



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

ICADE

CIHS

La innovación frugal como motor de los países en desarrollo en el contexto de la economía intangible y la Cuarta Revolución Industrial

Trabajo de Fin de Grado

Grado en Relaciones Internacionales

Universidad Pontificia Comillas

Curso académico: 2020-2021

Borja Osuna Ciordia

Director: Carlos Ballesteros García



Índice

Capítulo I – Aspectos teóricos y metodológicos.....	1
1. Introducción	1
2. Idea de investigación.....	4
3. Pertinencia y utilidad	5
4. Metodología	7
5. Límites	8
6. Estado de la cuestión.....	9
Capítulo II – Marco teórico.....	13
7. La economía intangible.....	13
7.1 Conceptualización de la economía intangible	13
8 La Cuarta Revolución Industrial	22
8.1 Breve evolución de las primeras Revoluciones Industriales	22
8.2 Conceptualización de la Cuarta Revolución Industrial	25
8.3 Implicaciones a nuevas tecnologías y nuevos mercados	30
8.4 Relación con la economía intangible.....	33
9 La innovación frugal	37
9.1 Desarrollo y caracterización del concepto.....	37
9.2 Cómo fomentar los procesos de innovación frugal. Casos de éxito	41
Capítulo IV – Conclusiones y opinión personal	49
Bibliografía	56



Capítulo I – Aspectos teóricos y metodológicos

1. Introducción

La investigación de este trabajo de fin de grado versa sobre cómo en los países en vías de desarrollo surge la mayor parte de la innovación de forma frugal, y el efecto que ésta puede tener en el contexto de la Cuarta Revolución Industrial para el desarrollo global. Queremos comprobar si esto ocurre gracias a una creatividad completamente motivada por la necesidad, contraria a los complejos y largos procesos de innovación que se desarrollan en los países más avanzados.

La innovación frugal es un término que proviene del hindú "*jugaad*", que significa "hacer lo mejor posible con los recursos que se tiene". Nada tiene que ver con la improvisación, sino más bien con el ingenio y la capacidad de ver las cosas desde una perspectiva más amplia. La clave de su éxito es partir desde el resultado esperado, y, entonces, adaptar el proceso a las restricciones existentes. La innovación frugal hace necesario “repensar lo que se está haciendo y proponer algo muy diferente con una serie de restricciones, considerando además el sentido de urgencia” (Llorens, 2018).

En los países con escenarios adversos para la innovación convencional, donde el acceso a recursos financieros y humanos de calidad es complicado o imposible, y aparecen restricciones de conocimiento, procesos, instalaciones o de materiales, es la pura necesidad de ofrecer una solución a un problema el impulsor principal de las innovaciones que se producen.

Además, dado que la innovación frugal se caracteriza por minimizar el uso de recursos necesarios para lograr un desarrollo de producto eficaz, en muchas ocasiones los académicos la han asociado con la sostenibilidad, tanto económica, como social y como ambiental o ecológica. Reducir el uso de los recursos financieros, las materias primas, los recursos productivos, la energía o el combustible, el agua, etc. para desarrollar una innovación, no sólo es más asequible y accesible económicamente que un proceso de innovación convencional, sino que además repercute positivamente en el cuidado del medio ambiente respecto de la otra.

A través de esta investigación quiero, no obstante, alejarme de los planteamientos que abordan este efecto más directo de la innovación frugal por la infrutilización de recursos respecto a la innovación convencional, y dirigir mis esfuerzos a construir con la innovación frugal una vía alternativa al desarrollo para los países emergentes, en el contexto que se está formando en



base a las características de la revolución digital y de la economía intangible para los próximos años.

Por supuesto, es necesario entender el desarrollo como un concepto global, y no meramente económico. Por desarrollo entendemos el progreso en los sentidos económico, sociocultural, político, higiénico-sanitario, educativo, etc. Ahora bien, al tratarse de un concepto multívoco, no centraré mi estudio sobre él, sino más bien sobre los efectos que puede jugar la innovación frugal de cara a este desarrollo.

Una vez definida la innovación frugal, trataré de identificar el efecto diferencial de la misma sobre la innovación convencional, ya que puede jugar un papel fundamental para favorecer el desarrollo de los países, especialmente para aquellos todavía menos desarrollados y, sobre todo, en el contexto de la incipiente revolución digital y bajo las premisas de una economía cada vez más intangible. Para ello, realizaré un esfuerzo por recopilar, interpretar y sintetizar todo el conocimiento académico sobre el campo, y alcanzar conclusiones válidas que permitan orientar esta investigación.

Dedicaré una parte importante de la investigación a establecer el marco contextual sobre el que planteo mi idea de investigación, con el objetivo de delimitar mis razonamientos únicamente al ámbito que hoy nos reúne, la relación de la innovación frugal con el desarrollo de los países. Es importante, por un lado, conceptualizar de la forma más descriptiva posible la innovación frugal, centro de nuestro foco de estudio; y por otro lado, sentar claramente las bases que podemos prever que vayan a suponer la incipiente Cuarta Revolución Industrial, basada en una revolución digital, y la transición hacia una economía mayormente intangible, o muy basada en el conocimiento, la información y los datos; ya que estos dos eventos van a modificar por completo el paradigma de la realidad actual, y con él también, concretamente, aquel de las investigaciones y políticas para el desarrollo.

Entonces, para cerrar la idea de la investigación, y concluir así el trabajo con ella, presentaré la relación que está llamada a darse entre la innovación frugal y este contexto de cambio rápido y profundo en el que la proyectamos, basado en el progreso tecnológico y el valor de los activos intangibles.

Me gustaría concluir la introducción de esta investigación con una reflexión personal. A lo largo de la historia se han realizado incontables esfuerzos para salvar la escasez de recursos allí donde se daba: se transportaban materiales pesados, maquinaria, trabajadores, etc. para salvar la escasez en el destino. De esta manera, se conseguía armar una base mínima para poder



emprender la innovación tradicional como vía hacia el desarrollo. Un camino muy pisado que hacía el proceso sencillo y fácilmente entendible a través de la estandarización, como una receta de cocina. Mi objetivo a través de este trabajo es demostrar que la escasez de recursos no sólo no tiene por qué suponer un límite al progreso, sino que además puede suponer una mayor optimización de los recursos, repercutiendo en un desarrollo más eficiente, mayor, o más rápido. A través de esta investigación vamos a establecer la innovación frugal como una fuente de ventaja competitiva para los países, y especialmente para aquellos en vías al desarrollo.



2. Idea de investigación

En este apartado discutiré la asociación tradicional que se hace entre el éxito en el desarrollo de los países emergentes, como en su día lo fue China, esencialmente con la existencia de mano de obra barata en los mismos, pero también con prácticas comerciales abusivas o una escasa protección de los derechos de propiedad intelectual o del consumidor. Así será posible entender mejor la incidencia que tienen otros factores diferentes sobre el desarrollo de los países, en los que centraré mi investigación.

En primer lugar, esta asociación se ha dado porque parecía responder con bastante acierto a la realidad. No obstante, si bien estos factores han existido y han supuesto una condición para el desarrollo en los países emergentes, es necesario reconocerlos en su escala, y no intentar construir con ellos una tesis omnipotente. Hoy, ya existe un fuerte interés entre los académicos por reconocer las esferas económicas informales como reservas o granjas de conocimiento, habilidades y creatividad. Al analizar más en profundidad los motores del desarrollo de estos países, se puede observar todo un conjunto de políticas y construcciones racionales de la dirección que debía tomar el progreso para contribuir a un desarrollo global y sostenible. Hasta ahora, algunos, pero no así otros, han podido aprovechar esas condiciones específicas de los países para lograr un mayor desarrollo, pero estas condiciones no van a ser tan determinantes para el desarrollo en el futuro próximo.

La idea de investigación que plantearé a lo largo de esta investigación es que la innovación frugal juega un rol central para el desarrollo de los países, especialmente para aquellos menos avanzados, y cada vez más en el contexto emergente altísimamente digital al que nos encaminamos.

Por tanto, necesitamos entender cuál es la capacidad de alcance real de la innovación frugal para el desarrollo de estos países emergentes en el contexto de la cada vez más incipiente Cuarta Revolución Industrial. Así será posible extraer unas conclusiones y ofrecer una valoración que resulten realmente útiles de cara a profundizar en este campo académico y construir políticas encaminadas a perseguir el desarrollo sostenible y global a través de esta vía.

Una vez planteada la idea central de la investigación, quiero justificar la necesidad de estudiarla, de plantear un estudio académico sobre la base de la innovación frugal y el desarrollo de los países. Procuraré que esta justificación sea lo más global posible y ofrezca también respuestas sobre la posible utilidad de mi investigación.



3. Pertinencia y utilidad

Con el objetivo de mantener la concreción de la investigación, debo establecer un marco previo partiendo de una reflexión que limite hasta qué punto se justifica el interés de plantear este tema en las Relaciones Internacionales.

En primer lugar, esta investigación pretende dar respuesta a algunos de los eventos del desarrollo digital mundial, en los que han sido países pobres quienes han protagonizado avances o innovaciones digitales de enorme trascendencia, y que posteriormente se han implementado en los países más avanzados. Un ejemplo claro es el caso del nacimiento del pago móvil en Kenia en torno a 2008 y su implantación años después en los países avanzados (Ast, 2020).

En segundo lugar, es importante para las Relaciones Internacionales conocer este tipo de dinámicas de desarrollo alternativas o atípicas en los países emergentes, para lograr una mejor asignación de recursos en la cooperación al desarrollo y favorecer el desarrollo global simultáneo. Dinámicas como las que surgen de la cooperación Sur-Sur, que responde a la necesidad de resolver problemas específicos de países en desarrollo, y suple la escasez de medios a través de innovación y compartiendo conocimientos.

Otro de los motivos que me ha decidido es la consonancia del desarrollo de la innovación frugal con la misión social jesuita. Considerando por mi parte que el fomento de aquella, puede ser también un pilar de dicha misión a través de un mayor desarrollo de los países, ya que éste repercute en menores niveles de pobreza y una mejor calidad de vida para las personas.

En último lugar, a nivel personal, me suscita mucho interés alcanzar a entender por qué y cómo se pueden producir innovaciones de forma natural en un contexto muy poco favorable para las mismas. Innovación empujada en muchas ocasiones por la necesidad de “huir hacia delante” y de adaptarse a cambios cada vez más rápidos y profundos.

En este sentido, me surge una clara relación a la revolución digital. Este evento está desencadenando la Cuarta Revolución Industrial, que va a modificar completamente las bases sobre las que se apoya nuestra realidad económica y social, comenzando por la transición a la economía intangible, y esto va a dejar obsoletos la mayoría de enfoques sobre el desarrollo de los países, precisamente por no considerar este contexto.

Además, autores como Delfa Rodríguez, (2020), consideran el entorno propiciado por la pandemia de la COVID-19 como uno idóneo para el desarrollo de innovaciones frugales. Por



ejemplo, menciona las pantallas faciales protectoras contra la COVID-19 como un éxito de la innovación frugal, al haberse producido en masa por usuarios con impresoras 3D. Ahora, lo importante no reside en el entorno de la pandemia, sino en el que existirá una vez se supere, y por ello la autora destaca el potencial de la innovación frugal en general en periodos de crisis. Por tanto, se trata de un trabajo también eminentemente relacionado con la actualidad, la actualidad del desarrollo tecnológico, del desarrollo global y de las Relaciones Internacionales.

En cuanto a la utilidad práctica de esta investigación, el objetivo es demostrar el potencial de la innovación frugal para el desarrollo económico del futuro, y especialmente en aquellos países en los que la escasez de recursos ha supuesto un lastre histórico para su desarrollo. Esto era por los largos y costosos procesos de innovación convencional que hasta ahora se creían los únicos capaces de lograr fomentar la innovación, y con ella, el desarrollo.

La intención es que a través de este trabajo se pueda entender y aprovechar la posibilidad de desarrollo que supone la innovación frugal en un contexto profundamente marcado por la revolución digital que da inicio a la Cuarta Revolución Industrial, y bajo los supuestos que también determina la economía intangible a la que estamos realizando una transición progresivamente.

Para ello, procuraré demostrar detalladamente el potencial para el desarrollo que supone la innovación frugal contando con las condiciones que presentan los países emergentes, superior al de otras vías alternativas que parten de procesos de innovación convencionales.

Por tanto, mi intención última es que esta investigación sirva para influir en el campo académico para que se profundice en las relaciones analizadas de la innovación frugal con el desarrollo global. Este proceso podría llegar, idealmente, a servir de orientación para la toma de decisiones sobre las políticas públicas, recopilando acciones concretas que estimulen o fomenten la innovación frugal, a la que debe reconocerse un importante potencial para el desarrollo de los países emergentes, y un rol consecuente en la realidad económica de estos países.

Recogiendo esta primera reflexión sobre la pertinencia y utilidad práctica de realizar este trabajo de fin de grado acerca de la innovación frugal, plantearé ahora la metodología a través de la cual espero lograr los objetivos de la investigación.



4. Metodología

El método que emplearé en mi investigación consiste de dos partes: un razonamiento inductivo y un análisis de casos de éxito reales y sus características comunes.

Primero, realizaré un razonamiento inductivo que permita plantear una serie de condiciones partiendo de la observación de los fenómenos de la innovación frugal, la Cuarta Revolución Industrial y la transición hacia una economía mayormente intangible, que relacionaré con los países en desarrollo. Intentaré lograr una comprensión exhaustiva de cada uno de estos conceptos que haga entrever las implicaciones que puede tener esta relación entre la innovación frugal y los países en desarrollo en el emergente contexto digital.

Además, realizaré también un análisis de diferentes casos reales de innovación frugal desarrollada en países emergentes, de modo que sea posible inducir aquellas características comunes en los diferentes ejemplos y encontrar puntos de soporte para desarrollar la investigación académica futura. Este análisis es de gran importancia ya que puede apoyar la definición de posibles políticas de incentivación de la innovación frugal, así como encontrar características o sectores de un importante interés comercial para los países en desarrollo.

Una vez haya quedado establecido un escenario realista de las condiciones que previsiblemente presentará el futuro más próximo para los países emergentes, se podrán alcanzar conclusiones válidas acerca de resultados esperables de la innovación frugal en estos escenarios, tratando así de reforzar la idea central de la investigación.

Para cerrar este primer capítulo acerca de los aspectos teóricos y metodológicos de la investigación, es oportuno ahora hacer mención a los límites que suele enfrentar el tema propuesto y aquellos que específicamente encontrará este trabajo.



5. Límites

Por una parte, es importante reconocer desde la humildad el alcance de esta investigación y los límites hasta los que llega, aunque he procurado salvar ciertas restricciones que presentaban de forma recurrente las teorías que han tratado de dar sentido a la innovación frugal.

En primer lugar, no pretendo que esta investigación alcance a tratar políticas educativas de cara a desarrollar y difundir un conocimiento enfocado en la tecnología. Éste, indudablemente, contribuiría a generar un entorno propicio para las innovaciones en este campo y guarda una estrecha relación con la tesis de este trabajo, pero escapa del foco de estudio.

Tampoco es mi intención llegar a conclusiones acerca de la política fiscal en relación al emprendimiento o la creación de *startups* tecnológicas, ni tampoco a aquellas sobre las políticas internacionales de cooperación al desarrollo. No obstante, me resulta interesante la posibilidad de estudiar la conexión con las relaciones de cooperación Sur-Sur, de cara principalmente a las transferencias de conocimiento.

Intentaré realizar alguna anotación acerca de mi posición personal sobre estos límites, pero me centraré en desarrollar el campo teórico sobre el que construir diferentes enfoques, teorías, modelos... Éstos contribuirán a desarrollar el conocimiento académico sobre la innovación frugal y sus implicaciones para el desarrollo de los países en el contexto que presentará el futuro cercano.



6. Estado de la cuestión

Como he observado en la introducción, los estudios académicos que han abordado la innovación frugal hasta ahora, por lo general, se han centrado en observar la relación que se da entre la escasez de recursos necesarios para desarrollar la innovación frugal y el efecto que esto produce de cara a la sostenibilidad económica y social (Martin, 2019). Esta relación es evidente, ya que a menor necesidad de recursos productivos para innovar, menor coste económico para el desarrollo de la innovación, y menores externalidades sociales negativas, como el compromiso de esos recursos para el fin de innovar frente a su uso para cubrir otras necesidades.

Otro argumento recurrente en los enfoques académicos previos ha sido el menor impacto medioambiental que la innovación frugal produce con respecto a los procesos convencionales de innovación, y su consiguiente efecto positivo de cara a la sostenibilidad ambiental.

Martin, (2019), presenta esta relación entre innovación frugal y sostenibilidad, analizando las definiciones existentes de ambos conceptos de diferentes autores, y presentando los potenciales y amenazas de la innovación frugal para la sostenibilidad que éstos observan en sus textos. Entre las conclusiones de su análisis destaca: primero, que absolutamente todos los textos académicos estudiados describen una relación positiva entre la innovación frugal y la sostenibilidad y/o el potencial de la innovación frugal para la sostenibilidad. Segundo, que menos de la mitad de los autores describen relaciones negativas entre la innovación frugal y la sostenibilidad y/o amenazas de la innovación frugal para la sostenibilidad.

En base a sus resultados, se puede observar fácilmente que la innovación frugal es inherentemente sostenible social y económicamente, ya que reduce notablemente la necesidad de recursos para desarrollar innovaciones, logrando un buen balance entre el compromiso presente de estos recursos y su disponibilidad futura; pero no así será siempre sostenible ambiental o ecológicamente, ya que determinados desarrollos seguirán siendo perjudiciales para el medioambiente aunque se reduzca el daño que producen mediante la optimización de los procesos a través de la innovación frugal.

Por ello, en vista de la negación empírica de la inherencia en la innovación frugal de la sostenibilidad ambiental o ecológica, el autor propone utilizar otro término, "innovación frugal sostenible ecológicamente", para aquella innovación frugal con una conexión estrictamente positiva con la sostenibilidad ecológica.



Otros autores han profundizado su estudio en el potencial de la innovación frugal para contribuir a la sostenibilidad en su sentido global. Así, Basu, Banerjee, & Sweeny, (2013), centran su análisis en los atributos de la innovación frugal que la convierten en una vía posible para el desarrollo global, no sólo de los países menos avanzados o en desarrollo, sino también para aquellos más desarrollados. Según su opinión, cada uno de los atributos de la innovación frugal supone una importante oportunidad para el desarrollo global de las áreas del mundo que presentan una marcada escasez de recursos. Para innovar frugalmente, es imprescindible diseñar los productos desde las necesidades a cubrir, analizando concienzudamente cada detalle para adaptarlo a las necesidades específicas que presente el mercado, ya sea por motivos sociales, condiciones climáticas, de infraestructuras, de vías de transporte, etc. Si se desarrollan innovaciones frugales atendiendo a sus atributos, se lograrán soluciones sostenibles globalmente, que satisfagan las necesidades presentes sin comprometer los recursos futuros, equilibrando el desarrollo económico, social y medioambientalmente sostenible.

Además, al lograr optimizaciones en los productos ya existentes, ya sea por un cambio en el diseño que permita una menor utilización de recursos que incida en un menor coste, o por una síntesis de diferentes funcionalidades relacionadas, o por cualquier tipo de innovación frugal, se consigue un producto accesible, de alta calidad, eficiente y asequible, que satisface mejor las necesidades presentadas. Por tanto, también puede comercializarse en muchos otros mercados, incluyendo aquellos ya desarrollados, que tradicionalmente no han necesitado optimizar sus procesos y productos por una notable abundancia de recursos.

Por otra parte, para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible marcados por la Organización de las Naciones Unidas se necesitan esfuerzos de colaboración multidisciplinarios, que promuevan las interrelaciones entre las dimensiones económica, social y ecológica. Estos objetivos enfatizan la inclusión de las comunidades locales en los procesos de desarrollo y la necesidad de una producción y consumo sostenibles. En este sentido, la innovación frugal se presenta con la capacidad de unir los esfuerzos de diferentes partes interesadas para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible, especialmente en relación con los diferentes tipos de actores del sector privado (Rosca, Reedy, & Bendul, 2017).

Montoya, Cervantes, & Lemus, (2018), estudian la relación que se da entre la innovación frugal y la innovación inversa, planteando cómo una innovación pensada para un mercado de bajos ingresos puede derivar hacia mercados o públicos objetivo de mayores ingresos.



En su investigación, logran demostrar a través de la observación de la realidad “que una innovación frugal diseñada inicialmente para satisfacer las necesidades de las personas bajos recursos puede permear a los mercados compuestos por personas con niveles de ingresos más altos en el mismo país”. Fue una investigación nacional, pero esto no es sino aún más revelador, ya que no determina una conexión hacia públicos con perfiles similares en mercados externos, sino hacia el público opuesto dentro de un mismo mercado. Demuestra que la mejora continua aplicada desde la innovación frugal responde a necesidades que también se presentan mucho más allá de los mercados profundamente marcados por la escasez de recursos, donde nacen estas innovaciones, y que, por tanto, tienen cabida también en ellos.

Este hecho es de suma importancia, ya que posiciona a la innovación frugal como un catalizador de desarrollo sostenible, global y rentable económicamente, con el potencial de protagonizar desarrollos que satisfagan las necesidades de los mercados alrededor de todo el mundo.

Por último, hay otros académicos que han abordado la innovación frugal desde su relación con la investigación sobre el desarrollo. Ésta será la corriente que siga mayormente, al tratar de identificar la ventana de oportunidad que significa la innovación frugal en el contexto de la Cuarta Revolución Industrial y la economía intangible para el desarrollo de los países.

Leliveld & Knorringa, (2017), contribuyen al debate sobre innovación y desarrollo frugal mediante el estudio de la literatura existente acerca de la innovación frugal y sus posibles implicaciones hacia el desarrollo. Consideran que la literatura académica que sigue un enfoque descendente o *top-down* sobre negocios y gestión sobre la base de la innovación frugal ha demostrado relevancia para el desarrollo. Este enfoque, en general, busca identificar el panorama general y todos sus componentes, que suelen ser la fuerza impulsora del objetivo o resultado final. De otra parte, consideran, al menos, la misma importancia para las tesis de estudios de desarrollo con un enfoque ascendente o *bottom-up*, que suelen ser mucho más antiguos, sobre innovación de base y estrategias de medios de vida. Éstos, generalmente, centran su análisis en características y pequeños atributos específicos de una población o mercado individual, a través de cuya idiosincrasia se busca identificar oportunidades de desarrollo para su extrapolación hacia el mercado global. Según su tesis, por tanto, ambas literaturas son necesarias para alcanzar a comprender mejor cómo las innovaciones frugales se relacionan con el desarrollo, ya que, aunque desde dos perspectivas diferentes, enfocan un mismo evento, y consecuentemente sirven de manera simultánea para caracterizarlo.



Retomando esta línea de investigación, mi trabajo se puede encuadrar como una continuación que busca ofrecer respuestas que arrojen algo de luz más allá de esta primera reflexión acerca de los cambios globales que se están produciendo por efecto de la Cuarta Revolución Industrial. De esta manera, podemos componer una idea de investigación acerca del potencial de la innovación frugal para el desarrollo sostenible y global de los países en este contexto digital.

A continuación, una vez expuestas las principales líneas de investigación académicas que han abordado la innovación frugal hasta ahora, sintetizaré cada uno de los conceptos esenciales de este trabajo, ya que es importante sentar las bases del marco teórico sobre el cual construiré mi argumentación. Este marco teórico va a permitir establecer una relación entre la innovación frugal y el desarrollo de los países emergentes en un contexto frenéticamente cambiante por el desarrollo de la economía digital e intangible.



Capítulo II – Marco teórico

7. La economía intangible

7.1 Conceptualización de la economía intangible

En primer lugar, la «economía intangible» es un concepto que se equipara al de «economía del conocimiento», pero, etimológicamente, me parece más acertado emplear el primero, ya que el concepto de lo intangible engloba en sí mismo al conocimiento. Por ello, de ahora en adelante, trataré el concepto como economía intangible, e intentaré caracterizarlo de una forma completa. Esto es importante para facilitar su comprensión, su medición y su fomento.

El concepto de la economía intangible es bastante reciente, aunque surge de la evolución de la economía global durante los últimos 50 años. Hacia la entrada del Siglo XXI se comenzó a hacer claramente visible el aumento de valor de los activos intangibles en las compañías, con el desarrollo de las tecnologías de la información y la expansión de internet.

La “fiebre del oro” tecnológica derivó en la explosión de la “burbuja .com” en el año 2001, lo que condujo a un periodo de cierto estancamiento tecnológico que quizá desvió la atención del desarrollo de los activos intangibles durante un lustro o incluso toda la década posterior, pero hoy es imposible no apreciar este hecho. Ya se ha producido una transición a nivel interno en las compañías alrededor de todo el mundo hacia la generación, mantenimiento y explotación de los activos intangibles. Se habla incluso de la “Era de los Datos”, de que los datos puedan suponer un nuevo factor productivo para la economía, y alguno aventura que comenzará antes de 2025, cuando ya se haya llegado a un desarrollo suficiente de este campo y se hayan formado expertos en el mismo (Universidad Anáhuac México, 2020).

Navarro Martínez, (2018), define la economía intangible como aquella “que usa la información y el conocimiento para generar valor y ofrecer a la sociedad productos y servicios que mejoran su calidad de vida”. El conocimiento ha sido siempre el factor clave que ha producido todo progreso en cualquier civilización a lo largo de la historia de la humanidad. Eso sí, actualmente, la forma en la que el conocimiento se incorpora a la actividad económica ha variado por efecto del desarrollo tecnológico, cada vez más incontenible, lo que supone un hecho diferencial.

Todo a nuestro alrededor está conectado, todo está medido. El conocimiento tiene cada vez más valor en nuestra época, y, por ahora, sólo estamos presenciando el nacimiento de la misma. Por tanto, podemos entender la economía intangible como aquella basada en el



aprovechamiento comercial de los datos, del conocimiento de los consumidores, y que, por tanto, afectará a toda la economía en su conjunto: sectores primario, secundario y terciario.

Es muy importante establecer también una característica intrínseca a la economía intangible, y ésta es la inestabilidad. Antiguamente, cuando una empresa quebraba, podía devolver parte del valor del capital que habían invertido los socios al liquidar su inventario. Ahora, las empresas basadas en la economía intangible no tienen apenas inventario, no tienen muchas propiedades físicas. Sobre todo tienen información, muy valiosa, sí, pero sólo mientras tenga la capacidad necesaria para explotarla, o para vendérsela a alguien capaz de explotarla. Si un día esto dejase de suceder, o fuese superado, el valor de la compañía prácticamente se volatilizaría.

Hasta ahora, la economía era algo fundamentalmente tangible. Las empresas de éxito invertían en edificios, locales, fábricas, maquinaria, vehículos, materias primas... Cosas que eran fáciles de contar o medir y que se reflejaban en la contabilidad de la empresa. Pero, aproximadamente desde principios de siglo, las compañías empezaron a invertir mucho más dinero en cosas como programas informáticos; en crear marcas potentes y mantener su reputación, lo que se logra, entre otras cosas, con inversión en publicidad; en realizar investigación y desarrollo que puede acabar en diseños de nuevos productos; en patentar esos diseños de futuros productos; en recoger datos de sus clientes o del uso de sus productos; en organizarse de forma más eficiente; o en formar a los trabajadores en nuevas habilidades. Hoy, las empresas invierten mucho dinero en activos intangibles. Incluso, algunos activos tangibles se han convertido en símbolos de marca, como los camiones de reparto de Coca Cola o Bimbo.

Este tipo de economía, además de intangible, en el sentido de referirse a cosas que no se pueden tocar o sentir, es omnipresente, ya que todo negocio físico tiene, en su fondo, una parte basada en intangibles. Por otra parte, es también ilimitada, ya que puede escalar vertiginosamente. Este último atributo de la economía intangible puede generar la problemática de que el pionero o la mejor propuesta de valor acumule una enorme cuota de mercado, propiciando una fuerte desigualdad. Además, en este escenario podría ocurrir que la falta de competencia, esencial para el funcionamiento eficiente del mercado, lleve al líder a descuidar la satisfacción del consumidor o abusar de su posición de mercado. Por último, una de las características más descriptivas de la economía intangible es que es muy inestable: puede ganar o perder todo su valor en un periodo de tiempo muy corto (BBC, 2019).

La posibilidad de que se destruya todo el valor de una inversión es un cambio importante en la economía. Ahora bien, los activos intangibles no son una aparición reciente: en 1800, una



empresa farmacéutica de éxito ya invertía mucho dinero en investigación y en patentar sus fórmulas e inventos, pero la mayoría del dinero lo dedicaban a las fábricas, los ingredientes y las herramientas para convertir la materia prima en medicamentos. Esto era lo único que registraban contablemente. En la actualidad, hay farmacéuticas de enorme valor sin tener fábricas ni grandes propiedades tangibles y sin haber lanzado, si quiera, un sólo producto al mercado. Únicamente por haber generado expectativas de que quizá consigan un desarrollo de éxito. Y que quizá lo consigan implica que quizá no, y esto echaría por tierra todo el valor de la empresa.

En 1975, las 5 empresas más grandes del mundo se dedicaban al petróleo, a productos electrónicos, industriales y del hogar. Sumaban 590 mil millones de dólares en posesiones tangibles, mientras que, comparativamente, sus activos intangibles eran muy reducidos (Fortune500, 1975). La proporción ha ido cambiando con el paso de los años, hasta que, hoy, las 5 empresas más grandes del mundo son 5 gigantes tecnológicos, cuyas propiedades tangibles suman 4 billones de dólares, pero cuyo valor intangible alcanza cifras desorbitadas (Fortune500, 2020). Prácticamente todo el mundo utiliza los servicios de alguno de esos 5 gigantes, pero la mayoría de esos servicios no son físicos, son información que viaja por el aire, *bytes*. De hecho, muchas veces ni siquiera pagas esos servicios con dinero. Pagas con tus datos. Cada vez que los usas gratis, estas empresas recopilan más datos sobre ti, y sobre millones de personas, haciendo que su valor aumente todavía más. En el siglo pasado, el valor de un país residía en sus recursos naturales, como los minerales o los combustibles fósiles. Hoy, uno de los mayores recursos que existen es la propiedad intelectual, el conocimiento.

Antes, nuestra economía estaba fundamentalmente compuesta de cosas físicas. Hoy nuestra economía es, cada vez más, ideas, información, conocimiento o, incluso, emociones. Si sumamos el valor de todas las empresas que cotizan en bolsa a escala mundial, vemos que ya más de la mitad de su valor son activos intangibles, pero el 70% de esos intangibles está oculto de las fuentes oficiales (Chung & Neuman, 2020).

En *Capitalism without Capital: The Rise of the Intangible Economy*, Haskel & Westlake, (2017), explican las características de la economía intangible que, en su opinión, la posicionan como elemento central del aumento de la desigualdad global. En primer lugar, los activos intangibles son muy escalables. Si quieres expandir un negocio tangible, tienes que construir nuevas fábricas, comprar o alquilar locales, vehículos, etc. Algo que es costoso y, sobre todo, consume mucho tiempo. De otra parte, si creas una aplicación móvil en Estados Unidos puedes



comercializarla en toda Latinoamérica prácticamente al instante y sin costes, o en el sentido opuesto, de Latinoamérica a Estados Unidos. Cuando las empresas basadas en activos intangibles se expanden, prácticamente no hay límite a cuán grandes pueden llegar a ser. Esto puede suponer un problema, ya que se dan situaciones en las que el pionero y los primeros seguidores generan situaciones de mercado prácticamente monopolísticas. Por citar algún ejemplo, pongamos Google, Amazon, Netflix o Uber, que han alcanzado increíbles cuotas de mercado en poco tiempo. Además, los activos intangibles no están realmente en ningún lugar físico, lo que complica recaudar impuestos sobre ellos y, por tanto, permite mayores beneficios.

En segundo lugar, la economía intangible genera un efecto derrame: los beneficios de los activos intangibles de una empresa pueden ser aprovechados por otras. Si una empresa desarrolla una primera idea, otra puede apreciar su potencial, desarrollarla de un modo diferente y satisfacer mejor las necesidades del mercado. La historia del desarrollo de la computadora personal es un claro ejemplo de esto, en la que la empresa que era líder mundial en el sector de las computadoras, IBM, y que acumulaba un extenso conocimiento y *expertise* acerca del producto y del sector, desarrolló un primer concepto de ordenador personal que fue rápidamente imitado y superado por Apple en conjunto con Microsoft, dos empresas entonces mucho más pequeñas.

Otra característica de los intangibles, que es un problema, es lo que se conocen como costes hundidos. Antes, si una empresa no funcionaba y se veía obligada a quebrar, liquidaba sus activos tangibles: fábricas, equipos, vehículos... Esto permitía a los socios recuperar una parte de la inversión. Ahora, si una compañía que ha hecho grandes inversiones en activos intangibles se ve obligada a cerrar, es muy complicado recuperar la inversión, porque es difícil, por ejemplo, vender una investigación que está en proceso o una marca que haya perdido el prestigio. Como los activos intangibles son difíciles de valorar contablemente y son inestables, aunque puedan ser muy valiosos, los bancos sólo prestan dinero a empresas y países que tienen valor tangible, porque, en caso de impago, pueden quedarse con sus posesiones físicas que pusieron como garantía y que son fácilmente cuantificables.

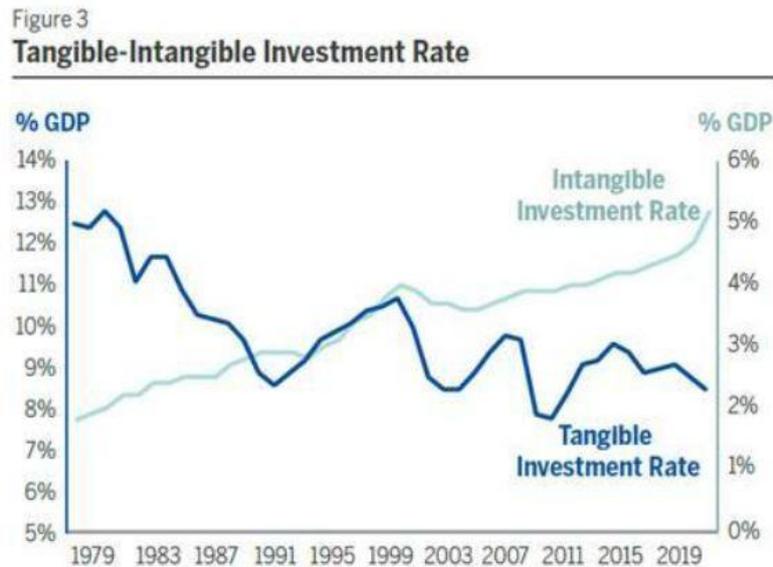
En definitiva, la economía intangible abre un espacio a la desigualdad. Al menos actualmente, la economía intangible beneficia más a los actores más grandes. La escalabilidad y los derrames también pueden beneficiar a los actores pequeños, pero siempre hay riesgo y es difícil el inicio del desarrollo de activos intangibles. Esto ha ido creando un grupo de empresas líderes a nivel mundial que pueden apostar por los intangibles, y cada vez son más productivas que el resto



de las empresas. Además, una buena gestión de los activos intangibles requiere una cierta habilidad, de modo que en estas empresas se están generando algunos puestos de trabajo muy difíciles de alcanzar para la gran mayoría, pero con sueldos muy elevados. Además, aunque el conocimiento puede desarrollarse en cualquier lugar, la realidad es que es en las ciudades donde se desarrolla mayormente la economía intangible, por los múltiples efectos de red y la cercanía entre los diferentes centros económicos. Este hecho está generando una división en los países entre las ciudades exitosas y el resto, que muchas veces se basan en economías más tangibles, como la agricultura o el sector secundario. Esta misma división también se puede observar entre diferentes países: un país que base gran parte de su economía en activos tangibles, como fabricar piezas de coche, está en desventaja frente al país que posee los activos intangibles, como la marca de ese coche, porque es quien tiene el conocimiento y la propiedad de los diseños, quien vende el producto final y quien captura la mayor parte de los beneficios.

Ahora bien, no hay que demonizar a los activos intangibles. Primero, porque siempre han existido, igual que los tangibles. Y, segundo, porque lo tangible y lo intangible se apoyan: el internet, por ejemplo, es una combinación de intangibles, como software y algoritmos; y tangibles, como el hardware y las infraestructuras tecnológicas de la comunicación, o sea, líneas telefónicas y satélites. Desde otro punto de vista, el ordenador más potente es sólo una máquina de escribir si no tenemos los conocimientos necesarios para saber explotar sus utilidades. Además, las bondades de los intangibles, como ser escalables o tener efectos de derrame, han causado una evolución que nos ha llevado a que hoy podamos utilizar gratis el correo electrónico, los mensajes instantáneos y las videollamadas, los mapas, la enciclopedia... Todos estos servicios eran de pago hace años. Hoy, tenemos más conocimiento que nunca a nuestra disposición.

La mayoría de personas que crean contenido en internet y han convertido esa actividad en su medio de vida no tienen el apoyo financiero de un gran banco o productora, pero existen medios alternativos como la suscripción o el *crowdfunding*, con el que se financian discos, videojuegos, películas independientes... El único abal para obtener financiación por estas vías alternativas es la reputación de los creadores, un activo intangible. El éxito de estas nuevas fórmulas indica que existe un enorme valor en esos activos intangibles y, de igual manera, una enorme oportunidad para los pequeños actores para desarrollarlos y capturar su valor.



(Chung & Neuman, 2020).

A partir de 1999, empresas alrededor de todo el mundo comenzaron a invertir en software, bases de datos, propiedad intelectual y en investigación, desarrollo e innovación. Sin embargo, como ya he comentado anteriormente, la mayor parte de los activos intangibles continúan fuera de toda medición contable. Uno de los motivos por el que quizá se oculta en la contabilidad la existencia de algunos activos intangibles es que necesitan tiempo para desarrollarse, deben entenderse a largo plazo. Por ejemplo, una investigación científica, como la necesaria para desarrollar una vacuna, necesita una importante cantidad de dinero, pero también necesita tiempo. Tiempo para formular teorías, realizar pruebas y repetirlas hasta ver si los resultados son concluyentes. Esa investigación puede ser potencialmente muy valiosa, pero seguirá necesitando tiempo para alcanzar ese valor final.

Otra posible razón de que permanezcan ocultos es que los activos intangibles requieren cierta tolerancia al error al momento de desarrollarlos. A veces, una idea puede tener un gran potencial, pero el momento en el que se desarrolle no ser el oportuno. Tolerar errores o animar a las personas a tomar descansos es positivo para el cerebro humano, y la mayoría de los intangibles son, realmente, capacidades humanas. Todos tenemos la capacidad de tener nuevas ideas, de generar una reputación, o de organizarnos junto a otras personas. Tenemos la infinita capacidad de crear conocimiento, y, consecuentemente, de lograr cierto desarrollo. Como hemos mencionado al inicio del apartado, la causa profunda del crecimiento económico, y de cualquier progreso, es el conocimiento (Fundación Cotec, 2020).



Después de analizar las definiciones de diferentes autores a lo largo del tiempo, Ruiz González, Font Graupera, & Lazcano Herrera, (2015), observan el valor que se le da al capital humano y al conocimiento por el valor que supone para las organizaciones. Otra de sus observaciones es el protagonismo que han ido adquiriendo tanto el conocimiento como el capital intelectual como activos dentro de las organizaciones, y el reflejo que éstos tienen en las cotizaciones bursátiles de las mismas. Pese a haber existido a lo largo de toda la historia, estos conceptos han cobrado importancia desde finales del Siglo XX por la necesidad de ofrecer explicación a los cambios económicos que han ido aconteciendo. “La emergencia de lo intangible, el punto donde se está anclando la sociedad del conocimiento, es uno de los principales motores del cambio”. El desarrollo científico-tecnológico y la revolución digital han impulsado el desarrollo global de las sociedades, creando una economía más basada en los activos intangibles como el conocimiento, donde la gestión del conocimiento es otro activo intangible de gran valor estratégico para las organizaciones.

Los países que fundamentan una parte importante de su desarrollo en economías intangibles realizan grandes inversiones en capital humano. Buscan mejorar las capacidades de las personas para lograr innovaciones, generar nuevos conocimientos o desarrollar ideas que culminen en nuevas soluciones para las personas, mejorando su bienestar. Los negocios del futuro estarán profundamente ligados a la economía intangible, ya que el desarrollo digital puede implicar notables incrementos de la productividad y numerosas oportunidades para la creación de empleos. Además, es importante remarcar el valor de los activos intangibles en el contexto digital al que nos encaminamos, pues continuar la vía tradicional al desarrollo basada en los activos tangibles, como las infraestructuras o las grandes fábricas, puede estancar a muchas sociedades en estados de desarrollo inferiores. Por el contrario, para aquellos países que sepan aprovechar la oportunidad que enfrentan en el contexto digital, la inversión en activos intangibles supondrá la posibilidad de lograr un rápido desarrollo, en primer término económico, y, en segundo término, global (Navarro Martínez, 2018).

De 2000 a 2013, la inversión en activos intangibles en Estados Unidos superó el acumulado de capital tangible, y, aunque en Europa no ha ocurrido de igual manera, también es apreciable el incremento en la tasa de inversión dedicada a activos intangibles sobre la inversión tangible. Ahora bien, dentro de los países de la Unión Europea, la propensión a invertir en activos intangibles varía considerablemente entre los países del norte de Europa y los países de Europa continental de habla no alemana, caracterizados por una importante participación intangible en



el PIB; y los países mediterráneos y de habla alemana, que son, en comparación, economías más intensivas en activos tangibles.

La Gran Recesión de 2008 tuvo un efecto diferente sobre la inversión tangible que sobre la intangible: mientras que la primera se desplomó masivamente durante la crisis y apenas se ha recuperado, la inversión intangible fue más resistente y se recuperó rápidamente.

Las inversiones intangibles son más dinámicas que las tangibles en el sentido del crecimiento económico. El análisis econométrico sobre los indicadores de la inversión en activos intangibles de Corrado, Haskel, Jona-Lasinio & Iommi, (2018), respalda que el incremento de los activos intangibles fue un importante impulsor del incremento de la productividad laboral entre 2000 y 2013 en Estados Unidos y la mayor parte de los países europeos. El incremento del capital sigue siendo otro impulsor relevante del crecimiento económico, pero con una contribución especialmente destacada del capital intangible. Además, concluyen que, desde la crisis global de 2008, la desaceleración de la productividad laboral se ha debido principalmente por la pérdida de productividad general de todos los factores, y no por ninguna relación directa con la economía intangible.

Su análisis también muestra que los países que presentan un tamaño promedio de empresa más alto y regulaciones menos estrictas tienen una tasa de inversión intangible y una relación de inversión intangible sobre aquella tangible más elevada. Además, todas sus conclusiones sobre los impulsores de la inversión intangible son consistentes con la tesis de que las políticas económicas deben enfocarse en las PyMEs, en mantener los mercados que funcionen eficientemente y en garantizar un nivel apropiado de inversión pública en innovación y desarrollo.

Una última característica del capital intangible que es importante remarcar es que promueve el crecimiento económico. La inversión intangible es una variable política clave. Ahora bien, las políticas diseñadas para fomentar la innovación y hacer que el entorno económico sea más propicio para la inversión en activos intangibles deben adoptar una visión más amplia que la convencional, y especialmente si tratamos países con importantes restricciones ante este tipo de innovación (Corrado, Haskel, Jona-Lasinio, & Iommi, 2018).

En conclusión, la economía del futuro va a reconocer mejor el valor del conocimiento, en detrimento de aquel del trabajo. Cada vez se produce un mayor desarrollo de la economía intangible, que deja oportunidades para que los grandes actores en los mercados afiancen sus posiciones de líderes, pero también para que los pequeños actores puedan desarrollar



innovaciones de éxito. Es por esto último que la economía intangible debe enfocarse desde la oportunidad que supone para que países alrededor de todo el mundo puedan desarrollarse de forma global.

Cada vez más, se habla de una transición en la economía global. Se habla de la desaparición de la clase media y del aumento de la desigualdad, del fracaso del sistema monetario basado en la moneda FIAT, o de la decadencia del uso de los combustibles fósiles. Para continuar nuestro acercamiento a la innovación frugal, hay que considerar la existencia de una gran tendencia global que está impactando sobre las oportunidades de desarrollo global, y, por ello, es necesario entender el potencial de la innovación frugal en un contexto altamente tecnológico. Las posibilidades de alcanzar desarrollos exponenciales se multiplican en el contexto digital, y, por ello, centraré la contextualización del tema abordado en la Cuarta Revolución Industrial y la transición hacia una economía intangible.

Estamos a las puertas de una revolución digital que transforme la economía desde su raíz. La automatización o la digitalización van a dar un salto de gigante en el periodo posterior a la COVID-19. Por eso, no podemos permitirnos un análisis superficial que no justifique la necesidad de abordar la innovación frugal en este momento. Tenemos que entender profundamente en qué contexto estamos hablando de la innovación frugal, con el objeto de proveerla de un sentido completo para los próximos años.



8 La Cuarta Revolución Industrial

8.1 Breve evolución de las primeras Revoluciones Industriales

Antes de introducir y caracterizar el concepto de la Cuarta Revolución Industrial, me parece necesario hacer un breve recorrido por las anteriores Revoluciones Industriales. Así podremos entender el efecto que han tenido en la historia de la humanidad para su desarrollo y llegar a imaginar el que puede tener la próxima.

Me gustaría comenzar con una simple reflexión acerca del desarrollo. De una parte, hay muchas personas que piensan que el mundo, en general, está empeorando. Piensan que cada vez hay más desigualdad, más división entre el Norte y el Sur, más población en otras partes del mundo sin acceso a sanidad o educación, o simplemente que muy poca gente es rica y hay una gran cantidad de gente pobre. De la otra parte, hay quien piensa que estas divisiones no son tan radicales, que el mundo hoy está más igualado que nunca antes, o incluso que la pobreza extrema será erradicada dentro de muy poco tiempo.

Ahora, atendamos a los hechos. En 1960 el 60% de la población mundial vivía en situación de pobreza extrema, esto es, con menos de 1,90 dólares al día (Grupo Banco Mundial, 2020). Esa proporción se ha reducido drásticamente. Hoy, sólo el 10% de la población mundial vive en esas condiciones de pobreza extrema. Además, la riqueza mundial tampoco está dividida entre una gran mayoría de la población pobre y una minoría muy rica. Así era en la antigüedad, y hasta los años 60 más o menos. Ahora, la mayoría de la población se agrupa en una clase media, ni rica ni pobre. Lo mismo pasa con la educación: en los años 60 sólo tenía educación básica algo más de la mitad de la humanidad. Hoy la tiene el 86%. Y también con la sanidad: en los años 60 estar vacunado contra enfermedades como la difteria, la tos ferina o el tétanos era muy raro. Esto tenía implicaciones como que el 20% de los niños morían antes de los 5 años. Hoy el 86% de la población está vacunada, y sólo un 4% de los niños del mundo mueren antes de los 5 años. Incluso, si retrocedemos todavía más, podemos apreciar lo impresionante que ha sido el desarrollo humano. Prácticamente el 90% de la humanidad vivía en pobreza extrema hace 200 años (Roser, 2020).

Son muchos los motivos que han permitido que la humanidad consiga avanzar tanto. Ahora bien, hay uno de mucho peso: las Revoluciones Industriales. La Primera Revolución Industrial tuvo lugar en torno a 1800, con la invención del motor a vapor. Gracias a él, aparecieron las primeras máquinas, que podían hacer lo mismo que un humano sin ningún esfuerzo, y, así, una



gran parte del trabajo fue siendo sustituido progresivamente por la labor de las máquinas. La Segunda Revolución Industrial introdujo la electricidad, y con ella se inventa el telégrafo, el teléfono, la radio, los coches... La Tercera Revolución Industrial se inicia ya en torno a 1960, con la invención de los ordenadores, y desde entonces el desarrollo global se ha producido a un ritmo más alto que nunca.

Estas primeras Revoluciones Industriales introdujeron cambios muy importantes. Primero, prácticamente acabaron con los artesanos, que hacían, por ejemplo, ropa o muebles. Un artesano era una persona que se encargaba de todo el proceso: diseñar, fabricar y vender. Ahora, con las Revoluciones Industriales aparecieron trabajadores especializados para cada tarea, que hacían el trabajo mucho más rápido, apoyándose en la ayuda de una máquina. Para formar a esta nueva clase de trabajadores, se diseñó el sistema educativo moderno, al que volveremos más adelante. Paulatinamente se iba haciendo más fácil producir cosas en grandes cantidades, así que el precio de los productos básicos se fue reduciendo. Así, entre otros, la agricultura y la medicina experimentaron un crecimiento muy fuerte, y la calidad y esperanza de vida humana mejoró increíblemente.

Las primeras Revoluciones Industriales también introdujeron una idea: el círculo virtuoso. La producción aumentaba gracias a los avances tecnológicos y a la mano de obra mejor formada; así era posible que subiesen los sueldos de esos trabajadores; entonces aumentaba el consumo que hacían, también porque además había mucha variedad de productos; y las empresas obtenían mayores beneficios con los que se planteaba reinvertir para aumentar aún más la producción. De vuelta al inicio, y así continuamente. Esta idea del círculo virtuoso explica perfectamente el nacimiento de la clase media: el grupo en el que todos podían permitirse pagar una casa, un coche y una televisión. Las personas ni ricas, ni pobres. Además, la clase media formaba una especie de escalera, por la cual se podía ascender desde empleos peor pagados hasta empleos de dirección.

Entonces, a alguien se le ocurrió una manera de obtener beneficio sin tener que aumentar los sueldos de los trabajadores: deslocalizar la producción. Esto es, trasladar la localización de las fábricas a países donde los sueldos eran más bajos. Puede parecer mal, pero también ha contribuido a que ocurra lo siguiente: según el informe anual del Grupo Banco Mundial, (1991), en los países en desarrollo, casi la mitad de la población vivía en condiciones de pobreza extrema y apenas un 5% pertenecía a la clase media. En la actualidad, la clase media



ha triplicado su tamaño, y el mayor grupo ya no es la pobreza extrema, sino lo que la ONU llama clase media en desarrollo: gente que está cerca de pasar a la clase media.

Ahora, en los países más desarrollados, el empleo que se iba perdiendo por la deslocalización se compensaba porque coincidió con el “boom de los servicios”. En el sector privado, las tiendas, el sector de comunicaciones, el turismo, la hostelería, los bancos... necesitaban emplear a muchas personas continuamente. También el Estado, para los sistemas de salud o de transporte públicos, tuvo la necesidad de contratar a mucha gente. Por tanto, la destrucción de empleo se compensó por empleos de nueva generación (Fundación Cotec, 2019a).

Antes el círculo virtuoso funcionaba muy bien, pero no así ahora, al comienzo de la Cuarta Revolución Industrial.



8.2 Conceptualización de la Cuarta Revolución Industrial

Las tres primeras revoluciones industriales crearon mucho trabajo especializado y repetitivo, que se realizaba con ayuda de máquinas. Pero ahora, en la Cuarta Revolución Industrial, hay un tipo de máquina excelente en realizar trabajo especializado y repetitivo: los ordenadores. Tanto es así que ya pueden funcionar de forma autónoma, sin necesitar a los humanos.

El elemento central que determina el contexto planteado para esta investigación es el acontecimiento de la Cuarta Revolución Industrial, basada en el concepto de la “revolución digital”. Esta revolución digital es la que está produciendo desarrollos como la inteligencia artificial (AI), el internet de las cosas (IoT), el *machine learning*, el *cloud computing*, altas velocidades de transmisión de datos, etc. (Iberdrola, s.f.).

Desde hace muchos años, estamos asistiendo a una precarización del empleo, la destrucción de puestos de empleo en el sector secundario, inestabilidad laboral en general, etc. Es evidente que este fenómeno responde mayormente a la digitalización de las empresas, que parte de un desarrollo tecnológico que viene desde la década de los años 90. Aquella fue la Tercera Revolución Industrial, que se basó en una revolución científico-tecnológica, en el desarrollo de internet, la introducción de la computación, de las tecnologías de almacenamiento de energía y de las fuentes de energía renovables (Economipedia, 2016).

Ahora bien, esa revolución tecnológica generó un espacio en el que en el que se han ido produciendo grandes avances, y, aunque parezca un proceso ininterrumpido, se está gestando una nueva revolución de gran calado, cada vez más frenética: la Cuarta Revolución Industrial.

En este caso, su carácter digital está profundamente enfocado en los datos, la información, el conocimiento, y la rapidez de su transmisión. Está basada en que absolutamente todo esté medido y parametrizado, bajo control, y que se haga automáticamente. Los ordenadores sirven perfectamente a este propósito: son ideales para procesar grandes volúmenes de datos, ordenarlos, analizarlos y extraer conclusiones.

Esta revolución digital va a tener implicaciones sociales muy importantes, ya que, primero, se va a producir una importante destrucción de empleo al reemplazarse la actividad humana por la de ordenadores y robots. Una destrucción de empleo que, como comentaba, viene afectando principalmente al sector secundario, a la industria. Eso sí, no sólo va a afectar a la industria, sino que, en general, va a destruir empleos atribuibles a la clase media en cualquier sector. Empleos que necesitaban de un nivel de habilidad intermedio, cualificados, y que ofrecían una



remuneración tal que proporcionaba estabilidad a los individuos y permitía el ahorro y su inversión. Por tanto, se está destruyendo la clase media, y esto tiene implicaciones importantísimas para cualquier sociedad, aunque quiero centrar la investigación en torno al siguiente hecho:

Por otra parte, toda destrucción implica regeneración, realmente más que una destrucción se va a producir una transformación del empleo. Van a generarse una enorme variedad de nuevos empleos, aunque existen menos certezas sobre cuáles serán y cuánta población emplearán. Lo que sí podemos prever mejor es que van a estar necesariamente relacionados con este mundo digital, con *data analytics*, con inteligencia artificial, *cloud computing*, desarrollo de software, neurotecnología, sistemas ciberfísicos... Existe una enorme ventana al desarrollo que mira a través de la revolución digital (Portafolio, 2019). Por ello quiero centrar mi investigación en esta regeneración, en esta oportunidad que presenta un nuevo paradigma digital global.

En las fábricas, ya no se ve un gran número de operarios que se ayudan de máquinas para crear los productos en una línea de montaje. Ahora se están convirtiendo, esencialmente, en espacios para robots ensambladores. En los países más desarrollados, las fábricas han ido desapareciendo paulatinamente, y quizá no es tan fácilmente apreciable, pero este cambio no sólo está ocurriendo en las fábricas. Cada vez generamos más información. De hecho, generamos información constantemente. Un teléfono móvil actual permite saber dónde estás, qué has comprado, qué has leído, con quién te has relacionado..., pero también los electrodomésticos, los vehículos, o los robots de las propias fábricas envían datos a las compañías que los desarrollan sobre su estado, cuánto y cómo se usan... Esto es lo que se conoce como el "internet de las cosas". Hasta ahora, hemos tenido departamentos enormes de administración, marketing, contabilidad, mantenimiento... para procesar esa inmensa cantidad de datos. Millones de personas haciendo un trabajo especializado, repetitivo, y relacionado con los datos. Sin embargo, hemos sido absolutamente superados por los ordenadores en realizar este tipo de trabajos, y es que, además, obedecen ciegamente, no necesitan descansar y no cobran un sueldo.

En Estados Unidos, un 47% del empleo es especializado y repetitivo, y es susceptible de ser sustituido por el trabajo de robots (Frey & Osborne, 2013). En España, estudios como el de Doménech, García, Montañez, & Neut, (2018), hablan de cifras en torno al 36%, que podrían extrapolarse a otros países similares. En conclusión, cerca de la mitad del empleo actual podría ser realizado por ordenadores. A esto se lo conoce como automatización del trabajo. La



mayoría de ese empleo repetitivo, especializado y de datos se paga con sueldos de tipo medio: es empleo de clase media. Al acabar con el empleo repetitivo y especializado estamos acabando con la clase media, principalmente. Los ordenadores no distinguen entre ricos y pobres, también van a destruir empleo de clase alta. En medicina, por ejemplo, hay ciertas especialidades en las que se dedica mucho tiempo a comparar grandes cantidades de información de un paciente tras otro. Repetición, especialización y datos: campo abierto para los ordenadores. Ahora bien, la Cuarta Revolución Industrial, los ordenadores, los robots, los algoritmos, la inteligencia artificial..., no van a quitarle el trabajo a los humanos. O, al menos, no van a dejar a los humanos sin trabajo.

Como mencionaba en el apartado anterior, ya en la Primera Revolución Industrial las máquinas acabaron con los artesanos, pero también generaron numerosos nuevos puestos de trabajo para manejarlas. Estudios como *The Future of Jobs Report*, World Economic Forum, (2018), observan que en los próximos 4 años la automatización destruirá 75 millones de empleos -la última gran crisis destruyó unos 27 millones (Organización Internacional del Trabajo; Grupo Banco Mundial, 2013)- pero creará más de 130 millones. En las fábricas, desaparecen los trabajos rutinarios, pero se necesita gente que supervise, programe o diseñe los robots ensambladores, las cámaras de reconocimiento por imagen, etc. En el resto de empresas y sectores pasa lo mismo: un programa de ordenador puede acabar con miles de puestos de trabajo, pero se necesita gente para programar y supervisar los programas y algoritmos y tomar las mejores decisiones. Entonces, se van a crear nuevos puestos de trabajo, y muy bien remunerados, ya que requieren de un nivel de estudios también alto. El problema es que no todo el mundo puede permitirse un alto nivel de estudios. Eso sí, no sólo se necesita gente que dirija o supervise, en el otro extremo se está creando otro tipo de trabajo que los ordenadores tampoco pueden hacer por ahora. A este trabajo puede acceder casi todo el mundo, pero es trabajo de salarios bajos y extremadamente precario. Pongamos, por ejemplo, los *riders* de comida rápida, o las personas que se ofrecen en aplicaciones móviles para realizar tareas de todo tipo por una mínima remuneración.

La automatización está creando un mundo donde van a predominar o bien los trabajos de salarios altos o bien los de salarios bajos. Antes había una escalera que podías ir subiendo, aunque comenzases tu carrera profesional en un empleo de baja remuneración, pero ahora va a haber un muro. De toda la gente que vaya perdiendo su empleo, los que puedan permitirse estudiar lo necesario para acceder al tipo de empleos con salarios altos, los conseguirán, mientras que el resto caerá en la zona de salarios bajos sin posibilidad de ascender. Esto es un



proceso de polarización, que divide a la sociedad en dos polos opuestos. Diferentes estudios lo confirman, los puestos de trabajo con sueldos bajos o altos son los únicos que crecen, mientras muchos de clase media están amenazados, en Europa, en Estados Unidos y en todo el mundo (OECD, 2019). La mayoría de puestos de trabajo especializados y repetitivos que están desapareciendo a causa de la automatización, muchos de ellos basados en manejar datos, están en el medio de la escalera salarial. Corremos el riesgo de volver a una sociedad más dividida entre ricos y pobres, como la de antes de la Primera Revolución Industrial. Retomando la idea del círculo virtuoso, la clase media no sólo sirve para comprar y que se produzca más, también sirve para pagar la mayoría de los impuestos, con los que un país puede sustentar un estado del bienestar: un sistema de salud para todos, pensiones, escuela pública, una paga de supervivencia para los desempleados... Si se destruye la clase media, se destruye la sociedad.

Los ordenadores han superado todas nuestras expectativas en procesar datos rápidamente, realizar ejercicios repetitivos, especializarse en una cosa y cumplir órdenes... y van a seguir haciéndolo. Cuando los creamos, pensamos que su potencia de cálculo crecería de forma lineal, pero, en realidad, está creciendo de forma exponencial (Undurraga, 2019). Varios autores, como Vinge, (1993), prevén que para 2030 incluso superarán la capacidad de cálculo de un cerebro humano. Este es un concepto que se conoce como singularidad tecnológica. Mientras tanto, seguimos educando a los jóvenes memorizando datos, realizando ejercicios repetitivos, pidiéndoles que se especialicen en una cosa y que cumplan órdenes. Formándoles para trabajos que están a punto de desaparecer por efecto directo del desarrollo tecnológico y digital. Es absolutamente imposible competir contra los ordenadores en este tipo de trabajos, pero el problema no es la tecnología, sino nosotros.

Nos hemos estado educando durante los últimos siglos para intentar asemejarnos a una suerte de inteligencia artificial simple, y ahora ha irrumpido la auténtica inteligencia artificial (Fundación Cotec, 2019a). Ser conscientes de esto debería contribuir a reorientar la forma en la que nos proyectamos a futuro, de modo que podamos encontrar vías al desarrollo que contemplen estos profundos cambios tecnológicos, y no simplemente vernos arrastrados por ellos.

En definitiva, la Cuarta Revolución Industrial es una transición económica hacia sistemas ciberfísicos creados sobre la base de la revolución científico-tecnológica de la Tercera Revolución Industrial, y no tanto el desarrollo de esa misma infraestructura. “Los sistemas ciberfísicos, que combinan maquinaria física y tangible con procesos digitales, son capaces de



tomar decisiones descentralizadas y de cooperar -entre ellos y con los humanos- mediante el internet de las cosas”. El *cloud computing* también es de relevancia aquí (Perasso, 2016). Algunas de las características que pueden definir mejor a esta revolución digital son: la interconexión de los dispositivos a través del internet de las cosas, la robótica y los espacios ciber-físicos y la cultura de hacer las cosas por uno mismo (Vicent Selva, 2016).

Según Schwab, (2018), hay que entender la Cuarta Revolución Industrial como tal, y no como una continuación de la anterior, ya que su velocidad, impacto y alcance en los sistemas de todas las industrias a lo largo del mundo la caracterizan como un fenómeno propio. También, en su opinión, es difícil alcanzar a imaginar el potencial que acumulan las nuevas tecnologías de esta nueva Revolución Industrial, pero cree que éste pasa por la cooperación de las personas para visualizar, desarrollar y adoptar estas tecnologías.

Perasso, (2016), también observa cómo son los mercados emergentes de Asia los que están adoptando los cambios de la Cuarta Revolución Industrial de forma más disruptiva que los mercados desarrollados, y cómo “las empresas podrán crear redes inteligentes que podrán controlarse a sí mismas, a lo largo de toda la cadena de valor”, generando una enorme oportunidad de desarrollo.



8.3 Implicaciones a nuevas tecnologías y nuevos mercados

En primer lugar, es importante recordar la amenaza que esta revolución va a suponer para el empleo en muchas industrias, por ser repetitivo y especializado. Ahora, también es muy importante tener presente que también se van a generar muchas nuevas oportunidades, y, alguna de ellas, con un potencial inimaginable. Industrias enteras pueden sufrir cambios radicales que las optimicen y reposicionen al alza en el plano de la economía.

La inteligencia artificial, y más concretamente el internet de las cosas o el *machine learning*, van a generar un espacio enorme a transformaciones digitales con un potencial que va mucho más allá de la optimización para reducir costes o tiempo. Dentro de las organizaciones, la Cuarta Revolución Industrial puede afectar al talento, por ejemplo, modificando los roles de las personas más experimentadas de modo que se retenga su valor en la organización en este nuevo modelo económico ciber-físico (Deloitte, 2018). La interconexión de los dispositivos abre un mundo de posibilidades para el desarrollo de nuevas tecnologías y mercados, que apuntan a caracterizar la economía de los años próximos.

Uno de los mercados que mayores expectativas está generando gracias a la Cuarta Revolución Industrial es el de la biotecnología. Por un lado, se espera que se incrementen significativamente y en paralelo la productividad y la sostenibilidad agrícola, gracias a la ingeniería genética que puede modificar componentes genéticos en los vegetales para adaptarlos a los medios disponibles, generando resistencias a las adversidades climáticas o a plagas, por ejemplo. No sólo hay que verlo desde la perspectiva de aumentar la producción, sino que también debe enfocarse desde el respeto al ciclo de vida y a la lógica natural (GreenFacts, s.f.).

Además, también está cobrando mucha atención la biotecnología blanca, aplicada a los procesos industriales. Gracias a los avances en este campo, se van a poder desarrollar productos más respetuosos con el medioambiente, por ejemplo facilitando su degradación o reduciendo su consumo de energía o de agua (ArgenBio, s.f.).

En el campo de la salud, la inteligencia artificial puede jugar un papel fundamental para encontrar nuevos tratamientos o curas a enfermedades, pero sobre todo se pueden observar sus bondades en el aspecto analítico. La inteligencia artificial permite realizar diagnósticos mucho más eficaces, superando la capacidad de los profesionales sanitarios en este aspecto. Además, es de gran utilidad para la orientación de la toma de decisiones.



Otras tecnologías que se están desarrollando, como la realidad virtual o aumentada y el internet de las cosas, están contribuyendo al desarrollo de la medicina a distancia o desde el hogar, que seguramente se popularice en un futuro próximo para las consultas y los diagnósticos. Por último, la tecnología *blockchain* también va a ofrecer mayor seguridad en la gestión e intercambio de información médica (Grupo SPRI, 2019).

En el sector financiero, se espera que la tecnología *blockchain* pueda reducir la intermediación en el acceso a los mercados financieros, y que la inteligencia artificial y los algoritmos predictivos basados en la tecnología de *machine learning* se vayan introduciendo paulatinamente en los mercados de capitales, contribuyendo a una mayor liquidez y menor volatilidad, reduciendo el componente psicológico de los humanos en la negociación (Portafolio, 2018).

Ahora, aunque está quedando patente que la Cuarta Revolución Industrial va a afectar a todos los sectores, es importante mencionar también que está generando la apertura de nuevos mercados. La domótica o la movilidad autónoma comienzan a ser una realidad latente, gracias al desarrollo del internet de las cosas o del *machine* y *deep learning*.

Para el caso de la domótica, se requiere la interconexión de múltiples dispositivos para ofrecer las posibilidades de iluminación inteligente y progresiva, la automatización de funciones como la calefacción, las persianas o la alarma de seguridad, y una mayor comodidad a través del control por voz (Casanueva, 2020). Todas estas funciones sólo son posibles gracias al desarrollo de las tecnologías de internet de las cosas y de inteligencia artificial, que se apoyan en el protocolo de comunicación KNX y el software de ingeniería ETS, que permiten la transmisión segura de información entre los diferentes dispositivos interconectados (Domotizados, 2018).

Para el caso de los vehículos autónomos, los sistemas de seguridad requieren inevitablemente el sistemas de inteligencia artificial para poder definir un entorno, identificar marcas viales, señales y obstáculos, etc. Hoy ya se emplea tecnología de *machine learning* para reconocer y aprender los patrones de conducción del usuario y así poder generar una adaptación personalizada, pero, sobre todo, es también fundamental para el desarrollo de los sistemas de conducción autónoma. Esta tecnología permite a los vehículos aprender progresivamente a conducir, en base a su experiencia, al ejemplo que reconozca o al *feedback* que reciba (Posventa.info, 2019).



Por último, es imprescindible establecer las implicaciones que supone la Cuarta Revolución Industrial de cara a la economía intangible, que será el otro pilar que sustentará el marco socioeconómico de la investigación.



8.4 Relación con la economía intangible

Ha quedado claramente establecido lo que las máquinas son capaces de hacer bien, pero para entender la relación entre la Cuarta Revolución Industrial y la economía intangible tenemos que centrarnos ahora en lo que los humanos somos capaces de hacer bien. Cuando se diseñó el sistema educativo moderno, a lo largo del Siglo XIX (Abrantes, 2012), no existía un extenso conocimiento acerca de cómo funcionaba el cerebro. Ahora, aunque todavía queda mucho por explorar, lo entendemos mucho mejor, y sabemos que:

En primer lugar, no podemos simplemente introducir datos en el cerebro, o se nos olvidan poco tiempo después. El cerebro necesita estímulos para interiorizar los datos, y los mejores estímulos son emociones, que generan hormonas que nos ayudan a aprender y a relacionarnos con otros humanos.

En segundo lugar, aunque podemos crear hábitos a base de realizar ejercicios repetitivamente, las máquinas son mucho más eficaces que los humanos con lo repetitivo y predecible. Ahora bien, si las cosas no ocurren como un ordenador, robot o máquina se espera, no sabrá actuar. Un humano, por el contrario, puede improvisar con bastante habilidad.

Pasa lo mismo con la especialización: aunque no es mala por sí misma, de momento, los humanos somos los únicos capaces de hacer lo contrario, relacionar cosas diferentes. La mayoría de los grandes genios de la historia no eran los mejores en una cosa, sino que mezclaron disciplinas muy distintas entre sí. Podemos recurrir a grandes figuras de la historia o a ganadores de los premios Nobel como ejemplo, como Leonardo Da Vinci o Albert Einstein.

En cuarto lugar, aunque los humanos podemos cumplir órdenes, nunca podremos hacerlo mejor que una máquina. Si la máquina tiene una fuente de energía, siempre obedece. Los humanos, sin embargo, tenemos el pensamiento crítico. A veces, en lugar de hacer lo que se supone que se debe hacer, probamos algo diferente, y algunas de esas veces se han logrado avances increíbles.

Por último, el sistema educativo moderno es más bien competitivo, ya que da mucha importancia a las notas. Convierte a los alumnos en unidades desconectadas que compiten entre sí para ver quién es mejor en tareas relacionadas con la especialización, la repetición, la memorización, el cumplimiento de órdenes y la competición en sí misma. Sin embargo, Howard Gardner ya identificó que la inteligencia humana es múltiple, y cada persona será más habilidosa en alguna de estas inteligencias (Regader, s.f.). El psicólogo David Kolb,



observando los distintos tipos de aprendizaje, descubrió que los humanos nos complementamos. Los equipos que incluyen a personas con perfiles multidisciplinares funcionan mejor que aquellos con un perfil más homogéneo. Los humanos estamos preparados para ayudarnos, para cooperar entre nosotros (Assael, 2019).

Es natural que los ordenadores nos estén quitando las tareas que son de datos, repetitivas y especializadas, ya que éstos son los rasgos propios de una máquina, y los humanos siempre encontraremos un límite natural en lo buenos que podemos ser realizando estas tareas, mientras que los ordenadores no. Ahora, en relacionar cosas diferentes, en enfrentar lo impredecible, en entender emociones, en aplicar el pensamiento crítico..., los humanos somos complementarios. La inteligencia humana no tiene competencia en estos aspectos, y todavía no sabemos cuál es el límite a nuestra capacidad. Lo que sí sabemos es que, hasta ahora, todo lo que ha conseguido la humanidad ha sido sin entrenarse para aprovechar la inteligencia humana.

Parece lógico dejar paso a una era en la que las máquinas hagan tareas propias de máquinas y los humanos puedan liberarse de estas tareas y dedicarse a aquellas más acordes con su naturaleza. El hecho de que seamos complementarios no es menor, ya que significa que si los humanos trabajamos juntos, estaríamos multiplicando nuestras capacidades, no simplemente sumándolas. Las máquinas pueden ser la clave para que los humanos exploremos verdaderamente nuestras capacidades.

Como ya he mencionado al hablar de la automatización, el trabajo que no es repetitivo y especializado, y que por tanto no va a ser tan fácilmente sustituido por las máquinas, puede dividirse mayoritariamente entre aquellos que estén en las posiciones bajas de la escalera salarial, y, en menor medida, aquellos arriba. Estos trabajos requieren habilidades que sólo podemos realizar los humanos, como ser creativos o entender muy bien a otros humanos, mezcladas con habilidades manuales, relacionadas con la psicomotricidad. Ejemplos podrían ser camareros, trabajadores del hogar, cuidadores de niños o personas mayores, peluqueros... Mezclar lo físico y lo mental es algo que las máquinas no pueden hacer, funcionan mejor especializándose en una cosa. Además, los humanos preferimos, en general, que estas tareas las hagan otros humanos en vez de máquinas.

Un problema importante es que, aunque estas tareas sólo podemos hacerlas los humanos, están mal remuneradas. Los trabajos mejor remunerados, además de capacidades del cerebro humano, como saber liderar un equipo, requieren un alto nivel de estudios. Aquí también hay menos riesgo de automatización, porque el futuro más próximo apunta hacia humanos



apoyados por máquinas: un ejemplo podrían ser los cirujanos, que además de tener un conocimiento profundo del cuerpo humano tienen capacidades tan importantes en el transcurso de una operación como saber manejar lo imprevisible, improvisar. Si además se apoyan en brazos robóticos o sondas teledirigidas pueden realizar operaciones mucho más complicadas, o si emplean medicamentos biotecnológicos para tratar enfermedades, o impresoras 3D para crear prótesis personalizadas a cada paciente. Una conclusión importante que se deriva de esto es que las máquinas no sólo pueden liberarnos de las tareas de especialización, repetición, memorización, cumplimiento de órdenes..., también pueden potenciar nuestra inteligencia humana.

Es muy probable que una cantidad importante del trabajo de clase media vaya a destruirse en el corto y medio plazo. De la gente que vaya quedando desempleada, algunos tendrán el nivel de estudios necesario para acceder a empleos superiores en la escalera salarial, pero, seguramente, la mayoría irá a parar a empleos de salarios inferiores.

Quiero traer a lugar un último apunte acerca del sistema educativo moderno: la empleabilidad es uno de sus mayores problemas. El sistema educativo está preparando a los jóvenes para el empleo que todavía existe hoy, pero el mundo está cambiando con celeridad, y, quizá, cuando salgan a trabajar, el empleo para el que estén preparados ya no exista. Sin embargo, habrá empleos que no existían cuando empezaron a estudiar. En *The Future of Jobs Report*, World Economic Forum, (2018), se examinan las habilidades que solicitan en más de 900 puestos de trabajo, y han identificado las 10 que están creciendo a un mayor ritmo. Algunas de ellas son: comprender las reacciones y emociones de los demás; resolver problemas que no hayan ocurrido antes; la creatividad, ser capaz de generar ideas nuevas; la capacidad de complementarse con personas que piensan de forma diferente; y el pensamiento crítico. Además, en el estudio se prevé que las tres habilidades más demandadas para el 2030 serán crear ideas nuevas, resolver problemas no predecibles y el pensamiento crítico. Nadie sabe cómo serán los ordenadores del futuro, pero sí podemos confiar en que los humanos del futuro tendrán una inteligencia humana como la actual. Estas habilidades nunca van a ser prescindibles, y, sin embargo, a nadie se las enseñan (Fundación Cotec, 2019b).

En resumen, seguimos educando a las personas para intentar ser robots en vez de enseñar las habilidades en las que los humanos somos más capaces que las máquinas, que además son las únicas habilidades que sabemos que se necesitarán en el futuro, como aquellas que identifica *The Future of Jobs Report*, World Economic Forum, (2018). A muchas de las preguntas que



podemos plantearnos reflexionando sobre la Cuarta Revolución Industrial no podemos contestar sólo con datos, no son preguntas de lógica o matemática, sino que aluden precisamente a aquello que nos hace humanos. El desarrollo tecnológico nos está conduciendo de un mundo analógico, de trabajos repetitivos y especializados, a uno digital, de trabajos más humanos.

Ahora nos atañe lograr una definición exhaustiva del concepto de la innovación frugal para poder entenderla con mayor profundidad, y así poder fomentarla desde este enfoque académico.



9 La innovación frugal

9.1 Desarrollo y caracterización del concepto

El fenómeno de la innovación frugal se puede estudiar de manera más útil como una práctica de innovación específica, que se puede encontrar en diferentes niveles de la sociedad y que involucra a diferentes actores (Leliveld & Knorringa, 2017).

Como adelantábamos en la introducción de este trabajo, por innovación frugal se entiende aquella que se desarrolla en función de los recursos disponibles, y no únicamente en función del resultado a lograr. Esto sucede porque las circunstancias del entorno, particularmente en los países en desarrollo, determinan que los recursos para desarrollar la innovación se encuentren inevitablemente limitados en cuanto a la disponibilidad y accesibilidad de recursos.

Por tanto, podemos identificar la escasez de recursos como la primera de las condiciones de las que parte la innovación frugal. No obstante, es necesario entender esta escasez únicamente como la limitación o dificultad de acceso a los recursos, particularmente los de tipo económico, y no como su insuficiencia. Dado además el objetivo de que a través de la innovación frugal se debe alcanzar un resultado perfectamente suficiente en el sentido de la eficacia, a pesar de esa escasez de recursos.

Además, merecen mención aparte los límites de conocimientos o *know-how*, ya que verdaderamente son los que determinan la capacidad o no de desarrollar innovaciones encaminadas a la eficacia, pese a las demás restricciones de recursos. Si no se conoce una aplicación, es imposible replicarla.

Para Bhatti & Ventresca, (2013), la innovación frugal se desarrolla gracias al contexto que presentan los países emergentes determinado por la escasez de recursos, las restricciones de asequibilidad que presenta el mercado y los vacíos o complejidades institucionales.

Una vez comprendidas las condiciones en las que se desarrolla la innovación frugal, es importante caracterizarla para así poder identificarla claramente y fomentarla de forma directa. Delfa Rodríguez, (2020), define la innovación frugal como un proceso que desarrolla “productos, servicios o una combinación de ellos que son asequibles, sostenibles, fáciles de usar y que han sido creados bajo la escasez de recursos”. Además, este tipo de innovación tiene lugar generalmente en y para mercados de bajos ingresos.



Si atendemos a aquellos atributos que caracterizan la innovación frugal, ésta debe responder siempre a unos criterios de efectividad, de durabilidad y de facilidad de uso. Sin estos requisitos, no tendría sentido la innovación.

En segundo lugar, es importante centrarse también en la asequibilidad de la innovación. Es fundamental que el coste de producción sea el menor posible, para permitir el acceso de la demanda en los mercados de bajos ingresos, pero no sólo es importante minimizar esta primera inversión, sino que también deben reducirse al máximo todo tipo de costes de mantenimiento.

En tercer lugar, debe primarse la simplificación, la versatilidad y la conveniencia de usar este tipo de innovaciones. En países con grandes dificultades para acceder a recursos productivos, cuanto más simple pero completa y adaptable sea una innovación, mayor impacto podrá generar en su entorno. El diseño siempre tiene que estar guiado por un foco en el usuario, *human-centric*, para lograr estos atributos.

Por último, existen otras características que potencian o complementan el impacto de la innovación frugal, como son utilizar al máximo los recursos existentes localmente, atender a la facilidad de transporte, aprovechar o generar nuevos modelos de distribución o apoyarse en tecnologías limpias (Basu, Banerjee, & Sweeny, 2013).

A través de un estudio de codificación por patrones, Weyrauch & Herstatt, (2017), lograron una mejor comprensión del núcleo de la innovación frugal y presentaron aquellos tres atributos que mejor la definen. De sus conclusiones, sabemos que la innovación frugal viene principalmente determinada por la reducción de costes, la funcionalidad básica y el nivel de rendimiento.

Por otra parte, de acuerdo con el argumento expuesto en Bulletin of the World Health Organization, 2013, las economías emergentes conducen o determinan en gran parte la innovación frugal. El rápido y fuerte incremento en la demanda de productos eficaces, duraderos y de precio bajo por parte de los países emergentes es el principal impulsor de nuevos desarrollos basados en la innovación frugal.

El desarrollo de los mercados en los países emergentes supone un cambio en el paradigma que experimentan las empresas privadas de los países más desarrollados, y ofrece nuevos motivos para crear innovaciones eficaces y accesibles económica y físicamente para estos mercados de ingreso bajo. Ahora pueden suponer mercados rentables para las empresas privadas, y, por tanto, fomentar el desarrollo de nuevas innovaciones diseñadas para estos mercados.



Una vez más, se remarcan los atributos principales que deben reunir las innovaciones frugales para atender a las demandas de estos mercados de bajo ingreso a los que van dirigidas, siendo éstos:

- Efectividad. Es el primer atributo que debe poseer una innovación surgida de un proceso frugal. Tiene que servir al propósito para el que fue diseñada, y tiene que hacerlo de forma eficaz, alcanzando un resultado igualmente suficiente que el modelo que imite.
- Accesibilidad. El segundo atributo que debe priorizar la innovación frugal. La propia Organización Mundial de la Salud alude a la necesidad de que no sólo la inversión inicial sea reducida, y consecuentemente la innovación accesible en primera instancia, sino que también es necesario que se minimice el coste de los repuestos o consumibles, o directamente que se eviten.
- Durabilidad. Un tercer atributo que considerar a la hora de innovar de forma frugal. Tan importante es que estas innovaciones sean accesibles como lo es que sean fiables o duraderas, de modo que la amortización del coste que supone se prolongue al máximo y se evite la necesidad de reinvertir en el corto plazo.
- Estética. Indudablemente puede ordenarse como el último atributo que considerar, y que deben priorizarse todos los demás sobre éste, pero no por ello es menor. La estética es un factor que repercute de manera importante en el aspecto psicológico, y consiguientemente en la aceptación que haga el mercado de una innovación frugal.

No sólo es que la innovación frugal se desarrolle eminentemente en países en desarrollo, sino que aquella que se desarrolla en los países desarrollados responde también a las necesidades de los primeros. Es decir, la innovación frugal está inevitablemente unida a los países en desarrollo, ya sea por protagonizar su desarrollo o su destino.

Ahora, si bien la innovación frugal responde adecuadamente a las necesidades que presentan los países con contextos de bajos ingresos, es necesario remarcar la importancia de la necesidad de la transferencia de conocimiento desde los países desarrollados a éstos. La voluntad de innovación por sí misma no es suficiente cuando se ignora el sentido que debe tomar la innovación. Es fundamental que se sigan desarrollando los mecanismos para la transferencia de conocimiento como las soluciones de código abierto, los procesos de innovación abierta, etc.



A esta serie de atributos de la innovación frugal que definimos como principales, se pueden añadir la primacía del ingenio sobre el capital, la agilidad a la hora de desarrollarse, la colaboración entre diferentes agentes para lograr el desarrollo y la creación de valor enfocada al usuario en lugar de a la empresa (Mesa, 2017).

Una vez ha quedado establecido cuáles son los atributos que debe incluir un desarrollo de producto o de servicio para considerarse innovación frugal, y que la innovación frugal no puede entenderse muy separada de los países en desarrollo, presentaré ahora diferentes casos de éxito. Mi intención con ellos es que sirvan tanto para ejemplificar esta relación entre innovación frugal y países en desarrollo como para permitir entrever ciertas conclusiones de estos desarrollos de innovación frugal.



9.2 Cómo fomentar los procesos de innovación frugal. Casos de éxito

Es importante entender la innovación frugal desde su origen, desde sus medios y también desde sus resultados, por eso, llegado este punto de la investigación, traeré a lugar los eventos más característicos del desarrollo económico global en relación con la innovación frugal centrando mi atención en analizar cómo podemos fomentar los procesos de innovación frugal para acelerar el ciclo de innovación. La innovación frugal ha permitido introducir grandes avances en países en desarrollo, aunque, si analizamos los desarrollos surgidos de la innovación frugal en conjunto, podemos encontrar hechos muy característicos.

Hossain, (2017), analiza el fenómeno de la innovación frugal en su estudio, y, en primer lugar, determina que la actividad académica india ha jugado un papel clave en el desarrollo de esta disciplina de investigación. Además, revela que, en cuanto a países, la mayoría de casos de innovación frugal también proviene de la India. En cuanto a temas, los estudios y desarrollos se concentran predominantemente en los sectores de la salud, la electricidad y la electrónica, el transporte, las finanzas, las tecnologías de la información y la comunicación y la energía. Sin embargo, sectores de enorme importancia estratégica como la agricultura y la educación han recibido una atención bastante limitada en lo que se refiere a la innovación frugal.

Hartley, (2014), analiza diferentes factores que pueden estimular o desincentivar la innovación, y se pueden relacionar estrechamente con la innovación frugal:

En primer lugar, cuestiona que la competitividad del mercado fomente inevitablemente la innovación. Según su punto de vista, a veces puede incluso obstaculizarla. Este argumento puede sonar contraintuitivo, considerando que la competitividad de los mercados está globalmente considerada como un factor que genera presiones continuas para ser más innovador y, consiguientemente, competitivo (Estrada & Heijs, 2003). Ahora bien, en su opinión, la competencia a menudo conduce a las empresas a innovar en sobremedida en el escenario de la invención, sacrificando demasiados esfuerzos en el desarrollo creativo y la protección de las invenciones a través de patentes, llegando en ocasiones a agotar sus recursos en esa etapa, impidiendo la monetización de los beneficios que se obtendrían en una etapa posterior de implementación. También alude a los grandes líderes del mercado como los responsables de que otras tantas empresas directamente descarten la idea de la innovación por temor a no poder capturar los beneficios que puedan resultar del proceso, y, por último, apunta



cómo la competencia del mercado reduce la difusión de la innovación porque reduce el intercambio de conocimientos.

En segundo lugar, habla de la burocracia organizativa, entendida como una forma particular de organización en una empresa, con descripciones de puestos, tareas, y una división del trabajo, como un elemento que puede jugar un papel tanto negativo como positivo para la innovación frugal, en función de las circunstancias. En general, la burocracia organizativa dificulta que se fomente la imaginación, la experimentación y el riesgo. Existen procesos organizativos que buscan reducir la incertidumbre mejorando la previsibilidad y las eficiencias en la producción en masa, y cuanto más se estandarizan, más difícil es experimentar en la etapa de invención para innovar. Ahora bien, el mismo Hartley probó que, paradójicamente, a las organizaciones burocráticas, que generalmente son aquellas más grandes, les resulta más fácil implementar la innovación. Aunque la invención se dificulta, una vez las ideas se han probado, desarrollado y aceptado, la burocracia ayuda a incorporar las innovaciones estandarizándolas en nuevos procedimientos. Además, encontró también ciertas evidencias de que las organizaciones tienden más a la difusión de las innovaciones que han implementado, y no a la de aquellas todavía en fases iniciales.

En tercer lugar, pone el foco sobre los recursos humanos, alejándolo de los recursos financieros, como recurso clave para las organizaciones a la hora de innovar, lo cual es particularmente importante para la innovación frugal. La innovación se posiciona a menudo como la única vía para hacer más con menos, ya que, de otra forma, la falta de medios económicos imposibilita el emprendimiento. Sin embargo, aunque la atención se suele centrar en las finanzas, argumenta que el recurso clave realmente son las personas y la energía que tienen tanto individual, como grupal, como organizativamente. Crear un clima humano favorable para la innovación, con energía, entusiasmo e iniciativa, puede tener un gran efecto en la creación y desarrollo de nuevas ideas o prácticas y su posterior implementación. Ahora, la energía puede extenderse o desaparecer, de modo que hay que esforzarse por generar y mantener un clima favorable.

Una persona que destaca particularmente en el ámbito de la innovación frugal es Manu Prakash, un científico indio. Él ha desarrollado un dispositivo creado a un coste mínimo con apenas papel e hilo, *Paperfuge*, que permite centrifugar la sangre a hasta 125.000 revoluciones por minuto, permitiendo separar el plasma en menos de dos minutos y poder detectar, entre otras enfermedades, la malaria. Sin duda, uno de los casos más brillantes de innovación frugal, que permite mejorar la calidad de vida de quienes padecen la malaria mediante la aplicación



posterior de un tratamiento específico (Reilly, 2017). Además, Prakash también ha inventado un microscopio con papel impregnado de plástico que cuesta poco más de medio euro, *Foldscope*, muy necesario para la investigación científica; un laboratorio de química de microfluidos con una caja de música a manivela y papel perforado; o un accesorio para los teléfonos móviles que permite diagnosticar carcinomas orales, la principal causa de muerte por cáncer en la India, logrado mediante la impresión 3D (MIT Technology Review, 2014). Estos ejemplos demuestran que una sólida orientación hacia la innovación frugal, basada en el convencimiento y la vocación, puede desembocar en desarrollos de enorme utilidad, y consiguientemente de gran éxito.

En cuarto lugar, destaca que aprovechar las ideas y las prácticas ya desarrolladas por otros puede ser una opción muy eficiente en cuanto al ahorro de tiempo y recursos económicos. El estereotipo de la innovación es que comienza con gente animada a ser creativa dentro de la organización, que fue el modelo de innovación dominante en el sector privado durante años, pero, ese modelo está cambiando radicalmente en todos los sectores. No siempre es necesario inventar cosas desde cero, porque ya existen productos y prácticas prometedores en algún lugar que pueden estar preparados para su uso en una organización o en un contexto diferentes. La innovación recombinante aprovecha una tecnología o proceso existente para darle un uso diferente o para aplicarse en un contexto diferente (Hargadon, 2003), evitando la necesidad de plantear un proceso de innovación desde cero. Otro concepto sobre cosechar ideas ya existentes es la innovación abierta, que se basa en las aportaciones de ideas de usuarios, clientes, u otros agentes relacionados, algunos realmente interesados en el desarrollo de los productos o servicios e incluso expertos a nivel usuario o profesional en los mismos.

Estos modelos de innovación requieren mirar hacia fuera, y no únicamente hacia dentro, como se pensaba tradicionalmente, y están estrechamente relacionados con la innovación frugal, ya que suponen una transferencia de conocimientos absolutamente necesaria para permitirlos. Además, dado que la tesis de esta investigación versa sobre la simbiosis que puede generar la relación entre la innovación frugal y el desarrollo tecnológico, a continuación presentaré casos de éxito de innovaciones frugales en este sentido, que realmente se apoyan en una misma tecnología una vez comprobadas las posibilidades de la misma. En Costa de Marfil se ha desarrollado *Môh Ni Bah*, un sistema que permite declarar el nacimiento de los hijos enviando un simple mensaje de texto con el móvil, de manera fácil y segura. Así, se ofrece una solución muy accesible a un problema que afectaba a millones de niños, que, sin aparecer en los registros



oficiales, encontraban dificultades para acceder a la escolarización o a cualquier otra ayuda pública, para votar, etc. (Delfa Rodríguez, 2020).

El acceso al sistema financiero también es un problema recurrente en los países en desarrollo. Para facilitar la inclusión financiera, contribuyendo a la posibilidad de financiación, de ahorro, o de inversión, la innovación frugal ha generado soluciones de gran calado. En Kenia se desarrolló la primera solución de pago móvil del mundo, *M-Pesa*, en 2007. En un país donde la introducción de los teléfonos móviles ya supuso una importante revolución, al facilitar la comunicación y la inmediatez, surgió la idea de facilitar también el acceso económico y fomentar los pagos rápidos. Todo ello sin la necesidad de asociarse a una cuenta bancaria, ya que la mayoría de la población no tiene acceso al sistema bancario, y hay investigaciones que sostienen que la rápida expansión de este sistema produjo un crecimiento económico significativo en la región (Ast, 2020). También, Kopo Kopo, una empresa estadounidense, en colaboración con Splash Mobile, africana, desarrollaron una plataforma de pago móvil similar, que permite realizar transferencias de dinero simplemente a través de mensajes de texto entre sus usuarios, facilitando todo tipo de transacciones (Basu, Banerjee, & Sweeny, 2013).

Con estos ejemplos se demuestra la capacidad de la innovación frugal para trabajar con la tecnología para lograr desarrollos de gran impacto para las sociedades en los países en desarrollo. Pueden citarse innumerables ejemplos de desarrollos surgidos de la innovación frugal, pero lo que realmente destaca de todos ellos es que consiguen optimizar soluciones hasta niveles extremos, que hacen de los productos y servicios surgidos de la innovación frugal una auténtica oportunidad para el desarrollo de los países emergentes. Ahora entraremos a valorar de qué formas pueden estimularse los procesos de innovación frugal con el objetivo de servir como recomendaciones para guiar el comportamiento político-económico de los países emergentes.

En quinto lugar, Hartley habla de la difusión de la innovación como un potencial para el sector público. En su opinión, la competencia del mercado desalienta la difusión de la innovación en el sector privado, y, ya que la literatura sobre innovación en el sector público se deriva normalmente de aquella en el sector privado, arrastra esa falta de atención a la fase de difusión. Para los servicios públicos, la difusión puede ser una forma realmente eficaz de emprender la innovación, ya que reduce los costes de invención y los riesgos operativos y políticos de la innovación, porque la innovación ya ha sido probada en otro contexto. Además, muchas organizaciones públicas tienen prácticamente un deber moral de difundir sus innovaciones, ya



que la sociedad requiere que se extiendan más allá del innovador inicial, como ocurre por ejemplo en el campo de la salud. Ahora bien, hay que destacar que la difusión no es simplemente replicar o "copiar y pegar" una innovación, sino que también implica procesos críticos de adaptación al contexto y las condiciones locales, pero todo parte del compartir la información y el conocimiento disponible.

La difusión no tiene por qué costar mucho, siendo que las innovaciones ya han sido creadas y están en uso con propiedades conocidas, y puede ser una etapa crítica para la innovación de los servicios públicos, por lo que requiere la debida atención. Es muy importante entender la extensión que puede hacerse de la difusión a la innovación frugal, ya que es sin duda uno de los desencadenantes más importantes de la misma. Por ejemplo, en Costa de Marfil se ha creado *LiFi-Led*, una farola autosostenible mediante energía solar, que se fabrica con plástico reciclado y tecnología led, y que ofrece conexión a internet a través de la luz, empleando una tecnología que se conoce como LiFi. Así, se consigue paliar la brecha digital que sufre gran parte de la población, especialmente en las zonas rurales, facilitando el acceso y el uso de las nuevas tecnologías.

En base a una necesidad de salud pública, motivada por la falta de médicos cualificados y de medios sanitarios y con el objetivo de reducir las muertes durante el parto en Uganda, se ha desarrollado *M-Scan*. Se trata de un escáner de ultrasonido producido a un coste reducido y que puede utilizarse desde una tableta electrónica o teléfono móvil, alertando de los principales parámetros sanitarios del bebé. Esto hace posible su uso en las zonas rurales peor conectadas y por personas sin conocimientos elevados en tecnología o medicina, contribuyendo enormemente a paliar el problema de la mortalidad durante el parto. Así se evidencia cómo la difusión de un conocimiento puede desembocar en soluciones adaptadas a contextos de mayor escasez de recursos, sin incurrir en grandes costes. Otro caso de éxito de la innovación frugal en el campo de la salud es un ejemplo menos llamativo pero con un impacto increíble, el desarrollo de la *Jaipur Leg*, una prótesis de pierna desarrollada en la India y fabricada con goma para personas con amputación por debajo de la rodilla. Habiendo conocido las bases técnicas sobre las prótesis de pierna, *Jaipur Leg* es una prótesis eficaz, con una durabilidad media de más de 3 años y medio, y muy asequible, con un coste inferior a los 50 dólares cuando las prótesis del primer mundo tienen un coste medio de 10.000 dólares. Además, su diseño simple y centrado en la funcionalidad permite una fabricación en poco tiempo, lo que unido a los anteriores atributos convierte a la *Jaipur Leg* en una solución idónea para países emergentes (Chandler, 2008).



En sexto lugar, Hartley habla de la creación de conocimiento y del aprendizaje como pilares fundamentales de la innovación. El desarrollo de una tecnología innovadora no compone el total de una innovación, sino que también está compuesta por el aspecto práctico de hacerla funcionar, que requiere que los humanos aprendan nuevos conocimientos. El conocimiento y el aprendizaje también son críticos para las innovaciones de servicios, considerando las relaciones con los usuarios o entre profesionales. A veces, una innovación creará problemas -y beneficios- imprevistos en áreas que no estén directamente relacionadas con la innovación en sí. Por tanto, es aconsejable la observación, reflexión, y discusión a medida que la innovación pasa de la invención o la difusión a la implementación, para poder realizar ajustes, y, generalmente, se necesita tiempo para aprender de este proceso y para poner en práctica el aprendizaje.

En relación a la innovación frugal, es un argumento muy a tener en cuenta, ya que vuelve a dejar patente la necesidad de la transferencia de conocimiento y enfatiza el valor del aprendizaje durante el proceso de innovación, que para los casos de escasez de recursos es vital, por la necesidad de repensar los procesos o imaginar nuevas alternativas. Continuando con otro caso de innovación frugal exitosa, en el campo de la investigación científica aparece el caso de la cafetera de Nespresso que permite llevar la química analítica allí donde la escasez de recursos deja por ridícula la idea de tener un laboratorio equipado con alta tecnología. Tener acceso a esta cafetera permitió aprender que, por las altas medidas de presión y temperatura a las que funciona esta cafetera, es posible utilizarla para determinar la composición de hidrocarburos aromáticos policíclicos, también conocidos en el campo de la química como PAHs (Armenta, De la Guardia, & Esteve-Turrillas, 2016), ofreciendo una solución ingeniosa a una necesidad que parecía imposible de cubrir ante la ausencia de medios económicos.

Por último, también alude a que la innovación impulsada por el sector público puede presentar ventajas por las contribuciones de los políticos. Éstos pueden generar apoyo público para una innovación antes de que ocurra, ayudar a lidiar con los escépticos, movilizar a partes interesadas incluyendo colaboradores de todos los sectores... En definitiva, pueden proporcionar el clima adecuado para permitir que las organizaciones experimenten y ser una parte clave del liderazgo de la innovación. Por ello, es importante buscar la involucración del sector público a la hora de fomentar la innovación frugal.

Aunque más relacionado con el sector privado, el apoyo institucional fue un requisito indispensable para el desarrollo de *ClickMedix*, una aplicación móvil desarrollada por



estudiantes del MIT y de Carnegie Mellon University en Estados Unidos para paliar simultáneamente tres grandes carencias: la falta de acceso a médicos, especialmente en las zonas rurales de países del hemisferio sur, la falta de profesionales sanitarios capacitados, particularmente de médicos especialistas, y la falta de dinero para pagar sus servicios (ClickMedix, s.f.). Es un buen ejemplo de cómo la tecnología puede aportar soluciones de gran valor a un coste reducido, ya que la aplicación permite realizar un diagnóstico a los pacientes empleando un simple cuestionario y, en base a él, les recomienda un tratamiento o la derivación a un médico especialista. Así, se logra un avance de enorme importancia para la preservación de la salud en países con escasez de recursos.

Extrayendo conclusiones, encontramos un argumento importante en relación al efecto que pueden jugar las tecnologías de la información y la comunicación para potenciar la innovación frugal. Las cadenas de producción y distribución globales se configuran en bloques regionales, lo que se refleja en las demandas de los clientes y los requisitos de la oferta de productos y servicios ya que implican importantes diferencias regionales de caracterización o personalización; y la innovación frugal intenta explotar el concepto del uso inteligente de los recursos convirtiendo las limitaciones en ventajas, enfocándose en las necesidades de los clientes al abordar diferentes requisitos en términos de funcionalidad, calidad, precios, diseño, etc., atendiendo a estas dependencias regionales.

Ahora, la innovación frugal requiere enfoques de negocio capaces de proporcionar una oferta adaptable localmente sin generar pérdidas en términos de eficiencia, y para ello, el desarrollo de servicios con una importante carga tecnológica permite dar soporte a la innovación frugal centrada en el consumidor. Estos servicios reducen el tiempo de comercialización y de entrega al mejorar la capacidad de tratar con redes dispersas de clientes y de plantas de producción. En este sentido, se está desarrollando el proyecto de la Unión Europea ProRegio, que tiene como objetivo desarrollar TIC avanzadas y soluciones basadas en el almacenamiento en la nube para respaldar la innovación frugal, permitiendo la coevolución de productos y servicios y de procesos y sistemas de producción según las necesidades particulares de los clientes y las capacidades de los sitios de producción en cada entorno. Este proyecto se basa en soluciones de inteligencia de fabricación, como la realidad aumentada, para la integración y adaptación de plantas y redes de producción a través del rediseño *ad-hoc*, basado en el intercambio de conocimientos y la retroalimentación o *feedback* entre productores, proveedores y usuarios



(Colledani, y otros, 2016). Por tanto, se hace patente el interés de desarrollar servicios basados en tecnología y modelos de negocio relacionados para apoyar la innovación frugal.

Antes de poner fin a este apartado sobre la innovación frugal, me parece necesario traer a lugar la crítica que hace Mario Pansera, (2018), sobre el enfoque académico de la misma. Tratar la innovación frugal como una herramienta para abordar la pobreza es algo controvertido, ya que es un proceso abierto a intereses políticos, prioridades económicas y a la negociación de las partes interesadas. La literatura sobre la innovación frugal apenas ha profundizado en la compleja política de asignación de recursos en el Sur global. Para comprender mejor el papel de la innovación frugal en el contexto del desarrollo sostiene la necesidad de politizar su estudio, algo que, si bien excede las posibilidades de esta investigación, comparto firmemente.

De esta manera, completamos el marco teórico de la investigación, en el que hemos hablado del paso a una nueva época en la que se produce una revalorización del conocimiento y el talento como fuentes sólidas de ventajas competitivas; de la Revolución Digital en ciernes que supone un entorno rápidamente cambiante y completamente digital; y, por último, de la existencia de la innovación frugal y las posibilidades que ésta supone especialmente para los países en vías de desarrollo y en un contexto eminentemente tecnológico. Ahora lo que corresponde es establecer la relación que existe entre estos tres elementos.



Capítulo IV – Conclusiones y opinión personal

Alcanzado este apartado final, llega el momento de ofrecer unas conclusiones centrales de mi investigación, y también mi opinión personal acerca del tema propuesto y sus implicaciones.

En primer lugar, quiero aclarar la relación que existe entre una economía cada vez más basada en activos intangibles y eminentemente digital y la innovación frugal. De una parte, hemos dejado constancia de que los supuestos en los que se apoya la innovación frugal son el desarrollo de productos y servicios que priman el precio en lugar de sus funcionalidades. Enfocándose éstos a su utilidad final en lugar de la sofisticación, debido a las restricciones de recursos que existen en los países emergentes. De otra parte, la revolución digital presenta un paradigma en el que la tecnología puede suponer un factor altamente facilitador para la innovación frugal. Estamos avanzando a gran velocidad hacia un mundo digital e intangible, y queremos exponer cómo, en este contexto, la innovación frugal puede jugar un papel clave para lograr el desarrollo.

Las economías emergentes son las que podrán sacarle mayor beneficio a la revolución digital en ciernes (Perasso, 2016). La Cuarta Revolución Industrial va a brindar muchas oportunidades para lograr un desarrollo global, pero especialmente en aquellos países que todavía tienen un mayor camino por recorrer hacia este objetivo. La innovación es el resultado de la mezcla entre activos intangibles, como el ingenio o la optimización, y activos tangibles, como los recursos materiales o económicos. Activos tangibles e intangibles se complementan para conducirnos hacia el desarrollo, pero ¿por qué una economía que valora más lo intangible y que va a ser eminentemente digital es más favorable para los procesos de innovación frugal? Esto es porque la tecnología de la información (TI) puede jugar un rol de facilitador muy positivo para la innovación frugal. Aprovechando la investigación de Ahuja & Chan, (2014), podemos extraer numerosas conclusiones acerca de esta relación simbiótica entre tecnología e innovación frugal:

En primer lugar, las empresas de los mercados emergentes, especialmente en la industria tecnológica, son relativamente nuevas y tienen una estructura e inercia organizacional menos definida. Esto hace que tiendan a tener menos problemas relacionados con sistemas y procesos heredados, lo que les permite progresar rápidamente gracias a la evolución habitual de su tecnología, su marketing, sus alianzas y sus cadenas de suministro, desarrollando prácticas excelentes en poco tiempo.



En segundo lugar, las empresas de los países en desarrollo no tienen una necesidad de realizar grandes inversiones en infraestructura de TI, sino que pueden aprovechar sistemas, redes y procesos tecnológicos flexibles y adaptables, lo que permite mantener costes inferiores a aquellos que presentan las empresas de las economías desarrolladas. A consecuencia, pueden ofrecer tecnología y sistemas avanzados o sencillamente aplicarlos al desarrollo de productos y servicios para sus clientes sin incurrir en grandes costes de transformación.

En tercer lugar, al digitalizarse, las empresas de las economías emergentes pueden comercializar más rápido sus nuevos productos y servicios, y, además, logran un mejor rendimiento que aquellas en las economías desarrolladas. Esto es porque las empresas en los países en desarrollo también han aprendido de la experiencia de las empresas en las economías desarrolladas en términos de procesos de adopción tecnológica, logrando una adopción más rápida y un mejor aprovechamiento, que permite acelerar la innovación y un mayor rendimiento de la inversión en innovación.

Para continuar el análisis del papel de la TI en la innovación frugal, hace falta distinguir entre innovación tecnológica e innovación habilitada por TI. La innovación tecnológica es un concepto más amplio, que abarca los cambios tecnológicos en todos los campos a lo largo del tiempo y puede incluir a las tecnologías de la información. Para esta investigación, la innovación tecnológica se puede entender como un componente que puede derivar de la innovación frugal, pero es importante centrarnos en la innovación habilitada por TI, aquella impulsada o habilitada por tecnologías o sistemas de información. La razón por la que es importante tener en cuenta esta diferencia es porque la innovación habilitada por TI puede fomentar la innovación tecnológica, y más concretamente las tecnologías de semiconductores y microprocesadores.

Dentro del paradigma de la innovación frugal, la TI juega un papel doble. Los sistemas de TI proporcionan el soporte necesario para permitir que las empresas en los países emergentes sean competitivas en un entorno digital, y, al mismo tiempo, garantiza que las inversiones en TI no dañen la rentabilidad y la capacidad de procesos de estas empresas. Por tanto, en lugar de realizar grandes inversiones en infraestructuras de TI, las empresas en los países en desarrollo, y particularmente las nuevas, deben centrarse cada vez más en aprovechar las nuevas tecnologías. Entre ellas, la computación en la nube, las redes sociales, la computación móvil, los sistemas avanzados de análisis de datos, los sistemas de gestión de proyectos y recursos (PRMS), los sistemas de memoria organizacional (OMS), los sistemas de trabajo cooperativo



(CWS) y otras tecnologías de inteligencia empresarial (BI), que pueden servir para desarrollar capacidades organizacionales sólidas. Todas estas tecnologías permiten o facilitan a las empresas en los países emergentes ser flexibles y adaptables en cuanto al uso y coste de las TI.

Además, las empresas que aprovechan estas tecnologías para desarrollar nuevas capacidades de TI están permitiéndose ser flexibles realizando una inversión mínima en infraestructuras de TI, que son muy costosas. Esto permite además a estas empresas tener una mayor disponibilidad de recursos para dedicar a la innovación y mejorar el rendimiento de sus recursos. La capacidad de apalancamiento de las TI también se cruza con el componente de innovación tecnológica de la innovación frugal, enfatizando la agilidad, adaptabilidad, flexibilidad, improvisación y rentabilidad de la tecnología de las empresas en los países emergentes.

Las TI son un elemento crucial para incrementar la capacidad de las empresas de crear, internalizar y reutilizar nuevos conocimientos, algo que puede suponer una ventaja diferencial en este futuro que valora más los activos intangibles. Algunas dimensiones de las TI que pueden incidir en la gestión eficaz del conocimiento son la inteligencia empresarial, la capacidad de colaboración, el aprendizaje compartido, el descubrimiento de nuevos conocimientos, el mapeo de conocimientos y la seguridad para su gestión. Una buena gestión de los activos intangibles puede generar numerosas oportunidades para desarrollar innovación, ya que la facilita.

Crear una empresa basada en software de código abierto y computación en la nube es una solución que fusiona tres grandes virtudes que han catapultado al éxito a numerosas empresas de Silicon Valley: “más barato, más rápido y mejor”. Además, también pueden reducir notablemente los costes el marketing en redes sociales, el diseño por *crowdsourcing* -o colaboración abierta- y la ingeniería *offshore* -o descentralizada-, haciendo que las ganancias potenciales sean aún mayores. También es importante mencionar el potencial del uso de sistemas de TI aplicados a la gestión del conocimiento organizacional para apoyar y mejorar los procesos organizacionales de creación, almacenamiento o recuperación, transferencia y aplicación del conocimiento. El uso de cualquiera de estas tecnologías puede mejorar notablemente la asignación de recursos y de tareas y la planificación de los proyectos en las empresas en los países en desarrollo, de modo que es importante ponerlas a su disposición principalmente vía transferencia de conocimientos y software de acceso libre.



Además, dado que el entorno empresarial en las economías en desarrollo es más inestable que en aquellas desarrolladas, las empresas deben desarrollar capacidades para identificar y responder a los cambios del mercado. Para ello, pueden apoyarse en sistemas basados en el almacenamiento en la nube y sistemas de CRM basados en análisis de datos, ofreciendo productos y servicios asequibles pero también muy competitivos, resultando en excelentes relaciones con los clientes a largo plazo.

La capacidad de apalancamiento de la tecnología para la innovación frugal es crucial en términos de proporcionar sistemas de información apropiados a un coste relativamente bajo. Para aplicar con éxito la innovación frugal, las empresas necesitan desarrollar procesos organizacionales y capacidades para aprender de fuentes internas y externas y aplicar ese conocimiento al desarrollo de productos y servicios para sus mercados. Para ello, pueden apoyarse en la tecnología como un facilitador, ya que puede ayudar a desarrollar capacidades específicas relacionadas con la absorción de conocimiento y de desarrollar un conocimiento dinámico que pueda adaptarse en el tiempo, así como procesos que brinden un apoyo organizacional adecuado. Por tanto, encontramos una increíble capacidad de apalancamiento en las TI como facilitador para desarrollar otras capacidades útiles para las empresas en los países emergentes, como las capacidades de conocimiento dinámico, la capacidad de absorción tecnológica así como de conocimientos y procesos, y la propia capacidad de desarrollar innovación frugal.

El contexto digital que presenta la Cuarta Revolución Industrial ofrece una increíble posibilidad para generar efectos dominó de innovaciones, donde un nuevo desarrollo empuja a otro, y así sucesivamente. Es por ello inteligente centrar el objetivo de la innovación frugal en los países emergentes en apoyarse en activos digitales, intangibles, y continuar desarrollándolos, ya que van a ofrecer la posibilidad de lograr un apalancamiento que mejore la eficiencia y la rentabilidad de las inversiones en la innovación de este tipo. Así, se podrá derivar en último lugar un desarrollo global en estos países.

Así, la conclusión central de mi investigación es que la innovación frugal tiene el potencial suficiente para convertirse en un pilar principal para el desarrollo de los países emergentes, pero mucho más aún si consideramos las condiciones que presenta el previsible entorno del futuro cercano, determinado por una revolución digital y la primacía de la economía intangible. En primer lugar, la innovación frugal ejerce una relación natural con los países en desarrollo, ya que se sustenta en las condiciones de escasez de recursos que presentan para optimizar los



recursos y rentabilizarlos al máximo, logrando el mayor *output* con el mínimo *input*. De hecho, los consumidores en estas economías son particularmente conscientes del precio y del valor de los productos y servicios, por lo que es fundamental considerar este enfoque en la producción.

Además, y mucho más importante, la innovación frugal tiene un potencial superior para contribuir al desarrollo global de estos países emergentes en el entorno que se puede esperar de la próxima revolución digital. Esto es porque las condiciones de un entorno digital son óptimas para este tipo de innovación en los países en desarrollo, ya que, como se ha demostrado en el capítulo anterior, la tecnología puede abaratar el coste de las herramientas gracias a modelos abiertos o *freemium* y mejorar notablemente las capacidades organizacionales de las empresas, ofreciendo la posibilidad de desarrollar prototipos más baratos y rápidamente. Así, se pueden realizar ensayos y errores con mayor frecuencia, acelerando el ciclo de la innovación frugal y permitiendo generar efectos dominó de innovaciones. Incluso, el apalancamiento que supone el uso de la tecnología mejora la eficiencia y la rentabilidad de las inversiones en innovación frugal. De esta manera, se abre un mundo de posibilidades al desarrollo de los mercados emergentes gracias a la innovación frugal aplicada al sector tecnológico, y se puede confiar en que, así, vayan evolucionando progresivamente.

La Cuarta Revolución Industrial incrementa las posibilidades de éxito de los países en desarrollo, aumentando la justicia en la distribución de oportunidades a nivel mundial. Después de haber observado diferentes ejemplos de éxito de desarrollos surgidos de la innovación frugal, creo que ésta puede ser un impulsor clave del desarrollo global de los países emergentes, especialmente en un contexto determinado por los desarrollos digitales y el valor de la economía intangible. Esto es por la simbiosis que se produce entre la tecnología y los activos intangibles, que hemos demostrado puede suponer un factor diferencial en los contextos emergentes gracias a la innovación frugal, ya que puede optimizar sus desarrollos generando ventajas competitivas respecto a mercados más desarrollados. El ejemplo del nacimiento del pago móvil en Kenia sirve para demostrar cómo la falta o deficiencia de infraestructuras físicas puede salvarse a través de las infraestructuras digitales, mucho más baratas de desarrollar y ofreciendo un mayor alcance, lo que mejora la competitividad de los productos y servicios.

Es conveniente mencionar también otras conclusiones que se derivan del estudio realizado. En primer lugar, existe una necesidad de una urgente transferencia de conocimiento mucho mayor hacia los países en desarrollo. Ya se base en innovación abierta, desarrollo abierto, *open source software*, finalización de patentes... y se de en una relación de cooperación Norte-Sur o Sur-



Sur, es absolutamente necesario que esta transferencia de conocimiento tenga lugar para que los mercados emergentes puedan heredar toda la experiencia y conocimiento técnico y humano de los mercados más desarrollados para perseguir su propio desarrollo.

Por otra parte, aunque no ha sido posible desarrollar propuestas legislativas concretas en esta investigación, es imprescindible la acción política en los países emergentes para fomentar los procesos de innovación frugal. Una legislación y una política fiscal favorable al emprendimiento, a la innovación y al desarrollo de los sistemas digitales es también un factor clave para estimular la innovación frugal y permitir su efecto más positivo de cara al desarrollo.

A mi parecer, la innovación es la única vía al progreso, e, históricamente, las restricciones materiales han demostrado imposible plantear con éxito un proceso de innovación convencional en los países emergentes. De este modo, la innovación frugal ha protagonizado ciertos ejemplos de desarrollos de productos y servicios que cumplían con los requisitos de eficiencia necesarios mientras se adaptaban a las restricciones existentes. Además, la innovación frugal, por su facilidad de implantar y desarrollar y por la optimización de los recursos que supone, abre espacio a lograr productos y servicios con un potencial de aplicación en países más desarrollados. Incluso, en el entorno del futuro más próximo la innovación frugal se puede relacionar con la posibilidad de alcanzar desarrollos exponenciales, de modo que es evidente el potencial que supone para convertirse en una fuerza importante para el desarrollo.

Además, el contexto altamente digital propiciado por la Cuarta Revolución Industrial va a abrir una gran ventana de oportunidad para desarrollar activos intangibles en los países emergentes a lo largo de todo el mundo, que puedan contribuir directamente a su desarrollo global. La facilidad de exportar los desarrollos digitales, la escalabilidad y la inmediatez que plantea el futuro que se avecina va a permitir que se superen las inmensas restricciones que hasta hoy han enfrentado los países pobres para intentar desarrollarse. Así, en este contexto que se avecina, la innovación frugal está llamada a convertirse en el principal motor del desarrollo en estos países en desarrollo.

Volviendo al origen de esta investigación, planteé cómo las recomendaciones a los países pobres para salir del subdesarrollo se basaban, principalmente, en invertir en activos físicos y bienes tangibles: infraestructura, maquinaria, tecnología... que aumentaban la productividad del factor trabajo. Sin embargo, en los últimos tiempos se han producido profundos cambios económicos que han dejado claro que es el conocimiento aplicado a la producción el elemento central para aumentar la productividad, la competitividad y el progreso de los países. Por todo



ello, la Cuarta Revolución Industrial significa que va a ser posible desarrollar una mayor innovación frugal -y con mejores resultados- en los países en vías al desarrollo.

Mi objetivo principal con este trabajo ha sido demostrar que la escasez de recursos en los países emergentes podía suponer una mayor optimización de los mismos generando una posición de ventaja competitiva que permitiese un mayor desarrollo para estos países, especialmente en un contexto digital. Contrario al proceso convencional de innovación de los países desarrollados, que se basa en la abundancia de recursos a disposición del proceso creativo, hemos podido observar cómo la innovación frugal puede lograr este objetivo, y la apuesta por el desarrollo del conocimiento sobre el desarrollo de los recursos tradicionales puede significar la diferencia a la hora de lograr o no un desarrollo global en los países que hoy lo adolecen.

Por ello, creo que la innovación frugal se postula como uno de los principales motores del desarrollo de los países emergentes en el contexto a medio plazo, que estará mayormente determinado por una economía intangible y digital.



Bibliografía

- Abrantes, P. (14 de julio de 2012). Sistemas de enseñanza y formación del individuo moderno. *Sociología (México)*, 27(76). Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-01732012000200004
- Ahuja, S., & Chan, Y. E. (2014). *The Enabling Role of IT in Frugal Innovation*. Auckland, Nueva Zelanda. Obtenido de <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.883.7814>
- ArgenBio. (s.f.). La biotecnología. *ArgenBio*. Obtenido de <https://www.argenbio.org/biotecnologia/la-biotecnologia?start=3#:~:text=El%20t%C3%A9rmino%20E2%80%9Cbiotecnolog%C3%ADa%20blanca%20hace,o%20amigables%20con%20el%20ambiente.>
- Armenta, S., De la Guardia, M., & Esteve-Turrillas, F. A. (25 de mayo de 2016). Hard Cap Espresso Machines in Analytical Chemistry: What Else? *American Chemical Society Publications*, 88(12), 6570–6576. Obtenido de <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acs.analchem.6b01400>
- Assael, R. (14 de octubre de 2019). El fin de la educación y las habilidades del futuro. *Pinion Education*. Obtenido de <https://pinion.education/es/blog/fin-educacion-habilidades-futuro/>
- Ast, F. (11 de octubre de 2020). Dinero Móvil: el Caso M-Pesa y la Inclusión Financiera en África. *Astec*. Obtenido de <https://medium.com/astec/m-pesa-y-el-dinero-m%C3%B3vil-inclusi%C3%B3n-financiera-en-la-lucha-contr-la-pobreza-67e00ea7e0bb>
- Basu, R., Banerjee, P., & Sweeny, E. (2013). Frugal innovation: Core competencies to adress global sustainability. *Journal of Management for Global Sustainability*(2), 63-82. Obtenido de <https://pdfs.semanticscholar.org/3e4f/7536272f7c6ab31be3fa215631841284fc20.pdf>
- BBC. (7 de julio de 2019). La economía intangible: cómo funciona el capitalismo sin capital. *BBC News*. Obtenido de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-48842550>



- Bhatti, Y. A., & Ventresca, M. (19 de enero de 2013). How Can 'Frugal Innovation' Be Conceptualized? *Said Business School Working Paper Series*. Obtenido de https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2203552
- Bulletin of the World Health Organization. (2013). Emerging economies drive frugal innovation. *Bulletin of the World Health Organization*(91), 6-7. doi:<https://doi.org/10.2471/BLT.13.020113>
- Casanueva, I. (29 de mayo de 2020). Domótica, tecnología para una casa futurista. *65 y más*. Obtenido de https://www.65ymas.com/sociedad/tecnologia/domotica-tecnologia-casa-futurista_15732_102.html
- Chandler, D. (5 de marzo de 2008). A leg to stand on. *MIT News*. Obtenido de <http://chaaraka.blogspot.com/2017/08/the-jaipur-foot-indias-amazing-frugal.html>
- Chung, D. C., & Neuman, B. (17 de septiembre de 2020). El reto de introducir los cambios estructurales en las acciones 'value'. *Valencia Plaza*. Obtenido de <https://valenciaplaza.com/acciones-value-investing>
- ClickMedix. (s.f.). *About us: ClickMedix*. Obtenido de Página web de ClickMedix: <https://clickmedix.com/about-us-3/>
- Colledani, M., Silipo, L., Yemane, A., Lanza, G., Bürgin, J., Hochdörffer, J., . . . Belkadi, F. (13 de junio de 2016). Technology-based Product-services for Supporting Frugal Innovation. *Procedia CIRP*, 47, 126-131. doi:<https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.03.093>
- Corrado, C., Haskel, J. E., Jona-Lasinio, C., & Iommi, M. (febrero de 2018). Intangible investment in the EU and US before and since the Great Recession and its contribution to productivity growth. *Journal of Infrastructure Policy and Development*, 2(1). doi:[10.24294/jipd.v2i1.205](https://doi.org/10.24294/jipd.v2i1.205)
- Delfa Rodríguez, B. (13 de mayo de 2020). Innovación frugal: más con menos para un mundo mejor. *The Conversation*. Obtenido de <https://theconversation.com/innovacion-frugal-mas-con-menos-para-un-mundo-mejor-137118>
- Deloitte. (2018). El potencial de la Cuarta Revolución Industrial. Informe Industria 4.0. *Deloitte*. Obtenido de



<https://www2.deloitte.com/es/es/pages/manufacturing/articles/potencial-cuarta-revolucion-industrial.html>

Doménech, R., García, J. R., Montañez, M., & Neut, A. (2018). *¿Cuán vulnerable es el empleo en España a la revolución digital?* BBVA Research, Observatorio Económico. Obtenido de <https://www.bbva.com/publicaciones/cuan-vulnerable-es-el-empleo-en-espana-a-la-revolucion-digital/>

Domotizados. (18 de enero de 2018). Conoce la tecnología detrás de la domótica y qué la hace posible. *Domotizados*. Obtenido de <https://domotizados.co/tec-domotica/>

Economipedia. (30 de septiembre de 2016). Tercera Revolución Industrial. *Economipedia*. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/tercera-revolucion-industrial.html>

Estrada, S., & Heijs, J. (2003). *Innovación tecnológica y competitividad: Análisis microeconómico de la conducta exportadora en México*. Madrid: Instituto de Análisis Industrial y Financiero. Universidad Complutense de Madrid. Obtenido de <https://eprints.ucm.es/id/eprint/6811/1/36-03.pdf>

Fortune500. (1975). *1975 FORTUNE's list of America's largest corporations*. Obtenido de CNN Money: https://money.cnn.com/magazines/fortune/fortune500_archive/full/1975/

Fortune500. (2020). *2020 FORTUNE's list of America's largest corporations*. Obtenido de FORTUNE: <https://fortune.com/fortune500/2020/search/>

Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2013). *The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?* University of Oxford, Department of Engineering Science, Oxford. Obtenido de https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf

Fundación Cotec. (27 de abril de 2019a). #MiEmpleoMiFuturo: Un documental sobre robots, economía, clase media... y el fin del mundo. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=htAnVeMtrr8>

Fundación Cotec. (27 de abril de 2019b). #MiEmpleoMiFuturo 2: Un documental sobre robots, economía, clase media... y el fin del mundo. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=-z5z8aGRSQ0>



- Fundación Cotec. (9 de diciembre de 2020). #ElValorDeLoIntangible - Economía del Conocimiento. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=wGbLj3-Apyg>
- GreenFacts. (s.f.). Cultivos Transgénicos y OMG. *GreenFacts*. Obtenido de <https://www.greenfacts.org/es/omg/3-cultivos-modificados-geneticamente/1-biotecnologia-agricola.htm#:~:text=La%20biotecnolog%C3%ADa%20se%20utiliza%20para,fr%C3%A9%20y%20aumentar%20el%20contenido>
- Grupo Banco Mundial. (1991). *Banco Mundial Informe Anual 1991*. Obtenido de <http://documents1.worldbank.org/curated/en/853331468320663308/pdf/93720PUB0SPANISH0Box64942B01PUBLIC1.pdf>
- Grupo Banco Mundial. (7 de octubre de 2020). Pobreza. *Banco Mundial*. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/topic/poverty/overview#1>
- Grupo SPRI. (21 de mayo de 2019). La transformación de la salud en la Cuarta Revolución Industrial. *Grupo SPRI*. Obtenido de <https://www.spri.eus/es/basque-industry-comunicacion/la-transformacion-de-la-salud-en-la-cuarta-revolucion-industrial/>
- Hargadon, A. B. (2003). *How Breakthroughs Happen: The Surprising Truth About How Companies Innovate*. Harvard Business Press.
- Hartley, J. (mayo de 2014). New development: Eight and a half propositions to stimulate frugal innovation. *Chartered Institute of Public Finance and Accountancy*, 13, 227-232.
- Haskel, J., & Westlake, S. (2017). *Capitalism without Capital: The Rise of the Intangible Economy*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.
- Hossain, M. (noviembre de 2017). Mapping the frugal innovation phenomenon. *Technology in Society*, 51, 199-208. doi:<https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2017.09.006>
- Iberdrola. (s.f.). Industria 4.0: ¿qué tecnologías marcarán la Cuarta Revolución Industrial? *Iberdrola innovación*. Obtenido de <https://www.iberdrola.com/innovacion/cuarta-revolucion-industrial>
- Leliveld, A., & Knorringa, P. (21 de noviembre de 2017). Frugal Innovation and Development Research. *The European Journal of Development Research*(30), 1-16. doi:<https://doi.org/10.1057/s41287-017-0121-4>



- Llorens, G. (4 de Junio de 2018). Innovación Frugal: innovando con escasos recursos. *Entrepreneur*(284090). Recuperado el 30 de Septiembre de 2020, de <https://www.entrepreneur.com/article/284090>
- Martin, A. (10 de noviembre de 2019). Sustainable frugal innovation - The connection between frugal innovation and sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 237(117747). doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117747>
- Mesa, J. (27 de abril de 2017). Innovación frugal: cuando el dinero no da la creatividad. *Blog Grupo P&A*. Obtenido de <https://blog.grupo-pya.com/12400/>
- MIT Technology Review. (22 de agosto de 2014). Manu Prakash, 34. Visionario. *MIT Technology Review*. Obtenido de <https://www.technologyreview.es/s/4404/manu-prakash-34-visionario>
- Montoya, M. Á., Cervantes, M., & Lemus, D. (marzo de 2018). De la innovación frugal a la innovación inversa: el caso del modelo farmacia-doctor en el sector salud en México. *Intersticios sociales*(15). Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-49642018000100117&script=sci_arttext
- Navarro Martínez, J. Á. (17 de octubre de 2018). La economía del conocimiento. *McGraw Hill Education*. Obtenido de <https://www.mheducation.es/blog/la-economia-del-conocimiento>
- OECD. (2019). *Under Pressure: The Squeezed Middle Class*. Paris: OECD Publishing. doi:<https://doi.org/10.1787/689afed1-en>
- Organización Internacional del Trabajo; Grupo Banco Mundial. (2013). *Catálogo de medidas de política adoptadas para hacer frente a la crisis financiera y económica*. Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo. Obtenido de <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/16610/758240WP0SPANI096B00PUBLIC00SPANISH.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Pansera, M. (abril de 2018). Frugal or Fair? The Unfulfilled Promises of Frugal Innovation. *Technolgy Innovation Management Review*. Obtenido de https://timreview.ca/article/1148?__cf_chl_captcha_tk__=374736546323f03d7f6f46585c1edbb55114a62c-1611246355-0-



AaJA4yVYWdZIYG4dA5lm00oPFSTOvpKGCaiXYLYS1rFjB1AzZ3lxANHxOF7x
oIU3cGqNCMQ0e-1q4bqU-Zbp5DGSBS2PwmtocNsi2yfjMsBiKcZ7HhOtgVZmQ-
meACOQz515c-W8k2cXWp03-

Perasso, V. (12 de octubre de 2016). Qué es la cuarta revolución industrial (y por qué debería preocuparnos). *BBC Mundo*. Obtenido de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-37631834>

Portafolio. (20 de febrero de 2018). La cuarta revolución industrial en el mercado de capitales. *Portafolio*. Obtenido de <https://www.portafolio.co/economia/la-cuarta-revolucion-industrial-en-el-mercado-de-capitales-514485>

Portafolio. (8 de marzo de 2019). La revolución digital no destruye empleos, sino que los transforma. *Portafolio*. Obtenido de <https://www.portafolio.co/economia/empleo/la-revolucion-digital-no-destruye-empleos-sino-que-los-transforma-527257>

Posventa.info. (7 de noviembre de 2019). Presente y futuro de la inteligencia artificial en los coches. *Posventa.info*. Obtenido de https://www.posventa.info/tecnica-y-tecnologia/presente-y-futuro-de-la-inteligencia-artificial-en-los-coches_15137335_102.html

Regader, B. (s.f.). La Teoría de las Inteligencias Múltiples de Gardner. *Psicología y Mente*. Obtenido de <https://psicologiaymente.com/inteligencia/teoria-inteligencias-multiples-gardner>

Reilly, M. (12 de enero de 2017). Parece un juguete, pero esta centrifugadora detecta la malaria en 15 minutos. *MIT Technology Review*. Obtenido de <https://www.technologyreview.es/s/6684/parece-un-juguete-pero-esta-centrifugadora-detecta-la-malaria-en-15-minutos>

Rosca, E., Reedy, J., & Bendul, J. (6 de octubre de 2017). Does Frugal Innovation Enable Sustainable Development? A Systematic Literature Review. *The European Journal of Development Research*(30), 136-157. doi:<https://doi.org/10.1057/s41287-017-0106-3>

Roser, M. (2020). The short history of global living conditions and why it matters that we know it. *Our World in Data*. Obtenido de <https://ourworldindata.org/a-history-of-global-living-conditions-in-5-charts>



- Ruiz González, M. d., Font Graupera, E., & Lazcano Herrera, C. (diciembre de 2015). El impacto de los intangibles en la economía del conocimiento. *Economía y Desarrollo*, 155(2). Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0252-85842015000300009#:~:text=Destaca%20que%20en%20la%20econom%C3%ADa,c omponentes%20y%20elementos%20m%C3%A1s%20significativos
- Schwab, K. (18 de enero de 2018). La urgencia de dar forma a la Cuarta Revolución Industrial. *World Economic Forum*. Obtenido de <https://es.weforum.org/agenda/2018/01/la-urgencia-de-dar-forma-a-la-cuarta-revolucion-industrial/>
- Undurraga, C. (9 de septiembre de 2019). ¿Superando la Ley de Moore con la Computación Cuántica? *Option*. Obtenido de <https://medium.com/option-blog/superando-la-ley-de-moore-con-la-computaci%C3%B3n-cu%C3%A1ntica-3ca0b87a6590>
- Universidad Anáhuac México. (4 de mayo de 2020). ¿Qué es la era de los datos y cuándo comenzará? *Universidad Anáhuac México - Noticias*. Obtenido de <https://www.anahuac.mx/mexico/noticias/Que-es-la-era-de-los-datos-y-cuando-comenzara>
- Vicent Selva, B. (10 de noviembre de 2016). Cuarta Revolución Industrial. *Economipedia*. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/cuarta-revolucion-industrial.html>
- Vinge, V. (1993). *The coming technological singularity: How to survive in the post-human era*. San Diego State University, Department of Mathematical Sciences, San Diego, California. Obtenido de <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19940022856/downloads/19940022856.pdf>
- Weyrauch, T., & Herstatt, C. (2017). What is frugal innovation? Three defining criteria. *Journal of Frugal Innovation*, 2(1). doi:<https://doi.org/10.1186/s40669-016-0005-y>
- World Economic Forum. (2018). *The Future of Jobs Report*. Centre for the New Economy and Society. Obtenido de http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2018.pdf