

El reto de las ciudades, los distritos de innovación y las cadenas de valor en la era de la economía global y la automatización

JEREMY BURKE Y RAMON GRAS ALOMA*

RESUMEN

La revolución tecnológica, resultado de los avances en el campo de la inteligencia artificial, la robótica, y la automatización de procesos, amenaza con impactar negativamente el mundo del trabajo, incrementando las desigualdades sociales y regionales. Un nuevo modelo de análisis territorial del tejido económico, desarrollado en Harvard, presenta un camino prometedor para identificar componentes y dinámicas apropiadas para superar el reto y crear prosperidad distribuida en la era digital. Este artículo presenta algunos resultados de este modelo analítico, relativos al papel que desempeñan las ciudades mediante estrategias que concentren en distritos de innovación las actividades intensivas en conocimiento, y que faciliten la conexión con las cadenas logísticas y de valor favorables a la exportación de productos y servicios de alto valor añadido.

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los grandes retos que nuestra sociedad deberá afrontar en los próximos años es el de dar una respuesta solvente a los perío-

* Universidad de Harvard y Aretian Urban Analytics and Design (Harvard Innovation Lab) (rgras@mde.harvard.edu).

dos de estancamiento económico y falta de oportunidades laborales atractivas que afectan directamente a la calidad de vida de una parte importante de los ciudadanos de los países occidentales. A modo de ejemplo, la Unión Europea (UE) ha pasado de representar el 34 por ciento del PIB mundial en 1980 a tan solo el 16 por ciento en cuatro décadas; y la tendencia sigue a la baja¹. Análogamente, los Estados Unidos han pasado de representar un 44 por ciento del PIB mundial tras la II Guerra Mundial en 1945, a tan solo el 15 por ciento en 2020.

Estos fenómenos se ven acrecentados por dos tendencias estructurales: en primer lugar, la perturbación del mercado de trabajo producida por la extensión de nuevas tecnologías –particularmente la robótica, la inteligencia artificial y la automatización de procesos– que transforman los sistemas productivos y las relaciones interpersonales en el mundo laboral (Harris, Kimson y Schwedel, 2018); y, en segundo lugar, la globalización y liberalización del comercio internacional, que, junto a los procesos de innovación disruptiva elocuentemente descritos por Christensen (2015) han impulsado el auge de nuevas potencias económicas, particularmente en el continente asiático.

¹ La información puede consultarse en la base de datos del Banco Mundial (<https://www.worldbank.org/>).

1.1. El reto de nuestro tiempo: generar prosperidad distribuida en la era de la robótica, la automatización de procesos y la inteligencia artificial

Se prevé que, durante las próximas tres décadas, las clases medias de países como China o India se tripliquen (Hamel, 2019). Este hecho representará un cambio dramático en las relaciones comerciales y de poder en el campo de la geopolítica (Kharas, 2017). Asimismo, la emergencia de tecnologías fundamentadas en la inteligencia artificial, la robótica y la automatización de procesos amenazan con destruir al menos un tercio de los puestos de trabajo en el mundo occidental (Winters y Yusuf, 2017). Occidente, además, parece dar muestras evidentes de agotamiento, así como de haber perdido el pulso de la innovación y el liderazgo en el desarrollo de nuevas soluciones que permitan generar círculos económicos virtuosos que beneficien a la mayoría de la población.

Dichos procesos redundan a corto plazo en perjuicio de la competitividad económica del mundo occidental y ponen en peligro el mantenimiento de los estándares de vida en dicha parte del orbe. Como consecuencia de estos factores, la sociedad occidental se enfrenta a un período de gran incertidumbre. Con todo, el futuro de la sociedad y la economía europeas no está escrito. Si bien los augurios a corto plazo no son particularmente halagüeños, también es cierto que todas las teorías deterministas y materialistas de la economía y de la historia han mostrado una falta absoluta de rigor. La pregunta clave es: ¿cómo podemos comprender mejor el problema, hacer un diagnóstico más acertado y revertir esta tendencia, generando un impulso renovador basado en el legado más valioso que hemos heredado?

Recientes avances en el campo de investigación de la teoría de redes aplicada a la macroeconomía y al urbanismo arrojan luz sobre los ingredientes y las dinámicas que permiten generar prosperidad en una sociedad y esclarecer los mecanismos por los cuales dicha creación de riqueza puede beneficiar a una mayoría de la población. Se trata de la fecunda integración de

la Ciencia de las Ciudades y de la Teoría de la Complejidad Económica, a la luz de la Teoría de Redes y el Análisis de los Sistemas Complejos.

Este artículo presenta, en primer lugar, una síntesis del crucial papel que las ciudades desempeñan en la estructura económica y de conocimiento de la sociedad, y, en segundo lugar, una estrategia de alineamiento de la planificación del diseño urbanístico e infraestructural con la potenciación de la economía del conocimiento, con el objeto de promover el talento presente en un territorio y favorecer que periodos de prosperidad sostenidos en el tiempo beneficien al conjunto de la sociedad.

1.2. Las ciudades: el principal campo de batalla

De acuerdo con la Nueva Agenda Urbana que adoptó la Conferencia de la Organización de las Naciones Unidas sobre Vivienda y Desarrollo Urbano Sostenible, celebrada en Quito en octubre de 2016, a pesar de tan solo ocupar un 2 por ciento de la superficie terrestre, las ciudades concentran el 50 por ciento de la población mundial, el 70 por ciento de la actividad económica (PIB), más del 60 por ciento del consumo global de energía, el 70 por ciento de las emisiones de gases de efecto invernadero, y cerca del 70 por ciento de los residuos producidos a escala global (UN, 2016).

El fenómeno urbano no deja de ganar fuerza a escala global. Las continuas migraciones desde territorios predominantemente rurales hacia las ciudades y áreas periurbanas apuntan en la dirección de un aumento de la población urbana entre 2020 y 2050. La predicción según la cual el 65 por ciento de la población mundial vivirá en ciudades hacia 2050 enfrenta a gobiernos e instituciones a numerosos desafíos, entre ellos los de favorecer los ciclos productivos sostenibles que contribuyan a la prosperidad de sus habitantes sin distinción, abordar los problemas climáticos y ambientales que nos acechan, y garantizar servicios urbanos de calidad para el conjunto de la ciudadanía. Esto no solo convierte a los centros urbanos en un gran campo de batalla, sino también en su mayor esperanza.

1.3. ¿Por qué vive la gente en las ciudades?

La concentración geográfica de asentamientos humanos en ciudades presenta numerosos beneficios estratégicos de primer orden. El equipo de investigación de ciudades como sistemas complejos liderado por Geoffrey West en el Instituto de Santa Fe (Nuevo México) ha analizado el impacto estructural que la escala de los asentamientos urbanos tiene en las dinámicas sociales (Barabási, 2017). Tras analizar 360 urbes de todo el mundo, han demostrado que el fenómeno de la urbanización es susceptible de ser modelado matemáticamente a la luz de la Ciencia de la Complejidad y de la Teoría de Redes (Bettencourt, Lobo y West, 2009). Así, las ciudades pueden describirse como sistemas complejos en permanente dinamismo, que tienden a crecer siguiendo modelos de *preferential attachment* que explotan los beneficios no lineales de la agregación geográfica estratégica.

Entre otros hallazgos, el equipo liderado por West ha demostrado que la escala de los asentamientos humanos incide estructuralmente en la naturaleza de la interacción humana. Cada vez que una ciudad dobla su población, el factor de escala induce cambios estructurales como resultado de los beneficios no lineales de la agregación estratégica (Schläpfer *et al.*, 2014). Así, los efectos estructurales de duplicar la población de un asentamiento urbano tienden a producir:

a. crecimiento superlineal positivo (beneficios exponenciales):

- aumento del 15 por ciento de promedio de indicadores de riqueza per cápita (Bettencourt *et al.*, 2010);
- aumento del 15 por ciento de promedio de indicadores de economía del conocimiento per cápita (Arbesman, Kleinberg y Strogatz, 2009);
- aumento del 10-20 por ciento de patentes per cápita (Bettencourt, Lobo y Strumsky, 2004);
- aumento del 12-18 por ciento de promedio de indicadores de interacción social per cápita (Helbing *et al.*, 2009);

- aumento del 12-20 por ciento de la velocidad de las interacciones humanas (Bettencourt *et al.*, 2008);
- aumento del 12-20 por ciento de la eficiencia de la cadena de suministro (Kühnert, Helbing y West, 2006);
- aumento del 12-20 por ciento de promedio de indicadores de diversidad de negocios y empleos per cápita (Youn *et al.*, 2016);
- aumento del 12-20 por ciento de la productividad per cápita (West *et al.*, 2013).

b. crecimiento sublineal positivo (economías de escala):

- economías de escala: cuanto mayor y más densa la urbe, mayor el impacto de infraestructuras de transporte, energéticas e hídricas;
- reducción en un 15 por ciento del gasto (de capital, Capex, y operativo, Opex) de construcción y mantenimiento de infraestructuras per cápita (Bettencourt *et al.*, 2010).

A pesar de los beneficios exponenciales de la concentración de población en ciudades, estas también presentan algunas vulnerabilidades: cada vez que una ciudad duplica su población, tiende a producirse un crecimiento superlineal de algunos factores negativos. Así, Bettencourt *et al.* (2010) concluyen que cada vez que una ciudad duplica su población, aumentan en un 15 por ciento los promedios de indicadores de crimen per cápita y de desigualdad. Por su parte, Ho (2014) ha estimado que doblar la población implica un aumento de entre un 12-15 por ciento del promedio de indicadores de polución e impacto medioambiental per cápita.

1.4. La economía del conocimiento: la palanca que permite la creación y el reparto de riqueza en las ciudades

En este complejo contexto, es menester dar respuesta al reto que supone el auge

de la robótica, la automatización de procesos y la inteligencia artificial, que amenazan con destruir entre 2015 y 2030 cerca del 14 por ciento de espacios de trabajo en todo el mundo (McKinsey Global Institute, 2018) y eventualmente reemplazar a aproximadamente un 35 por ciento de los puestos de trabajo a escala planetaria hacia 2050 (McKinsey Quarterly, 2106).

Ante tal disyuntiva, aquellas ciudades y regiones que estén en mejores condiciones para afrontar y superar la incipiente transición tecnológica estructural serán aquellas que construyan mecanismos de desarrollo de la economía del conocimiento, que liberen el potencial inherente a toda ciudad o territorio y que enfatizen, en particular, las facultades que hacen únicos a los seres humanos. A este respecto cabe distinguir cuatro tipos esenciales de innovación (Satell, 2017):

- la innovación sostenida, o incremental, requisito indispensable para evitar la decadencia del *know-how* colectivo;
- la innovación disruptiva, propia de los países en desarrollo, que democratizan y hacen accesibles productos y servicios de élite para el gran público (Christensen, 2015);
- la innovación integrativa, resultado de integrar armónicamente dos innovaciones compatibles entre sí; y
- la innovación radical o cualitativa, consistente en la creación de nuevos productos o servicios como resultado de un salto cualitativo en un campo del conocimiento o la técnica.

Para mantener y mejorar sus estándares de vida, los países desarrollados han de desarrollar innovaciones sostenidas; ahora bien, estas suponen un requisito mínimo, pero no suficiente, para mantener la competitividad. Por ello, además de la innovación incremental o sostenida, han de desplegar ecosistemas de innovación que permitan el florecimiento, la atracción y retención del talento, el desarrollo del *know-how* colectivo, la galvanización de industrias con una ventaja comparativa a escala regional y global, y la creación en cascada de empleos estables asociados a dicha rama del conocimiento.

Sin embargo, no es la primera vez en la historia reciente de Europa en que el continente tiene que hacer frente a una crisis tecnológica de primer orden. Las experiencias de crisis pasadas pueden convertirse en los mejores ejemplos de superación colectiva, a modo de inspiración, referente y acicate.

2. UN PRECEDENTE HISTÓRICO DE SUPERACIÓN COLECTIVA DE UNA CRISIS TECNOLÓGICA

En línea con una apasionante y venerable tradición gremial de siglos, los relojeros del Valle del Jura, en Suiza, pueden considerarse el gremio artesanal más sofisticado de su tiempo. La cordillera que arranca en Ginebra y se extiende hasta la falda de la ciudad de Basilea vio surgir a lo largo del siglo XVIII una constelación de pueblos productores de cronógrafos, artilugios fabricados con esmero en talleres gestionados por antiguos granjeros que se formaron en el arte del diseño de relojes de sus vecinos de Neuchâtel. Grupos de campesinos se dispusieron a aprender nuevas técnicas y constituir sus propios talleres, en los que, a la vez que contribuían al perfeccionamiento de una tecnología novedosa, podían expresar su estilo personal y gremial mediante la estética.

A principios del siglo XIX, en los albores de la Revolución Industrial, el colectivo de diseñadores y productores de relojes suizos del Valle del Jura era ampliamente reconocido por producir los artilugios más deseados de la Europa de su tiempo. Los relojeros suizos aprendían y perfeccionaban el arte que heredaban de sus maestros, y trabajaban autónomamente en sus respectivos talleres, a la vez que se beneficiaban de una red de conocimiento común, hasta el punto de que su oficio devino sinónimo de calidad, precisión, funcionalidad impecable y belleza.

Sin embargo, dicho gremio se vio violentamente afectado a partir de 1840 por los avances tecnológicos en el campo de la ingeniería que dieron pie a la mecanización de parte de la producción, lo cual, a su vez, permitió por primera vez la fabricación industrial, en masa, de relojes de menor calidad. Es el fenómeno que Clay Christensen (Harvard Business School)

describe elocuentemente como “innovación disruptiva”: nuevas formas de producción, “tecnologías facilitadoras”, que abaratan el coste de producción y permiten la fabricación a escala de productos hasta entonces solo al alcance de minorías privilegiadas, reduciendo los estándares de calidad, pero facilitando a amplias capas de la población el acceso a estos bienes de lujo.

Christensen ha analizado cómo los procesos de innovación disruptiva han desplazado radicalmente a numerosas industrias antaño bien asentadas: las miniaceras, por las plantas de fundición siderúrgica; los aparatos de radio, por los transistores; el vehículo de lujo, por los utilitarios de masas; los computadores, por los ordenadores personales; las tradicionales cámaras fotográficas, por las cámaras integradas en el teléfono móvil, etcétera. Con frecuencia, la tecnología predecesora ha sucumbido a la pérdida de influencia, incapaz de reaccionar con agilidad y aportar una alternativa viable y competitiva.

Sin embargo, felizmente este no fue el destino que esperaba a los relojeros del Jura. Incapaces de competir en la guerra internacional del bajo precio, tuvieron que centrarse en la red de talento (formación) y trabajo en red (organizativa) para diferenciarse por la vía de la calidad. Asimismo, las autoridades locales invirtieron en infraestructuras estratégicas que les permitieron exportar sus productos a todo el mundo (red de infraestructura urbana). Los artesanos del reloj, ante la perspectiva de ser barridos por la automatización que afectó a su industria, se constituyeron en sindicatos de raíz libertaria para proteger sus derechos, y trabajar en red.

El movimiento social de los relojeros del Jura permitió a los trabajadores defender sus derechos, y trabajar en red para aportar una alternativa de calidad al riesgo potencial de destrucción masiva de empleo como resultado de la automatización. En la actualidad, el Valle del Jura sigue siendo el principal productor de relojes del mundo, distinguiéndose por sus elevados estándares de calidad: la Federación de Relojeros Suizos aglutina hoy a más de 500 agrupaciones, cerca del 90 por ciento de la industria relojera del país (Jaberg, 2014), y produce el 3 por ciento de los relojes del mundo, que, sin embargo, representan 24 billones de dólares anuales: prácticamente el mismo valor que el

restante 97 por ciento de producción mundial en el sector (Gomelsky, 2014).

Hoy día, el Valle del Jura constituye una de las cinco regiones más prósperas de Suiza. Dispone de más lugares de trabajo que residentes, con un desempleo insignificante, y más de 4.000 empleados cruzan cada día la frontera desde Francia para trabajar en sus fábricas y talleres (BBC, 2015), y ejemplifica paradigmáticamente un caso de éxito de la sociedad cuando trabaja en red por un ideal común. El caso de la red de relojeros del Jura puede ser entendido como una metáfora sobre la capacidad que albergan las ciudades de Occidente de competir con éxito, por la vía de la calidad, con las pujantes urbes del Asia emergente.

3. UNA CIENCIA DE LAS CIUDADES COMO SISTEMAS COMPLEJOS Y MOTORES DE LA ECONOMÍA

¿Depende de nosotros crear un modelo económico que genere prosperidad distribuida? A pesar de las amenazas y los riesgos objetivos que estos factores pueden representar para la sociedad de nuestro tiempo, aún estamos a tiempo de decidir nuestro futuro individual y colectivo. Disponemos de herramientas de análisis a nuestro alcance para diseñar intervenciones estratégicas que nos permitan impulsar nuestro potencial y generar oportunidades que beneficien estructuralmente a la sociedad en su conjunto.

Un campo que ha experimentado grandes adelantos durante los últimos años es el de la ciencia de la complejidad y la teoría de redes, en particular, por sus aplicaciones a la economía. Los estudios liderados por Hidalgo y Hausmann (2009) arrojan luz sobre los ingredientes y las dinámicas que constituyen el motor de la prosperidad de las naciones. El modelo que han diseñado estos autores supera a todos los estudios previos en lo relativo a la identificación de los factores clave que permiten a los países y regiones disponer de un diagnóstico y modelo de predicción de su fortaleza económica.

Según Hidalgo y Hausmann (2009), el motor de la economía de un país es el *know-how* colectivo de la sociedad: la habilidad que

desarrollan las personas, empresas e instituciones para trabajar en red, con el objeto de diseñar y producir nuevas soluciones, productos y servicios que respondan con solvencia a las necesidades del colectivo. Uno de sus mayores logros es el de haber identificado un *proxy* inteligente para describir científicamente el *know-how* colectivo de cualquier país, mediante el concepto de complejidad económica (*economic complexity*). Los indicadores de complejidad económica demuestran que el nivel de fortaleza, salud y prosperidad de la economía de un país se puede describir, y aun predecir, con gran precisión mediante el análisis de la potencia, diversidad y sofisticación de las exportaciones del país: *product space of exports*. El índice de complejidad, además, está correlacionado positivamente con más libertad política, una distribución de la riqueza más igualitaria, menor criminalidad y corrupción, y mayores niveles de seguridad ciudadana.

Si bien este modelo resulta de gran utilidad para llevar a cabo diagnósticos precisos a escala estatal, y facilita la toma de decisiones en el ámbito nacional, adolece de una limitación: la gran mayoría de decisiones económicas de calado se producen a escalas más pequeñas, subnacionales: regionales, de ciudad y empresa/institución. ¿Cómo podemos salvar la distancia abismal entre el grueso de decisiones que determinan la evolución del *know-how* colectivo y las limitaciones objetivas de las actuales herramientas de análisis, toma de decisiones y criterios de diseño del tejido urbano?

3.1. La complejidad económica de una ciudad: indicador avanzado de crecimiento económico e igualdad social

El análisis de la complejidad económica desarrollado por Hausmann *et al.* (2014) toma como punto de partida la observación de que el crecimiento económico requiere de la acumulación de capacidades. La teoría neoclásica tradicional del crecimiento económico supone que estas capacidades se pueden agregar de manera aditiva hasta conformar una población. Cuanto mayor sea el *stock*, mayor será el flujo de salida en un período determinado. Esta teoría presenta, sin embargo, algunos inconvenientes. En

primer lugar, los datos muestran que el crecimiento económico sostenido se explica en su mayor parte por mejoras tecnológicas en lugar de la acumulación de factores. En segundo lugar, el acervo de conocimiento es más complejo que una teoría aditiva y debe considerar las complementariedades en la acumulación de capital humano.

Una solución a este rompecabezas proviene de la aplicación de la teoría de redes. El conocimiento se distribuye entre las personas. La tecnología no es un valor agregado, sino una combinación de este conocimiento distribuido. Como resultado, los países, las regiones o ciudades con más conocimiento pueden producir una mayor variedad de productos y, en consecuencia, presentan mayores cuotas de diversificación.

Asimismo, son pocos los países, las regiones y las ciudades que crean productos de alta complejidad y sofisticación. Aquellas ciudades y regiones que generan productos y servicios sofisticados cultivan más el *know-how* colectivo y tienden a presentar un mayor nivel de diversificación que aquellas que generan productos y servicios de menor complejidad. Como resultado, existe una relación inversamente proporcional entre la diversificación de una región y la complejidad de sus exportaciones. Las regiones con un mayor *stock* de conocimiento tienen más diversidad y producen bienes más complejos y menos ubicuos (es decir, producidos por pocas regiones).

El indicador de complejidad económica (ICE) presenta tres grandes ventajas. En primer lugar, sintetiza el *know-how* colectivo de un país, así como la competitividad propia de cada sector de industria. En segundo lugar, el análisis en una escala logarítmica del ICE en relación con los ingresos per cápita permiten identificar tendencias de medio y largo plazo de crecimiento económico de un país: el ICE, primero, y los recursos naturales, en un segundo orden, explican el 73 por ciento de la variación del ingreso per cápita de los países. En tercer lugar, el ICE permite estimar el nivel de igualdad económica de una sociedad (Hartmann *et al.*, 2017).

Sin embargo, el ICE a escala de país, sintetizado en el *product space of exports*, presenta una limitación: si bien constituye un *proxy* sofisticado, y fiable, descriptivo del *know-how* colec-

tivo a escala de país, susceptible además de anticipar las tendencias de crecimiento de cara al futuro, no permite dilucidar el componente territorial asociado al *know-how* específico de cada ciudad y su *hinterland* o área de influencia. Teniendo en cuenta que la inmensa mayoría de decisiones de tipo económico se toman a escala subnacional, resultaba necesario desarrollar mecanismos de análisis de alta resolución de la complejidad económica a escala urbana.

3.2. Alta resolución de la complejidad económica: análisis y modelización del *know-how* colectivo a escala urbana

El equipo de investigación en Innovación Urbana de la Universidad de Harvard se centra en desarrollar herramientas de análisis territorial, fundamentadas en la ciencia de la complejidad y la teoría de redes, y vehiculadas mediante modelos de Inteligencia Artificial (IA) y aprendizaje continuo (*machine learning*). El objetivo de estas herramientas consiste en identificar los ingredientes y las dinámicas que se precisan para liberar el potencial latente en la sociedad con el objetivo de crear una sociedad más humana, así como también una economía más dinámica, creativa y generadora de prosperidad distribuida (Burke y Gras, 2019a).

Para disponer el día de mañana de una sociedad más próspera e igualitaria, es preciso fortalecer un modelo de apoyo al tejido productivo que permita crear prosperidad distribuida, así como reconocer y recompensar el mérito y la contribución individual o colectiva de los ciudadanos. El elemento principal de esta prosperidad distribuida es la potenciación del saber hacer colectivo; asimismo, el motor acelerador que propulsa dicho *know-how* es la innovación. Todo ello requiere identificar los factores que permiten liberar el potencial innovador latente en la sociedad a escala urbana.

4. LOS TRES FACTORES QUE PERMITEN LIBERAR EL POTENCIAL INNOVADOR LATENTE EN UNA CIUDAD

¿Cuáles son los ingredientes y las dinámicas que permiten liberar el potencial innovador

latente en una ciudad, disparar su *know-how* colectivo y generar prosperidad distribuida?

Para responder a esta pregunta hemos analizado, a la luz de la ciencia de la complejidad y la teoría de redes, todo el territorio de Estados Unidos, en particular, sus 50 distritos de innovación más potentes, ubicados en ciudades como Nueva York, Boston, Chicago, Los Ángeles, San Francisco Bay Area, Seattle, entre otras.

Como resultado de nuestros análisis, hemos detectado y analizado las tres redes que permiten liberar el potencial innovador de un territorio, descritas en la figura 1 (Burke y Gras, 2019b):

1. redes de talento,
2. redes de estructuras organizativas y sistemas de incentivos, y
3. redes de diseño urbano e infraestructural que configuran el espacio físico donde se desarrolla el tejido productivo.

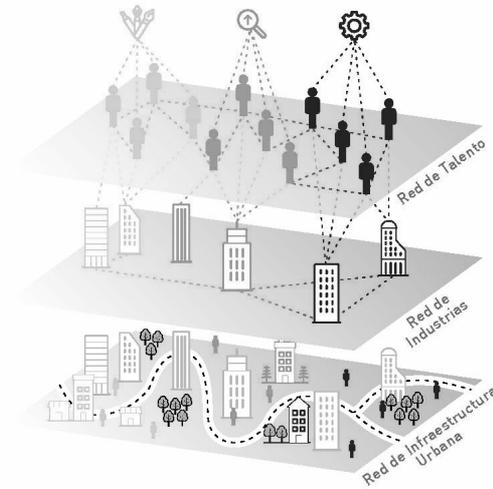
La buena noticia es que los tres factores principales dependen de decisiones humanas y, por tanto, está en nuestras manos el priorizar criterios de toma de decisión que favorezcan el máximo rendimiento de los tres tipos de redes. Hemos identificado las principales relaciones de causalidad subyacentes a la capacidad de las sociedades para favorecer el desarrollo de nuevas soluciones y la transformación de lo que inicialmente suelen ser puras intuiciones en productos o servicios escalables que generen riqueza y permitan desarrollar una vida más plena.

Una de las principales iniciativas del equipo que han permitido medir, iluminar y comprender mejor el fenómeno y las dinámicas de la innovación urbana ha consistido en la territorialización del modelo de complejidad económica a tres escalas territoriales:

- escala regional/metropolitana: tejido urbano, infraestructural y operacional que permite potenciar las industrias y exportaciones de alto valor añadido, en las que se han identificado, medido y analizado las dinámicas que impactan en las tres grandes fases de la innovación regional: la investigación académica, la transferencia de tecnología y la producción de manufacturas avanzadas;

FIGURA 1

LAS TRES REDES QUE CONTRIBUYEN AL ÉXITO DE LOS DISTRITOS DE INNOVACIÓN



Fuente: Burke y Gras (2019b).

- escala urbana /de distrito: distritos de innovación que generan beneficios no lineales de agregación estratégica de actividades intensivas en conocimiento, en los que hemos identificado las cinco grandes fases de la innovación urbana: inputs (inversiones estratégicas, criterios de diseño, marco regulador y choques exógenos), intensidad de innovación, dinámicas de innovación, rendimiento de la innovación e impacto social de la innovación;
- escala humana/arquitectónica: equipos de alto rendimiento que crean nuevos productos, servicios y soluciones para dar respuesta a las necesidades humanas, en las que se han identificado, medido y analizado las siete grandes fases de la innovación de equipos: nuevas ideas, análisis cualitativo y cuantitativo de datos, hipótesis de trabajo, diseño del prototipo, iteraciones y calibración del modelo, producto mínimo viable, adopción masiva de la solución.

La parametrización matemática y la descripción a la luz de la teoría de redes de los sistemas de talento, de *know-how* colectivo y de infraestructuras permiten la evaluación, el diagnóstico y la formulación de recomendaciones relativas a cómo reforzar las redes de creación y captura de valor para maximizar el bienestar general. La función de creación de valor consiste en generación de valor, conocimiento, riqueza, mientras que la función de captura de valor reside en el reparto del valor creado, así como del costo colectivo del esfuerzo necesario para aumentar la calidad de vida de los ciudadanos.

Los principales tipos de redes que describen las características más frecuentes de las ciudades como sistemas complejos siguen las tres siguientes distribuciones matemáticas (Gras, 2020):

- red de Poisson – distribución normal (o distribución gaussiana, la más igualitaria, óptima para modelar sistemas de distribución de recursos o captura de valor);

- red de Poisson – distribución lognormal (o distribución oligárquica, que describe la inmensa mayoría de redes, por su tendencia a la estabilidad);
- red *scale-free* (distribución regida por la función de potencia, dando lugar a redes relativamente raras que describen sistemas virtuosos o de alto rendimiento, óptimos para las funciones de creación de valor).

Uno de los resultados de nuestro análisis es que la mayoría de funciones que describen el sistema de creación y captura de valor económico a escala urbana siguen una distribución lognormal de manera orgánica. Sin embargo, hemos identificado que el tipo de red que describe la creación de valor óptima sigue una función *scale-free*. Asimismo, el tipo de red óptima para la captura de valor sigue una distribución de la función de densidad de probabilidad de tipo normal. Con el objeto de identificar los factores permiten transformar un sistema económico urbano mediocre u oligárquico en un sistema que maximice el potencial latente individual y colectivo, es preciso distinguir qué elementos de la toma de decisión nos acercan a una distribución de tipo *scale-free* o en potencia. Análogamente, aquellas intervenciones en el territorio que refuercen el modelo educativo, el tejido económico, o de apoyo social, permitirán el acercamiento a una función de captura de valor económico a escala urbana de tipo Poisson – normal, que describe aquellas sociedades más igualitarias y que protegen a las personas y colectivos más frágiles. En cierto modo, nuestro modelo viene a reforzar la validez del clásico lema “de cada cual según sus capacidades, a cada cual según sus necesidades”, atribuido a Louis Blanc. En cierto modo, el hallazgo apun-tala asimismo el lema de Mandeville expresado en su célebre fábula “La colmena rezongona”: vicios privados, virtudes públicas.

5. EL PAPEL DE LOS DISTRITOS DE INNOVACIÓN COMO MOTORES DE LA ECONOMÍA DEL CONOCIMIENTO EN LAS CIUDADES

La territorialización de los indicadores de complejidad económica e innovación en los Estados Unidos permitió medir el excedente

social (o plusvalía) generado por la concentración geográfica de las actividades intensivas en conocimiento en ciudades y distritos (Burke y Gras, 2019c). La aplicación de este enfoque posibilita discernir qué papel juegan las redes de talento, las industrias y la infraestructura urbana para impulsar o frenar la economía. Del análisis se desprende que el componente clave en la configuración de la naturaleza de los distritos de innovación es la institución que desempeña un papel central dentro de ellos: ya sea el gobierno de la ciudad, una institución académica o de investigación, un grupo industrial, una agencia gubernamental de investigación y desarrollo, o un centro empresarial privado. Cada uno de los cinco tipos de instituciones nucleares conforman tipologías distintas de tejido urbano, atracción de talento, generación de oportunidades de empleo y patrones de crecimiento económico. El mapa representado en la figura 2 describe la localización de los cincuenta distritos de innovación de referencia en los Estados Unidos.

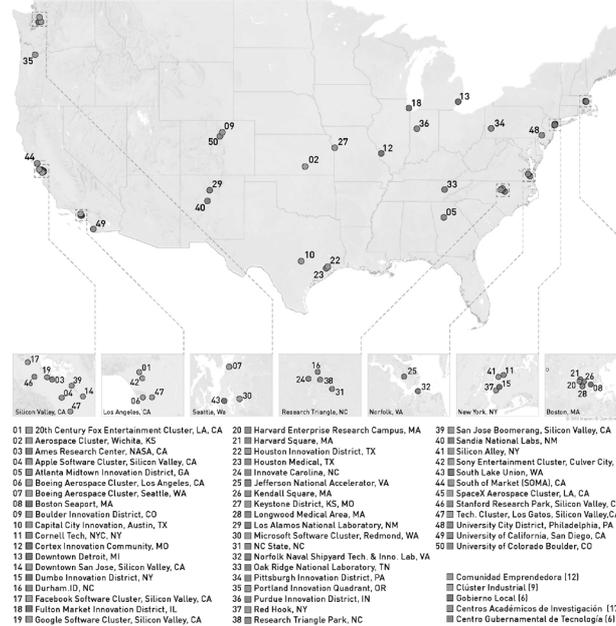
5.1. Indicadores de medida de los beneficios no lineales de las actividades intensivas en conocimiento a escala urbana

Los indicadores cuantitativos de la complejidad económica y la innovación permiten medir los beneficios no lineales de la agregación geográfica estratégica que se producen en los distritos de innovación:

- intensidad de innovación: esfuerzo colectivo de apoyo a las actividades intensivas en conocimiento, medido como porcentaje de empleados respecto del total, y tipo/fase de innovación asociado;
- rendimiento de la innovación: resultados tangibles de las actividades intensivas en conocimiento, en términos de nuevas patentes, nuevos productos y servicios, proyectos de investigación y desarrollo, artículos científicos, etcétera;
- impacto de la innovación: actividades intensivas en conocimiento que impac-

FIGURA 2

LAS CINCO TIPOLOGÍAS DE DISTRITOS DE INNOVACIÓN, SEGÚN SU INSTITUCIÓN



Fuente: Burke y Gras (2019b).

tan positivamente en la disminución de las desigualdades, contribuyendo a la reducción del desempleo y generando redes de *know-how* colectivo más resilientes a las crisis cíclicas.

El resultado del análisis ha revelado que los distritos de innovación producen (Burke y Gras, 2019b) 3,4 veces más innovaciones por empleado (nuevas patentes, productos, servicios, procesos, I+D, artículos científicos), 9 veces más empleos por ciudadano residente; 15 veces más empleos intensivos en conocimiento por residente, y 20 veces más riqueza creada por residente.

Además, por cada puesto de trabajo intensivo en conocimiento, se generan de media entre cuatro y cinco empleos de apoyo; esto favorece la reducción del desempleo y contribuye a generar ciclos de prosperidad distribuida

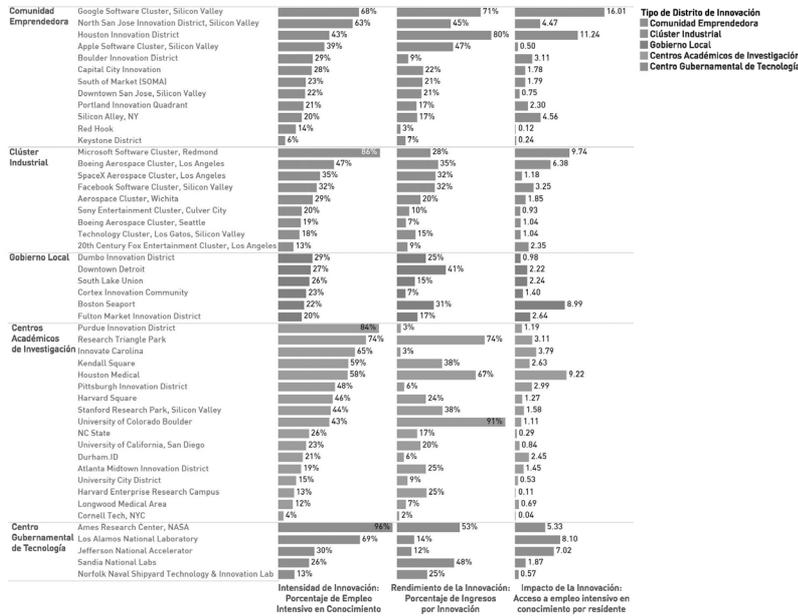
en toda el área metropolitana de la ciudad. El gráfico representado en la figura 3 describe los tres indicadores de síntesis de intensidad, rendimiento e impacto de la innovación.

5.2. Tipologías de diseño urbano que favorecen el desarrollo de la innovación y la economía del conocimiento

El despliegue de esta nueva metodología permite comprender la jerarquía interna de los sistemas urbanos y evaluar diferentes patrones de diseño urbano. Desde la perspectiva de la física social, las ciudades compactas tienden a superar a las áreas urbanas caracterizadas por

FIGURA 3

INDICADORES DE INTENSIDAD, RENDIMIENTO E IMPACTO DE LA INNOVACIÓN EN LOS 50 DISTRITOS DE INNOVACIÓN DE REFERENCIA EN LOS ESTADOS UNIDOS



Fuente: Burke y Gras (2019b).

la expansión urbana en baja densidad, pues un mayor nivel de densidad favorece las interacciones humanas y multiplica las posibilidades de encuentro fecundo. Curiosamente, los resultados del análisis mostraron que los distritos con tejido urbano con un nivel intermedio de densidad, alrededor de edificios de 5 a 7 plantas, alcanzan niveles mucho más altos de intensidad de innovación y rendimiento que los de los rascacielos de gran altura, ajenos a la escala humana de interacción social fructífera.

Los resultados del análisis territorial de todas las ciudades de los Estados Unidos y, en particular, de los 50 distritos de innovación más importantes en cuanto a factores como la topología, la morfología y los niveles de entropía y densidad muestran que las ciudades estructuradas en torno a modelos fractales con una topología interna *scale-free* superan claramente no solo a las cuadrículas rígidas, sino también a

los modelos radiales o concéntricos, y presentan las condiciones más favorables a la interacción fructífera entre profesionales, empresas y organizaciones. Además, los sistemas urbanos *scale-free* con una estructura urbana fractal también tienden a presentar una mejor distribución de servicios y redes de transporte. Tales patrones de diseño urbano también exhiben los niveles más altos de eficiencia de energía, agua y transporte desde un punto de vista de la sostenibilidad.

En promedio, los distritos de innovación tienden a superar a los distritos de negocios al uso en su capacidad de generar nuevos productos, servicios y soluciones a problemas sociales. Además, presentan un mayor nivel de meritocracia que los distritos comerciales promedio del centro o los parques tecnológicos suburbanos. Los más socialmente igualitarios son los liderados por los gobiernos municipales y las universidades, y los menos igualitarios se

hallan liderados por agencias gubernamentales (como el supercomputador de Oak Ridge), aún más basadas en la recompensa del mérito personal que el distrito de innovación promedio de los Estados Unidos. Nuestro *Atlas of Innovation Districts* (Burke y Gras, 2019b) recoge análisis detallados de algunos distritos de innovación, como Kendall Square, en Cambridge, South Lake Union, en Seattle, y Silicon Alley, en Nueva York.

5.3. Criterios de diseño arquitectónico para centros de transferencia de tecnología en el contexto de los distritos de innovación

Algunos de los urbanistas más brillantes del siglo XIX, como el ingeniero de caminos Ildefonso Cerdà (1867) o el arquitecto Louis Durand (1840), intuyeron el papel esencial que desempeña el diseño urbanístico y arquitectónico en la psicología colectiva, la conformación de dinámicas sociales humanas y, en último término, en el modelo de ciudad y de sociedad que habitamos. Cerdà y Durand demostraron que factores tales como los diferentes tipos de topología de la red urbana (2D), la morfología de los edificios (3D), y la entropía (orden/desorden y nivel de madurez) inducen diferentes patrones de movilidad personal, interacción social y rendimiento de la actividad humana. Estudios recientes, como los desarrollados por Bertaud y Malpezzi (2003), no han hecho sino confirmar las hipótesis de trabajo de los fundadores del urbanismo moderno. A modo de ejemplo, el modelo de ciudad compacta europea con alto nivel de densidad y nivel intermedio de altura de edificios tiende a maximizar la interacción social y a minimizar el coste energético, hídrico, de tiempo de transporte, en relación con el modelo de suburbanización de baja densidad promovido en las ciudades norteamericanas desde los años 60 del pasado siglo (Bertaud y Richardson, 2017).

Enlazando con dichos precedentes, el modelo de complejidad económica a escala arquitectónica permite analizar cómo y en qué medida los diferentes criterios de diseño arquitectónico influyen en la experiencia personal y colectiva de las personas que trabajan en centros de alto rendimiento, intensivos en cono-

cimiento, y de transferencia de tecnología; centros que constituyen una pieza clave en el flujo de conocimiento y propagación del *know-how* colectivo en los distritos de innovación.

Típicamente, las personas que trabajan en el contexto de un distrito de innovación, con el objeto de diseñar un nuevo producto o servicio que satisfaga un reto o una necesidad humana, tienden a pasar por las siete fases de la innovación a escala arquitectónica: (1) la generación de una nueva idea; (2) el análisis concienzudo de la información cualitativa y cuantitativa necesaria para enfocar el reto; (3) la formulación de una hipótesis de trabajo; (4) el diseño de un prototipo; (5) el proceso de validación y calibración de la solución; (6) la creación de un producto mínimo viable; y, finalmente, (7) la producción en masa y escalabilidad de la solución.

Los equipos que trabajan en centros de alto rendimiento en distritos de innovación requieren de proximidad geográfica y trabajo continuado en el tiempo para superar con éxito todas las etapas. Cuando un reducido grupo de personas consigue coronar con éxito tan ardua tarea puede producir un impacto económico espectacular en el conjunto de la sociedad. A modo de ejemplo, los alumnos e investigadores del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) producen unas 2.000 tesis al año, de las cuales aproximadamente un tercio culmina el proceso de transferencia de tecnología. Sin embargo, el PIB acumulado por el agregado de las invenciones creadas en el MIT desde su fundación constituye un monto equivalente a la décima potencia mundial, comparable al PIB de un país como Francia (Roberts, Murray y Kim, 2015).

Con el objeto de identificar los tipos de espacios arquitectónicos más favorables a la innovación, hemos desarrollado estudios en profundidad de centros de innovación como el Harvard Innovation Lab o el MIT Martin Trust Center for Entrepreneurship. A modo de ejemplo, el uso de sensores de seguimiento personal en la monitorización temporal, consciente y voluntaria de un grupo de estudio de equipos de *startups* e investigación aplicada durante semanas –en el contexto del programa de la incubadora DeltaV de MIT y en colaboración con el Human Dynamics Lab liderado por Sandy Pentland– ha permitido la identificación de tipologías de diseño espacial, arquitectónico y de

programa de actividades más propicias al rendimiento de las actividades intensivas en conocimiento. Los resultados preliminares del análisis de los patrones de interacción humana en relación con los espacios arquitectónicos y los niveles de rendimiento de la innovación sugieren algunas conclusiones provisionales que alienan las líneas de investigación futuras en relación con los criterios de diseño arquitectónico y urbanístico más adecuados para cada ciudad, distrito de innovación y sector de industria².

6. EL ROL DE LAS CIUDADES EN LA CADENA DE VALOR LOGÍSTICA DE LAS EXPORTACIONES, COMPLEJIDAD ECONÓMICA Y COMPETITIVIDAD GLOBAL

El análisis de las ciudades como sistemas complejos revela el papel central de las urbes en las cadenas de valor logísticas a través de las que se produce la distribución de productos y servicios, así como el comercio internacional de productos que permiten aumentar las exportaciones, mejorar la balanza comercial, y consolidar la competitividad internacional de los sectores estratégicos.

Si el análisis de complejidad económica revela que el *proxy* más sofisticado y completo en la descripción del *know-how* colectivo, de la ventaja comparativa de un país y de sus perspectivas de crecimiento y reparto de la riqueza viene definido por el análisis de las exportaciones a la luz de la teoría de redes, es evidente que las redes de infraestructuras de transporte y logística intermodal desempeñan un papel esencial en la cadena de valor de un territorio.

Las ciudades concentran dos de los factores que permiten la fabricación y exportación de productos y servicios a otros países:

1. los clústeres industriales que concentran la producción de productos altamente complejos, y

² Sobre el particular, los autores de este artículo están desarrollando una investigación, junto con O. Lederman, S. Pentland y F. Murray ("Impact of architectural space typologies and human interaction patterns on the performance of startup teams operating in entrepreneurship incubator centers: the case of MIT DeltaV Program at the MIT Martin Trust Center" : <https://2019.ic2s2.org/oral-presentations/>).

2. los principales nodos de la red de infraestructura intermodal, concretamente las redes viarias (media y corta distancia: *last mile delivery*), ferroviaria (media distancia: 200-2000 Km), marítima (*long-haul*: productos de *commodity*/básicos) y aeroportuaria (*long-haul*: productos de alto valor añadido y perecederos).

El análisis de los clústeres industriales desarrollado por Porter *et al.* (1998) describe los beneficios no lineales de la agregación geográfica de la producción industrial, por la vía del crecimiento sublineal de los costes. Las economías de escala asociadas a la "clusterización" por industria permiten la reducción del coste marginal de producción entre un 12-18 por ciento de promedio, hecho que permite disparar la competitividad del sector concentrado, particularmente para el caso de las industrias de productos más *commoditizados*.

Asimismo, el análisis de los flujos de las exportaciones a la luz de la teoría de redes revela el papel central que las grandes infraestructuras de transporte desempeñan en la dinamización de la economía. El análisis de las redes de nodos y flujos de transporte a la luz de la teoría de redes permite describir toda red de transporte según dos funciones esenciales:

1. creación de valor: flujo monetario y de peso de mercancía que fluye por una determinada vía, como *proxy* del valor con que contribuye a la cadena de valor de una ciudad;
2. captura de valor: función de minimización del coste (Capex y Opex) de la inversión en diseño, construcción y gestión de infraestructuras intermodales, con un criterio de demanda.

Por poner un ejemplo muy ilustrativo, la construcción del Erie Canal y la posterior consolidación del principal puerto de arribada y de importación-exportación de mercancías fue lo que permitió a la ciudad de Nueva York superar en población y actividad económica a Boston y Filadelfia, y convertirse en la mayor ciudad de los Estados Unidos. Asimismo, la centralidad del puerto de Singapur hizo posible que esta ciudad-estado se erigiera en el mayor centro de comercio internacional de Asia y en el principal *hub* intermodal del mundo, gracias a lo cual la

ciudad-estado pasó de ser una región relativamente pobre en los años 50 a convertirse en uno de los países más prósperos del mundo.

Los beneficios no lineales de la agregación geográfica en ciudades se manifiestan en la relación de potencia que se da entre la relevancia relativa de flujos de personas y mercancías en aeropuertos de diferente nivel de escala: aquellos *hubs* globales (como Singapur, Nueva York, Londres o Rotterdam) concentran una actividad económica y unos flujos muy superiores a los nodos de orden 2 (como Barcelona, Madrid, o Múnich), que, a su vez, concentran unos flujos cualitativamente superiores a los de los nodos de orden 3 o 4.

Nuestro análisis sobre la movilidad de mercancías para exportaciones de Cataluña por mar y carretera (actualmente en desarrollo) revela que el óptimo o equilibrio se da en aquellos modelos que maximizan tanto la creación de valor (facilitando las exportaciones de productos de alto valor añadido), como la captura de valor (garantizando el servicio a todo el territorio y minimizando el coste asociado, con un criterio de demanda)³.

Aquellas ciudades que sepan desarrollar clústeres industriales de alto valor añadido, susceptibles de competir a escala internacional, y diseñar las infraestructuras urbanas y cadenas de logística intermodal eficientes que permitan exportar dichos productos y servicios, serán las que estén en condiciones de generar riqueza y crear ciclos de prosperidad distribuida que permitan elevar las oportunidades y los estándares de vida de la población.

7. CONSIDERACIONES FINALES: UNA ESTRATEGIA DE ÉXITO

En este artículo se ha puesto de relieve la contribución fundamental de las ciudades a la creación y el reparto de riqueza, así como al desarrollo del *know-how* colectivo de la sociedad. También se ha presentado una estrategia de alineamiento de la planificación del diseño urbanístico e infraestructural con la potencia-

³ Esta investigación dará lugar al Mapa de la Movilidad de Mercancías para Exportaciones de Cataluña por Mar y Carretera.

ción de la economía del conocimiento; una estrategia que persigue los objetivos de liberar el potencial del talento presente en un territorio y crear periodos de prosperidad sostenidos en el tiempo que beneficien al conjunto de la sociedad. Esta estrategia consiste en el diseño de distritos de innovación, capaces de alojar centros punteros de investigación y transferencia de tecnología, compañías intensivas en innovación y personas, y hospedar a equipos que puedan generar nuevos productos y servicios a partir de la colaboración. A su vez, estos distritos pueden generar inmensas oportunidades de empleo para la sociedad mediante centros de producción de alto valor añadido y *hubs* intermodales que impulsen la competitividad de estos productos y servicios en el mercado global. Se trata, al fin y al cabo, de generar una economía basada en la innovación, el trabajo en red y el mérito personal.

Esta nueva metodología (que bebe de autores como Évariste Galois, Ildefons Cerdà y Louis Durand, así como de los modelos desarrollados por West, Barabási, Hidalgo y Hausmann) puede convertirse en una de las claves para alcanzar una mejor comprensión del fenómeno de la innovación urbana y servir de estímulo y guía para tomar mejores decisiones. Asimismo, dicha metodología puede resultar de utilidad para identificar la localización idónea para esas comunidades y los criterios de diseño que deben conformar la planificación urbanística de tales distritos, así como también las industrias y los talentos con mejores perspectivas para el desarrollo del *know-how* colectivo local. Con el tiempo, dicha herramienta puede llegar a convertirse en un motor de análisis y apoyo a la toma de decisiones que genere más oportunidades profesionales de calidad y posibilite el avance hacia una sociedad más próspera, dinámica, libre y, en última instancia, más humana.

BIBLIOGRAFÍA

ARBESMAN, S., KLEINBERG, J. M. y STROGATZ, S. H. (2009). Superlinear scaling for innovation in cities. *Physical Review E*, 79, 016115.

BARABÁSI, A. -L. (2016). *Network science: The scale free property*. Recuperado de :<https://barabasi.com/f/623.pdf>

— (2017). The elegant law that governs us all. *Science*, 357 (6347), 138.

BBC NEWS (2015). A watchmaker's paradise. Recuperado de: <https://www.bbc.com/news/magazine-34767820>

BERTAUD, A. y MALPEZZI, S. (2003). The spatial distribution of population in 48 world cities: implications for economies in transition. Recuperado de: https://alainbertaud.com/wp-content/uploads/2013/06/Spatia_-Distribution_of_Pop_-50_-Cities.pdf

BERTAUD, A. y RICHARDSON, H. (2017). Transit and density: Atlanta, the United States and Western Europe. En: C. B. CHANG-HEE y H. W. RICHARDSON (Eds.), *Urban sprawl in Western Europe and the United States*. Londres: Routledge.

BETTENCOURT, L. M. A., LOBO, J. y STRUMSKY, D. (2004). Invention in the city: increasing returns to scale in metropolitan patenting. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/9f92/6ccc4aba0fa68712ccbb5faaffb5fbb715da.pdf>

BETTENCOURT, L. M. A., LOBO, J., STRUMSKY, D. y WEST, G. B. (2010). Urban scaling and its deviations: revealing the structure of wealth, innovation and crime across cities. *PLoS ONE* 5(11), e13541.

BETTENCOURT, L. M. A., LOBO, J. y WEST, G. B. (2008). Why are large cities faster? Universal scaling and self-similarity in urban organization and dynamics. *The European Physical Journal B*, 63, pp. 285-293.

— (2009). The self similarity of human social organization and dynamics in cities. En: D. LANE, D. PUMAIN, S. E. VAN DER LEEUW, S. E. y G. WEST (Eds.), *Complexity Perspectives in Innovation and Social Change*. Dordrecht: Springer.

BURKE, J. y GRAS, R. (2019a). Hacia una nueva ciencia para entender y diseñar mejor las ciudades. *MIT Technology Review*. Recuperado de: <https://www.technologyreview.es/s/11355/hacia-una-nueva-ciencia-para-entender-y-disenar-mejor-las-ciudades>

— (2019b). *The Atlas of Innovation Districts*. Recuperado de: <https://www.aretian.com/atlas>

— (2019c). Cinco claves para impulsar el éxito de los distritos de innovación. *MIT Technology Review*. Recuperado de: <https://www.technologyreview.es/s/11331/cinco-claves-para-impulsar-el-exito-de-los-distritos-de-innovacion>

CERDÀ, I. (1867). *Teoría general de la urbanización y aplicación de sus principios y doctrinas a la reforma y ensanche de Barcelona*. Madrid: Imprenta Española.

CHRISTENSEN, C. M. (2015). What is disruptive innovation? *Harvard Business Review*, diciembre.

DURAND, J. -N. L. (1840). *Précis des leçons d'architecture données à l'École Royale Polytechnique* (Vol. 2). París: École Polytechnique.

GOMELSKY, V. (2014). How Switzerland came to dominate watchmaking. *New York Times*, 20 de noviembre. Recuperado de: <https://www.nytimes.com/2014/11/21/style/international/what-enabled-switzerland-to-dominate-watchmaking.html>

GRAS ALOMÀ, R. (2020). Discoveries from the Atlas of Innovation Districts. *UD: ID*. Recuperado de: <https://www.ud-id.com/equity-1/grasaloma>

HAMEL, C. (2019). Look East instead of West for the future global middle class. *OECD Development Matters*. Recuperado de: <https://oecd-development-matters.org/2019/05/07/look-east-instead-of-west-for-the-future-global-middle-class/>

HARRIS, K., KIMSON, A. y SCHWEDEL, A. (2018). Labor 2030: The collision of demographics, automation and inequality. *Bain and Company*. Recuperado de: <https://www.bain.com/insights/labor-2030-the-collision-of-demographics-automation-and-inequality/>

HARTMANN, D., GUEVARA, M. R., JARA FIGUEROA, C., ARISTARÁN, M. e HIDALGO, C. A. (2017). Linking economic complexity, institutions, and income inequality. *World Development*, 93, pp. 75-93.

HAUSMANN, R., HIDALGO, C. A., BUSTOS, S., COSCIA, M., SIMOES, A. y YILDIRIM, M. A. (2014). *The Atlas of Economic Complexity. Mapping paths to prosperity*. Cambridge (MA): MIT Press.

HELBING, D. *et al.* (2009). Power laws in urban supply networks, social systems, and dense pedestrian crowds. En: D. LANE, D. PUMAIN, S. E. VAN DER LEEUW y G. B. WEST (Eds.), *Complexity perspectives in innovation and social change*. Dordrecht: Springer.

HIDALGO, C. A. y HAUSMANN, R. (2009). The building blocks of economic complexity. *PNAS. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(26), pp. 10570-10575.

Ho, M. -W. (2014). Large cities in USA less green than small ones. *Permaculture News*. Recuperado de: <https://www.permaculturenews.org/2014/09/24/large-cities-usa-less-green-small-ones/>

JABERG, S. (2014). The valley at the heart of the watchmaking boom, *SWI-swissinfo.ch*. Recuperado de: https://www.swissinfo.ch/eng/ticking-along_the-valley-at-the-heart-of-the-watchmaking-boom/38555408

KHARAS, H. (2017). *The unprecedented expansion of the global middle class. An update*. Washington DC: Brookings Institution.

KÜHNERT, C., HELBING, D. y WEST G. B. (2006). Scaling laws in urban supply networks. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 363(1), pp. 96-103.

McKINSEY GLOBAL INSTITUTE (2018). How will automation affect jobs, skills, and wages? Recuperado de: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/how-will-automation-affect-jobs-skills-and-wages>

McKINSEY QUARTERLY (2016). Where machines could replace humans-and where they can't (yet). Recuperado de: <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/where-machines-could-replace-humans-and-where-they-cant-yet>

PORTER, M. E. (1998). *The competitive advantage: Creating and sustaining superior performance*. Nueva York: Free Press.

ROBERTS, E. B., MURRAY, F. y KIM, J. D. (2015). *Entrepreneurship and innovation at MIT. Continuing global growth and impact*. Cambridge (MA): MIT Sloan School of Management.

SATELL, G. (2017). The 4 types of innovation and the problems they solve. *Harvard Business Review*. Recuperado de: <https://hbr.org/2017/06/the-4-types-of-innovation-and-the-problems-they-solve>

SCHLÄPFER, M. *et al.* (2014). The scaling of human interactions with city size. *Journal of the Royal Society Interface*, 11, 20130789.

UNITED NATIONS (2016). *The New Urban Agenda*. Recuperado de: <http://habitat3.org/the-new-urban-agenda>

WINTERS, L. A. y YUSUF, S. (Eds.) (2007). *China, India y la economía mundial*. Washington DC: Banco Mundial.

YOUN, H., BETTENCOURT, L. M. A., LOBO, J., STRUMSKY, D., SAMANIEGO, H. y WEST G. B. (2016). The systematic structure and predictability of urban business diversity. *Journal of the Royal Society Interface*, 13 (arXiv:1405.3202v1).