Aluja, junto con el Dr. Kaufmann, para el tratamiento de la incertidumbre, que han proporcionado nuevas formas de entender y visualizar los flujos de dinero que atraviesan la economía.

En consecuencia, parece que, como le sucede a Alicia por “deprisísima” que corramos, seguimos en la misma casilla de salida. No hay una respuesta definitiva al cuestionamiento inicial. Eso sí, ha quedado patente que el debate sigue abierto y que, por tanto, interesa identificar el dinero como una vía oportuna, socialmente importante e intelectualmente suculenta para la investigación teórica y empírica, en línea con la exhortación que en el párrafo final de *El capital en el siglo XXI* hace Piketty (2014: 577): “todos los científicos sociales, todos los periodistas y comentaristas, todos los activistas en los sindicatos y en la política de cualquier tipo, y especialmente todos los ciudadanos, deberían interesarse seriamente en el dinero, su medición, los hechos que lo rodean y su historia”.

2.3. ¿Las criptomonedas son dinero?

“No hay deuda sin memoria”.

Margaret Atwood (*Payback*, 2008)

La pregunta está ahí: ¿no resulta una incongruencia hablar del impacto causado por la digitalización y que el sistema de información más importante, el dinero, no se viera afectado?

No es difícil observar lo útil que ha sido digitalizar todo tipo de información en las dos últimas décadas. La información digital puede transmitirse de un lugar a otro con velocidad “instantánea”, almacenarse indefinidamente, duplicarse sin fin, y analizarse, procesarse y transformarse automáticamente, todo sin pérdida de fidelidad. Con ello se facilitó la creación de formas completamente nuevas de producir y consumir información que nunca antes existió, y nuevas industrias construidas sobre ellas (léase, por ejemplo, Twitter, YouTube, Uber).

Sin embargo, el dinero no ha sido digitalizado (al menos hasta 2009), quedando fuera de todas las innovaciones dramáticas que ocurrieron en otros lugares de la economía. En principio, una razón pudiera encontrarse en que la información digital puede duplicarse sin fin, lo cual está en desacuerdo con la característica

clave del dinero: que una vez se intercambia, ya no se tiene. Nadie duda de que, sin esa característica, el dinero sería inútil.

Si alguien tiene algo valioso para vender, y yo quiero pagarle con algunos datos digitales que llamo “dinero”, ¿qué me impide que conserve una copia de esa información y luego la vuelva a gastar con otra persona?

Precisamente, la “tecnología de contabilidad distribuida” (TCD) es el qué, la respuesta.

Como se mencionó anteriormente, la tecnología detrás de la moneda digital Bitcoin, la TCD, es una colección de procedimientos matemáticos, de mantenimiento de registros y de comunicación que posibilita el intercambio de activos digitales de forma segura.

La duda surge entonces en cómo es posible encontrar la “forma” de evitar la copia de datos digitales. Incluso los llamados datos protegidos contra copia, como una película en un DVD, no funcionan según el principio de evitar realmente la copia. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, la TCD, una simple “máquina de estados”, en el argot informático, logra evitar el “doble gasto” y en el apartado 2.1 también ya se formuló una breve explicación de cómo lo hace en términos de números primos, funciones unidireccionales, encriptación asimétrica y otros arcanos.

Pero aquellos son simplemente los detalles de implementación. En este epígrafe lo que importa resaltar, la idea principal, es sencilla: El pago no consiste simplemente en datos digitales como pago. Se le da al resto del mundo una declaración firmada diciendo que se pagó.

Ésta es una visión fundamental y sorprendente de la naturaleza del dinero: la señal de cambio no importa tanto como que todos estén de acuerdo en que se realizó un intercambio. Cuando todos estén de acuerdo con eso, ya no se puede gastar doblemente esa “ficha”, incluso si he hecho una copia de ella, porque quienquiera que trate de gastarla sabrá que esa ficha ya no se puede utilizar por la primera persona que realizó ya la transacción para gastar o pagar de nuevo. Y sabrán que sólo la otra persona, la que recibió dicha transacción, es la que puede gastar... y que van a saber que ellos lo saben.

Un ejemplo sencillo de lo anterior se puede observar en el caso de los depósitos de dinero en el banco. Cuando una persona entra en un banco y le da algo de efectivo al cajero. ¿El cajero coloca el dinero en una caja con su nombre? No. Parte de ese dinero entra en una bóveda, mezclado con el dinero de todos. Parte

del dinero se pone en práctica en forma de préstamos. ¿En qué sentido su dinero todavía está en el banco? En el sentido de que el banco mantiene un registro de lo que le debe a esa persona si alguna vez viene a solicitarlo. No obstante, para mantener la honestidad del banco, también conviene mantener sus propios registros: recibos de depósito, registro de talonario de cheques, etc., pues, ocasionalmente, sus registros y los del banco pueden estar en desacuerdo.

En tales circunstancias, se puede decir qué se dispone de una negociación segura de activos digitales. A fuer de ser estrictos, la respuesta no puede ser afirmativa. El problema es que hay varios sistemas de mantenimiento de registros que deben reconciliarse entre sí.

Sirva otro ejemplo a modo ilustrativo: Cuando alguien desliza su tarjeta de débito para pagar la comanda del almuerzo en un restaurante recién inaugurado, inicia una serie de pasos en los que dicha persona, su banco, el restaurante, el banco del restaurante y la red de procesamiento de tarjetas deben actualizar sus registros. Para mayor eficiencia, esas actualizaciones generalmente se combinan con otras, y suceden en diferentes momentos para diferentes participantes en esta transacción. Las actualizaciones se transmiten entre los participantes, y esas transmisiones producen reconocimientos que también se transmiten. Cada parte debe incorporar los detalles de los demás en sus propios registros, y si todo no está de acuerdo, puede ser necesario algún tipo de paso de resolución de disputas, salvo que el error acumulado sea lo suficientemente pequeño como para que no valga la pena y alguien simplemente corra con la pérdida. Todas estas transacciones y sus liquidaciones son comparativamente lentas y costosas y acontecen mucho después de que usted salga del restaurante. El restaurante tiene algún “riesgo de contraparte”: le ha permitido tener un almuerzo sin estar seguro de que obtendrá su dinero. Pero ese riesgo es pequeño en comparación con el valor de dejar que los clientes paguen de esta manera, razón por la cual el restaurante, simplemente, lo acepta. Por tanto, nadie involucrado, ni el alguien citado, ni los bancos, ni el restaurante, ni la red de tarjetas, pueden estar completamente seguros en cualquier momento dado de que el dinero existe y si siguen estos procedimientos (hacen su propia contabilidad), generalmente todo termina en el lugar correcto.

Llegados a este punto, y aún a riesgo de cometer una pequeña digresión, convendría realizar una mínima puntualización acerca de qué se puede entender por ese dinero: es el registro de quién ha pagado qué a quién. En este ejemplo (y en la economía en general), ese registro es una aglomeración caleidoscópica de muchos registros diferentes y superpuestos.

El ejemplo anterior debería servir para facilitar la comprensión sobre qué es la tecnología de libro mayor distribuido (TCD), como la cadena de bloques o blockchain: se trata de un libro mayor de contabilidad que es inmutable, distribuido y criptográficamente seguro.

1. Libro Mayor significa que es un registro histórico de intercambios;
2. Inmutable significa que una vez que se agrega una operación al libro mayor, es permanente e inmutable (imposible el palimpsesto).
3. Distribuido significa que todos obtienen una copia (y siguen recibiendo actualizaciones a medida que ocurren); y
4. Criptográficamente seguro significa que todos pueden confiar en lo que contienen.

Si las partes en el ejemplo del restaurante estuvieran todas en la cadena de bloques, ¿cuáles serían los pasos por los que se pagaría la estación de servicio? Tan sólo uno: Alguien agrega una transacción al blockchain que indica que algunos fondos que dicho alguien controla (porque en una transacción anterior, otro alguien más los transfirió al alguien citado) ahora pertenecen al restaurante. ¡No hay más! Cuando se acepta la idea de que el registro de operaciones es el dinero, no es necesario un paso separado de compensación o liquidación. El intercambio es su propio acuerdo. Tan pronto como el tal alguien agregue esa transacción a la cadena de bloques perderá el control sobre esos fondos y el restaurante tendrá control sobre ellos. El restaurante ahora puede agregar su propia transacción al blockchain transfiriendo esos fondos a otra persona, y el alguien del ejemplo no puede.

En la cadena de bloques original de Bitcoin, hay un tipo de activo criptográfico, el bitcoin, y una forma predefinida en la que se pueden “acuñar” bitcoins nuevos. Sin embargo, como se detallará en el apartado 2.4, es posible generalizar la idea de la TCD para que pueda abarcar muchos tipos diferentes de activos (euros, millas aéreas, valores corporativos, puntos de recompensa de lealtad) con diferentes reglas para emitir unidades de esos activos en la red.

Por otro lado, respecto a que el dinero no ha sido digitalizado (al menos) hasta 2009, se suscita la pregunta siguiente: ¿Qué ocurrió entonces en 2009? Sencillemente que Bitcoin surgió por primera vez como un posible competidor del dinero administrado por el gobierno nacional. El libro blanco de Satoshi Nakamoto fue lanzado el 31 de octubre de 2008. La estructura y el lenguaje de este documento enviaron el mensaje: esta moneda es para técnicos informáticos, no

para economistas ni expertos políticos. La circulación del documento de trabajo fue entonces limitada; los principiantes que lo leyeron estaban desconcertados.

Pero la falta de interés no impidió que la historia avanzara. Dos meses más tarde, los que estaban prestando atención vieron el surgimiento del “Bloque Génesis”, el primer grupo de bitcoins generado a través del concepto de Nakamoto de un libro de contabilidad distribuida que vivía en cualquier nodo de computadora en el mundo que quisiera alojarlo.

En la actualidad, 9 años más tarde, un solo Bitcoin cotiza aproximadamente a 15.000\$. La divisa es aceptada por miles de instituciones, tanto en línea como fuera de línea. Su sistema de pago es popular tanto en los países pobres sin grandes infraestructuras bancarias, como también en los países desarrollados. Y las principales instituciones, incluida la Reserva Federal, la OCDE, el Banco Mundial y las principales casas de inversión, le prestan una respetuosa atención.

Los entusiastas, que se encuentran en todos los países, dicen que su valor de cambio se disparará en el futuro porque su suministro es estrictamente limitado y proporciona un sistema muy superior al dinero del gobierno. Bitcoin se transfiere entre individuos sin un tercero. Es casi gratuito intercambiar. Tiene un suministro predecible. Es duradero, fungible y divisible: todas las características cruciales del dinero. A mayores, ha creado un sistema monetario que no depende de la confianza y la identidad, y mucho menos de los bancos centrales y el gobierno. Todo un nuevo sistema para la era digital.

Pero, si no se puede ganar dinero de la nada, y mucho menos del código de la computadora, ¿cómo es posible entonces qué tenga valor entonces?

Desde hace 400 años, en tiempos del Padre Juan de Mariana, Martín de Azpilicueta, Luis de Molina, Tomás de Mercado o Domingo de Soto, exponentes significados de conocida Escuela de Salamanca, sabemos que los bienes viajan de donde son menos valorados a donde lo son más, y así acontece con el dinero. Estos conocimientos sin duda inspiraron o fueron tenidos en consideración por Ludwig von Mises en su teoría sobre los orígenes del dinero contenida en su libro “The Theory of Money and Credit”, cuya primera edición vio la luz en 1912 y cuya principal contribución fue rastrear el valor y el precio del dinero, y no solo el dinero en sí, hasta sus orígenes. Es decir, explicó cómo el dinero obtiene su precio en términos de los bienes y servicios que obtiene. Más tarde llamó a este proceso el “teorema de la regresión”. Pues bien, las condiciones de dicho Teorema, de acuerdo con Tucker (2017), son satisfechas por el Bitcoin.

Mises planteó que el valor del dinero se remonta en el tiempo a su valor como mercancía convertida en trueque, siendo esta la única forma en que el dinero puede tener valor. La teoría del valor del dinero como tal puede rastrear el valor de cambio objetivo del dinero sólo hasta el punto en que deja de ser el valor del dinero y se convierte simplemente en el valor de una mercancía. Si de esta forma nos alejamos continuamente cada vez más, eventualmente debemos llegar a un punto en el que ya no encontramos ningún componente en el valor de cambio objetivo del dinero que surge de las valoraciones basadas en la función del dinero como medio de intercambio común; donde el valor del dinero no es más que el valor de un objeto que es útil de otra forma que como dinero. Antes de que fuera habitual adquirir bienes en el mercado, no para consumo personal, sino simplemente para intercambiarlos nuevamente por los bienes que realmente se deseaban, cada producto individual sólo estaba acreditado con ese valor dado por las valoraciones subjetivas basadas en su utilidad directa.

La explicación de Mises resolvió un gran problema que había desconcertado a los economistas. Es una narración de historia conjetural, pero con sentido: ¿La sal se hubiera convertido en dinero si hubiera sido completamente inútil? ¿La plata o el oro tendrían valor monetario si no tuvieran valor como mercancías primero? La respuesta en todos los casos de la historia monetaria es claramente no. El valor inicial del dinero, antes de que se comercialice ampliamente como dinero, se origina en su utilidad directa. Es una explicación que se demuestra a través de la reconstrucción histórica. Ese es el teorema de la regresión de Mises. Entonces, ¿lo cumple el Bitcoin?

A primera vista, Bitcoin parece ser una excepción. No se puede usar un Bitcoin para nada más que dinero. No se puede hacer una máquina con él. No se puede comer o incluso decorar un edificio. Su valor sólo se realiza como una unidad que facilita el intercambio indirecto. Y, sin embargo, Bitcoin es dinero. Se utiliza todos los días. Cualquiera puede ver los intercambios en tiempo real. No es un mito. El trato es real.

¿Mises está equivocado? ¿Tal vez convendría descartar su teoría? O tal vez su punto era puramente histórico y no se aplica en el futuro de la era digital. O tal vez su teorema de regresión es una prueba de que el Bitcoin es sólo una manía vacía sin poder de permanencia, porque no se puede reducir a su valor como una mercancía útil.

De hecho, no parece necesario recurrir a una teoría monetaria complicada para comprender la sensación de alarma que rodea al Bitcoin, al menos, una cierta inquietud acerca de un dinero que no tiene ninguna base en nada físico. Claro, se puede imprimir un Bitcoin en una hoja de papel, pero tener un papel con un código QR o una clave pública no es suficiente para aliviar ese sentimiento de malestar.

¿Cómo se podemos resolver este problema? ¿Acaso la visión de Mises será sólo aplicable en una edad predigital? Conviene hacer notar que el Bitcoin es tanto un sistema de pago como un dinero. El sistema de pago, su característica más inusual, es la fuente de valor, mientras que la unidad de contabilidad simplemente expresa ese valor en términos de precio.

Resulta común pensar en la moneda como algo separado de los sistemas de pago. Este pensamiento es un reflejo de las limitaciones tecnológicas de la historia. Está el dólar, el euro o el yen y hay tarjetas de crédito y PayPal. En cada caso, la transferencia de dinero se basa en proveedores de servicios externos. Para usarlos, se necesita establecer lo que se llama una “relación de confianza” con ellos, lo que quiere decir que la institución que organiza el trato tiene que creer que se va a pagar.

Esta brecha entre el dinero y el pago siempre ha estado con nosotros, salvo en el caso de la proximidad física. Por ejemplo, si le entrego un euro a mi kiosquero por un periódico matutino, no se precisa un tercero. Pero los sistemas de pago, los terceros y las relaciones de confianza se vuelven necesarios una vez que se aleja la proximidad geográfica. Entonces es cuando compañías como Visa e instituciones como los bancos se vuelven indispensables. Siguiendo la metáfora informática: ellos son la aplicación que hace que el software monetario haga lo que se quiere que tiene que hacer.

Los sistemas de pago que tenemos hoy no están disponibles para cualquiera. De hecho, la gran mayoría de la humanidad no tiene acceso a tales herramientas, una de las razones para la pobreza en el mundo. Aquellos privados de derechos financieros se limitan al comercio local y no pueden extender sus relaciones comerciales con el mundo.

Precisamente, uno de los principales objetivos principales del desarrollo de Bitcoin era resolver este problema. El protocolo se estableció para entrelazar la función de moneda con un sistema de pago. Los dos están completamente inte-

rrelacionados en la estructura del código mismo. Esta conexión es lo que hace que Bitcoin sea diferente de cualquier moneda nacional existente, incluso, de cualquier moneda de la historia.

Esta idea prístina se extrae del documento de trabajo publicado en línea por Nakamoto (2008), sea quien sea o lo que sea, propuso un sistema en línea que funcionaría de la forma siguiente, tal como se mencionó en el apartado 2.1 del presente discurso:

1. A medida que ocurre cada transacción entre compradores y vendedores, se transmite por todo el sistema.
2. Las computadoras especializadas llamadas “nodos” recogen periódicamente todas las transacciones y verifican que sean legítimas al verificar que los bitcoins involucrados no se hayan gastado previamente en otra parte. El conjunto de buenas transacciones durante un período de tiempo se denomina “bloque”.
3. Al mismo tiempo que hacen este trabajo en las transacciones, los nodos también participan en una competencia entre ellos, que consiste en tratar de encontrar un breve resumen numérico, llamado “hash”, del bloque actual. El primer nodo para encontrar un hash de la forma correcta gana la competencia. Encontrar el hash correcto es un proceso de prueba y error; requiere mucho trabajo computacional y, por tanto, se denomina “prueba de trabajo”. Cuanta más potencia informática tenga un nodo, más probabilidades tendrá de ser el primero en completar esta tarea. La prueba del trabajo está incluida en el bloque de tal manera que, para cambiar los contenidos del bloque, otro nodo debería rehacer todo el trabajo.
4. El nodo ganador, el primero en completar con éxito la prueba de trabajo, transmite su bloque recién terminado por todo el sistema. Como recompensa, está permitido crear y mantener por sí mismo un número predeterminado de bitcoins. La creación de estos bitcoins se registra en el bloque.
5. Los otros nodos comprueban dos veces este bloque, verificando que todas las transacciones que contiene son legítimas, como lo es la prueba de trabajo. Tienen un amplio incentivo para hacer esto porque si encuentran transacciones ilegítimas o una prueba de trabajo incorrectamente reali-

zada, el bloque completo no es válido, lo que significa que sus bitcoins asociados aún están en juego.

6. Una vez que los nodos se convencen de que un bloque es correcto y completo, comienzan a armar el siguiente y llevan a cabo su prueba de trabajo, y todo el proceso de creación de bloques comienza de nuevo.

Nakamoto diseñó el sistema para que se creara un nuevo bloque y se otorgara bitcoins cada diez minutos. Nakamoto señaló que “la constante adición de una cantidad constante de nuevas monedas es análoga a la de los mineros de oro que destinan recursos para agregar oro a la circulación”. La analogía se mantuvo y las personas y organizaciones que manejaban nodos en todo el mundo llegaron a ser conocidas como “mineros”.

En definitiva, se puede observar cuán central es el sistema de pago para el sistema monetario que creó, pues, lo sorprendente en dicho documento es que ni siquiera hay una mención de la unidad monetaria en sí misma. Sólo se menciona el problema del doble gasto (es decir, el problema de la creación de dinero inflacionario). Por tanto, la innovación aquí, incluso según las palabras de su inventor, es la red de pago, no la moneda. La moneda o unidad digital sólo expresa el valor de la red. Lo mollar es la herramienta de contabilidad que absorbe y transporta el valor de la red a través del tiempo y el espacio.

Esta red se llama blockchain. Es un libro mayor contable que vive en la nube digital, una red distribuida, y cualquier persona puede observar su funcionamiento en cualquier momento. Es monitoreado cuidadosamente por todos los usuarios. Permite la transferencia de bits de información segura y no repetible de una persona a cualquier otra persona en cualquier parte del mundo, y estos bits de información están garantizados por una forma digital de título de propiedad.

Esto es lo que Nakamoto llamó “firmas digitales”. Su invención del libro mayor basado en la nube permite que se verifiquen los derechos de propiedad sin tener que depender de una agencia fiduciaria de terceros.

El blockchain resolvió lo que se conoce como el “problema de los generales bizantinos”. Éste es el problema de coordinar acciones en un amplio rango geográfico en presencia de actores potencialmente maliciosos. Debido a que los generales separados por espacio deben confiar en los mensajeros y esta confianza requiere tiempo y confianza, ningún general puede estar absolutamente seguro de que el otro general haya recibido y confirmado el mensaje, y mucho menos su precisión.

Poner un libro de contabilidad, al que todos tienen acceso, en Internet supera este problema. El libro registra los montos, los tiempos y las direcciones públicas de cada transacción. La información se comparte en todo el mundo y siempre se actualiza. El libro mayor garantiza la integridad del sistema y permite que la unidad monetaria se convierta en una forma digital de propiedad con un título.

Una vez que se comprende esto, se puede observar que la propuesta de valor de Bitcoin está vinculada a su red de pago adjunta. Aquí es donde se encuentra el valor de uso al que se refiere Mises. No está integrado en la unidad monetaria, sino más bien en el brillante e innovador sistema de pago en el que vive Bitcoin.

Además, para comprender mejor cómo encaja la teoría de Mises con el Bitcoin, conviene tener en consideración otro punto relacionado con la historia de la criptomoneda. El día de su lanzamiento (9 de enero de 2009), el valor de Bitcoin era exactamente cero. Y así permaneció por 10 meses después de su lanzamiento. Mientras tanto, las transacciones se llevaban a cabo, pero no tenía ningún valor publicado por encima de cero para todo este tiempo. El primer precio publicado de Bitcoin apareció el 5 de octubre de 2009. En este intercambio, 1\$ igualó 1,309.03 Bitcoin (que muchos consideraron sobrevalorado en ese momento).

Se suscita así la pregunta: ¿Qué pasó entre el 9 de enero y el 5 de octubre de 2009, para hacer que Bitcoin obtenga un valor de mercado? La respuesta es que comerciantes, entusiastas, empresarios y otros estaban probando la cadena de bloques. Querían saber si funcionó. Era el tiempo de la prueba de concepto. ¿Transfirió las unidades sin doble gasto? ¿Un sistema que dependía del poder voluntario de la CPU en realidad era suficiente para verificar y confirmar las transacciones? ¿Los bitcoins recompensados aterrizan en el lugar correcto como pago por los servicios de verificación? Más que nada, ¿este nuevo sistema realmente funcionó para hacer lo aparentemente imposible, esto es, mover partes seguras de la información basada en el título a través del espacio geográfico, no mediante el uso de un tercero, sino más bien entre pares, de igual a igual?

Se necesitaron 10 meses para generar una mínima confianza. Pasaron otros 18 meses antes de que Bitcoin alcanzara la paridad con el dólar estadounidense. Esta historia es esencial para comprender, especialmente si se basa en una teoría del origen del dinero que especula sobre la prehistoria del dinero, como lo hace el teorema de la regresión de Mises. Bitcoin no siempre fue un dinero con valor. Alguna vez fue una unidad de contabilidad pura adjunta a un libro de contabilidad.

Este libro mayor contable obtuvo lo que Mises llamó “valor de uso”. Todas las condiciones del teorema quedan así satisfechas.

Para revisar, si alguien pudiera suponer que el Bitcoin no se basa en nada más que en la nada, que no puede ser un dinero porque no tiene una historia real como un producto genuino, convendría señalar dos aspectos principales. Uno, el Bitcoin no es una moneda independiente sino una unidad de contabilidad adjunta a una red de pago innovadora. Dos, está la red y, por ende, Bitcoin sólo obtuvo su valor de mercado a través de pruebas en tiempo real en un entorno de mercado.

En consecuencia, más allá de las características técnicas, Bitcoin surgió exactamente igual que cualquier otra moneda, desde la sal hasta el oro. Las personas descubrieron que el sistema de pago era útil y la contabilidad adjunta era portátil, divisible, fungible, duradera y escasa. Y así, el dinero nació. Un dinero que posee todas las mejores características del dinero de la historia, pero agrega una red de pago ingrátida y sin espacio que permite que todo el mundo opere sin tener que depender de terceros.

Pero conviene resaltar algo extremadamente importante aquí. La cadena de bloques no es sólo dinero. Se trata de cualquier transferencia de información que requiera seguridad, confirmaciones y garantía total de autenticidad. Esto se refiere a contratos y transacciones de todo tipo, todos realizados de igual a igual, abriéndose un nicho de oportunidad en un mundo sin terceros o intermediarios, incluido el propio Estado. Este futuro ya está aquí y nos invita a imaginar la plenitud de sus implicaciones.

2.4. ¿Hacia una tokenización de la economía?

“Sucede que una misteriosa clase de caos acecha detrás de una fachada de orden, y que, sin embargo, en lo más profundo del caos acecha una clase de orden todavía más misterioso”

Douglas Hofstadter

En el apartado 2.3 anterior, junto a una breve revisión del pensamiento económico acerca del dinero, se concluyó que la Tecnología de Contabilidad Distribuida (TCD), como las cadenas de bloques, se puede conceptualizar como un sistema que es útil para gestionar transiciones de estado válidas, lo que en ingeniería informática se conoce como ‘máquinas de estado’. Así, con una TCD se trata de gestionar las transiciones de estado válidas entre un conjunto de participantes. Normalmente, esto se gestiona a través de transacciones (se da algo de

lo que se tiene a cambio de otra cosa). Tal circunstancia confiere la posibilidad de ser un medio para modelar el comportamiento del mundo real para que facilitar su comprensión y construir sobre la complejidad subyacente. De hecho, que una TCD, como la cadena de bloques, permita que todos los participantes tengan una visión coherente y transparente de la red de confianza resuelve muchos de los problemas de los sistemas de autenticación tradicionales.

A este respecto, ya existe evidencia de que la TCD no es sólo una palabra de moda en el caso de los sistemas de gestión de confianza (Alexopoulos, et al., 2017). Existe un verdadero mérito en la aplicación de diseños basados en TCD al propiciar sistemas más seguros y confiables en general.

En el inicio del mismo apartado mencionado, también se destacó que una de las propiedades fundamentales de la informática moderna es que los datos son muy fáciles de copiar. De hecho, la capacidad de copiar y transmitir información con un coste increíblemente bajo y una alta confiabilidad fue la innovación que marcó el comienzo de la era de la información. Sin embargo, esto generó un efecto secundario importante: al digitalizar algo de valor (un activo), la representación digital del activo también puede copiarse y transmitirse fácilmente. Supóngase, por ejemplo, que a todos en un país se les diera una máquina que podría imprimir una cantidad infinita de dinero, el efecto en el valor del dinero sería catastrófico: instantáneamente se volvería inútil.

Este problema tal vez haya sido dolorosamente puesto de manifiesto en los últimos tiempos con el video digital y la piratería musical. Ha dado como resultado un cambio masivo en la forma en que se crean, distribuyen y venden estos activos (digitales). Lo grave es que todavía sigue siendo en gran medida un problema no resuelto; el efecto de la piratería o bien se absorbe en el costo de hacer negocios (aumentando los precios) o complejos procesos de identificación y autorización se superponen en capas (causando grandes dolores de cabeza a la experiencia del usuario).

Como señala Brooks (2017), hasta que aparecieron la cadena de bloques del Bitcoin no había forma de tokenizar una cosa de valor, dándole las propiedades deseables de ambos: (a) transacciones atómicas (es decir, transacciones de un solo paso, al igual que efectivo) y (b) facilidad de transmisión.

A los efectos aquí tratados, cabe observar como los activos físicos o tangibles se caracterizan porque su capacidad de copiar es difícil (lo que es bueno) y su

capacidad de mover también es difícil (lo que es malo), mientras que los activos digitales se caracterizan por que su capacidad de copia es fácil (lo que es malo) y su capacidad de movimiento también es fácil (lo que es bueno). Un ejemplo de un activo físico es, por ejemplo, una barra de oro sólido agradable y pesada, mientras que un ejemplo de un activo digital es 100.000 € en un depósito bancario.

Las transacciones con estos activos tradicionales generalmente ocurren utilizando terceros centralizados y de confianza. Localmente, esto es cierto para los activos digitales. Aquí, el tercero es el establecimiento bancario, cuya función es garantizar que las transacciones entre los participantes sean válidas. Sin embargo, cabría la posibilidad de poder enviar dinero a alguien en cualquier parte del mundo, directamente a ellos, con la misma facilidad con que se les podría enviar un correo electrónico, y no tener que depender de una red costosa, opaca y poco confiable de empresas intermedias y su mosaico de sistemas banca interconectada.

En la nueva era de la TCD, se puede hacer justamente esto. Se toman las propiedades deseables de los activos físicos y de los activos digitales y se combinan en un nuevo tipo de activo, un símbolo monetiforme o token, un crypto-activo libre de las desventajas tradicionales. Los tokens son esencialmente representaciones criptográficas de lo real, caracterizados porque su capacidad de copiar es difícil (lo que es bueno) y su capacidad de mover es fácil (lo que es bueno).

¡Eureka! La principal promesa de la TCD se vería así cumplida, al facultar un nuevo nivel de confianza que se pueda incorporar, literalmente, a todo.

La TCD registra estas representaciones criptográficas en su libro mayor que se replica en todos los actores participantes dentro del sistema. Por tanto, cuando un actor desea interactuar con otro, no hay intermediarios; la programación del sistema facilita la transacción sin un actor intermedio. Todo lo que se necesita es una conexión a Internet.

Por ejemplo, considere una representación criptográfica de una barra de oro. Una vez que la representación simbólica (token) de la barra de oro se ha convertido en el sistema blockchain u otra TCD, se puede intercambiar libremente, o incluso dividirse entre cualquier número de actores trivialmente. La propiedad del token criptográfico del activo representa la propiedad del activo en sí.

Ésta es una de las ideas clave de la tecnología de contabilidad distribuida, y de ahí el porqué de tanta expectación como incluso exageración a lo largo de

varias instancias (verticales principalmente): cadena de suministro, pagos, instrumentos financieros, libros públicos de propiedad (por ejemplo, bienes raíces y diamantes).

Debido a que es posible tomar las mejores propiedades de activos tanto digitalizados como físicos, y eliminar la necesidad de intermediarios, se pueden eliminar grandes cantidades de ineficiencia del comercio global, tanto a nivel macro como a nivel micro.

A riesgo de pecar de reiteración, cabe recordar, como se señaló en el apartado 2.1, que el Bitcoin es simplemente una combinación inteligente de otras tecnologías (con un giro) que da lugar a algunas propiedades emergentes. La verdadera innovación de Bitcoin (y la implementación subyacente de blockchain o TCD) fue este pequeño “truco” adicional que su promotor aplicó para resolver el problema de doble gasto de los activos digitales. Bitcoin fue construido de manera efectiva en un sistema que maneja transiciones de estado válidas de la siguiente forma:

1. Comenzando con una representación correcta de quién posee qué en el momento $t = 0$ (un registro de activos).
2. En un período de tiempo (por ejemplo, diez minutos) recopilar todas las transacciones propuestas dentro de la red, empaquetarlas, validar que todas las transferencias de activos son válidas (esto es, nadie ha gastado el mismo activo dos veces), y luego, de una vez, actualizar el libro mayor.
3. El ciclo luego se repite. Este período de tiempo se denomina “tiempo de bloqueo” y es la ventana en la que las transacciones pueden enviarse a la red para ser capturadas en el siguiente paquete de transacciones propuestas. Estos paquetes de transacciones se validan en conjunto y luego se aplican al libro mayor global. Cada paquete de transacciones se llama bloque.

Dado que hay una gran cantidad de participantes, el libro mayor se replica usando ingeniería informática y redes para garantizar que todos tengan la misma copia del libro al final del tiempo de bloqueo. Por supuesto, esto implica que se debe esperar hasta el final del tiempo de bloqueo para ver la actualización de su saldo, pero cualquier cadena de bloques se puede sintonizar esta vez a un valor apropiado (podría ser de 3 segundos ó 24 horas, dependiendo de la aplicación).

Lo trascendente entonces radica en que el token podría ser cualquier cosa, literalmente, podría ser una moneda digital, o podría ser una tokenización de algún

otro activo, realmente puede significar cualquier cosa que su fundador quiera que signifique. Podría representar una microunidad de reputación, tiempo, puntos de recompensa, poder de computación, electricidad, acciones de la compañía o un producto básico, como el oro.

A este respecto, cabe destacar que los tokens se han creado para representar la reputación de un usuario dentro de un sistema (augur), un depósito en dólares estadounidenses (tether), la cantidad de archivos que se guardan en él (filecoin) y el saldo en algún sistema de moneda interna (bitcoin).

Por el momento, en terminología informática, el término “token” ha significado una de dos cosas: bien sea un “gadget” que puede autorizar a un usuario (como un dongle o una memoria USB especial) o, bien, una matriz fija de símbolos que identifican a un usuario (como una Clave API). En ambas situaciones, los tokens pueden pasar entre diferentes propietarios. Entonces, ¿cómo se pueden diferenciar las criptomonedas de los símbolos monetiformes o tokens criptográficos?

En general, el término “activo criptográfico” significa una de tres cosas siguientes:

1. Una criptomoneda con emisión y transacciones descentralizadas.
2. Un activo digital, emitido en un sistema descentralizado y asegurado por alguien o algo. Esta versión se puede dividir en dos subdivisiones más: o el sistema de contabilidad no es de confianza; o el emisor no es de confianza.
3. Algo emitido y validado por la misma organización, pero no respaldado por nada.

La capacidad de combinar y comercializar cualquier cosa de valor es fundamental para ratificar la promesa de la tecnología de contabilidad distribuida (TCD), ya que su implementación proporciona un mecanismo para controlar la transferencia de valor entre los participantes, esto es, el cambio en el ‘estado’ de una entidad, que era un problema previamente no resuelto introducido por la digitación con la capacidad de copiar información de forma fácil y barata. Aun así, quizás lo más emocionante es que ahora, una vez que se ha resuelto este problema, se abre la puerta a la *programación* de estos activos de forma que anteriormente no eran posible. Imagínese, por ejemplo, que un gobierno pueda programar sus pagos de asistencia social para que sólo se gasten en ciertos artículos, o herencias que sólo puedan accederse mediante identidades verificadas. Imagínese, por

ejemplo, poder tokenizar al mismo tiempo valor, identidad, información, propiedad, y básicamente cualquier objeto del mundo real y usar ese símbolo o token como representación digital de ese objeto físico, con ello se logra representar algo en la cadena de bloques que realmente existe afuera en el mundo real. Imagínese, por ejemplo, poder realizar interacciones personales o comerciales de cualquier tipo con cualquier persona en el mundo, donde la confianza y el riesgo no sean una preocupación. Todo esto está en el corazón del continuo fenómeno de la TCD.

La TCD, una base de datos que se sincroniza y se comparte de forma consensuada, ha posibilitado esta descentralización al crear un nuevo ecosistema con la capacidad de gestionar activos digitales en una red, autenticado y validado por colaboración colectiva. La característica de descentralización se logra al recompensar a los usuarios con criptomoneda para calcular un valor hash (una función que es fácil de validar, difícil de calcular) para un conjunto de nuevas transacciones (un bloque) y luego agregarlo al final de la cadena de todos bloques históricos una vez que la mayoría de los usuarios lo hayan validado.

La TCD en sí misma ofrece un vehículo para la diversificación. Debido a la capacidad de los libros contables distribuidos para conectar a los usuarios con los propietarios de los activos, la tecnología blockchain está haciendo posible crear nuevas formas de ofrecer activos reales para inversión e invertir en esos activos.

La tokenización de los activos se puede lograr representando los activos físicos mediante caracteres de identificación únicos que permitan que los derechos de propiedad se transmitan y se negocien en un medio digital que está respaldado por dichos activos que actúan como colaterales. Tokenizar un activo real simplemente significa permitir que el valor inherente del activo se venda en partes, a través de fichas monetiformes o tokens, esto es, se pueden representar digitalmente con una ficha criptográfica desde bienes inmuebles a lingotes de oro o, por ejemplo, tener una parte de una obra pictórica de un pintor famoso, prohibitiva para ser adquirida por una sola persona de la clase media. Éste es sólo un ejemplo de cómo se puede tokenizar cualquier recurso económico, con valor positivo, representado en forma binaria, y hacer que sea similar a los activos comerciables actuales. Se puede entonces tokenizarlo a través de un “crowdsale” y venderlo a una gran cantidad de personas.

Mientras que la titulización es el proceso de convertir un activo ilíquido o un grupo de activos en una seguridad financiera, la tokenización es el paso adicional que permite el comercio digital de tal “seguridad”.

El concepto de tokenización ha existido mucho antes de la tecnología blockchain, se trata esencialmente en lo mismo que compartir la propiedad en una corporación. Otorga al inversionista la propiedad parcial de un activo costoso. Sin embargo, con la TCD, los activos “monetiformenados” o tokenizados se pueden comprar y vender sin un centro centralizado de terceros que cobre tarifas sustanciales por el servicio. Esto crea una forma para que los titulares de criptomonedas diversifiquen sus tenencias en cualquier cantidad de activos del mundo real sin tener que convertir en monedas fiduciarias.

La tokenización de los activos hace que estos artículos sean altamente líquidos, al tiempo que aumenta su valor. Asimismo, la seguridad es otro gran beneficio, ya que los monetiformes de comercio digital aseguran que los compradores y vendedores no tengan que preocuparse por la seguridad física y operacional. Cuando parecía que todo estaba dicho y hecho, la tokenización claramente emerge como un proceso de inversión más fácil y más seguro.

La tokenización de activos ilíquidos es solo un ejemplo de cómo la inversión está evolucionando, lo que resulta en una disminución de las fricciones en el comercio y en formas de inversión más seguras. Este nuevo mercado también tiene la virtud de poder atraer a personas que anteriormente no tenían acceso a la comercialización de dichos activos, debido a procesos costosos y procedimientos legales complejos. Con la tokenización criptográfica de activos en el mundo real, los patrocinadores pueden tener una oportunidad y obtener acceso a inversiones que hasta ahora han estado fuera de su alcance. Así, una de las soluciones podría ser la fraccionalización y la liquidez, esto es, ya sea un pequeño inversor o una gran corporación, podrá obtener fracciones de activos tokenizados.

En consecuencia, cabe aceptar que la historia, desde 2009, comienza con criptomonedas, como el Bitcoin, como un catalizador para la disrupción. Pero, quizás no se trata de una interrupción en una industria o industrias, sino todo un cambio de paradigma en la forma en que la sociedad entiende y aplica los fundamentos económicos.

Un cambio fundamental en la economía no es ni siquiera el final de la historia. Esta ventana de oportunidad, suscita que estos temas, y otros más que emergerán a su sombra, deberán ser explorados en el futuro. La economía que se avizora factible, la nueva economía, es sólo el comienzo. Pero es un paso inicial requerido.

Los inversionistas institucionales, las empresas y las personas informadas lo han reconocido y están construyendo la infraestructura para un nuevo sistema económico descentralizado. Ya se han invertido miles de millones en la construcción de esta infraestructura. Y no sólo del «público crédulo», o del «dinero estúpido». La mayoría de esta inversión proviene de grandes inversores y corporaciones internacionales del mundo. Cuánticamente, el día 10 de enero de 2018 coinmarketcap.com listaba 1.398 tokens con un volumen de capitalización total de 724.118.831.663 \$ (<https://coinmarketcap.com/all/views/all/>), lo que permite avizorar el alcance a nivel global.

Los principales actores en el mundo tecnológico y financiero están diseñando el futuro con libros mayores distribuidos. Pero, no es sobre Bitcoin. Esta historia es sobre los cambios masivos que la TCD está atrayendo. Y la transformación ya ha comenzado, suscitando un nuevo lema: ¡todo lo que pueda tokenizarse será tokenizado!

2.5. ¿La contabilidad importa?

Computare perfundet omnia luce

Enrique López-González

Este discurso comenzó con la digitalización, el Bitcoin y la historia del dinero. Pero el dinero, como se constató, es sólo el primer caso de uso, una prueba de concepto, de la tecnología de contabilidad distribuida (TCD). Y es poco probable que sea el más importante.

Pudiera parecer extraño que un libro mayor, un documento aburrido y práctico asociado principalmente a la contabilidad, se describa como una tecnología revolucionaria. Pero la TCD importa porque los libros mayores importan. Están en todas partes, registrando los hechos que sustentan la economía moderna, más que escuetamente registrar transacciones contables.

El acuerdo sobre los hechos y cuándo cambian, es decir, un consenso sobre lo que está en el libro mayor, y la confianza de que el libro es exacto, es una de las bases fundamentales del capitalismo de mercado. (Weber, 2001; Yamy 1949).

Esta perspectiva no es nueva, se puede observar desde las primeras tablillas de Mesopotamia o los quipus del imperio Inca.

Un ejemplo de ello, a nivel conceptual, quedo patente en la línea argumental expresada el 16 de octubre de 1983 en el discurso de incorporación a la Real

Academia de Ciencias Económicas y Financieras del Dr. D. José María Fernández Pirla (1983: 17-18): “Nos interesa destacar en este trabajo la naturaleza del hecho contable como componente del entorno social, es decir, la existencia de una realidad que concreta las actuaciones del individuo y del grupo social y que en el tiempo ha evolucionado, manteniendo su identidad, pero ensanchando su ámbito de aplicación y su importancia relativa. La configuración de lo que llamamos hecho contable no es difícil de hacer. El hecho contable tiene su origen en la preocupación del hombre por el orden y por la necesidad de expresar lo cualitativo en términos cuantitativos (atribución de valores a cualidades) y también, y en muchas ocasiones, de simplificar lo cuantitativo traduciéndolo en expresiones cualitativas. Cuando la preocupación de transformar lo cualitativo en cuantitativo o viceversa se proyecta sobre los fenómenos económicos, surge bajo una u otra denominación el hecho contable que se expresa por medio de la Contabilidad. El hombre realiza y registra estos procesos de inversión porque así conviene a sus actuaciones o aún mejor, facilita su toma de decisiones. El hombre expresa el hecho contable por medio de la Contabilidad. El origen de la palabra Contabilidad está, en el lenguaje castellano, en la palabra “cuenta” derivada a su vez del verbo contar (del latín *computare*). En forma parecida sucede en otros idiomas. El hombre cuenta y registra (toma razón de los hechos que le interesan, es decir, los que tienen un contenido o fondo económico) aunque la Contabilidad en una acepción más amplia pueda tener un campo de aplicación mayor”.

Más de tres décadas después, con similar silogismo cabe aceptar que un libro mayor distribuido es sólo un grupo de computadoras que necesita llegar a un acuerdo sobre el orden en que ocurren ciertas transacciones y esas transacciones estarán actualizando algún tipo de información. Esta información, tal vez es la cantidad de dinero en billeteras de bitcoins o tal vez es el resultado de contratos inteligentes o de símbolos monetiformes, todo un sin fin de cosas que pueden “almacenar”. Tampoco es objetable el considerar que el principal objetivo de un libro contable distribuido sea que un grupo de computadoras llegue a un acuerdo en el que no se tenga que confiar en ninguna computadora en particular.

A más a más, las criptomonedas, encabezadas por el Bitcoin, son un ejemplo de que también el dinero es un libro de contabilidad. En otras palabras, con el Bitcoin, ¡internet ha llegado a la contabilidad!

Por tanto, y a tenor de los desarrollos formulados en el apartado 2.2 relativos a la fuerte “personalidad” caleidoscópica del dinero, convendría ahora suscitar la

consideración de una multitud poliédrica que conlleva el concepto de contabilidad a la forma sugerida por Fernández Pirla (1983) recién citada.

Un libro de contabilidad es una tecnología, más antigua que el comercio, para registrar (es decir, mantener el consenso) quién (o qué) posee qué, de quién (o qué) ha aceptado qué, de qué cuenta como qué, y registrar cuándo se tramita algo de valor. Como instrumentos fundamentales de legitimación transaccional, los libros de contabilidad son una tecnología elemental del capitalismo de mercado moderno y del arte de gobernar (Allen, 2012; Nussbaum, 2012; Yamey, 1949). De hecho, los contratos, las transacciones y los registros de ellos se encuentran entre las estructuras definitorias de nuestros sistemas económicos, legales y políticos. Protegen los activos y establecen los límites de la organización. Establecen y verifican identidades y eventos de crónica. Gobiernan las interacciones entre naciones, organizaciones, comunidades e individuos. Guían la acción gerencial y social.

Un libro de contabilidad debería poseer una serie de cualidades básicas, entre las que destaca la claridad (legibilidad), la consistencia y el consenso como un registro factual y acordado del dato básico de una economía: identidad, propiedad, contrato, valor y, en general, registran el tiempo y algunas veces la ubicación. Pero, la cualidad imprescindible que debe tener un libro contable es la confianza en el mismo.

Un libro de contabilidad es básicamente un registro del estado de una economía, y los cambios o anotaciones en el mismo registran cambios en la economía debido a las consecuencias de las acciones y transacciones económicas.

Un libro de contabilidad es una forma de generar consenso sobre los hechos necesarios para el funcionamiento del comercio. Así, el esquema institucional y organizacional de una economía contemporánea es una consecuencia de esos libros mayores que necesitan centralizarse (es decir, en el gobierno, en capas de burocracia, en grandes corporaciones). No obstante, estas herramientas críticas y las burocracias formadas para gestionarlas no se han mantenido al ritmo de la transformación digital de la economía.

Un libro de contabilidad consiste simplemente en datos estructurados por reglas. Cada vez que se necesita un consenso sobre los hechos, utilizamos un libro de contabilidad.

Por su parte, en el trabajo de Berg et al (2017) se muestran también varios ejemplos al respecto:

- a) Los libros contables confirman la propiedad. Los registros de títulos de propiedad asignan quién posee qué y si su tierra está sujeta a advertencias o gravámenes ⁶. Tales firmas son un libro de contabilidad, como una red de relaciones de propiedad, empleo y producción con un único propósito (Un club es un libro de contabilidad, estructurando quién se beneficia y quién no).
- b) Los libros contables confirman la identidad. Las empresas tienen identidades registradas en los libros mayores del gobierno para rastrear su existencia y su estado en virtud de la legislación fiscal. El registro de nacimientos, muertes y matrimonios registra la existencia de individuos en momentos clave y utiliza esa información para confirmar identidades cuando esas personas interactúan con el mundo.
- c) Los libros contables confirman el estado. La ciudadanía es un libro de contabilidad que registra quién tiene los derechos y está sujeto a las obligaciones derivadas de la membresía nacional. El censo electoral es un libro de contabilidad, que faculta a quienes pueden votar y dónde. El empleo es un libro de contabilidad, dando a los empleados un reclamo contractual sobre el pago a cambio de trabajo.
- d) Los libros contables confirman autoridad. Los contables identifican quién puede sentarse válidamente en el parlamento, quién puede acceder a qué cuenta bancaria, quién puede trabajar con niños, quién puede ingresar a áreas restringidas.
- e) En su nivel más fundamental, los libros contables mapean las relaciones económicas y sociales.

Por otro lado, la distinción entre la propiedad y la posesión, aunque fácil de confundir llegados a este punto, es crucial. Un ejemplo ilustrativo que podría auxiliarnos es el caso de los pasaportes. Cada país afirma el derecho de controlar quién cruza sus fronteras, y cada país mantiene un registro de cuáles de sus ciudadanos tienen derecho a viajar. Un pasaporte es un elemento físico, llámese símbolo, ficha o token, que hace referencia a este libro de contabilidad. En el mundo pre-digital, la posesión indicaba la propiedad de ese derecho. Así, el libro de pasaportes español consistía en fichas guardadas por el gobierno español. Los

(6) Hernando De Soto (2001) analizó, en su libro “El misterio del capital”, cómo los pobres sufren cuando poseen propiedades que no han sido confirmadas en un libro mayor.

agentes fronterizos a los que se les presentó un pasaporte podrían suponer que el viajero que lo tenía en la lista se encontraba en un libro distante que le permitía viajar. La posesión implica propiedad, pero la posesión no es propiedad. Ahora los pasaportes modernos permiten a las autoridades confirmar la propiedad directamente. Sus características digitales permiten a las líneas aéreas y las autoridades de inmigración consultar la base de datos nacional de pasaportes y determinar que un pasajero es libre de viajar. Los pasaportes son un ejemplo relativamente directo de esta distinción.

Otro ejemplo: la posesión de un billete de banco indica propiedad. En el siglo XX, el poseedor, «portador», de un billete de banco tenía derecho a utilizar el valor de la nota en el banco emisor. Incluso en situaciones “difíciles”, como aquellos famosos “belarminos” de Asturias y León en tiempos de la guerra civil española, donde se detallaba “tiene fondos”. Estos billetes de banco eran pasivos directos para el banco emisor y se registraban en el libro mayor de los bancos. Obsérvese que un régimen de posesión que implica propiedad significa implícitamente que los billetes de banco son susceptibles de ser robados y falsificados.

En la era de las monedas fiduciarias, un billete de cinco euros no puede ser devuelto al banco por oro. Pero la relación permanece, el valor del billete depende de un consenso social sobre la estabilidad de la moneda y el gobierno que la emitió. Los billetes de banco no son riqueza, como lamentablemente aprendieron los alemanes de la República de Weimar. Un billete es una llamada a una relación en un libro mayor (ahora sintético) y si esa relación se derrumba, también lo hace el valor del billete, compitiendo su empleo con el papel para encender la calefacción.

Como es sabido, hasta finales del siglo XX, los libros mayores no pasaron de ser analógicos a digitales. Así, los libros de pasaportes se “*digitizaron*” en bases de datos y se centralizaron en cada país. Una base de datos permite una distribución, cálculo, análisis y seguimiento más complejos. Una base de datos es computable y buscable. Pero, una base de datos todavía depende de la confianza. Sin embargo, un libro digitalizado es tan confiable como la organización que lo mantiene (y las personas que emplean). Precisamente, como se ha destacado anteriormente, este es el problema que prometen solucionar las tecnologías de libros de contabilidad distribuida (TCD).

La TCD es un nuevo enfoque para construir y usar libros mayores contables para producir consenso. Eso sí, la nueva contribución radica en la oportunidad de producir consenso sin necesidad de confianza centralizada, volcando la vieja

tecnología de libros de contabilidad. De hecho, una TCD es un libro mayor distribuido “sin confianza”.

La TCD, se base en cadenas de bloques o en gráficos acíclicos dirigidos u otras instancias similares o previsible, es un libro contable distribuido que puede registrar transacciones entre dos partes de forma eficiente, verificable e inmutable (donde el palimpsesto –borrado– no es posible).

Además, la TCD es un libro contable distribuido que no depende de una autoridad central de confianza para mantener y validar dicho libro. Incluso, también se puede programar para activar transacciones automáticamente, esto es, se puede ejecutar software de forma segura y descentralizada.

Con la TCD las aplicaciones de software ya no necesitan implementarse en un servidor centralizado, ya que pueden ejecutarse en una red punto a punto (descentralizada) que no está controlada por una sola parte. También, estas aplicaciones basadas en TCD se pueden utilizar para coordinar las actividades de un gran número de personas, que pueden organizarse sin la ayuda de un tercero.

La TCD, en última instancia, es un medio para que las personas coordinen actividades comunes, interactúen directamente entre sí y se gobiernen a sí mismas de una manera más segura y descentralizada. Éste es el inmenso potencial de las TCD.

Con la TCD se abre un nicho de oportunidad a un mundo en el que los contratos están integrados en el código digital y almacenados en bases de datos transparentes y compartidas, donde están protegidos contra su eliminación, alteración y revisión. En este mundo, cada acuerdo, cada proceso, cada tarea y cada pago tendrían un registro digital y una firma que podrían identificarse, validarse, almacenarse y compartirse. Los intermediarios como abogados, corredores y banqueros podrían no ser necesarios. Individuos, organizaciones, máquinas y algoritmos realizarían transacciones e interactuarían libremente entre ellos con poca fricción.

Por tanto, un cambio significativo en la tecnología del libro de contabilidad - desde un método centralizado de producir consenso en el libro mayor (utilizando la confianza) hasta un enfoque distribuido del consenso (utilizando TCD) - podría transformar la mecánica transaccional de una economía moderna. ¿Cómo? Al eliminar la necesidad de poderosos mecanismos centrales de validación, verificación y cumplimiento de terceros, las tecnologías de contabilidad distribuida aseguradas criptográficamente son, en principio, entornos de transacciones seguros, incluso en presencia de terceros poderosos u hostiles que intentan evitar que los usuarios participen, y pueden lograrlo con alta transparencia.

En un intento de abundar en una idea similar, cabe señalar el pronunciamiento realizado en un informe reciente de IBM (2017) que se acoge al pensamiento coasiano de los costes de transacción para analizar el valor potencial de las cadenas de bloques. El informe señala que, si bien los costes de transacción son más bajos dentro de las empresas, en los últimos años, a medida que las empresas han aumentado, la complejidad adicional de las operaciones ha crecido exponencialmente, mientras que el crecimiento de los ingresos se ha mantenido lineal. ¿Cuál ha sido el resultado? En cierto punto, las organizaciones se enfrentan a rendimientos decrecientes. En dicho informe se destacan tres tipos de fricciones que predominan en la actualidad:

1. *Fricciones de información*: los participantes en una transacción no tienen acceso a la misma información; la información requerida no es de fácil acceso y los riesgos de seguridad y privacidad siguen aumentando (por ejemplo, el pirateo informático, el cibercrimen y el robo de identidad).
2. *Fricciones de interacción*: se necesitan intermediarios para ayudar a lidiar con la creciente escala y complejidad; las transacciones tardan más debido a procesos globales arcanos; y la falta de mercados confiables en muchas economías de todo el mundo.
3. *Fricciones de innovación*: estas incluyen sistemas heredados, procesos burocráticos e inercia institucional; regulaciones restrictivas que sofocan la innovación y el cambio; y crecientes incertidumbres y amenazas que dificultan el avance.

También en este trabajo se constata que la TCD tiene el potencial de erradicar el coste de la complejidad, reducir significativamente estas fricciones y, en última instancia, redefinir los límites tradicionales de una organización, simplemente llevando uno de los conceptos más importantes y más antiguos, el libro de contabilidad a la era de Internet.

Los libros contables constituyen un registro permanente de todas las transacciones económicas que maneja una institución, ya sea un banco que administra depósitos, préstamos y pagos; una casa de bolsa manteniendo un registro de acciones y bonos; o una oficina gubernamental registrando nacimientos y muertes, la propiedad y venta de terrenos y casas, o documentos de identidad legal como pasaportes y licencias de conducir. Son uno de los conceptos más antiguos e importantes en transacciones financieras y otras aplicaciones de misión crítica.

Por otro lado, el mismo informe recién mencionado enumera 5 atributos básicos de la cadena de bloques (TCD) que ayudarán a reducir estas fricciones, a saber:

1. *Distribuido y sostenible*. “El libro mayor se comparte, se actualiza con cada transacción y se replica de manera selectiva entre los participantes casi en tiempo real. La privacidad se mantiene mediante técnicas criptográficas y/o técnicas de partición de datos para brindar a los participantes una visibilidad selectiva del libro; ambas transacciones y la identidad de las partes en la transacción pueden ser enmascaradas. Debido a que no es propiedad ni está bajo el control de ninguna organización, la existencia continua de la plataforma de la cadena de bloques no depende de ninguna entidad individual”.
2. *Seguro e indeleble*. “La criptografía autentifica y verifica las transacciones y permite a los participantes ver sólo las partes del libro que son relevantes para ellas. Una vez que se acuerdan las condiciones, los participantes no pueden manipular un registro de la transacción. Los errores solo se pueden revertir con nuevas transacciones “, una vez más: el palimpsesto no es posible.
3. *Transparente y auditable*. “Debido a que los participantes en una transacción tienen acceso a los mismos registros, pueden validar las transacciones y verificar las identidades o la propiedad sin la necesidad de intermediarios terceros. Las transacciones tienen un sello de tiempo y se pueden verificar casi en tiempo real”.
4. *Basado en consenso y transaccional*. “Todos los participantes relevantes de la red deben aceptar que una transacción es válida. Esto se logra mediante el uso de algoritmos de consenso. La TCD establece las condiciones bajo las cuales puede ocurrir una transacción o intercambio de activos”.
5. *Orquestado y flexible*. “Debido a que las reglas comerciales y los contratos inteligentes que se ejecutan en base a una o más condiciones pueden integrarse en la plataforma, las redes empresariales de TCD pueden evolucionar a medida que maduran para soportar procesos empresariales de extremo a extremo y una amplia gama de actividades”.

De acuerdo con lo anterior, convendría entonces detenerse a analizar las consecuencias lógicas de las calificaciones formuladas, esto es, ¿cuál es el efecto económico de TCD? ¿qué tipo de tecnología es la TCD?

En un afán resolutivo, cabría considerar dos grandes categorías de respuesta, según que se entienda que la TCD contribuye a la tecnología de producción (corres-

ponderaría a una tecnología de propósito general) o una tecnología de intercambio (una mejora del mercado). Considerar que la TCD es una tecnología de propósito general, se inspira en la idea de la “destrucción creativa” schumpeteriana: cabe esperar una panoplia amplia de “aplicaciones”, a través de la tokenización de activos criptográficos, en muchos y muy variados sectores de la economía, al contribuir con factores múltiples en la propia productividad del crecimiento económico. En la actualidad, esta perspectiva se encuentra todavía en la fase de “singularidad” del modelo de Downes y Nunes (2014) de la Figura 5. Incluso, adolece, quizás por su emergencia, de una posible exageración que rodea las perspectivas de la tecnología de contabilidad distribuida como un “motor de crecimiento”, amplificación típica del sesgo cognitivo de sobreestimar el impacto de esta nueva forma de organización a corto plazo y pensar que sucedería más rápido de lo que lo ha hecho, en línea con lo que sugiere el modelo de Gartner (2017) de la Figura 6. Mientras que la segunda posibilidad, basada un enfoque coasiano, pone un énfasis en la forma en que la llegada de la tecnología de contabilidad distribuida podría afectar drásticamente la economía al reducir significativamente los costes de transacción, a través de una verificación sin coste y sin la necesidad de una gravosa intermediación.

Del análisis tanto del *status quo* como de las expectativas manifestadas, cabe inferir suficientes evidencias acerca de que la TCD es claramente una tecnología que reducirá los costes de transacción de algunos intercambios, independientemente del alcance de la exageración (alta) o los niveles de adopción (creciente, pero aún muy bajo), o la velocidad y el coste real de cada transacción ⁷.

Además de estas dos visiones, también cabe asumir una nueva opción que ratifica la importancia de la TCD a un nivel institucional, esto es, entendiendo la TCD como una nueva forma de coordinación de la actividad económica, un nuevo tipo de institución económica, que me permito denominar “organizaciones impulsadas por tecnologías de contabilidad distribuida” (“*DLT-driven organizations*”, en su acepción inglesa). De acuerdo con Davidson, et al. (2017), tal perspectiva difiere significativamente de las antes citadas de eficiencia de producción o intercambio, que restringen su argumentación a que la TCD ofrece márgenes de mejora a las instituciones económicas existentes al aumentar la productividad multifactorial o reducir los costes de transacción.

(7) Por ejemplo, con las restricciones actuales de bloques y sin el uso de cadenas laterales, hasta la fecha, el Bitcoin es todavía varios órdenes de magnitud más lento y más costoso que las plataformas globales de pagos tales como Mastercard / Visa o PayPal. No obstante, otras propuestas, como las basadas en “gráficos acíclicos dirigidos” plantean una disminución drástica de los mismos.

Por tanto, hasta el año 2009, las instituciones económicas del capitalismo consistieron en empresas, mercados, bienes comunes, clubes, contratos relacionales y gobiernos. Estas instituciones aportaron colectivamente dinero, leyes, derechos de propiedad, contratos y finanzas a través de organizaciones y redes de producción e intercambio (Hodgson, 2015). Con el advenimiento del Bitcoin o la TCD y la subsecuente tokenización de la economía, desde 2009, existe un mecanismo adicional para que un grupo de organizaciones, personas o entidades jurídicas de todo tipo coordinen su actividad económica a través del mecanismo institucional de una TCD.

Por un lado, están los gobiernos que mantienen registros de autoridad, privilegio, responsabilidad y acceso. Los gobiernos son la entidad de confianza que mantiene bases de datos de ciudadanía y el derecho a viajar, obligaciones impositivas, derechos de seguridad social y propiedad. Cuando un libro mayor requiere coacción para ser ejecutado, el gobierno es requerido. Por otro lado, están las empresas que también mantienen libros contables: libros de propiedad de empleo y responsabilidad, de propiedad y despliegue de capital físico y humano, de proveedores y clientes, de propiedad intelectual y privilegio corporativo. De hecho, no resulta extraño describir a las empresas como un “nexo de contratos”. Aunque su valor proviene de la forma en que se ordena y estructura el nexo: la empresa es, sencillamente, un registro de contratos y capital.

Además, tanto las empresas y los gobiernos pueden emplear la TCD para hacer que su trabajo sea más eficiente y confiable. De hecho, las empresas multinacionales y las redes de empresas necesitan conciliar las transacciones a nivel mundial y las cadenas de bloques pueden permitir que lo hagan casi instantáneamente. Y los gobiernos pueden utilizar la inmutabilidad de la TCD para garantizar que los títulos de propiedad y los registros de identidad sean precisos y no estén atenuados. Las reglas de permiso bien diseñadas en las aplicaciones de TCD pueden dar a los ciudadanos y consumidores más control sobre sus datos.

A más a más, y en adelante, las “organizaciones impulsadas por TCD” también pueden competir contra empresas y gobiernos, pues, la TCD es una tecnología institucional: una nueva forma de mantener un libro mayor, esto es, coordinar la actividad económica, distinta de las organizaciones típicas del capitalismo como empresas y los gobiernos. Un nuevo vecino ha llegado. Ahora es posible descentralizar y distribuir un libro mayor de contratos y capital de una forma que antes no se podía. Además, la prueba de concepto que ha supuesto el Bitcoin ha ratificado que los aspectos relativos a identidad, permiso, privilegio y derecho se pueden mantener y aplicar sin necesidad de respaldo gubernamental.

Desde esta perspectiva institucional, no se cuestiona si la adopción de la TCD aumentará la eficiencia del mercado (Catalini y Gans, 2017) o mejorará la productividad en empresas y gobiernos (Böhme et al, 2015; Walport, 2016). Pero, sí cabe sostener que el estudio de la TCD debería ser de especial interés para los economistas institucionales, dado que dicha tecnología parece ofrecer una nueva forma de coordinar la actividad económica, pues, la tecnología subyacente posee muchos aspectos institucionales del capitalismo de mercado en sí mismo, tales como derechos de propiedad (libro mayor, entrada y claves privadas), mecanismos de intercambio (claves públicas y redes peer-to-peer), dinero nativo (cryptotokens), ley (código) y finanzas (ofertas iniciales de monedas).

De acuerdo con Berg et al (2017), el estudio propio de la “*tokenización económica institucional*” se enfocaría principalmente en las consecuencias institucionales de los libros mayores seguros y sin confianza criptográficos.

Mientras la economía clásica y neoclásica entienden que el propósito de la economía radica en estudiar la producción y distribución de recursos escasos y los factores que sustentaron esa producción y distribución, la economía institucional entiende que la economía está hecha de reglas. Las reglas (como las leyes, los idiomas, los derechos de propiedad, las normas sociales y las ideologías) permiten que las personas dispersas y oportunistas coordinen su actividad en conjunto. Las reglas facilitan el intercambio: el intercambio económico, pero también el intercambio social y político.

En consecuencia, lo que aquí se ha dado en denominar “*tokenización económica*” podría enfocarse entonces en los principios económicos y la teoría que sustentan las implementaciones de la TCD, sea la cadena de bloques o alternativas emergentes, como los gráficos acíclicos dirigidos (DAGs). Así, por ejemplo, examinará la teoría de juegos y el diseño de incentivos, según se relacionan con el diseño de la TCD.

Por su parte, la *tokenización económica institucional*, en aras al cumplimiento de su finalidad epistemológica, podrá servirse de todas aquellas técnicas o instrumentos matemáticos susceptibles de propiciar una mejor captación de los eventos económicos con objeto de formalizarlos y así poder actuar sobre ellos y donde el objeto material viene dado por el análisis de la economía institucional de la TCD y la tokenización económica como sistemas para coordinar el intercambio, mientras que su objeto formal, en lugar de observar las reglas, se centrará tanto en las mismas “organizaciones impulsadas por tecnologías de contabilidad distribuida” (*DLT-driven organizations*) como en los libros contables: datos estructurados por reglas, esto es, se interesará en las reglas que rigen los libros mayores, las institu-

ciones sociales, políticas y económicas que se han desarrollado para dar servicio a esos libros contables y cómo la invención de la TCD cambia los patrones de los libros mayores en toda la sociedad.

La TCD (basada en Blockchain o DAGs u otras) es una tecnología experimental, esto es, se trata de un motor de la alteridad: una oportunidad para imaginar un mundo diferente e imaginar la mecánica de cómo ese mundo disímil podría funcionar. Este proceso va a ser extremadamente turbulento, en especial, cabe suponer que se perturbarán masivamente las condiciones económicas actuales. La economía global se enfrenta (lo que esperamos que será) a un largo período de incertidumbre sobre cómo los hechos que lo sustentan serán reestructurados, dismantelados y reorganizados. Sin duda, grandes fortunas se harán y perderán antes de saber exactamente cómo se desarrollará esta escarpada disrupción.

Los emprendedores e innovadores resolverán la incertidumbre, como siempre, a través de un proceso de prueba y error. El cuestionamiento de dónde se puede utilizar la TCD será una pregunta tipo de los lanzamientos emprendedores (startups). Algunos emprendedores y empresarios intentarán mover los libros mayores a la cadena de bloques y fallarán. No todo es un caso de uso de TCD. Probablemente aún no se haya vislumbrado la aplicación “rompedora” de la cadena de bloques. Ni tampoco se puede aventurar, ni siquiera anunciar, lo que arrojará la combinación de libros mayores, criptografía y redes entre iguales en el futuro. Los mejores usos de la TCD o la cadena de bloques están todavía por descubrirse. Luego deben implementarse en un sistema político y económico del mundo real que tenga instituciones profundas y establecidas que ya se sirvan de TCD. Tampoco esta parte será un “desayuno gratis”. Pero, como se constató, los libros mayores son tan omnipresentes, y las posibles aplicaciones tan abarcativas, que algunos de los principios más fundamentales que gobiernan nuestra sociedad están en juego.

La revolución industrial marcó el comienzo de un mundo en el que los modelos comerciales se basaban en la jerarquía y el capitalismo financiero. La revolución iniciada con la cadena de bloques verá una economía con menos sabor a pan seco, dominada por un capitalismo más humano y con una mayor autonomía individual, en consonancia con las solicitudes mencionadas en el proemio. ¿Cómo se desarrollará? Todavía no se avizora una respuesta, pero, a tenor de lo ya acontecido, existen serias posibilidades de que las evidencias nos “asombren” (*thaumazein*).

Coda: Más Allá de las Conclusiones. Hacia nuevas preguntas

“Un día supe que la ciencia no es verdad. No recuerdo qué día, sí el momento. El Dios del siglo XX ya no era Dios. Había un error, y parecía que nadie en la ciencia dejaba de cometerlo. Decían que todo era verdadero o falso... Los científicos podían errar en las matemáticas y en la lógica. Y eran capaces de mantener su error con toda la pompa e intolerancia de una secta religiosa”

Bart Kosko

La digitalización con toda su carga disruptiva sugiere que en la tercera década de este siglo cualquiera tendrá a su disposición 100 veces más potencia informática que hoy. Miles de millones de cerebros y billones de dispositivos se conectarán a Internet, no sólo para acceder al conocimiento colectivo de nuestra humanidad, que también será creado por entes no humanos.

En este tiempo digital vivimos la experiencia de presenciar el surgimiento de la inteligencia artificial efectiva en dominios muy diversos como el cuidado de la salud, el transporte o el comercio global. Ya trabajamos junto a máquinas que entienden lo que decimos y responden apropiadamente, robots que pueden manipular objetos y moverse a través del entorno y vehículos que pueden conducirse ellos mismos. El futuro cada vez está más cerca y no espera. De hecho, gran parte de la “destrucción creativa” de Joseph Schumpeter tuvo lugar en este tiempo digitalizado, apremiándonos a todos como la Reina Roja a capear con éxito tal destrucción.

Y, entonces, ¿qué podemos hacer los economistas, cuál es nuestro rol? Una idea vertida por la Dra. Duflo (2017), formulada hace un año en la conferencia plenaria del encuentro anual de la Asociación Americana de Economía, sugería reivindicar el papel activo de los economistas en la solución de muchos de los problemas que tenemos como sociedad superando la simple recomendación políticas económicas o en predecir sus efectos, sino también en “arremangarse” y “bajar al fango” de esas mismas políticas y preocuparse por los detalles a la hora de aplicarlas.

Un ejemplo preclaro de tal conciencia de servicio yo lo he encontrado en los trabajos del Dr. Gil Aluja. Desde el primer libro que leí a finales de los años ochenta del siglo pasado, titulado “Introducción de la Teoría de los subconjuntos Borrosos a la Gestión de Empresas” hasta la actualidad sus trabajos no han dejado de anunciar lo que viene.

Concluyo. Este alegato se ha enfocado en un panorama de innovación que representa sólo 10 años de trabajo de un grupo selecto de científicos informáticos, criptógrafos y matemáticos. A medida que el potencial de estos avances llegue a la sociedad, las cosas a muchos nos van a parecer mágicas, que diría Carl Sagan.

Como es conocido, predecir es difícil. Los predictores usualmente sobreestiman qué tan rápido sucederán las cosas y subestiman los impactos a largo plazo. Pero, el sentido de escala dentro de la industria de las Tecnologías de Contabilidad Distribuida sugiere que los cambios que se producirán serán tan grandes como la invención original de Internet y esto no debe ni soslayarse ni exagerarse. Además, sí que se constatan evidencias de que a medida que el ecosistema Bitcoin madure y más personas se adhieran a este nuevo modo de colaboración, se extenderá a “todo”, incluso antes de lo que cualquiera de nosotros pueda pensar.

Tenemos una tecnología más poderosa a nuestra disposición que en ningún tiempo previo, tanto a nivel individual como colectivo (sociedad). Esto significa que tenemos más poder para cambiar el mundo. Tenemos más libertad para hacer cosas que simplemente no podrían haber sido hechas por generaciones anteriores. En lugar de estar encerrados en un futuro único, tenemos una mayor capacidad para dar forma al futuro. De ahí que, quizás en lugar de cuestionarnos “¿qué nos hará la tecnología?”, deberíamos enfocarnos en “¿qué queremos hacer con la tecnología?”. Esa es la cuestión, lo que importa es pensar profundamente sobre lo que queremos. Tener más poder y más opciones significa que nuestros valores son más importantes que en ningún otro momento de la historia de la humanidad.

A este respecto, fue otro alemán, Hölderlin, uno de los poetas que más enseñanzas tiene para nosotros en esta época alarmante, quien escribió que “allí donde crece el peligro crece también la salvación”, recordándonos que no hay mayor deber para la cultura humana que reconciliarse con la naturaleza y afirmó que el hombre es capaz de crear muchas cosas, pero que sólo se salvará si sabe proteger lo que ha recibido, aquello que no somos capaces de hacer, sino que nos fue dado, sin que sepamos cómo ni por quién: el agua, el aire, el milagro de la vida, la prodigalidad de la naturaleza, el amor o la amistad.

Y acabo. Sirvan mis palabras de cierre para expresar mi sincero agradecimiento por lo mucho aprendido, pero, más aun si cabe, por el afecto dispensado en estos últimos treinta años: Gracias Dr. Gil Aluja, maestro y amigo. Puede que el desierto avance, pero contigo la economía no se detiene. ¡Aunque haya leones!

Bibliografía

- Adams, J. D., Black, G. C., Clemmons, J. R., & Stephan, P. E. (2005). Scientific teams and institutional collaborations: Evidence from U.S. universities, 1981–1999. *Research Policy*, 34(3), 259–285.
- Alexopoulos, N., Daubert, J., Mühlhäuser, M., & Habib, S. (2017). Beyond the Hype: On Using Blockchains in Trust Management for Authentication. In *Conference: 2017 IEEE Trustcom/BigDataSE/ICSS* (pp. 546–553).
- Ali, R., Barrdear, J., Clews, R., & Southgate, J. (2014). Innovations in payment technologies and the emergence of digital currencies. *Bank of England Quarterly Bulletin*, 54(3), 262–275.
- Allen, D. W. (2012). *The institutional revolution : measurement and the economic emergence of the modern world*. Chicago: University of Chicago Press.
- Al-Razouki, M. (2016). Seven global medical technology trends to look out for in 2017. <https://www.weforum.org/agenda/2016/12/seven-global-medical-technology-trends-to-look-out-for-in-2017/>
- Ángel, J., & McCabe, J. (2015). The ethics of payments: Paper, plastic or Bitcoin? *Journal of Business Ethics*, 132, 603–611.
- Baldwin, R. E. (2016). *The great convergence : information technology and the new globalization*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Baldwin, R., & López-González, J. (2015). Supply-chain Trade: A Portrait of Global Patterns and Several Testable Hypotheses. *The World Economy*, 38(11), 1682–1721. <http://doi.org/10.1111/twec.12189>
- Barfield, W. (2015). The Technological Future. In *Cyber-Humans* (pp. 1–37). New York: Springer.
- Barkatullah, J., & Hanke, T. (2015). Goldstrike 1: CoinTerra's First-Generation Cryptocurrency Mining Processor for Bitcoin. *IEEE*, 35(2), 68–76.
- Bateman, A. (2015). Tracking the value of traceability. *Supply Chain Management Review*, Nov, 8–10. https://ctl.mit.edu/sites/ctl.mit.edu/files/SCMR1511_InnovStrategies.pdf
- Bauman, Z. (2013). *Vida líquida*. Barcelona: Austral.
- Baxendale, G. (2016). Can blockchain revolutionise EPRs? *ITNow*, Spring, 38–39.
- Bennett, N., & Lemoine, J. (2014). What VUCA Really Means for You. *Harvard Business Review*, 92(1/2).

- Berg, C., Davidson, S., & Potts, J. (2017). The Blockchain Economy: A beginner's guide to institutional cryptoeconomics. <https://medium.com/@cryptoeconomics/the-blockchain-economy-a-beginners-guide-to-institutional-cryptoeconomics-64bf2f2beec4>
- Birch, D. (2017). *Before Babylon, beyond Bitcoin: from money that we understand to money that understands us*. London: London Publishing Partnership.
- Böhme, R., Christin, N., Edelman, B., & Moore, T. (2015). Bitcoin: Economics, Technology, and Governance. *Journal of Economic Perspectives*, 29(2), 213–238.
- Bolt-Lee, C., & Foster, S. D. (2003). The Core Competency Framework: a new element in the continuing call for accounting education change in the United States. *Accounting Education*, 12(1), 33–7.
- Bort, J. (2016). 9 tech trends that will make billions of dollars starting in 2017 | Business Insider India. <https://www.businessinsider.in/9-tech-trends-that-will-make-billions-of-dollars-starting-in-2017/articleshow/55040462.cms>
- Bradbury, D. (2013). The problem with Bitcoin. *Computer Fraud & Security*, 11, 5–8.
- Bradbury, D. (2015). In blocks we trust. *Engineering & Technology*, 10(2), 68–71.
- Bradley, J., Loucks, J., Macaulay, J., Noronha, A., & Wade, M. (2015). An IMD and Cisco Initiative Digital Vortex Key Insights Digital Vortex. <https://www.cisco.com/c/dam/en/us/solutions/collateral/industry-solutions/digital-vortex-report.pdf>
- Bradshaw, B. (2011). 3D Printing Provides New Options for Prototyping, Mold-making: MoldMaking Technology. <https://www.moldmakingtechnology.com/articles/3-d-printing-provides-new-options-for-prototyping-moldmaking>
- Brooks, S. (2017). Part 2: Blockchain: Asset Tokenisation. Medium. <https://medium.com/@samuel.brooks/part-2-blockchain-asset-tokenisation-6e79feba66a4>
- Bunker, S. G., & Ciccantell, P. S. (2005). *Globalization and the race for resources*. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.
- Cag, D. (2017). 11 Amazing Examples of Disruptive Technology. <https://richtopia.com/emerging-technologies/11-disruptive-technology-examples>

- Castells, M. (1997). *La era de la información: economía, sociedad y cultura. Volumen I: La Sociedad Red*. Madrid: Alianza Editorial.
- Castells, M., & Martínez Gimeno, C. (2006). *La era de la información : economía, sociedad y cultura*. Madrid: Siglo XXI.
- Catalini, C., & Gans, J. (2017). Some simple economics of the blockchain. *SSRN Electronic Journal*. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2874598
- Catley, J. (2016). Tech Disruption in Healthcare Poised to Skyrocket in 2017. <https://www.mdconnectinc.com/medical-marketing-insights/tech-disruption-in-healthcare-poised-to-skyrocket-in-2017>
- Chemmanur, T. J., Loutskina, E., & Tian, X. (2014). Corporate Venture Capital, Value Creation, and Innovation. *Review of Financial Studies*, 27(8), 2434–2473.
- Christensen, C. M., & Gorín, J. (1999). *El dilema de los innovadores*. Barcelona: Garnica.
- Clark, R. M., & Besterfield-Sacre, M. (2017). Assessing Flipped Classrooms. In *The Flipped Classroom* (pp. 57–74). Singapore: Springer Singapore.
- Coeckelbergh, M. & Reijers, W. (2015). Cryptocurrencies as narrative technologies. *ACM SIGCAS Computers and Society – Special Issue on Ethicomp*, 45(3), 172–178.
- Cummings, J. N., & Kiesler, S. (2005). Collaborative Research Across Disciplinary and Organizational Boundaries. *Social Studies of Science*, 35(5), 703–722.
- DAMADEI Design and Advanced Materials As a Driver of European Innovation*. (2013). http://www.damadei.eu/wp-content/uploads/DAMADEI_report_low.pdf
- Davidson, S., De Filippi, P., & Potts, J. (2017). Blockchains and the economic institutions of capitalism – Cryptoeconomics. https://www.academia.edu/33138299/Blockchains_and_the_economic_institutions_of_capitalism
- Decker, C., & Wattenhofer, R. (2015). A Fast and Scalable Payment Network with Bitcoin Duplex Micropayment Channels BT - Stabilization, Safety, and Security of Distributed Systems. In A. Pelc & A. A. Schwarzmann (Eds.), (pp. 3–18). Cham: Springer International Publishing.

- DeMers, J. (2016). 7 Technology Trends That Will Dominate 2017. <https://www.forbes.com/sites/jaysondemers/2016/11/16/7-technology-trends-that-will-dominate-2017/#2c01fa9c4a51>
- DeWaal, G. & Dempsey, G. (2015). New York BitLicense regulations virtually certain to significantly impact transactions in virtual currencies. *Journal of Investment Compliance*, 16(4), 59–65.
- Di Battista, G., Di Donato, V., Patrignani, M., Pizzonia, M. & Roselli, V. (2015). Bitcoinview: Visualization of flows in the Bitcoin transaction graph. *Proceedings of IEEE Symposium on Visualization for Cyber Security*, pp. 1–8.
- Dijk, J. van. (2005). *The network society : social aspects of new media*. London: Sage Publications.
- Doguet, J. (2013). The nature of the form: Legal and regulatory issues surrounding Bitcoin digital currency system. *Louisiana Law Review*, 73(4), 1118–1153.
- Downes, L., & Nunes, P. (2014). *Big bang disruption : strategy in the age of devastating innovation*. New York: Penguin.
- Duflo, E. (2017). *The Economist as Plumber: Large Scale Experiments to Inform the Details of Policy Making*. AEA Richard T. Ely Lecture, January 2017. <http://economics.mit.edu/files/12569>
- Dyson, B. (2014). *Bitcoin's 3 fatal design flaws*. *Positive Money*. <http://positive-money.org/2014/04/bitcoins-fatal-design-flaws/>
- Edwards, C. (2015). Finance – Bitcoin price crash finds new victims. *Engineering and Technology*, 10(2), 19.
- Fanning, K. & Centers, D. (2016). Blockchain and its coming impact on financial services. *Journal of Corporate Accounting and Finance*, Jul/Aug, 53–57.
- Feld, S. , Schonfeld, M. & Werner, M. (2014). Analysing the deployment of Bitcoin's P2P network under as AS-level perspective. *Procedia Computer Science*, 32, 1121–1126.
- Fernández Pirla, J. M. (1983). *El hecho contable y el derecho*. Barcelona: RACEF. <https://racef.es/es/discursos/el-hecho-contable-y-el-derecho>
- Fontela, E. (1998). The Era of finance: Proposals for the future. *Futures*, 30(8), 749–768.
- Fox-Brewster, T. (2015). How hackers abused Tor to rob blockchain, steal bitcoin, target private email and get away with it. *Forbes*, 24(02). <https://www.forbes.com/sites/thomasbrewster/2015/02/24/blockchain-and-darknet-hacks-lead-to-epic-bitcoin-losses/#383c092435e5>

- Friedman, T. L. (2005). *The world is flat : a brief history of the twenty-first century* (Century). New York: Farrar, Straus and Giroux.
- Gartner. (2017). Top Trends in the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2017 - Smarter With Gartner. <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/top-trends-in-the-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2017/>
- Gil Aluja, J. (1967). El estudio dinámico de la elección de las inversiones. *Técnica Contable*, (19), 41–50 y 66.
- Gil Aluja, J. (2010). El tránsito hacia el estudio de Sistemas Económicos complejos. In *Homenaje al Dr. Rafael Muñoz Ramírez, Empresario y docente* (pp. 73–96). Madrid: AECA.
- Gil Aluja, J. (2012). La ciencia ante el desafío de un futuro progreso social sostenible. In *La transformació del món després de la crisi Una anàlisi polièdrica i transversal* (pp. 265–315). Barcelona: Reial Acadèmia de Doctors. http://raed.academy/wp-content/uploads/2015/06/RAD-S_Ina2012-2013_Web-1.pdf
- Gil Aluja, J. (2015). Algunas reflexiones sobre el futuro de la investigación económica. *Anales de La Real Academia de Ciencias Económicas Y Empresariales, Curso 2014-2015*, 67–82. https://racef.es/archivos/publicaciones/web_racef_anales_2014_15.pdf
- Gil Aluja, J., & Gil Lafuente, A. M. (2007). *Algoritmos para el tratamiento de fenómenos económicos complejos : bases, desarrollos y aplicaciones*. Centro de Estudios Ramón Areces.
- Godsiff, P. (2015). *Bitcoin: Bubble or blockchain?* Exeter: University of Exeter Business School.
- Gould, S. J. (1980). *The panda's thumb : more reflections in natural history*. New York: Norton.
- Graeber, D. (2011). *Debt : the first 5,000 years*. New York: Melville House.
- Greebel, E. L., Moriarty, K., Callaway, C. & Xethalis, G. (2014). Recent key Bitcoin and virtual currency regulatory and law enforcement developments. *Journal of Investment Compliance*, 16(1), 13–18.
- Han, B.-C. (2013). *La sociedad de la transparencia*. Madrid: Herder.
- Han, B.-C. (2017). *La sociedad del cansancio*. Madrid: Herder.
- Heidegger, M. (1989). *La autoafirmación de la Universidad alemana, el Rectorado, 1933-1934, entrevista del Spiegel*. Madrid: Tecnos.

- Heidegger, M. (2002). *Serenidad*. Barcelona: Ediciones del Serbal.
- Heires, K. (2016). The Risks and Rewards of Blockchain Technology. *Risk Management Magazine*, Marzo. <http://www.rmmagazine.com/2016/03/01/the-risks-and-rewards-of-blockchain-technology/>
- Heisenberg, W. (1958). *Physics and Philosophy: The Revolution in Modern Science*. New York: Harper.
- Higgins, S. (2015). *Ben Bernanke: Bitcoin has 'serious problems'*. *Coindesk*. <http://www.coindesk.com/ben-bernanke-bitcoin-serious-problems/>
- Hirsch, T. (2013). The Future of Money: Todd Hirsch at TEDxEdmonton - YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=K0n3BGId9nU>
- Hodgson, G. M. (2015). *Conceptualizing Capitalism*. Chicago: University of Chicago Press.
- Hume, D. (2001). *Tratado de la naturaleza humana. Ensayo para introducir el método del razonamiento experimental en los asuntos morales*. Albacete: Servicio de Publicaciones. Diputación de Albacete.
- IBM (2017). *Fast forward: Rethinking enterprises, ecosystems and economies with blockchains*. <https://www-01.ibm.com/common/ssi/cgi-bin/ssialias?htmlfid=GBE03757USEN>
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, H. (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0*. http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Material_fuer_Sonderseiten/Industrie_4.0/Final_report_Industrie_4.0_accessible.pdf
- Kaufmann, A. y Gil Aluja, J. (1986). *Introducción de la teoría de los subconjuntos borrosos a la gestión de las empresas*. Santiago de Compostela: Milladoiro.
- Kaufmann, A. y Gil Aluja, J. (1987). *Técnicas operativas de gestión para el tratamiento de la incertidumbre*. Barcelona: Hispano Europea
- Kaufmann, A. y Gil Aluja, J. (1988). *Modelos para la investigación de efectos olvidados*. Santiago de Compostela: Milladoiro.
- Kaufmann, A. y Gil Aluja, J. (1990). *Las matemáticas del azar y de la incertidumbre*. Madrid: Centro de Estudios Ramón Areces.
- Kaufmann, A. y Gil Aluja, J. (1991). *Nuevas técnicas para la dirección estratégica*. Barcelona: Ediciones Universidad de Barcelona.

- Kaufmann, A. y Gil Aluja, J. (1992). *Técnicas de Gestión de Empresa. Previsiones, decisiones y estrategias*. Madrid: Pirámide.
- Kemp, G. (2012). *The East Moves West: India, China, and Asia's Growing Presence in the Middle East* (2nd ed.). Washington DC: Brookings Institution Press.
- Khan, A. (2015). Bitcoin – payment method or fraud prevention tool? *Computer Fraud & Security*, 5, 16–19.
- KPMG International. (2016). *The disruptors are the disrupted. Disruptive technologies barometer: Technology sector*. <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/xx/pdf/2016/11/disruptive-technologies-barometer-tech-report.pdf>
- Liebowitz, S., & Margolis, S. E. (1998). Network Externalities (Effects). *The New Palgrave's Dictionary of Economics and the Law*, MacMillan. <https://wwwpub.utdallas.edu/~liebowit/palgrave/network.html>
- Lietaer, B. (2001). *The Future of Money | Currency Solutions for a Wiser World*. London: Random House.
- López González, E. (2001). De la Divina Proporción a las Heurísticas bio-inspiradas: Integración de Soft-Computing en la Contabilidad Directiva como propuesta de innovación para la investigación y la enseñanza. In *Cruzando fronteras: tendencias de contabilidad directiva para el siglo XXI, Actas del VII Congreso Internacional de Costos y II Congreso de la Asociación Española de Contabilidad Directiva* (pp. 47–118). León: Universidad de León. <http://intercostos.org/documentos/congreso-07/Conferencia Plenaria 1.pdf>
- Luo, Z. (2014). *Smart manufacturing innovation and transformation: interconnection and intelligence*. Hershey, PA: IGI Global.
- Luu, L., Teutsch, J., Kulkarni, R., & Saxena, P. (2015). Demystifying incentives in the consensus computer. *CCS '15: Proceedings of the 22nd ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security*, pp. 706–719. <https://eprint.iacr.org/2015/702.pdf>
- Manyika, J., Chui, M., Bughin, J., Dobbs, R., Bisson, P., & Marrs, A. (2013). *Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy | McKinsey & Company*. <https://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/disruptive-technologies>
- Martin, F. (2013). *Money: The Unauthorised Biography*. New York: Bodley Head.

- Marvin, R. (2016). Blockchain in 2017: The Year of Smart Contracts. *PC magazine*, December, 12. <https://www.pcmag.com/article/350088/blockchain-in-2017-the-year-of-smart-contracts>
- Masters, B. (2016). The revolution beyond bitcoin. <http://www.theworldin.com/article/10635/edition2016revolution-beyond-bitcoin>
- Maurer, B., Nelms, T., & Swartz, L. (2013). When perhaps the real problem is money itself!: The practical materiality of Bitcoin. *Social Semiotics*, 23(2), 261–277.
- Maxwell, D., Speed, C., & Campbell, D. (2015). *Effing' the ineffable: Opening up understandings of the blockchain*. *British HCI '15: Proceedings of the 2015 British HCI Conference*, 208–209.
- McLuhan, M. (2003). *Understanding media: the extensions of man*. Corte Madera, CA: Gingko Press.
- McWaters, R., Galaski, R. & Chatterjee, S. (2016). The future of financial infrastructure: An ambitious look at how blockchain can reshape financial services. *World Economic Forum*. <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-financial-infrastructure-an-ambitious-look-at-how-blockchain-can-reshape-financial-services/>
- Mesko, B. (2016). 10 Disruptive Technologies That Will Transform Pharma - The Medical Futurist. <http://medicalfuturist.com/disruptive-technology-pharma/>
- Mishkin, F. S. (2017). *The economics of money, banking, and financial markets* (8th ed.). Boston: Pearson.
- Moser, M., Bohme, R., & Breuker, D. (2013). An inquiry into money laundering tools in the Bitcoin ecosystem. *eCrime Researchers Summit*, pp. 1–14.
- Mougayar, W. (2016). *The Business Blockchain. Promise, Practice, and Application of the Next Internet Technology*. Hoboken: John Wiley & Sons.
- Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
- Narayanan, A., Bonneau, J., Felten, E., Miller, A., & Goldfeder, S. (2016). *Bitcoin and Cryptocurrency Technologies. A Comprehensive Introduction*. Princeton: Princeton University Press
- Naughton, J. (2016). Is blockchain the most important IT invention of our age? *The Guardian*. http://www.theguardian.com/commentisfree/2016/jan/24/blockchain-bitcoin-technology-most-important-tech-invention-of-our-age-sir-mark-walport?CMP=share_btn_fb

- Negroponte, N. (1996). *El Mundo digital*. Barcelona: Ediciones B.
- Nietzsche, F. W. (1983). *Así habló Zaratustra*. Madrid: Alianza.
- Nussbaum, F. L. (2012). *A History of the Economic Institutions of Modern Europe: An Introduction of der Moderne Kapitalismus of Werner Sombart by Frederick L. Nussbaum, 1933 | Online Research Library: Questia*. New York: Literary Licensing. <https://www.questia.com/library/304503/a-history-of-the-economic-institutions-of-modern-europe>
- Orrell, D., & Chlupatý, R. (2017). *The evolution of money*. New York: Columbia University Press.
- Paine, J. (2017). 6 Disruptive Technologies to Watch in 2017 | Inc.com. <https://www.inc.com/james-paine/6-disruptive-technologies-to-watch-in-2017.html>
- Parkinson, J. (2015). *IoT mapped: The emerging landscape of smart things*. <http://venturebeat.com/2015/08/23/iot-mapped-the-emerging-landscape-of-smart-things/>
- Parthemer, M., & Klein, S. (2014). Bitcoin: Change for a dollar? *Journal of Financial Service Professionals*, Nov, 16–18.
- Pérez Marco, R. (2013). Bitcoin: la revolución matemático-monetaria. *El País*, Marzo. https://elpais.com/sociedad/2013/03/25/actualidad/1364244613_310292.html
- Pérez, C. (2004). *Revoluciones tecnológicas y capital financiero : la dinámica de las grandes burbujas financieras y las épocas de bonanza*. México: Siglo Veintiuno Editores.
- Piketty, T. (2014). *Capital in the twenty-first century*. Cambridge, MA: The Belknap Press of Harvard University Press.
- Plansky, J., O'Donnell, T., & Richards, K. (2016). A strategist's guide to blockchain. <http://www.strategy-business.com/article/A-Strategists-Guide-to-Blockchain>
- Prevett, R. (2016). 15 Disruptive Technology Trends to watch in 2017 - Disruption Hub. <https://disruptionhub.com/15-disruptive-technology-trends-watch-2017/>
- Rehm, S.-V., Goel, L., & Junglas, I. A. (2015). Role of Information Systems in Empowering Innovation Networks. *MIS Quarterly Executive*, 14(3), 87–103.
- Roth, N. (2015). An architectural assessment of Bitcoin: Using the systems modelling language. *Procedia Computer Science*, 44, 527–536.

- Rutkin, A. (2016). People-powered grid. *New Scientist*, 229(3064), 22.
- Schuelke-Leech, B.-A. (2017). A model for understanding the orders of magnitude of disruptive technologies. *Technological Forecasting and Social Change*, *In press*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162517314610>
- Schuelke-Leech, B.-A., Barry, B., Muratori, M., & Yurkovich, B. J. (2015). Big Data issues and opportunities for electric utilities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 937–947.
- Seo, D., Carmena, J. M., Rabaey, J. M., Alon, E., & Maharbiz, M. M. (2013). Neural Dust: An Ultrasonic, Low Power Solution for Chronic Brain-Machine Interfaces. <http://arxiv.org/abs/1307.2196>
- Shapiro, C., & Varian, H. R. (2000). *El dominio de la información : una guía estratégica para la economía de la Red*. Barcelona: Antoni Bosch.
- Shell, M. (2014). *Dinero, lenguaje y pensamiento: la economía literaria y la filosófica, desde la Edad Media hasta la época moderna*. México D.F.: Fondo de Cultura Económica.
- Simmel, G. (1999). *The philosophy of money*. London: Routledge.
- Simonite, T. (2015). *The looming problem that could kill Bitcoin*. *Technology Review*. <http://www.technologyreview.com/news/540921/the-looming-problem-that-could-kill-bitcoin/>
- Smil, V. (2010). *Two prime movers of globalization : the history and impact of diesel engines and gas turbines*. Cambridge: MIT Press.
- Soto, H. de. (2001). *El misterio del capital*. Barcelona: Península.
- Srinivasan, B. S. (2014). Thoughts on Tokens – news.earn.com. <https://news.earn.com/thoughts-on-tokens-436109aabcbe>.
- Surowiecki, J. (2011). Cryptocurrency. *Technology Review*, Sept, 106–107.
- Swan, M. (2015). Blockchain thinking: The brain as a decentralized autonomous corporation. *Technology and Society Magazine*, 34(4), 41–52.
- Swanson, T. (2015). Consensus-as-a-service: a brief report on the emergence of permissioned, distributed ledger systems. <http://www.ofnumbers.com/wp-content/uploads/2015/04/Permissioned-distributed-ledgers.pdf>
- Szabo, N. (1996). Smart Contracts: Building Blocks for Digital Markets. http://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart_contracts_2.html

- Szabo, N. (1997). Formalizing and Securing Relationships on Public Networks. *First Monday*, 2(9). <http://firstmonday.org/ojs/index.php/fm/article/view/548/469>
- Taft, D. (2016). Blockchain could be most significant innovation since the Internet: Survey. *Eweek*, 25(08), 1–6.
- Taft, D. (2016). Blockchain could be most significant innovation since the Internet: Survey. *Eweek*, 25(08), 1–6.
- Tsukerman, M. (2015). The block is hot: A survey of the state of bitcoin regulation and suggestions for the future. *Berkeley Technology Law Journal*, 30, 1127–1169.
- Tucker, J. A. (2017). What Gave Bitcoin its Value? In *FEE's Essential Guide to Cryptocurrency & Bitcoin* (pp. 26–33). Atlanta, GA: The Foundation for Economic Education. [https://info.fee.org/hubfs/Books and Guides/FEE Essential Guide to Cryptocurrency and Bitcoin.pdf](https://info.fee.org/hubfs/Books%20and%20Guides/FEE%20Essential%20Guide%20to%20Cryptocurrency%20and%20Bitcoin.pdf)
- Turpin, J. (2014). Bitcoin: The economic case for a global, virtual currency operating in an unexplored legal framework. *Indian Journal of Global Legal Studies*, 21(1), 335–367.
- Urban, T. (2015). The AI Revolution: The Road to Superintelligence. waitbutwhy.com/2015/01/artificial-intelligence-revolution-1.html
- Van den Hooff, J., Kaashoek, M. & Zeldovich, N. (2014). VerSum: Verifiable computations over large public logs. *CCS '14: Proceedings of the 2014 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security*, p. 1304–1316. <https://dspace.mit.edu/openaccess-disseminate/1721.1/100450>
- Van Valen, L. (1973). *A New Evolutionary Law. Evolutionary Theory* (Vol. 1).
- Vranken, H. (2017). Sustainability of bitcoins and blockchains. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 28(11), 1–9.
- Walport, M. (2016). *Distributed Ledger Technology: beyond block chain*. London. https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/492972/gs-16-1-distributed-ledger-technology.pdf
- Weber, M. (2001). *La ética protestante y el espíritu del capitalismo*. Madrid: Alianza.
- Welch, A. (2015). The Bitcoin blockchain as financial market infrastructure: A consideration of operational risk. *Legislation and Public Policy*, 18, 837–893.
- Weller, C. (2017). Tech trends that will define 2018 - Business Insider. <http://www.businessinsider.com/tech-trends-that-will-define-2018-2017-12>

- Whetten, D. A. (1989). What Constitutes a Theoretical Contribution? *Academy of Management Review*, 14(4), 490–495. <http://marriottschool.net/emp/daw4/1989 AMR Theory.pdf>
- Wilenius, M. & Kurki, S. (2015). Riding the Sixth Wave: Kondratieff theory as a method in a multi-stakeholder process for the renewal of the Finnish forest and financial services industries. *The Future-Oriented Technology Analysis (FTA) 2014 Conference*. https://ec.europa.eu/jrc/sites/default/files/fta2014-t2S_130.pdf
- Williamson, O. E. (1985). *The economic institutions of capitalism : firms, markets, relational contracting*. New York: Free Press.
- Woods, N. (2008). Whose aid? Whose influence? China, emerging donors and the silent revolution in development assistance. *International Affairs*, 84(6), 1205–1221.
- Yamey, B. S. (1949). Scientific Bookkeeping and the Rise of Capitalism. *The Economic History Review*, 1(2/3), 99–113.
- Zhang, Z. (2012). *Why are the Stakes so High? Misconceptions and Misunderstandings in China's Global Quest for Energy Security*. *SSRN Electronic Journal*. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2122309
- Zuberi, M., & Levin, R. (2016). Schumpeter's revenge: The gale of creative destruction. *Banking and Financial Services Policy Report*, 35(5), 1–8.

Laudatio y Discurso de contestación por la Académica de Número

EXCMA. SRA. DRA. ANNA MARÍA GIL LAFUENTE



EXCMA. SRA. DRA. DÑA. ANA MARÍA GIL LAFUENTE

Excelentísimo Señor Presidente
Excelentísimas y Excelentísimos Señores Académicos
Señoras y Señores

Permítanme que manifieste, en estas primeras palabras, mi profundo agradecimiento a esta Real Corporación por haberme otorgado el privilegio de dar respuesta al discurso del nuevo académico Prof. Dr. D. Enrique López González. Y más allá de recibir este honor por la excelencia de la trayectoria y méritos de quien acaba de ingresar, es representar a una Institución capaz de trabajar y desarrollar una vasta labor en el ámbito económico y financiero en sintonía con los principios fundamentales de la sociedad en la que vivimos.

Hoy se incorpora a nuestra Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras, hoy ya parte inherente del exclusivo cenáculo del Instituto de España, un egregio catedrático de la Universidad de León. Su excelsa labor desarrollada en el ámbito científico, principalmente en la vertiente investigadora, muchas veces rompiendo la ortodoxia de las cómodas corrientes académicas, le ha permitido crear novedosas líneas de trabajo en conexión con las nuevas realidades financieras.

Breve referencia al curriculum vitae

El discurso que hemos tenido el privilegio de escuchar en un obligado breve espacio de tiempo constituye sólo una pequeña muestra de la larga trayectoria que nuestro nuevo académico ha ido desarrollando a lo largo de más de seis lustros. Su actividad ha ido más allá de la labor docente e investigadora propias de un profesor universitario, lo que le ha labrado un prestigio en su ámbito que ha traspasado todas las fronteras.

Ejemplo de trabajo, esfuerzo, constancia, tenacidad y superación, permítanme que me tome la licencia de exponer una breve y obligada síntesis de su trayectoria curricular. En este intento, ciertamente complejo, de resumir la hoja de vida del Dr. López, he asumido el riesgo de seleccionar aquellos méritos que, a mi entender, constituyen los pilares fundamentales de su actividad universitaria, obviamente sin menoscabo de la larga relación de logros que completan su *curriculum vitae*. Espero que en la necesaria brevedad de esta intervención sea capaz de no desmerecer ningún aspecto de su trayectoria académica.

D. Enrique López González es Doctor en Ciencias Económicas por la Universidad de Oviedo y Catedrático de Economía Financiera y Contabilidad en el Departamento de Dirección y Economía de la Empresa de la Universidad de León desde el año 2000. Su trayectoria académica ha sido dinámica, centrándose inicialmente en temas propios de la *Teoría de la Contabilidad* como sistema de información, evolucionando progresivamente hacia el *tratamiento de información en un ambiente de incertidumbre y complejidad y parcialidad de la verdad* y desarrollando una conversación científica original en el campo de la Contabilidad caracterizada por su enjundia innovadora, emergencia disruptiva y complejidad y amplitud conceptual de los tópicos abordados. Su reto ha consistido en propugnar una conceptualización seminal de la Contabilidad Directiva como la gestión inteligente de información para la toma de decisiones que, en aras al cumplimiento de su finalidad epistemológica, se sirve de todas aquellas técnicas o instrumentos matemáticos susceptibles de propiciar una mejor captación de los eventos económicos. Su objetivo está en formalizarlos para poder actuar sobre ellos, precisamente donde el objeto material viene dado por la realidad organizativa y su objeto formal lo constituye el análisis de la información para buscar ventajas competitivas en lo que denomina *modernidad líquida* donde todo fluye, se transforma y acelera.

La línea de investigación del Dr. López se ha posicionado en la frontera de los estudios interdisciplinarios basados en el proceso de toma de decisiones cuando el conocimiento que se dispone del comportamiento de las variables resulta impreciso o incierto. Así, las contribuciones más significativas a la disciplina, financiadas a menudo a partir de proyectos de investigación competitivos, avizoran la conveniencia de incluir tanto el *principio simultaneidad gradual* como la noción de *nivel de presunción*, lo cual permite el acercamiento e incluso la hibridación a aquellas herramientas matemáticas e informáticas (lógica borrosa, computación flexible, aprendizaje profundo...) que toleren procesar esta información y trabajar con valoraciones subjetivas, etiquetas lingüísticas o números borrosos. Este proceder supone un claro *cambio de mentalidad*, evolucionando a partir de la utilización de las herramientas que se encuentran disponibles hacia el propio diseño, elaboración, implementación y difusión de una *nueva caja de instrumentos* que suministra rigor en el razonamiento secuencial, y operatividad práctica ante condiciones de incertidumbre y complejidad.

El Dr. López también ha contribuido activamente en las tareas administrativas y de colaboración para la comunidad académica, desempeñando diversos

puestos de gestión universitaria y participando en distintos procesos de evaluación institucional. Tiene reconocidos 5 quinquenios por méritos docentes y 3 sexenios de investigación. Ha encabezado y contribuido en 25 proyectos de investigación financiados en convocatorias oficiales a nivel europeo, nacional, regional y local. Tiene una amplia experiencia en trabajos para la industria, destacando su labor como inspector de proyectos para AENOR y en la supervisión de varios proyectos de I+D+i para la Agencia Nacional de Evaluación y Prospectiva (ANEP). Cuenta con más de 180 publicaciones científicas, de entre las cuales más de 40 libros y capítulos de libro en editoriales como McGraw-Hill, Pirámide, Springer, Kluwer, Prentice Hall y Phisica Verlag. Otras 23 son artículos publicados en revistas de excelencia científica listadas por su índice de impacto, como la Revista Española de Financiación y Contabilidad; Harvard-Deusto Finanzas y Contabilidad; Fuzzy Economic Review; Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa; Tierras de León; Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial; European Journal of Operational Research, International Journal of Physical Distribution and Logistics Management; Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa; Fuzzy Sets and Systems; Mathware & Soft Computing, entre otras. Entre sus publicaciones constan también las comunicaciones a Congresos Científicos Internacionales y Nacionales superando el centenar. Ha dirigido 9 tesis doctorales y 26 trabajos de fin de carrera, fin de grado o suficiencia investigadora. Colabora como evaluador anónimo de más de una decena de Revistas Científicas Internacionales y de varias Instituciones. Es miembro de varios Consejos Editoriales y de diversas Sociedades Científicas e Institutos Universitarios, interviniendo en numerosos Comités de Congresos Científicos Internacionales y Nacionales.

Reflexiones en torno al discurso

Permítanme los Señores Académicos que proceda muy brevemente a comentar algún aspecto relevante del discurso del beneficiario. Todo este bagaje, que de forma muy sucinta se presenta, ha llevado al Dr. López a focalizar sus recientes investigaciones en la influencia que ejercen las nuevas tecnologías sobre la digitalización de los procesos económicos y el papel de la información como parte integral y sustancial de toda actividad humana. Como consecuencia, todos los procesos de nuestra existencia tanto individual como colectiva convergen en los nuevos medios tecnológicos.

La *Digitalización*, es decir, la conexión entre personas, procesos y datos está cambiando la configuración de los sistemas económicos tal y como los hemos vivido en las últimas décadas, desde la forma de trabajar hasta los sistemas de aprendizaje. La distinción entre lo material y lo digital se disuelve, se hace líquido. Hay evidencias de prototipos que facultan a las señales neurológicas para manipular el mundo físico directamente a través de la integración de los componentes a nivel molecular y atómico. Lo que denominamos *Red* se vuelve más consciente de los fenómenos y de la actividad del entorno. El aumento en la capacidad colectiva de procesamiento disponible y las nuevas fronteras de la inteligencia artificial, junto al aprendizaje continuo, van a permitir una mayor interacción y control de las actividades.

En este contexto, cada innovación producida sobre un elemento o variable ya no sólo adquiere un valor individual e independiente del resto de elementos o variables, sino que se combina e interactúa con otras innovaciones dando lugar a nuevos sistemas de crecimiento. Esta capacidad de reconfiguración ejemplifica un rasgo fundamental en una sociedad líquida caracterizada por el cambio constante y la fluidez autoorganizativa.

Un rasgo característico del imparable proceso de digitalización es la condición efímera de informaciones, reglas y procesos. Cualquier innovación o aportación, en el mismo instante en que entra en el sistema, es rebasado y superado. Y a su vez ello tiene lugar en un contexto en que la tecnología evoluciona de una forma cada vez más rápida en un entorno cada vez más condicionado por la interconexión, y en el que las reglas cambian de forma acelerada en un sistema organizativo que se va reprogramando.

Otro elemento significativo de esta revolución tecnológica es la creciente simbiosis entre sus estructuras, ya sean conceptualmente colindantes o entre diferentes campos tecnológicos, en un sistema totalmente integrado y expandido a la vez. La información se reproduce y se trata cada vez más rápido en unos sistemas cada vez más avanzados en los que se crean continuamente nuevas fronteras de velocidad, capacidad de almacenamiento y tratamiento flexible de datos.

Este vertiginoso ritmo de crecimiento exponencial es consustancial al paradigma de la digitalización. El Dr. López ha mencionado en su discurso de ingreso la *carrera de la Reina Roja* (Van Valen 1973) en referencia a una teoría sobre la evolución que describe la necesaria mejora continua de las especies con el único fin de mantener el *statu quo* con su entorno. Según justifica el biólogo Van Valen,

“para un sistema evolutivo, la mejora continua es necesaria sólo para mantener su ajuste a los sistemas con los que está co-evolucionando”. En este sentido señala que las especies evolucionan continuamente, pero su éxito reproductivo nunca se incrementa, ya que cada nueva adaptación es contrarrestada por una adaptación de sus competidores y enemigos. Las especies evolucionan y se adaptan no para mejorar, sino para no extinguirse. No avanzar es ir hacia atrás. Para quedarse en el mismo lugar hay que ir tan deprisa como las demás especies.

La metáfora de la Reina Roja se aprovecha para ilustrar dos fenómenos, por una parte, la ventaja de la reproducción sexual entre individuos, y por otra, la constante carrera armamentista entre las especies. El primer fenómeno, de carácter microevolutivo, establece que en el proceso de fecundación cada sujeto constituye un experimento resultado de la mezcla de los genes de los progenitores que permite a las especies evolucionar con rapidez. El otro fenómeno, en la línea macroevolutiva, señala que la probabilidad de extinción de un conjunto de individuos u organismos se determina dentro del mismo colectivo, condicionado a su vez por la respuesta adaptativa de otros grupos de individuos u organismos con los que interactúa tanto de forma directa como indirecta. Como ejemplo ilustrativo menciona la carrera de armamentos entre predador y presa: las liebres corren cada vez más para escapar del zorro, lo que fuerza al zorro a correr cada vez más para conseguir la misma cantidad de comida que antes.

En consecuencia, la ventaja sólo es para aquellos que generan el cambio y no para los que se adaptan a las variaciones del entorno. Como señala el Dr. López, “la exhortación entonces de la Reina Roja referida a las empresas del siglo XXI bien pudiera plantearse como: con el fin de permanecer en un lugar (la competencia) hay que correr muy duro, mientras que para llegar a cualquier lugar hay que correr aún más fuerte. Lo que tienen que hacer las empresas o sectores de actividad es *desaprender* lo que saben y *funcionar de forma diferente*, máxime cuando gracias a la infraestructura libre de fricción que conlleva la digitalización, la distancia entre una idea y su *realización digital* nunca resultó tan corta”.

Es evidente que este contexto de rápidos cambios y en continuo movimiento requiere nuevas soluciones, a menudo disruptivas. En este sentido las organizaciones deben asumir que cada vez más va a ser necesario un esfuerzo de adaptación progresivo al proceso de digitalización.

Es en esta línea de trabajo que Tversky y Kahneman desarrollaron en 1972 la denominada *Prospect Theory*, según la cual se describe que el proceso de decisión

consiste en dos etapas, la edición y la evaluación. En la primera, los posibles resultados son ordenados siguiendo un esquema heurístico. En la segunda fase de evaluación los individuos se comportan como si pudiesen valorar la utilidad basada en los resultados potenciales y sus respectivas probabilidades; entonces escogerían la alternativa que consideren que tenga la mayor utilidad. Algunos comportamientos son observados en economía como el efecto de disposición o la reversión de la aversión al riesgo/búsqueda del riesgo en caso de ganancias o pérdidas (denominado el efecto reflejo).

La Prospect Theory trata además de ciertas anomalías como el *statu quo*, el efecto de dotación y aversión a la pérdida. Cada una de estas anomalías se desarrolla dentro de un marco de referencia el cual usa al individuo para tomar decisiones.

Continuamente estamos tomando decisiones; sin embargo, en determinadas ocasiones ninguna de las alternativas que se nos presenta nos genera mayor satisfacción a la situación de partida; esa es la razón por la que preferimos continuar con el mismo nivel de satisfacción inicial. El *efecto dotación* está asociado al valor que damos a determinadas cosas, lo que cambia nuestra perspectiva. En la *aversión a la pérdida* la mayoría de los individuos temen los efectos de las posibles pérdidas más que la anticipación de las posibles ganancias, de tal manera que cualquier cantidad por encima de este valor será percibida como ganancia y cualquier valor por debajo será percibido como una pérdida.

Estas ideas resultan interesantes tanto para poner de relieve la posible vulnerabilidad de industrias y modelos de negocios ante la disrupción digital, como para plantear las oportunidades que ofrece el irreversible proceso de digitalización.

Desde el punto de vista técnico una de las cuestiones que más preocupación suscitan es el de los mecanismos de seguridad en los entornos digitales. Seguridad intercambiando datos, firmando contratos, mandando transferencias... Éste es y será el gran reto de internet para hacer que todas nuestras operaciones sean seguras y, justo ahí, es donde entra *blockchain*.

Block (bloques) *Chain* (cadena) –cadena de bloques– es un sistema de seguridad formado por bloques alojados en una base de datos compartida. De hecho, esa es una de las claves de *blockchain* y uno de los quebraderos de cabeza para los ciberdelincuentes (hasta la fecha no han podido acceder ni dañar *blockchain*).

Su fortaleza reside en que la cadena de bloques está descentralizada, es decir, para “inyectar” un virus y robar información, habría que infectar, uno a

uno, todos los ordenadores conectados a la base de datos. A esta base se accede a través de criptografía avanzada (jeroglíficos modernos que cifran la información en códigos). *Blockchain*, que empieza a tomar cuerpo como alternativa de seguridad, nació como el sistema que protegía a las criptomonedas, más conocidas como *bitcoins*.

La principal característica de *blockchain* es el intercambio seguro de archivos (*bitcoins*, documentos como hipotecas o títulos de propiedad, dinero, facturas, etc.). Además de la seguridad, el *blockchain* es un sistema directo, ya que permite realizar gestiones sin intermediarios. Pero para su implementación y su generalización existen todavía muchas barreras a nivel tecnológico, gubernamental, organizativo e incluso social. Este proceso aún llevará tiempo. *Blockchain* requiere de la creación de un nuevo modelo de mercado ya que la *cadena de bloques* no encaja en los actuales sistemas y modelos de negocio. A pesar de ello ya existen entornos en los que su uso se ha generalizado. Grandes empresas de todos los sectores, desde Microsoft a muchas *startups* creadas sólo para seguir dando pasos en la implementación de esta tecnología, hace pensar que su desarrollo será rápido.

La capa base de *blockchain* se estructura como una red de igual a igual estando diseñada como una red distribuida de nodos (ordenadores) en el que cada uno de estos nodos almacena una copia de toda la cadena. Así, cuando una transacción se verifica y es aprobada por los nodos participantes, resulta altamente imposible cambiar o alterar los datos de la transacción, esto es, se imposibilita el *borrado* y *reescrito*, lo que en el mundo analógico (tradicional) se conoce con la denominación de *palimpsesto*.

En esencia, una cadena de bloques podría considerarse como una nube de computación descentralizada, donde cualquier usuario puede contactarse y realizar transacciones con otro usuario al instante, sin importar dónde se encuentren en el planeta, independientemente del horario comercial. No se necesitan intermediarios para filtrar, bloquear o retrasar una transacción entre dos o más usuarios, o entre nodos que consumen una transacción. Cualquier nodo en la red puede ofrecer servicios basados en su conocimiento de las transacciones en cualquier otro lugar de esa red.

Además de crear una red P2P (peer-to-peer, red de pares) técnica, la cadena de bloques también crea un mercado de usuarios, en el que puedan realizar transacciones y transferir la propiedad de activos valorados entre ellos de forma transparente y sin la ayuda de mediadores de terceros. Las redes de cadenas de bloques y sus aplicaciones crean sus propias economías con una variedad de ta-

maños y vitalidad. De ahí que las cadenas de bloques traigan consigo un modelo económico propio.

Otro elemento fundamental que presenta un papel básico en los procesos de digitalización se fundamenta en los principios de la *Teoría de Juegos* (Von Neumann, Morgenstern, Nash). Se trata de un área de la matemática aplicada que estudia las interacciones en estructuras formalizadas de incentivos (los denominados *juegos*). La teoría de juegos se ha convertido en una herramienta sumamente importante para comprender mejor la conducta humana frente a la toma de decisiones. Se estudian las estrategias óptimas y el comportamiento previsible y observable de los individuos de un sistema. Tipos de interacción aparentemente distintos pueden, en realidad, presentar una estructura de incentivo similar y, por lo tanto, se pueden representar en un mismo modelo de comportamiento.

A raíz de juegos como el *dilema del prisionero*, en los que el egoísmo generalizado perjudica a los jugadores, la teoría de juegos ha atraído también la atención de los investigadores en informática, inteligencia artificial y cibernética.

Los conflictos entre seres racionales, que recelan uno del otro, o la pugna entre competidores que interactúan y se influyen mutuamente, piensan e, incluso, pueden ser capaces de traicionarse uno al otro, constituyen el campo de estudio de la teoría de juegos.

En este sentido un *juego* representa una situación conflictiva en la que priman intereses contrapuestos de individuos o instituciones en la que una de las partes, al tomar una decisión, influye sobre la decisión que tomará la otra. Así, el resultado del conflicto se determina a partir de todas las decisiones tomadas por todos los actores. La Teoría de Juegos plantea la posibilidad de negociar en un conflicto, especialmente en el caso de existir situaciones engañosas y segundas intenciones de tal forma que la anticipación mutua de las intenciones del contrario da lugar a cadenas de razonamiento teóricamente infinitas que pueden trasladarse a la resolución de conflictos reales y complejos. De esta forma se puede afirmar que el interés individual, el egoísmo y la racionalidad a la hora de tomar decisiones conducen a los individuos a una situación no óptima porque deben tener en cuenta las posiciones del resto de agentes involucrados en sus actuaciones.

En este sentido el conocido *Dilema del Prisionero* permite comprender que mantener la cooperación es algo sumamente difícil y, en muchas ocasiones, los individuos no cooperan incluso conociendo los beneficios que obtendrían en su

conjunto manteniendo la cooperación, y sabiendo que las decisiones individuales no necesariamente conducen al mutuo bienestar.

La teoría de juegos guarda relación con la cadena de bloques aplicada al Bitcoin, formulándose para resolver un enigma conocido como el *Problema de los Generales Bizantinos*. Consiste en plantear el problema que se da entre un conjunto de sistemas informáticos que tienen un objetivo común. Deben encontrar un plan de acción compartido a partir de una estructura jerárquica, donde uno de los sistemas que tiene mayor rango proporciona una orden a partir de la cual el resto de los sistemas tiene que operar (fijar su decisión). Además, es posible que alguno de ellos no sea fiable y provea información falsa de forma intencionada. Implementar una *tolerancia de falla bizantina* es importante porque empieza con la suposición de que no se necesita confiar en nadie y, sin embargo, ofrece la seguridad de que la transacción ha viajado y ha llegado de manera segura basándose en la confianza de la red sobreviviendo a posibles ataques.

Hay implicaciones fundamentales para este nuevo método de alcanzar la seguridad en la finalidad de una transacción, porque permite cuestionar la existencia y los roles de los intermediarios confiables actuales, que tenían la autoridad tradicional para validar las transacciones. Además podría suscitar la reflexión acerca de la necesidad de una autoridad central para garantizar la confianza, si en realidad sería posible lograr esta misma confiabilidad cuando la transacción viaja entre pares a través de una red donde la confianza está incrustada.

La capacidad de combinar y comercializar cualquier elemento de valor es fundamental para ratificar la promesa de la tecnología de contabilidad distribuida (TCD). Su implementación proporciona un mecanismo para controlar la transferencia de valor entre los participantes, esto es, el cambio en el *estado* de una entidad, que era un problema hasta ahora no resuelto, introducido por la digitalización con la capacidad de copiar información de forma fácil y barata. Una vez resuelto este problema, se abre la puerta a la *programación* de estos activos. Imagínese, por ejemplo, que un gobierno pueda programar sus pagos de asistencia social para que sólo se gaste en ciertos artículos; o herencias que sólo sean accesibles mediante identidades verificadas. Imagínese poder simbolizar al mismo tiempo valor, identidad, información, propiedad, y básicamente cualquier objeto del mundo real y usar este símbolo o *token* como representación digital de este objeto físico. Con ello se logra representar algo en la cadena de bloques que realmente existe en el mundo real/material. O poder realizar transacciones

personales o comerciales de cualquier tipo con cualquier persona en el mundo, donde la confianza y el riesgo no sean una preocupación.

La TCD, una base de datos que se sincroniza y se comparte de forma consensuada, ha posibilitado esta descentralización al crear un nuevo ecosistema con la capacidad de gestionar activos digitales en una red, autenticado y validado por colaboración colectiva. La característica de esta descentralización se logra al recompensar a los usuarios con criptomoneda para calcular un valor *hash*, también denominado valor *resumen o digest* que es una función computable mediante un algoritmo que tiene como entrada un conjunto de elementos, que suelen ser cadenas y los convierte en un rango de salida finito, normalmente cadenas de longitud fija. Es decir, la función actúa como una proyección para un conjunto de nuevas transacciones (un bloque) que se agrega al final de la cadena de todos bloques históricos una vez que la mayoría de los usuarios lo hayan validado.

La TCD en sí misma ofrece un vehículo para la diversificación. Debido a la capacidad de los libros contables distribuidos para conectar a los usuarios con los propietarios de los activos, la tecnología blockchain está haciendo posible crear nuevas formas de ofrecer activos reales para los procesos de inversión.

La simbolización de los activos se puede lograr representando los activos físicos mediante caracteres de identificación únicos que permitan que los derechos de propiedad se transmitan y se negocien en un medio digital respaldado por estos activos que actúan como colaterales. Simbolizar un activo real simplemente significa permitir que el valor inherente del activo se venda en partes, a través de fichas o *tokens*, esto es, se pueden representar digitalmente con una ficha criptográfica desde bienes inmuebles a lingotes de oro. Es una forma de simbolizar cualquier recurso económico, con valor positivo, representado en forma binaria, y hacer que sea similar a los activos comerciables actuales. Se puede entonces simbolizarlo o *tokenizar* a través de un *crowdsale* y venderlo a una gran cantidad de personas.

El proceso de digitalización, con toda su carga disruptiva, hace pensar que a lo largo de la próxima década el nivel de implicación y uso tecnológico se multiplicará exponencialmente. Miles de millones de cerebros y billones de dispositivos se conectarán a Internet. La humanidad será testigo de la expansión de la inteligencia artificial a ámbitos muy diversos como el cuidado de personas, la salud, el transporte, el comercio... Trabajamos y nos apoyamos en máquinas

que cada vez más entienden lo que decimos y queremos, y responden y se comunican adecuadamente, robots que pueden manipular objetos cada vez más delicados y sensibles, y son capaces de moverse en entornos específicos, incluso vehículos que pueden conducirse solos. El ser humano deberá adaptarse una vez más y aprender a gestionar esta nueva realidad. Una realidad en la que no es descabellado pensar que nos acabaremos fusionando con las máquinas para seguir aumentando nuestras capacidades, aptitudes, habilidades y competencias en nuestra carrera evolutiva.

Permítanme que, llegados a este punto, pueda expresar algunos rasgos más personales del nuevo académico que ingresa hoy en nuestra Real Academia.

Los inicios del Dr. D. Enrique López en la Universidad no fueron fáciles. Después de doctorarse en la Universidad de Oviedo volvió a León, su tierra natal, para iniciar una carrera docente e investigadora no sin dificultades, obstáculos y escollos. En sus inicios tuvo que superar etapas de aislamiento académico en un entorno excesivamente vertido en la ortodoxia de los modelos económicos clásicos. Trabajador tenaz e incansable, destacó en su universidad por sus investigaciones en el ámbito de la aplicación de los modelos basados en la fuzzy logic en su área de conocimiento, la contabilidad. Organizó numerosos congresos a los que acudieron reconocidos investigadores situando a la Universidad de León en el mapa científico. Posee una gran capacidad para sobrellevar frustraciones, superar escollos inesperados, y hace gala de una especial tenacidad para alcanzar los retos asumidos. Todas estas cualidades que nuestro académico evidencia en el ámbito universitario y científico son compatibles y complementarias con su calidad humana. Incondicional amigo de sus amigos es persona afable y jovial. De trato sencillo y próximo, disfruta participando en interminables conversaciones con sus amigos y conocidos mientras se deleita con unas tapas por las calles del centro de León. Pero por encima de todo está su pasión por su esposa Ana, a quién le ha dedicado su cariño y su trabajo.

No quisiera finalizar estas palabras sin dejar constancia del honor que representa para mí compartir la pertenencia a esta Institución junto a personalidades de la calidad académica y humana como es nuestro nuevo académico. Una Institución que con el paso de los años ha sido capaz de irse adaptando a las vicisitudes de su entorno y a la continua evolución de la sociedad, integrando los valores en constante evolución de la compleja sociedad, a la vez que preservando sus principios fundamentales.

Permítanme, finalmente, el placer de reiterar mi enhorabuena al Dr. D. Enrique López González por su magnífico discurso. Su trabajo constituye una nueva aportación que enriquece los hallazgos de nuestra Institución. También desearía manifestar, una vez más, mi más profundo agradecimiento a la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras por haberme honrado designándome para leer este discurso de contestación. Para finalizar, no puedo más que agradecer a todos quienes, con su labor, contribuyen, día tras día, a que nuestra Institución alcance las más altas cotas de prestigio internacional.

Gracias por su atención.



INSTITUTO DE ESPAÑA

Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras

PUBLICACIONES DE LA REAL ACADEMIA DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y FINANCIERAS

*Las publicaciones señaladas con el símbolo  están disponibles en formato PDF en nuestra página web:
<https://racef.es/es/publicaciones>

**R.A.C.E.F. T.V. en  o 

Los símbolos  y  indican que hay un reportaje relacionado con la publicación en el canal RACEF TV

ANEXO

REPORTAJE FOTOGRÁFICO
DEL ACTO DE INGRESO

15 de febrero de 2018



Ilmo. Sr. Dr. Enrique López González, Académico Correspondiente para Castilla y León.



El nuevo Miembro de la Real Corporación Dr. Enrique López González, firma en el Libro de Honor de Ingresos Académicos.



Enrique López González, junto al Presidente Jaime Gil Aluja (izquierda) y un grupo de Académicos asistentes a su recepción.



Momento de la toma de juramento al Dr. Enrique López González como Académico Correspondiente para Castilla y León.



El Dr. López González da lectura a su Discurso titulado: 'Hic Sunt Leones: el futuro del dinero. De la digitalización a la tokenización de la economía'.



La Laudatio y contestación estuvo a cargo de la Dra. Anna María Gil Lafuente, Académica de Número de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras.



Público asistente al acto de ingreso académico.



El Acad3mico de N3mero y Exrector de la Universidad de Barcelona Dr. D3dac Ram3rez, hizo entrega del diploma acreditativo como Nuevo Miembro de la Academia.



El Dr. Enrique L3pez Gonz3lez junto a los familiares que le acompaaron complacidos en su ceremonia de recepci3n acad3mica.



*Real Academia de Ciencias Económicas
y Financieras*

Corporación oficial bajo el Patronazgo de S. M. el Rey



En reconocimiento de los méritos
y circunstancias que concurren
en el Ilmo. Sr. Dr.

Enrique López González

el Pleno de esta Real Corporación lo eligió
Académico para Castilla y León
el 20 de Diciembre de 2017.

EL PRESIDENTE

DR. JAIME GARCÍA LLUJA

EL SECRETARIO

DR. FERNANDO CASASO JUAN

EN BARCELONA A 15 DE FEBRERO DE 2018