

Carlos Machado Allison



El impacto de la TECNOLOGÍA

Edición al cuidado de
Pamela Navarro
Deanna Marciano



ACADEMIA DE CIENCIAS
FÍSICAS, MATEMÁTICAS Y NATURALES

El impacto de la tecnología

Carlos Machado Allison

El impacto de la TECNOLOGÍA

Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales
Caracas, 2024





© Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, 2024

Publicado por la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales
Palacio de las Academias, av. Universidad, apartado postal 1421, Caracas 1010-A,
Venezuela

Colección Divulgación Científica y Tecnológica

Hecho el depósito de ley

Depósito Legal (digital): DC2024000593

ISBN (digital): 978-980-6195-91-2

Comisión Editora:

Deanna Marcano (coordinadora)

Ismardo Bonalde

Gioconda San Blas

Coordinación editorial:

Pamela Navarro

Corrección de texto:

Pamela Navarro y Deanna Marcano

Diagramación y diseño gráfico:

María Alejandra Ramírez

Diseño de portada:

María Alejandra Ramírez

Imágenes:

Portada y págs. 7, 11, 27: Freepik

Pág. 19: fabrikasimf en Freepik

Pág. 39: nuraghies en Freepik

Pág. 45: rorozoa en Freepik

Pág. 73: macrovector en Freepik

Ninguna parte de esta obra puede ser modificada, pero es de libre acceso para su reproducción y transmisión en cualquier forma o por cualquier medio, siempre que ello vaya precedido con el nombre del autor y de la Academia de Ciencias Físicas Matemáticas y Naturales.

Índice general

1. Introducción	7
2. Tecnología y ciencia	11
Nuevo lenguaje	11
Ciencia y tecnología	12
El contexto legal	15
3. El amanecer tecnológico	19
Los primeros pasos	19
La gran revolución del Neolítico	21
Acumulación de tecnologías e innovaciones	22
4. Las rutas de la tecnología	27
Los navegantes	31
Tecnología y las colonias europeas	36
5. La revolución industrial: nueva forma de vivir	39
6. Transporte, comunicaciones, hogares y salud: pilares de la demanda tecnológica	45
Automóviles	46
Ferrocarriles	49
Aviones	51
Artefactos domésticos	54
Sistemas agroalimentarios	57
Salud	60
Vivienda	66
Energía	70
Plástico	71
7. Tecnologías disruptivas y sustentables	73
Inteligencia artificial	74
Problemas éticos	76
Sustentabilidad y sostenibilidad	78
Asimetría tecnológica	80



1. Introducción

La avalancha de información que nos llega por distintos medios es abrumadora, pero al mismo tiempo nos anima a dar a conocer y criticar hechos y situaciones expresadas. Nos dibujan un mundo de graves conflictos: entre otros, guerras, inestabilidad política, terrorismo, efectos del cambio climático, migraciones masivas y muy pocas noticias positivas. Se difunden hechos verificables, a veces con sus interpretaciones y también, con cierta frecuencia, la información es falsa o no se ajusta a la realidad.

Poco se dice, en las noticias, cuando un país vive en paz, o sobre el progreso de la medicina, la industria, la agricultura o el arte. Rara vez se informa que en el siglo XXI hay una mayor esperanza de vida, que el hambre ha disminuido y que se defienden los derechos humanos con una intensidad nunca antes vista. Tampoco se dice mucho que en este notable progreso las **tecnologías** han jugado un papel destacado.

Lo dramático es más noticia que lo apacible. Este torbellino de información, restringida una generación atrás a la prensa escrita y la radio, está ahora basada en nuevas **tecnologías** y las mismas, con la capacidad de difundir mensajes e imágenes instantáneamente, tienen una enorme influencia sobre nuestra forma de percibir y concebir al mundo, así como sobre nuestro cotidiano estado de ánimo. Una generación atrás lo único instantáneo era el café.

Para la segunda década del siglo XXI la palabra **tecnología** se ha hecho popular, pero su significado, para cada persona, suele ser tan diverso como la variedad y el

número de nuevos artefactos, innovaciones y diseños que se registran. Las cifras son impresionantes, por ejemplo, Statista en 2023 (<https://es.statista.com/temas/10145/industria-y-consumo-mundial-de-smartphones/>) estimaba en 8042000000 el número de teléfonos celulares en uso, con varios países donde su número supera al de habitantes.

Su empleo ha llegado, en algunas personas, a desarrollar *nomofobia*, término acuñado para describir el terror de no tener a mano el celular, artefacto que ha creado en muchas personas una adicción similar al causado por algunas drogas. Recientemente, el gobierno de China (<https://hipertextual.com/2023/08/china-ley-limitar-uso-de-moviles-por-ninos>) ha estado buscando el modo de impedir que los niños usen sus celulares por un lapso no mayor a dos horas diarias. Más de una vez he observado a parejas jóvenes, probablemente novios o recién casados, que, en lugar de conversar entre ellos, cada uno tiene su celular en la oreja, lo observa con detenimiento o con asombrosa rapidez envía un mensaje. Todos ignoran a sus acompañantes. Los celulares son, simultáneamente, eficientes medios para acercarnos a otras personas o eventos y al mismo tiempo disruptivos de las relaciones interpersonales y perturbadores de las grupales. En esa compleja relación interpersonal y grupal se encuentran las bases de nuestra civilización.

Cuando usted usa la palabra **tecnología**, su interlocutor, de acuerdo con su edad y formación, pensará en un celular y sus aplicaciones, un videojuego, la transmisión o control del sonido, si se trata de un cantante; en las técnicas de construcción, si es ingeniero civil, en informática, si es el responsable de la plataforma virtual de un banco, en nuevas vacunas, medicamentos, o en robótica para cirugía, si es médico o paciente, y así sucesivamente. Todos están en lo cierto.

La mayoría tendrá buenos argumentos para pensar como lo hacen, porque en este siglo estamos rodeados de **tecnologías** y los ritmos de nuestras vidas están marcados por las mismas. El infante que antes quería una muñeca o un tren de juguete, ahora desea un teléfono celular o una tableta con videojuegos y no faltan aquellos que quieren sumergirse en el mundo virtual del metaverso.

La OMPI, la organización de las Naciones Unidas para la Propiedad Intelectual, registró en 2021 nada menos que 3,4 millones de nuevas patentes, 1,5 millones de nuevos diseños industriales, 18,1 millones de nuevas marcas y 2,9 millones de modelos de utilidad (<https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/es/wipo-pub-943-2022-es-wipo-ip-facts-and-figures-2022.pdf>). Buena parte de ellos aparecerán en el mercado y se utilizarán en las industrias, el comercio o los hogares y tendrán impacto sobre la educación, las comunicaciones, agricultura, alimentación, comercio, entretenimiento, transporte y salud.

Es decir, que cada día se registran más de 70000 innovaciones tangibles. Estas cifras no incluyen aquellas que cotidianamente se realizan sobre alguna maquinaria o

proceso preexistente que a veces queda registrada por el propietario en sus archivos, más no difundida. Sin duda, también un número elevado de innovaciones solo quedan guardados en la memoria del operador. En algunos casos, por buenas razones, económicas, militares o estratégicas, se ocultan cambios **tecnológicos** que no aparecen en los registros. Por otra parte, existen alrededor de 24000 revistas científicas donde se publican cada año alrededor de 6 millones de artículos con los resultados de los trabajos de investigación, observación o nuevas ideas o teorías. Una proporción de las publicaciones pueden derivar en nuevas **tecnologías**.

Otro término que nos envuelve es el de **revolución tecnológica** y en nuestro natural esfuerzo por clasificar, hay referencia a varias revoluciones tecnológicas, ya que la sociedad ha sido sacudida en más de una oportunidad por cambios importantes. Cierto que en algún momento algunas **tecnologías** han determinado cambios bruscos, es decir, revolucionarios, pero parece que, a estas alturas del siglo XXI, la innovación ocurre con tanta frecuencia que el cambio se ha hecho permanente, casi cotidiano. Los avances en genética, la inteligencia artificial y mil cosas más, con certeza harán que el futuro sea diferente y como siempre ha sido, bastante impredecible. Nuestras vidas están siendo, día a día, alteradas, perturbadas y sin duda mejoradas gracias al aluvión **tecnológico** que nos impregna.

Entre los objetivos de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales de Venezuela (ACFIMAN), se encuentra contribuir con la difusión del conocimiento. Así, este texto ha sido concebido como una lectura complementaria para los docentes y estudiantes, así como para el ciudadano que desea ampliar sus conocimientos. El mismo puede ser copiado y distribuido, en partes o en su totalidad, en forma gratuita.



2. Tecnología y ciencia

Para muchos, **tecnología** es un sinónimo de ciencia, con frecuencia existen referencias sobre ciencia y **tecnología** como si estuvieran siempre atados el uno al otro, lo que, aunque ocurre con frecuencia creciente, no siempre ha sido así. Buen número de **tecnologías** surgieron mucho antes de que existiera ciencia en la acepción actual. Las piedras labradas para cortar, triturar o moler nacieron sin ninguna teoría o conocimiento previo de la química y la física, más aún, las más antiguas tienen cerca de 2,5 millones de años y se elaboraron, por nuestros ancestros homínidos, antes del surgimiento de nuestra especie. Los humanos construyeron pirámides en varios continentes sin saber mucho de matemáticas o geometría, los griegos trabajaron el mármol en formas exquisitas y útiles, sin saber nada sobre la estructura química del mismo, así como los romanos emplearon el cemento sin saber sobre átomos y nuestros ancestros del neolítico desarrollaron razas de animales y variedades de plantas sin conocer mucho de biología, fisiología o genética. Sin embargo, en la misma medida en la que la ciencia ha ido avanzando y se profundiza nuestro conocimiento sobre el mundo físico y biológico, se estrecha el vínculo entre la ciencia y la **tecnología**. En la actualidad la mayor parte de las **tecnologías** han sido producto de la actividad científica.

Nuevo lenguaje

Otro impacto de la tecnología es el surgimiento de formas de lenguaje, abreviaciones o términos novedosos como *metaverso*, una forma de interacción con un mundo virtual

con elementos reales o imaginarios, que puede llevar a algunos usuarios a confundir lo imaginario con lo real, o a identificarse patológicamente con personajes inexistentes. Otros nuevos términos son binario o no binario, otros proceden del inglés como *cookie*, *big data*, *hacker*, *alien*, *bitcoin*, *nerd*, *tuit*, *wifi*, *chatear*, *selfie*, *wasapear*, *call center*, o abreviaciones del inglés como AI (Artificial Inteligence), ASAP (tan pronto como sea posible), BRB (regreso pronto), WUF (de dónde eres) o del castellano como DTB (Dios te bendiga), IMO (en mi opinión) TQM (te quiero mucho), empleadas en los mensajes o diálogos de texto. Sin duda, en el pasado también surgieron nuevas palabras para describir las nuevas profesiones o actividades procedentes, entre otros, de los navíos de vapor, teléfonos, telégrafos, aviones, imprentas, ferrocarriles o máquinas de escribir, tales como *maquinista*, *operadora*, *telegrafista*, *telefonista*, *mecanógrafa*, *piloto*, *cambia vías*, *sobrecargo*, *rotativa*, *tractorista*, *radiólogo*, etc., o bien términos antiguos para describir profesiones ya inexistentes a las novedades **tecnológicas** como *azafata*, u otros propios de la nueva tecnología como *charter*, *avionics*, *catering*, *laser*, *CAD* (*diseño asistido por computadora*) y así sucesivamente.

Ciencia y tecnología

Tecnología es la suma de técnicas, habilidades, métodos y procesos utilizados en la producción de bienes y servicios, así como herramientas para generar nuevos conocimientos. Existen numerosas y profundas definiciones del término, pero podemos simplificarlas señalando que **tecnología** es *conocimiento organizado destinado a la generación de bienes y servicios*, mientras que su hermana, la ciencia y en la actualidad, su madre, es también conocimiento organizado, pero con objetivos mucho más amplios. Con frecuencia tarda algún tiempo entre un nuevo descubrimiento científico y su aplicación en el desarrollo de nuevas **tecnologías**, entre otras cosas porque a veces es necesaria una suma de conocimientos para generar una nueva **tecnología**. Por ejemplo, la capacidad del vapor de agua para generar energía se conoce hace unos 2000 años, pero construir una máquina eficiente movida con vapor necesitó materiales resistentes, válvulas, tuberías, engranajes, manómetros para medir la presión y artefactos para controlar la temperatura.

Las **tecnologías** pueden integrarse en máquinas o artefactos para cumplir con un objetivo y a veces el operador no posee un conocimiento detallado de las bases científicas y seguirá las instrucciones de un manual para el usuario o aprenderá de alguien que ya sabe emplearlos. Así, conducimos un automóvil o viajamos en un avión sin conocer mucho sobre átomos, termodinámica, mecánica o física teórica. Algo similar ocurre en nuestro cotidiano empleo de teléfonos celulares o computadoras, que muchos utilizamos sin saber gran cosa sobre electrónica, informática o física del estado sólido.

Sin embargo, el desarrollo de muchas **tecnologías** modernas **solo ha sido posible gracias al conocimiento científico acumulado**. Otras veces ocurre lo opuesto, es decir,

que el desarrollo de una cierta **tecnología** permite profundizar los conocimientos científicos y se genera un círculo virtuoso. Un ejemplo obvio es el microscopio, una **tecnología** que permite aumentar nuestra capacidad de observación y gracias a su invento fue factible conocer la existencia de protozoarios, bacterias y virus. Luego del estudio de sus características morfológicas, fisiología, genética y ciclos de vida, se generó el **conocimiento científico** indispensable para el desarrollo, en el caso de la salud pública, de medicamentos y vacunas, que son **tecnologías**.

Las **tecnologías** suelen integrarse en equipos y con frecuencia evolucionan en el tiempo con nuevos inventos e innovaciones. Un buen ejemplo, bien ilustrado, es el de las máquinas de escribir (**Figura 1**). Se hicieron indispensables en la primera mitad del siglo XX en los escritorios, luego más livianas, surgieron las portátiles y ahora algunas figuran en los catálogos de antigüedades, ya que eran verdaderas obras de arte con diseños muy diversos y un enorme mercado. Un cambio **tecnológico** importante se introdujo con la máquina eléctrica llamada «de bolita» que sustituyó las varillas y los

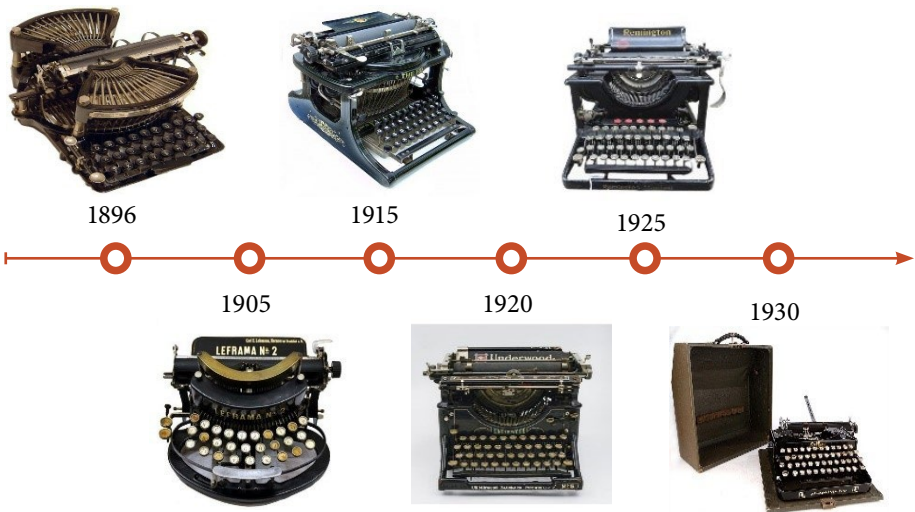


Figura 1. Las tecnologías y sus productos, evolucionan.

Fuente: Imágenes de Pinterest. Las primeras máquinas de escribir aparecieron en el siglo XVIII, pero eran aparatosas y difíciles de usar. No competían con los escribanos y amanuenses. No tuvieron éxito hasta que en la segunda mitad del siglo XIX y comienzos del XX se resolvieron problemas de tamaño, diseño, ubicación de las teclas, cintas, rodillo para el papel, etc. Las portátiles y luego las eléctricas dominaron el mercado hasta que aparecieron las computadoras.

tipos de impacto y aumentó la velocidad y calidad de la escritura. Las cintas y sus tintas mejoraron a lo largo del tiempo y las máquinas se modificaron para incluir acentos y otros símbolos, en función de la diversidad de idiomas que existen. Las computadoras con sus impresoras revolucionaron las oficinas, negocios y hogares. Los celulares también compiten en la transmisión de textos y la escritura temporal de mensajes e imágenes. Internet juega ahora un papel importante al permitir el envío a distancia

de los textos escritos y la reducción en el uso del papel, que era indispensable en las máquinas de escribir. Realizar correcciones en papel, no era tarea fácil. Ahora basta tocar una tecla para borrar o sustituir una palabra, un párrafo o un texto completo. A veces las nuevas **tecnologías** marcan el fin de sus predecesoras, otras veces coexisten con ellas.

Las **tecnologías** han tenido efectos enormes en la sociedad, positivos y negativos, rara vez son neutras. Con frecuencia una **tecnología** tiene efectos positivos, pero poseen lo que algunos denominan **externalidades negativas**, es decir, efectos indeseados o usos éticamente cuestionables. Un ejemplo que en el siglo XXI es evidente, es que las diversas **tecnologías** dominantes destinadas a producir la energía que utilizamos, que, sin duda, han mejorado la calidad de vida, funcionan gracias al empleo de combustibles fósiles y el agua de las centrales hidroeléctricas. Esa energía, la electricidad, nos permite cocinar, transportarnos, comunicarnos, iluminar casas y calles, pero su generación tiene efectos indeseables, ya que suelen contaminar el ambiente, atentar contra la vida silvestre, alterar la composición de la atmósfera, producir accidentes o incrementar las desigualdades sociales.

Aquí aparece la ciencia como una aliada indispensable que nos permite desarrollar nuevas **tecnologías** o modificar las existentes, con **externalidades negativas** de menor impacto. En la actualidad se han desarrollado nuevas técnicas para reducir la contaminación de los combustibles fósiles y van creciendo las instalaciones generadoras de electricidad, basadas en energía solar, eólica, atómica, geotérmica y más recientemente, aquellas que utilizan hidrógeno verde. Detrás de ellas existe una impresionante acumulación de conocimiento científico.

Existen numerosos ejemplos, con frecuencia bien ilustrados, sobre la evolución **tecnológica** de los artefactos y máquinas que utilizamos cotidianamente. Tal es el caso antes ilustrado de las máquinas de escribir, pero podríamos llenar páginas sobre

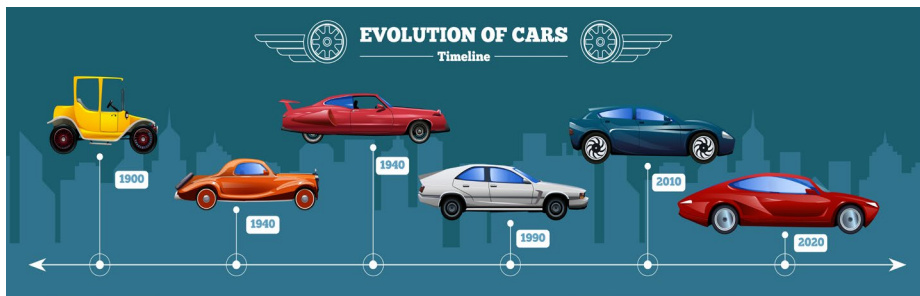


Figura 2. Evolución de los automóviles.

Fuente: https://www.freepik.es/vector-gratis/linea-tiempo-evolucion-automovil-plana-vehiculos-diferentes-anosproduccion_13820947.htm#query=evolution%20car&position=0&from_view=keyword&track=ais&uuid=47637296-8b38-46e2-8342-50c8b7888ea0

la historia de los automóviles (**Figura 2**), los aviones, los refrigeradores, las lavadoras o las cafeteras. Su empleo primario ha cambiado poco, pero detrás de los cambios en los diseños y formas, se ocultan miles de innovaciones **tecnológicas** destinadas a mejorar su desempeño, adaptarse a cambios sociales de diverso tipo, ajustarse a normas de seguridad, tipo y consumo de energía, diversidad de usos, distancias a recorrer, tamaños y mil otras variables que pueden ser, entre otras cosas, demandas de la sociedad o innovaciones que, en opinión de los investigadores, serán adoptadas por los practicantes de alguna profesión.

El contexto legal

El tema de la propiedad en las **tecnologías** corre en paralelo con el de la propiedad intelectual y con el tiempo se ha desarrollado una legislación compleja que incluye patentes, diseños, modelos de utilidad, obras literarias, música y otras creaciones o innovaciones. Las leyes varían de un país a otro, pero la mayoría están destinadas a proteger los derechos del autor o autores. El principio general es que un Estado le confiere al inventor o innovador el privilegio de explotar su obra durante un determinado número de años, pero debe registrar esa creación y al cabo de un lapso establecido, pasa a ser del dominio público. Ese lapso suele ser de 20 años para las patentes y menos para los modelos y dibujos industriales.

Existe un largo debate sobre la conveniencia de este sistema, ya que mientras algunos consideran justo y estimulante para la creatividad que existan leyes que protejan la propiedad, otros piensan que las mismas, al otorgar un monopolio, impiden el progreso o el disfrute universal de la invención. Un ejemplo son las vacunas, que para su desarrollo se requieren laboratorios bien dotados, recursos humanos y una inversión importante. La empresa que desarrolla la vacuna aspira a recuperar la inversión y percibir una utilidad al venderla. Algo similar ocurre con las medicinas y en general con toda innovación o invento patentable. Durante la reciente epidemia de COVID-19, muchos gobiernos compraron grandes lotes de vacunas para su distribución gratuita en la población y no faltaron voces que pedían que las empresas farmacéuticas renunciaran a su derecho de patente por razones humanitarias.

Las primeras patentes surgen hacia 1470 en Italia y gradualmente se legislan en casi todos los países del mundo. Es usual que la legislación defina distintos tipos de patentes, comenzando con los denominados de invención, es decir, un producto o procedimiento nuevo que aporte una solución técnica a un problema específico. Las leyes vigentes no permiten patentar ideas, teorías o nuevos conocimientos científicos y se aplican solo sobre productos como máquinas, partes y piezas, procedimientos industriales, medicamentos y así sucesivamente. La propiedad intelectual se refiere bienes económicos y culturales que incluyen productos intangibles, al igual que productos físicos, reconocidos en la ley y que son sujetos de explotación económica, como, por ejemplo, libros o partituras de composiciones musicales. Esas leyes

garantizan, o lo intentan, que el autor perciba un beneficio económico cuando su obra se comercialice (**Figura 3**).

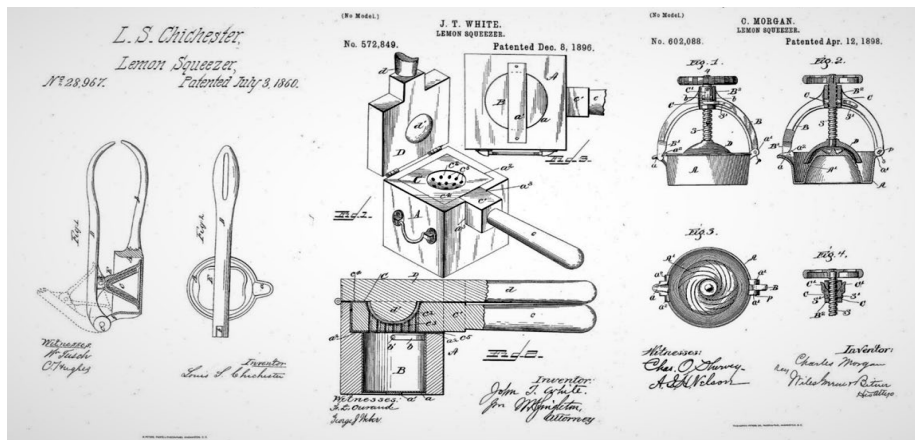


Figura 3. Esquemas originales del registro de las patentes del exprimidor de limones de Chichester (1860), White (1896) y una más novedosa, la de Morgan (1898).

Fuente: https://www.elconfidencial.com/alma-corazon-vida/2023-04-07/invento-mas-patentes-historia-expresidor_3605584/

Todo lo señalado en los párrafos anteriores determina una compleja trama legal, la existencia de formas de espionaje a veces sutiles, la «captura» de talento y hasta conflictos comerciales entre países que compiten en el vasto mundo de las **tecnologías**. Una proporción elevada de las patentes se generan en un reducido número de países, entre los que destacan los Estados Unidos, China, Japón, Corea del Sur, Alemania, Francia, India, Canadá, Australia y Rusia. Solo dos latinoamericanos figuran en las listas recientes que están encabezadas por China y esos son Brasil y México. (<https://elordmundial.com/mapas-y-graficos/paises-se-registran-mas-patentes/>).

La generación de nuevas **tecnologías** depende de varios factores tales como el número de habitantes, las políticas públicas, subsidios a la innovación, número y calidad de las universidades e institutos de investigación científica, número de investigadores y la proporción del producto interno bruto destinado a ciencia y **tecnología**. Sin duda, el principal motor que anima la innovación es la economía y su proporción vinculada a la industria, la agricultura, la salud y los servicios, así como las exportaciones con valor agregado importante de estos sectores. Así, en los siglos XX y XXI es posible observar que los países líderes en la generación de nuevas **tecnologías**, también poseen grandes fortalezas científicas que se miden por el número de publicaciones y en general, una sólida y diversa capacidad académica y económica. No menos importante es el papel de los gobiernos y la valoración que el mundo político de cada país, le otorga a la educación, la ciencia y a la **tecnología**.



Figura 4. Evolución de los teléfonos celulares.

Fuente: <https://www.iprofesional.com/tecnologia/379658-el-celular-cumple-medio-siglo-asi-fue-su-impactante-evolucion>

La WIPO (World Intellectual Property Organization), el organismo internacional de las Naciones Unidas vinculado a este tema, señala para 2019 lo siguiente:

«La **tecnología informática** fue el campo tecnológico que figuró con mayor frecuencia en las solicitudes de patente publicadas en todo el mundo, con 284.146 solicitudes publicadas, seguidos de los campos de maquinaria eléctrica (210.429), medición (182.612), comunicación digital (155.011) y tecnología médica (154.706)» (Figura 4). (https://www.wipo.int/pressroom/es/articles/2021/article_0011.html)



3. El amanecer tecnológico

En la evolución biológica de nuestra especie y sus ancestros se encuentran las raíces de la **tecnología**. A lo largo de millones de años ocurrieron y se acumularon cambios que a su vez abrieron espacios a nuevas formas de vivir y a estructuras sociales cada vez más complejas. Apenas mencionaremos algunos de los cambios que nos fueron separando de otros primates, como son la posición bípeda con la liberación de las manos de su función de locomoción a la prensil, la oposición del pulgar al resto de los dedos, el crecimiento del cerebro y la evolución de la memoria y la inteligencia, la prolongación de la infancia y la adolescencia, la formación de familias más o menos estables y luego de grupos organizados. Los fósiles humanos más antiguos tienen unos 300 000 años, pero la separación de otros primates superiores fue un proceso prolongado que duró unos 6 millones de años. Los cambios en nuestra biología nos permitieron diseñar y construir artefactos, muchos destinados, al inicio, a la adquisición y procesamiento de alimentos.

Los primeros pasos

Las **tecnologías** más antiguas, las piedras modificadas para cortar y triturar, fueron desarrolladas por nuestros ancestros, homínidos australopitecos, hace unos 2,9 millones de años y esas piedras modificadas, con características similares, han sido encontradas en varios sitios de África, Asia y Europa en un lapso entre 2,6 y un millón de años atrás. Esa cultura ha recibido el nombre de olduvayense.

El siguiente lapso se denomina cultura achelense o achúlense y es igualmente prolongado, entre 1,6 millones de años atrás hasta hace unos 200 000, con piedras

modificadas encontradas en yacimientos en África, Asia y Europa, así como evidencia del uso del fuego. La principal diferencia es la aparición de piedras bifásicas, es decir, labradas en ambos lados, lo que permitió innovaciones como hachas y cuchillas, puntas agudas y raspadores. Las culturas olduvayense y achelense inducen a pensar en un notable cambio en la dieta que se hace más omnívora. Estas herramientas, de acuerdo a la geología de las zonas donde han sido encontradas, se fabricaron de basalto, calcedonia, cuarcita, arenisca, cuarzo, esquisto y caliza. No obstante, hay algo más, la elaboración de estas piedras requería planificación y conocimiento, así como la capacidad de enseñarlas a la siguiente generación.

Asociar dos o más **tecnologías** existentes para construir una nueva herramienta, fue un paso importante. Una de las primeras **tecnologías** combinadas es la lanza y su origen está entre 500 000 y 400 000 años atrás, con evidencias encontradas en sitios tan distantes como África del Sur y Alemania (**Figura 5**). De hecho, la lanza puede ser considerada como una revolución **tecnológica** al permitir la cacería a distancia, así como hacer más eficiente la pesca a través del arpón y proteger a sus portadores del ataque de depredadores. No sabemos con precisión, cuándo comenzó a ser empleada como arma de guerra.

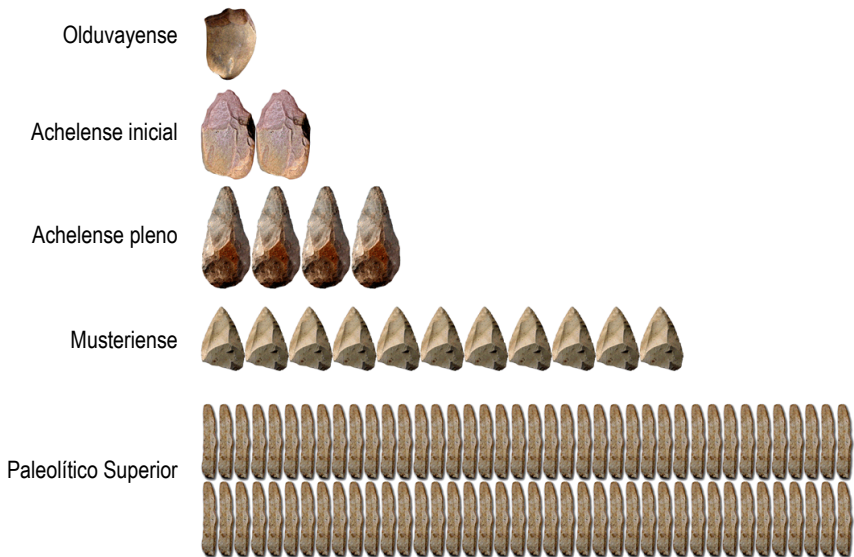


Figura 5. Evolución de la tecnología lítica, durante el Paleolítico.

Fuente: http://enciclopedia.us.es/index.php/Industria_1%C3%Adtica

Así, hachas, lanzas, cuchillos, agujas, piedras para moler y el dominio del fuego crearon nuevas alternativas de supervivencia en nuestros antepasados. Aparecieron forma independiente en muchos sitios geográficos diferentes, luego se expandieron y tan importantes fueron, que persisten, con usos diversos y elaborados con materiales y técnicas distintas, hasta la actualidad. Ciertamente es que algunas nuevas **tecnologías** sustituyen a otras, pero algunas sobreviven por miles de años como las antes mencionadas, a las que debemos sumar, azadas, cucharas, arpones, recipientes de barro y así sucesivamente. En una finca moderna podemos encontrar una pala, un hacha o un rastrillo, al lado de un tractor conducido por una computadora o un dron destinado a inspeccionar la calidad de la cosecha.

La gran revolución del Neolítico

A lo largo de la historia de la humanidad se han desarrollado diversas **tecnologías**. Algunas han tenido un impacto enorme sobre nuestra forma de vivir, sobre nuestra cultura, con implicaciones económicas y de muchos otros tipos. La convergencia de varias **tecnologías**, generan grandes cambios, o revoluciones.

Dos procesos de cambios han tenido un impacto notable en nuestra historia, primero, la llamada **Revolución del Neolítico**, donde se sumaron técnicas para el desarrollo de la agricultura y la domesticación de animales, que se inició hace unos 10 000 años. Así, la capacidad de controlar la producción de alimentos determinó no solo el paso a la vida sedentaria y el desarrollo de poblados, sino también de técnicas de construcción de viviendas, canales de riego, pesos y medidas, recipientes para almacenar, ruedas, herramientas y monedas, entre las tangibles. Además, fue el punto de partida de muchas **tecnologías** blandas como las formas de organización de la gente, la escritura, el comercio, las normas y las leyes, las expresiones artísticas, las nuevas profesiones y religiones.

El impacto del Neolítico no fue instantáneo, ni uniforme, tanto que aún en nuestros días algunos grupos humanos aislados se encuentran en tránsito entre la recolección, la caza y la pesca, a la agricultura, o, a veces, dando un salto enorme, hasta las formas de vivir del siglo actual.

Algo similar ocurre con la otra gran convergencia de **tecnologías** que se designó como **Revolución Industrial**. La misma, que termina forjando en la actualidad, buena parte de nuestra forma de vida y cultura, ocurre gracias al control sobre nuevas fuentes de energía como el vapor y la electricidad, así como las correspondientes a materiales como el hierro, el acero y el aluminio. La producción en serie, el ferrocarril, máquinas de vapor, automóviles, la creación de nuevos servicios, como la comunicación a distancia gracias al telégrafo y el teléfono, miles de inventos tras el dominio de la electricidad. Todos se suman a nuevas formas de organización de las familias y sociedades, de su economía, arte, música, educación, arquitectura y muchas otras disciplinas.

Preceden a la revolución industrial muchas otras **tecnologías** y cambios en la organización social. No podemos menos que citar el invento de la imprenta, la creación de universidades, la disponibilidad de nuevas materias primas y productos, tras el creciente contacto entre Europa con Asia, África y América, así como los cambios culturales del período renacentista.

En el telón de fondo de la revolución industrial se encuentran los estados nacionales como Inglaterra, Alemania y Francia, así como la expansión imperial europea, el crecimiento de una clase social intermedia de comerciantes y artesanos, mejores técnicas agrícolas, ciudades en crecimiento y flujo de riqueza y materias primas desde las colonias. Algunos historiadores se atreven a señalar el año 1760, en Inglaterra, como la fecha de inicio de la revolución industrial.

Acumulación de tecnologías e innovaciones

Otros inventos importantes son la brújula que se emplea ampliamente hacia el año 1300 y cuyo origen es debatible con posible nacimiento en China hacia el año 1100. La pólvora, también de origen chino, no solo se emplea en armas, sino también en la minería desde el siglo XVIII y no menos importantes fueron los catalejos y telescopios, los engranajes de los molinos, las sierras para cortar madera y piedras, las bombas para achicar agua en minas y barcos, lámparas de aceite, métodos para fabricar distintos tipos de hierro y más tarde de acero, el arado con rueda, la evolución de las carretas, el estribo, carruajes y barcos de vela, los telares y pigmentos, el vidrio y el alcohol (**Figura 6**). A partir del cemento, un invento romano, las **tecnologías** de construcción, durante la Edad Media, se enriquecen con arcos, bóvedas, contrafuertes y arbotantes, que aún podemos admirar en las grandes catedrales.

Sin duda, las guerras han sido fuente de muchas **tecnologías** y lamentablemente ese proceso continúa hasta la actualidad con la incorporación de las vinculadas a la electrónica, la informática y las guerras químicas y biológicas. La lista es larga con objetos para el ataque y la defensa: lanzas, arcos y flechas, escudos, catapultas, espadas, yelmos, tipos de arquitectura y construcción, pólvora, enorme diversidad de armas de fuego, blindajes, aperos para los caballos, cascos, bombas, explosivos, barcos, submarinos, tanques, aviones, tipos de alimentos, técnicas médicas y muchas otras cosas más.

El arsenal bélico se ha nutrido de muchas **tecnologías** relacionadas con los materiales, control sobre la energía, así como en principios básicos de la química, la física y otras disciplinas. Eso, en cuanto a **tecnologías** duras, pero también es necesario citar las blandas como la organización de los ejércitos, su financiamiento, leyes, estrategias y negociación.

Las **tecnologías duras** consisten en el desarrollo o fabricación de productos tangibles. Las **tecnologías blandas** son los métodos, procesos y formas de



Figura 6. Telescopio refractario de Galileo.

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Telescopio#/media/Archivo:Bertini_fresco_of_Galileo_Galilei_and_Doge_of_Venice.jpg

organización y empleo de las tangibles. Una computadora está construida por tecnologías tangibles o duras, como tarjetas, pantallas, teclado, etc., y funciona gracias al *software*, que es una tecnología blanda, así como las habilidades del operador.

Los cambios económicos y sociales han estimulado el desarrollo de muchas **tecnologías** y estas, a su vez, han impulsado numerosos cambios en las sociedades humanas. La revolución del neolítico, agricultura y domesticación de animales, sentó las bases de los poblados, luego ciudades y hasta imperios, comenzando en el Medio Oriente y Egipto. La concentración humana en las urbes planteó demandas



Figura 7. Desfile militar. Desarrollo de armamento como ejemplo de tecnología dura y la organización de un ejército como tecnología blanda.

Fuente: <https://www.tvn.cl/noticias/actualidad/parada-militar-2023-cuando-es-y-donde-ver-el-desfile-del-parque-o-higgins>.

novedosas y se desarrollaron **tecnologías** para el suministro de agua y la construcción de viviendas permanentes. Así mismo ocurre una diversificación de labores derivadas del nuevo modo de vida, el cazador debe transformarse en agricultor, carpintero o albañil, es necesario llevar el agua a mayores distancias y construir canales, los alimentos deben contarse, medirse y almacenarse, es necesaria una organización social diferente, ya que no es lo mismo gobernar una pequeña tribu, que una ciudad, primero con unos cientos y luego con miles o millones de seres humanos (**Figura 7**).

Egipto es el escenario de grandes innovaciones como la red de canales de riego, diques, compuertas y lagunas derivados del Nilo, el desarrollo de un sistema de medición del nivel del gran río formado por placas con líneas de marcación que a su vez definían el monto de los impuestos y una subdivisión del país en distritos y compleja gobernanza con una creciente burocracia, numerosas deidades, templos y sacerdotes. Las periódicas crecidas del río arrastraban sedimentos que fertilizaban la tierra a través de la red de canales y permitían el desarrollo de la agricultura. Los principales cultivos eran trigo, cebada, avena, lino, cebollas, lentejas, pepinos y melones. También se cultivaron uvas y dátiles, y entre las fuentes de proteína animal se encontraban ovejas, cerdos, aves de corral y en ocasiones especiales, carne de vacunos. Conocían los procesos de fermentación y elaboraban cerveza, vino y queso.

Emana entonces una demanda de nuevas herramientas, modos de hacer las cosas, reglas de convivencia, creencias y especialización en nuevas labores. El resultado:

martillos, sierras, palas, ladrillos, recipientes, cerámica, construcciones, hornos, sistemas de secado y salado, almacenes y como también es necesario mantener el orden, defender la urbe o expandir su influencia para explotar más recursos, es necesario poseer un ejército y dotarlo de las **tecnologías** requeridas tanto para el ataque como para la defensa. Así se van sumando las lanzas, picas, espadas, yelmos, escudos, arcos y flechas, al uso de los caballos y carros de guerra.

Por otra parte, es indispensable medir, registrar en físico, lo que demanda innovaciones como la escritura y formas de estimar las cantidades de grano o el tamaño de las propiedades. Desarrollaron, como en otras culturas, un sistema decimal. Se edifican construcciones elevadas, a veces no por necesidad, sino como formas de impresionar y ejercer el poder.

Todo esto ocurre en las orillas de los grandes ríos y es posible que Uruk, en Mesopotamia, comenzara a construirse hacia el año 5300 a. C. con una prolongada existencia y crecimiento por más de 2000 años. Los sellos cilíndricos con grabados sobre arcilla ilustran cambios importantes en la sociedad, como registros contables, religiosos, eventos, relatos, tapas sobre recipientes de mercancías, adornos en muros y puertas, también expresiones del arte. A la par, se han encontrado los primeros edificios de gran tamaño que luego, alrededor del año 2550 a. C. serían superados por las pirámides en Egipto. Los sellos son un medio de comunicación y preceden a la escritura cuneiforme en las orillas de los ríos Tigris y Éufrates, mientras que los jeroglíficos van creciendo en complejidad y detalle en las orillas del Nilo. Los sellos que aparecen alrededor del año 3200 a. C. parecen registros contables y formas de identificación del contenido o del propietario de los recipientes. Las tablillas cuneiformes encontradas hasta la fecha se redactaron en sucesión a lo largo de varios siglos, en nueve idiomas diferentes, desde el acadio y el sumerio, hasta el persa antiguo. Los sellos y las tablillas de arcilla con caracteres cuneiformes son **tecnologías** tangibles de comunicación, a la par de los miles de jeroglíficos egipcios grabados en las columnas, paredes, placas y tumbas. Ancestros lejanos de nuestros libros, celulares, libros de contabilidad, códigos de barras y computadoras. Del otro lado del mundo, las culturas americanas también desarrollan símbolos, sistemas matemáticos y obras de ingeniería (**Figura 8**).

Los ríos permiten la comunicación, difusión de técnicas y sin duda, el comercio. Los barcos del Nilo aparecieron entre 3500 y 3200 a. C. Combinar **tecnologías** duras, tangibles, con formas de organización, es decir, **tecnologías** blandas, así como su adaptación al espacio físico, van a ser los elementos que le permitirán, por ejemplo, a Alejandro Magno en el año 331 a. C. derrotar a los persas. **Estrategia** es un término usual en las organizaciones del siglo XXI. Nace en Grecia para describir a los jefes militares o *strategos*. Hoy se aplica en muchas disciplinas y organizaciones, además de las guerras, y consiste en fijar los objetivos básicos a largo plazo, la adopción de

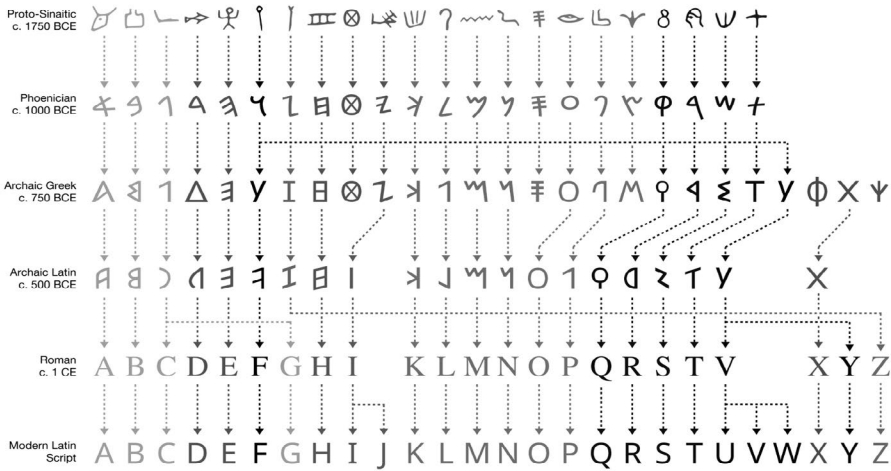


Figura 8. Evolución del alfabeto.

Fuente: <https://culturainquieta.com/disenio/la-evolucion-del-alfabeto-3-800-anos-de-letras-a-traves-de-un-diagrama-de-colores/>

los cursos de acción y la asignación de los recursos necesarios para su cumplimiento, entre esos recursos las **tecnologías duras y blandas** ocupan una posición importante, así como los recursos humanos. El contar con gente de talento y conocimientos es tan válido en el presente, como más de dos milenios atrás. De poco sirve la **tecnología** que poseas, si no sabes emplearla.

La historia, a veces narrada como una simple sucesión de gobernantes y guerreros, es una larga secuencia del surgimiento, dispersión y aprovechamiento de nuevas **tecnologías**. Así como el resultado esperado es el éxito en el objetivo trazado, no pocas veces el fracaso está presente, o por suceder, bien por incompetencia, desconocimiento, errores en la estrategia o cambios inesperados en el entorno. Como la ciencia no cesa en su progreso, no pocas **tecnologías** han sido abandonadas o prohibidas tras años de empleo. Ejemplos de lo anterior son la sustitución de las tuberías y pinturas basadas en el plomo y el empleo del amianto conocido como asbesto, en las construcciones, al descubrirse las propiedades tóxicas de los mismos. Así, la revolución industrial es precedida por la acumulación, por varios siglos, de muchas **tecnologías**. Entre ellas destacan los telares, tintes y nuevos materiales de confección, cientos de innovaciones en las viviendas y el urbanismo, cerámicas y porcelanas, aserraderos y así, sucesivamente.



4. Las rutas de la tecnología

Como es de esperar, la historia de las expansiones, comercio y conquistas está atada estrechamente a las **tecnologías**. Además, la geografía tuvo también una influencia importante antes del desarrollo de la navegación. La conexión terrestre entre Europa, Asia y África permitió el flujo de **tecnologías**, mientras que América y Australia no participaron en ese intercambio hasta después que los hielos se retiraron y aumentó el nivel del mar y los primeros humanos ingresaron alrededor de 30 000 años atrás.

Los fenicios o cananeos dominaron **tecnologías** de navegación que les permitieron recorrer el Mediterráneo y crear una extensa trama comercial a partir del año 1200 a. C. No crearon un imperio, sino una red de ciudades autónomas a orillas del Mediterráneo, destacando Biblos, Tiro y Sidón, así como puntos comerciales en el norte de África, desde Egipto hasta el actual Marruecos y el extremo sur de España en Cádiz, Málaga, Adra y Almuñécar. Crearon el primer alfabeto y fueron un centro de manufactura de joyas y otros artículos de lujo basados en cerámica, vidrio, bronce y piedras preciosas. A través del comercio, los fenicios distribuyeron productos y sus respectivas **tecnologías**, desde el Medio Oriente, conectada con Asia y el norte de África, hasta la península ibérica, para ello lograron mejorar el diseño y la estructura de las naves, así como conocer los vientos y corrientes marinas. Sin duda el Mediterráneo, y en las costas europeas del norte, como las del sur, el norte de África, fueron las rutas más importantes de la dispersión de las **tecnologías**, desde los fenicios y luego, por los navegantes griegos, hasta el colapso del Imperio Bizantino en 1453. Por sus bordes y playas, se expandió el conocimiento de asirios, caldeos, egipcios, griegos,

árabes, romanos y bizantinos. Otra ruta importante fue el largo trecho terrestre que iba desde el Medio Oriente hasta Asia y en la misma camellos y caballos jugaron un papel importante desde el año 1600 a. C.

La influencia fenicia es seguida por la expansión de las ciudades-estado griegas, que alcanzan su máxima extensión con las conquistas de Alejandro Magno (334-323 a. C.), que no solo se expresa a través de las áreas dominadas, sino más que nada por la expansión del helenismo, una nueva cultura, individualista y saturada de nuevas ideas, formas de gobierno, filosofías y concepciones del universo que trascienden hasta nuestros días con figuras como Tales de Mileto, Demócrito, Sócrates, Platón y Aristóteles, seguidos por el Museo y la Biblioteca de Alejandría. Le sigue la República y el Imperio Romano y luego la expansión árabe durante la Edad Media europea.

Al margen de los aspectos militares y geopolíticos, ocurre una difusión de diversas **tecnologías**, entre las que destacan nuevos cultivos, animales domésticos y **tecnologías** agrícolas como tipos de arados, sistemas de riego y aperos en los animales de carga. Así mismo, soluciones arquitectónicas, usos de la rueda, engranajes, poleas, molinos, materiales de construcción, prácticas médicas, aleaciones de metales, pesos y medidas, recipientes, joyería, perfumes, vestimentas, geometría, nuevos materiales y sustancias, innovaciones en las artes de navegación y materiales para las naves, así como armas de diverso tipo.

Los navegantes juegan un papel importante en el intercambio de **tecnologías** y en las conquistas a lo largo y ancho del Mediterráneo. Precedidos por los egipcios y la navegación por el Nilo y las costas del mar rojo, el papel que jugaron fenicios y griegos es retomado por Cartago, Roma y varias islas griegas. Las naves cambian y aparecen en sucesión, pentécómeros (50 remeros) birremes, trirremes y hasta hexarremes, lo que planteaba problemas de incremento en el número de remeros y competencia por el espacio con los soldados, el resto de la tripulación y la carga, así como aumento en el peso de los navíos. Con frecuencia los remeros eran esclavos y más tarde delincuentes. El trirreme resultó el barco más común desde el siglo IV a. C. El comercio marítimo determinó la construcción de puertos, muelles de atracado, faros y almacenes. Entre ellos destacan el de Cartago, construido en el siglo II a. C. y posteriormente el Portus, desarrollado en el 46 d. C. durante el gobierno de Claudio, que servía a la densa población romana en la desembocadura del río Tíber (**Figuras 9 y 10**).

Después del colapso del Imperio Romano, venecianos, genoveses y otras ciudades-estado de la actual Italia mejoraron la calidad del casco y el velamen. Los comerciantes venecianos comienzan a figurar alrededor del año 780 d. C. y la República de Génova se crea en el 1096 d. C. Entre ambas hay grandes rivalidades y hasta cuatro guerras, pero aún encajadas entre el Imperio Bizantino y el Sacro Imperio Romano, se las arreglan para dominar el comercio del Mediterráneo. El comercio une y separa, al final, por las calles y en los navíos de Venecia y Génova, se mezclan cristianos, musulmanes, judíos y practicantes de religiones más antiguas.

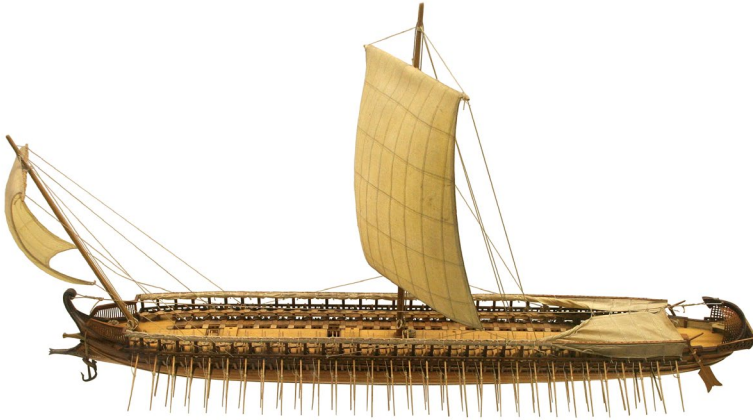


Figura 9. Modelo de madera del trirreme.

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Trirreme#/media/Archivo:Model_of_a_greek_trireme.jpg

La influencia llega a Milán y cruza Italia hasta Florencia, que se convierte en República independiente en 1115 y se desarrolla, junto y con grandes rivalidades, con Pisa y Siena, que compiten con los mercados al norte y occidente de la actual Italia. Algo similar ocurre en el mar Báltico, primero con los navegantes vikingos y luego se intensifica el comercio entre las costas de los actuales Holanda, Alemania, Polonia, Letonia y Estonia, con sus extremos en Nóvgorod, en la actual Rusia y en Londres, con



Figura 10. *Portus* o *Portus Romanus* situado en la desembocadura del río Tíber, fue el principal puerto al servicio de Roma.

Fuente: <https://www.argiletumtour.com/portus-romae-the-largest-port-of-antiquity/>

un núcleo ubicado en Lübeck, ciudad fundada hacia 1158 que le da origen a una suerte de confederación luego denominada Liga Hanseática.

El comercio no solo es importante por el intercambio de bienes y servicios, sino también por su papel en la adopción de técnicas y expansión de las manufacturas. Por ejemplo, Venecia no solo destaca como centro de comercio, sino también por el desarrollo de una industria textil, bancos, nuevas ingenierías y arquitecturas alrededor de sus canales, y novedades en las formas de gobierno (**Figura 11**).

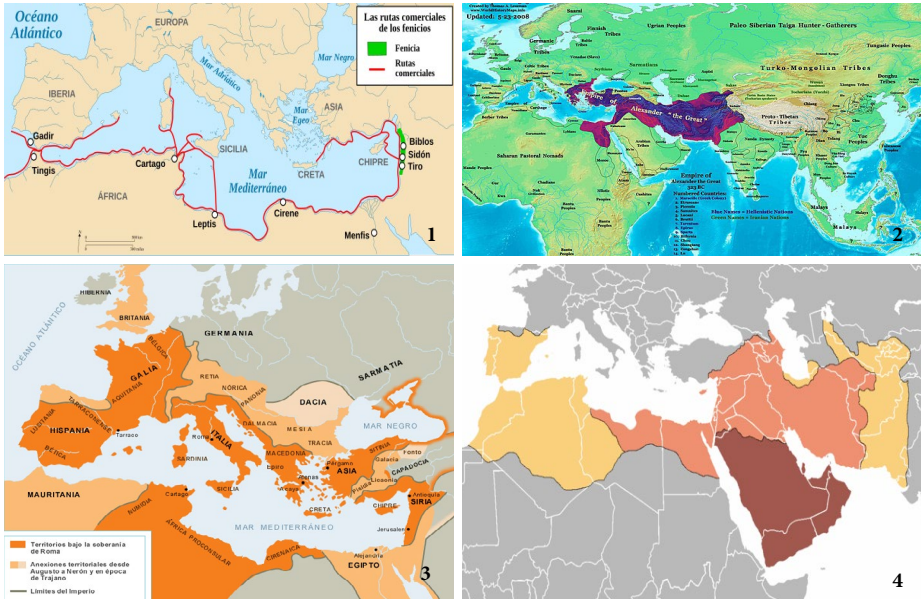


Figura 11. Las principales rutas de la tecnología entre 1200 a. C. y la Edad Media.

1) Rutas de los fenicios (1200 a. C.-330 a. C.) Fuente Wikipedia <https://es.wikipedia.org/wiki/Fenicia>; 2) Conquistas de Alejandro Magno (334 a. C.-323 a. C.). Fuente: Wikipedia. https://es.wikipedia.org/wiki/Alejandro_Magno; 3) Imperio Romano (27 a. C.-476 d. C.) en su máxima extensión. Fuente https://www.juntadeandalucia.es/averroes/centros-tic/14700420/helvia/aula/archivos/repositorio/0/77/html/Kairos/mediateca/cartoteca/pagsmapas/imperio_romano.html; 4) Califatos de Bagdad y Córdoba. Fuente: Wikipedia basado en DieBuche <https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Age-of-caliphs-xtra-space.png>

En los últimos años de la Edad Media europea se forjan dos colecciones de eventos que tendrán enorme influencia en el mundo contemporáneo. Por una parte, el Renacimiento, un proceso de ruptura con las formas de pensar y vivir del medioevo. Con sus excepciones, el medioevo europeo podemos imaginarlo como un lapso bastante conservador, preñado de dogmas y limitaciones a la creatividad. En Europa dominan los condes, duques y otros propietarios de la tierra, una aristocracia con frecuencia asociada al alto clero, rodeada de una masa de campesinos, siervos, sin ninguna educación y escasos derechos, que vivían en la miseria. El Renacimiento tiene

muchas fuentes y buena parte de los eventos que marcan esta nueva época ocurren en las ciudades-estado de Italia, donde el comercio es importante y por consiguiente la visión del mundo es más amplia.

Quizás el humanismo y antropocentrismo, el individualismo en oposición al teocentrismo medioeval, definen al renacimiento. Sus orígenes pueden ser vinculados a Dante, Petrarca y Boccaccio entre 1265 cuando nace Dante y 1375 cuando muere Boccaccio. Preceden a una pléyade, es escritores, pintores, escultores, médicos, arquitectos, astrónomos e inventores que tratan de rescatar las ideas de la Grecia clásica e insertarlas en el cristianismo. Así, entre 1400 y fines de 1500 surgen cientos de figuras y tan solo para citar algunas mencionaremos a Botticelli, Miguel Ángel, Maquiavelo, Brunelleschi, Copérnico, Leonardo da Vinci, Pico della Mirandola, Durero, Gutenberg, Sanzio, Lutero, Paracelso, Vesalio, Paré, Bruno, Galileo, Servet, Garcilaso, Erasmo, Moro y Bacon. También en ese lapso las universidades van cambiando y destacan Cambridge, París, Bolonia, Padua, Salamanca, Montpellier, Oxford, Lovaina y Coimbra. También con la toma de Constantinopla en 1453 por los turcos, no solo miles de documentos se trasladan a Europa y con ellos, viejas y nuevas ideas sobre el mundo y su gente, sino que, cerradas las rutas comerciales hacia Asia, los europeos tratan de encontrar otras vías para el comercio.

Los navegantes

Otro gran evento en lo que a la dispersión **tecnológica** concierne, nace en Portugal, donde sus navegantes, paso a paso, van recorriendo la costa atlántica de África y luego se aventuran hacia el mar índico y Asia. En 1325 se inicia el financiamiento público de la marina bajo el reinado de Alfonso IV y navegantes genoveses con experiencia son invitados a Portugal. La carabela revoluciona la navegación, con sus tres mástiles, capacidad de carga entre 50 y 150 toneladas, combinando la vela latina y la cuadrada, el astrolabio árabe y cambios en el diseño.

En Sagres, al sur de Portugal, se construyen las carabelas que, con el tramado de la estructura y los materiales, una batería de nuevas tecnologías para la época, que concluye con navíos de unos 30 metros de largo y 8 de ancho. En 1418 los portugueses llegan a Madeira y entre 1427 y 1432 a las Islas Azores y las colonizan a partir de 1449. Sin duda navegar más de 1000 kilómetros en el desconocido Atlántico, preñado de fábulas y monstruos, fue una gran hazaña. Así, los europeos comienzan a recorrer hacia el sur la costa africana del Atlántico y mediante el tratado comercial más antiguo del mundo con Inglaterra, los portugueses también navegaban hacia el norte (**Figura 12**).

La motivación principal de las vías marítimas es el bloqueo de las rutas terrestres por el Imperio Otomano que eran empleadas por los europeos hacia Asia para el comercio de especias y manufacturas. Los portugueses, tras las incursiones en Madeira y las

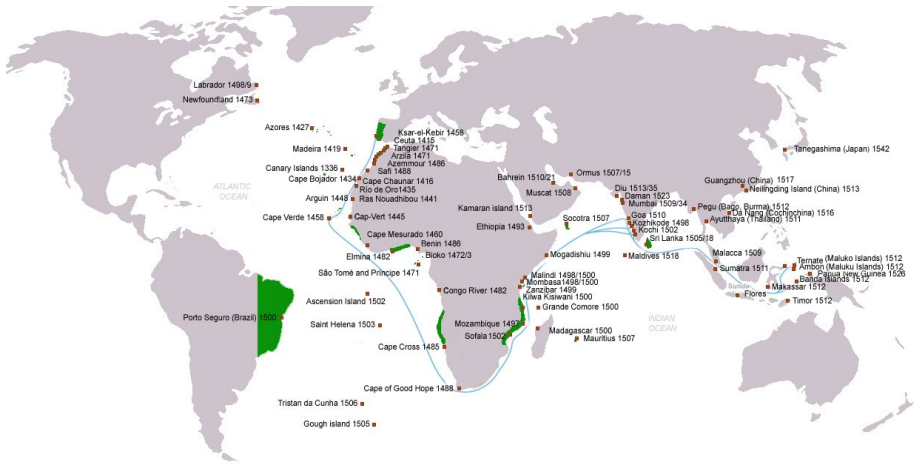


Figura 12. Las principales rutas de los navegantes portugueses en los siglos XIV y XV.

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Descubrimientos_portugueses#/media/Archivo:Portuguese_discoveries_and_explorationsV2en.png. *Portuguese_discoveries_and_explorations.png; *Portuguese_Empire_map.jpg; Tokle derivative work: Uxbona (talk) – Descobrimientos_e_explorações_portuguesesV2.png

Azores, llegan a Cabo Verde en 1458, doblan el cabo de Buena Esperanza en 1488 y entran en el mar Indico. Luego llegarán a Mozambique en 1497, a la India en 1498 y Nueva Guinea en 1512. Después de los viajes de Colón, también cruzan el Atlántico y llegan a Brasil en 1500. Las carabelas se transforman y aparecen las naos y las carracas, con castillos de popa y proa, tres y hasta cuatro mástiles y una capacidad de hasta 500 toneladas. España e Inglaterra comienzan a desarrollar flotas importantes en los siglos XIV, XV y XVI. Un cambio tecnológico significativo fue el timón de codaste, cuyo origen es aún oscuro, pero era empleado por los barcos hanseáticos hacia 1326 y también por las naves chinas hacia el 1100. Ese tipo de timón tuvo tanto éxito que se emplea hasta el presente. Más tarde aparece otro tipo de navío, el galeón. De tamaño variable, estaba armado de cañones y los de mayor capacidad fueron los principales barcos de carga en los siglos XVI y parte del XVII.

Las tecnologías de navegación fueron esenciales en el forjamiento de los grandes imperios europeos (España, Inglaterra, Portugal y Francia), la conquista de América y África, así como el comercio con la parte más oriental de Asia. No van solos, los acompañan venecianos, genoveses, flamencos y navegantes de la Liga Hanseática, holandeses y belgas. Todos se copian las tecnologías de los navíos y las van adaptando y mejorando. El cuadrante de Davis se inventó en 1594 y luego sustituido en el siglo XVIII por el sextante, ambos esenciales para la navegación.

El catalejo y el telescopio, con similares principios de óptica, se utilizaron a comienzos del siglo XVII y se debate si el inventor fue Juan Roget hacia 1600 o Hans Lippershey, quien lo registró como su invento en 1609.

Los cambios **tecnológicos** en los navíos fueron numerosos, entre ellos destacan la relación de proporciones entre largo, ancho y altura, las ya mencionadas velas y los aparejos para orientarlas, la forma del casco, diversos tipos de maderas, disposición y tratamiento de las mismas, pero sobre todo domina la experiencia de los navegantes, es decir las **tecnologías** blandas indispensables para la orientación, conocimiento y aprovechamiento de vientos y corrientes, maniobras durante el mal tiempo, así como la capacidad de liderazgo y la previsión logística sobre la cantidad y tipo de alimentos requeridos por la tripulación. Al convertirlos en armas de guerra fue necesario hacer otros cambios y dominar nuevas **tecnologías** para disponer y controlar los cañones, su ubicación y mecanismos de elevación y retroceso.

La navegación fuera de Europa determina también un intercambio de **tecnologías**, en particular sobre arquitectura, prácticas médicas, cultivos, sistemas de riego y procesamiento de alimentos. Aunque el plátano se conocía desde la Edad Media, es apenas en el siglo XV que comienza a ser cultivado en las islas Canarias, a la par de la caña de azúcar. Otros cultivos procedentes de África son el trigo morisco, variedades de cebada, millo, ñame, dátiles, guisantes, habas, alpiste, higos, sábila, una variedad de calabaza, lentejas y anís. Su cultivo se inició en las islas más cercanas a la costa africana como Canarias, Madeira y luego en las Azores.

A pesar de los avances **tecnológicos**, la navegación en los siglos XIV hasta el XIX estuvo plagada de riesgos y los naufragios fueron frecuentes, amén de los problemas de nutrición y enfermedades en la tripulación. Esto se agravó con el comercio de esclavos procedentes de África y con destino a las nuevas colonias americanas. El apiñamiento a bordo creaba condiciones apropiadas para un elevado número de enfermedades transmisibles para las que no existían fármacos, tales como gripes, influenza, pulmonías, tuberculosis, viruela, difteria, tifus, bacterias y virus gastrointestinales, amén de las infecciones y gangrenas por las frecuentes lesiones, así como las deficiencias de vitaminas que causaban el escorbuto y la pelagra.

A miles de kilómetros del Mediterráneo también se desarrollaban las **tecnologías** navales. Durante la dinastía Song (960-1279) se construyó una armada y para el siglo XII China era una potencia naval. Los juncos chinos de varias velas contaban con timones fijos y el casco sin quilla, estaba dividido en secciones aisladas por mamparos que les permitían hacer reparaciones en alta mar o evitar el naufragio aislando secciones del navío y ya utilizaban la brújula. También desarrollaron bombas de achique bastante efectivas. Los mamparos se introdujeron en Europa varios siglos después. Más tarde, los viajes de Zheng He (1371-1433) impulsaron el comercio de arroz, bronce, cerámica, té y especias, pero además llevaron a sudeste asiático la escritura china, la medicina con una elaborada farmacopea, el budismo, el confucionismo y el islam. Zheng He, que mezclaba su origen musulmán con las religiones chinas, llegó hasta las costas de África, pero luego los problemas internos y la filosofía aislacionista del confucianismo, determinaron el cese de los viajes.

Quizás menos conocidas, por su aislamiento geográfico, fueron las **tecnologías** médicas desarrolladas en Tíbet, el norte de China y el borde de la cordillera himalayá entre los siglos IX y XI, entre las que destacan instrumentos quirúrgicos, acupuntura, un conocimiento detallado de la anatomía y variada farmacopea que trasciende hasta nuestros días. Por otra parte, los astrónomos, astrólogos y meteorólogos chinos y tibetanos han llevado, por siglos, un registro escrito de diversas variables que los llevaron a elaborar un calendario bastante ajustado al que empleamos en la actualidad y realizar pronósticos del tiempo bastante precisos, esenciales para la agricultura y la ganadería. Todas esas técnicas se encuentran embebidas en la práctica religiosa budista, pero lo más relevante fue la cultura de datos registrados. Compilar información ha sido siempre la fuente de muchas **tecnologías**.

Después de los viajes pioneros de Colón entre 1492, 1493, 1498 y 1502, la atención europea se centra en América y el intercambio **tecnológico** es intenso. De América llegan a Europa la papa, el tomate, el algodón, el maíz, las calabazas, el ají, los pavos y algunos tubérculos. En el Caribe se instalan centros de acondicionamiento y reparación de barcos, se introduce la caña de azúcar, el ganado bovino, los cerdos, las gallinas y luego las cabras y las ovejas, los caballos, las armas de fuego, las forjas de hierro y los cultivos tradicionales europeos, con sus respectivas **tecnologías**. El encuentro de plata y oro motiva la introducción y desarrollo de **tecnologías** mineras, entre ellas destaca la amalgamación de plata con mercurio inventada por Bartolomé Medina en México en 1554.

La construcción de navíos fue un paso vital en los viajes de Hernán Cortés, Pedro de Alvarado, Cabeza de Vaca, Pizarro, Orellana y otros en el norte y Sebastián Caboto, Moguer y Mendoza en el sur. Quizás los primeros navíos construidos en América fueron las dos carabelas, fabricadas en Santo Domingo en 1496 por instrucciones de Cristóbal Colón, lo que le permitió regresar a España. Posteriormente, se establecieron astilleros en La Habana y Guayaquil. La obra llamada «Instrucción Náutica» fue escrita por Diego García de Palacio y publicada en México en 1587. Esta contiene una sección específica sobre las **tecnologías** de construcción de naves, que incluye los primeros planos y dibujos constructivos jamás publicados. También es importante la obra de García Palacio porque describe como diseñar naves adaptadas a las condiciones de los mares americanos. Construir naves también demandó la selección de árboles, desarrollo de aserraderos y la procura de brea y fibras, mientras que el hierro, plomo y cobre se importaban de España (Saenz, 2009, <https://www.redalyc.org/pdf/439/43913137003.pdf>)

Dada la enorme influencia religiosa que acompaña la conquista, se introduce la arquitectura europea y sus **tecnologías**. Con frecuencia, aprovechando las piedras cortadas y pulidas de los templos prehispánicos, se edifican iglesias y casas. Las iglesias de cierta magnitud más antiguas se construyeron a partir de 1514 en Santo

Domingo, México, Guatemala y Perú. Las de mayor envergadura fueron las Catedrales de Cuernavaca (1524), Lima (1535), Cuzco (1539) y México (1571) con estilos como el barroco y técnicas dominantes en Europa, pero también con un componente importante de conocimientos, arte y **tecnologías** de construcción prehispánicas. No menos importante es el intercambio de instrumentos musicales, unos de manufactura europea, otros procedentes de África y Asia, se forjan nuevos ritmos, melodías y bailes, a la par de un triple sincretismo religioso y cultural entre el catolicismo, las religiones prehispánicas y las procedentes de África (**Figura 13**).

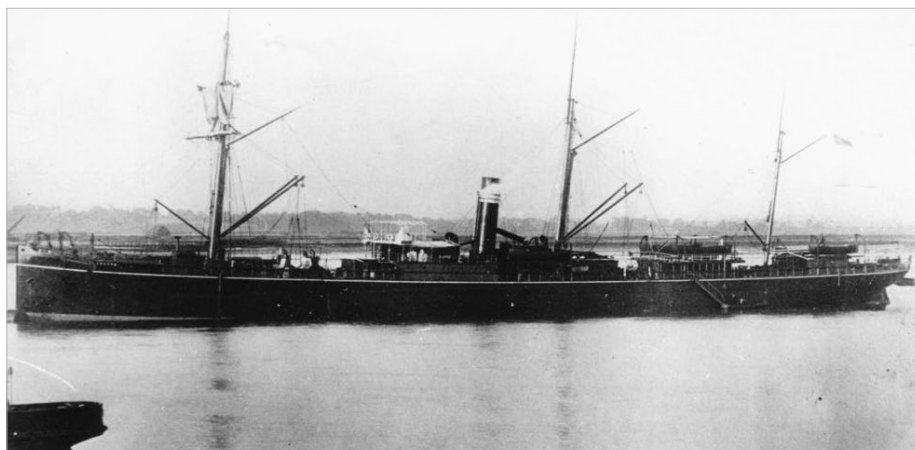


Figura 13. Desarrollo de tecnologías navales. Buques de carga del siglo XIX y uno actual.

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Buque_de_carga

Tecnología y las colonias europeas

No es posible establecer una norma común para el desarrollo **tecnológico** en África y América durante los siglos de conquista y colonización. Lo que sí parece verificable es que la distancia determinó que en las colonias la adopción de las **tecnologías** europeas fue más lenta y además el traslado de modos feudales de propiedad y explotación de recursos naturales, los monopolios comerciales, el centralismo de las decisiones, sumados a la esclavitud atenuaron la demanda de soluciones **tecnológicas**. Quizás un buen ejemplo hayan sido las máquinas de vapor, cuya historia es fascinante por el elevado número de investigadores que de un modo u otro contribuyeron a que su utilización práctica. Unos fabricando prototipos, otros desarrollando los principios teóricos y otros creando materiales para que fuera posible. La lista de contribuyentes es larga, desde Ctesibio y Herón a comienzos de nuestra era, hasta Papin hacia 1698, Savery y Newcomen entre 1744 y 1762, seguidos por Watt, Stephenson y Fulton. Las motivaciones no pudieron ser más diversas y sus resultados de enorme impacto como bombas de achique, molinos, cañones, movimiento del agua, telares y finalmente el transporte marítimo y terrestre. También fueron indispensables las contribuciones teóricas como las leyes de los gases y figuras como Boyle (1627-1691) y Gay-Lussac (1778-1850) destacan, entre otros.

Lo cierto es que existía una demanda asociada al desarrollo comercial e industrial en una Europa en expansión económica, que no estaba presente en las colonias, con raras excepciones como el norte de los Estados Unidos. Sin duda las máquinas de vapor inician la revolución industrial que tanto impacto tuvo sobre nuestras sociedades. En 1803 Fulton bota el primer barco de vapor en el río Sena, pero sin mucho éxito, luego en 1807 en los Estados Unidos su idea es bien acogida y su navío recorre los 240 kilómetros que hay de Nueva York a Albany. Richard Trevithick (1771-1833) construye una especie de diligencia de vapor en 1803 y una locomotora en 1804 y Stephenson (1781-1848) finalmente logra una máquina capaz de mover vagones sobre rieles para transportar pasajeros en 1825. Mientras tanto, se construyen máquinas estacionarias o móviles de vapor de diverso tipo, entre ellas algunas precursoras de los automóviles y tractores, pero con poco éxito, más eficientes resultaron las prensas, los sistemas de calefacción, molinos, hilanderías y bombas de achique en las minas.

En América la abolición de la esclavitud fue un proceso prolongado, se inició en el norte de los Estados Unidos en Vermont (1777), Pensilvania (1780) y Massachusetts (1783) y concluye durante la guerra civil entre el norte y el sur en 1863. Transcurren muchos años entre la abolición de la esclavitud en Haití (1804) y su eliminación legal en Chile (1823), la Federación Centroamericana (1824), México (1829), las posesiones británicas y Canadá (1833), Uruguay (1846), las posesiones francesas del Caribe (1848), Colombia y Panamá (1850), Ecuador (1852), Argentina (1853), Venezuela (1854), Perú (1855), Bolivia (1861), Surinam y las posesiones holandesas del Caribe

(1863), Paraguay (1870), Puerto Rico (1878), Cuba (1886) y Brasil en 1888. (Ali 2014) www.pensamientopenal.com.ar/system/files/2014/12/doctrina39847.pdf.

La esclavitud viene atada a las prácticas agrícolas feudales y en lugar de una demanda de **tecnología** para la siembra, recolección y procesamiento primario de algodón, caña de azúcar, plátano, maíz y otros rubros llamados de plantación, así como para la minería, se utiliza la mano de obra de los esclavos. En algunos países de América, grandes propietarios y monasterios utilizan a los indígenas para las tareas más demandantes, en un sistema con similitudes a la de los siervos medioevales europeos que también persiste en países como Rusia hasta comienzos del siglo XX.

De allí que la demanda de máquinas de vapor, y con ella el inicio Revolución Industrial, es más intensa en Inglaterra, Alemania, Francia, Holanda y Bélgica, así como en el norte de los Estados Unidos. En Europa ocurre luego un cierto rezago en España, Portugal, parte de Italia y Grecia por razones diversas, y ocurre tan recientemente como a fines del siglo XIX e inicios del XX en Latinoamérica y África. Por ejemplo, la primera locomotora de vapor de América Latina se construyó en Acámbaro, México, en 1926, (https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Locomotora_de_vapor_%22Fidelita%pgun) un siglo después de las construidas en Inglaterra. Se importaban máquinas de vapor desde Europa, pero no se fabricaban en América Latina hasta fines del siglo XIX y las políticas públicas, orientadas hacia la industrialización y sustitución de importaciones, no aparecieron hasta el siglo XX. Hacia 1960 solo tres países, Brasil, Argentina y México, contaban con más de 100 000 establecimientos industriales, pero muchos pequeños, casi artesanales y con capacidad limitada. CEPAL (1965) (<https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/0c836741-f8bb-4b60-89b1-972ed2d616ba/content>).



5. La revolución industrial: nueva forma de vivir

El hombre y su joven esposa habían migrado de la finca a la ciudad. Alquilaron un cuarto miserable en una callejuela de tierra donde se acumulaban charcos y deambulaban perros e indigentes rebuscando la basura. En el taller donde encontraron empleo, se apiñaba un centenar de trabajadores ensordecidos por el rutinario ruido de las nuevas máquinas que llenaban el aire con partículas de algodón y humo, durante 12 horas y siete días a la semana. Al fin de la misma obtenían justo el dinero para comer y pagar el alquiler, pero añoraban el aire limpio y la verde pradera, donde compartían hambre con libertad y la incertidumbre del clima.

La revolución industrial tiene tantas facetas que no es fácil ordenarlas en un breve texto, pero es necesario mencionar a las de mayor impacto y estas no son otras que la fabricación masiva, el transporte, la alimentación, la salud, los artefactos domésticos y la información. Así, las grandes fábricas, y las múltiples innovaciones y aplicaciones del vapor, se ubican en cuatro o cinco países a lo largo del siglo XIX. Sin embargo, no ocurre con uniformidad y suele ocurrir una concentración de las mismas en ciertas zonas, a veces relacionadas con las minas de carbón y en otras, con centros de comercio donde se colocaban las manufacturas.

El transporte y la comunicación se hacen cada vez más importantes. En varios países se mejoran las compuertas de los canales, en 1779 se construye el primer puente metálico, abriendo el acceso a muchas innovaciones en torno a la producción de hierro y acero que se enriquecerá con el proceso Bessemer en 1854 y la dinamita de Nobel en 1866 permitirá abrir nuevos caminos, túneles y vías férreas, amén de

su empleo en la minería. No menos importante es la vulcanización del caucho en 1839, el primer fertilizante artificial desarrollado por von Liebig en 1840 y sin duda, el código telegráfico de Morse en el mismo año. La impresión de libros y periódicos se acelera con la imprenta rotativa de Hose en 1846 y a partir de 1877, con Graham Bell, comienza a difundirse el teléfono.

La fábrica sustituye al taller y la manufactura doméstica a partir de 1750. Se trata de espacios más amplios dedicados exclusivamente a la producción. Los pioneros fueron todos británicos: Lombe en Derby alrededor de 1721, seguida por una fábrica de latón cerca de Bristol en 1746, Arkwright el inventor de la hiladora hidráulica en 1769, creó una fábrica en Derbyshire y Josiah Wedgwood, abuelo de Darwin, otra dedicada a la producción de cerámica en 1759.

El concepto de fábrica no solo cambia los modos de producción, sino que tiene un impacto social enorme. Constituye un polo económico de atracción y no pocos poblados se desarrollan cerca de las fábricas y en estas surgen nuevas tecnologías blandas como formas de organizar y coordinar a los trabajadores, novedosas logísticas para el suministro de materias primas y luego para el almacenamiento y distribución del producto final. Las fábricas demandan una nueva forma de trabajar: horarios rigurosos, coordinación, supervisión, control de calidad y estructuras salariales.

Las nuevas máquinas demandan capacitación masiva de la mano de obra y, en algunos casos, como las fábricas textiles, las mujeres comienzan a trabajar fuera del hogar. Las condiciones de trabajo eran con frecuencia insalubres y los obreros eran víctimas de muchos abusos. Esto determinó la creación de asociaciones de ayuda mutua que tenían como precedente las relaciones de los antiguos gremios. No obstante, en Inglaterra se aprobaron en 1799 y 1800 leyes que prohibían la asociación de los trabajadores, pero igual persistieron en forma clandestina hasta que estas leyes se eliminaron en 1824, permitiendo la creación de las *Trade Unions*, que pronto comenzaron a negociar horarios de labor, condiciones de trabajo y remuneraciones. Los sindicatos se expandieron rápidamente en Francia, Alemania, Italia y los Estados Unidos (**Figura 14**).

Los derechos de propiedad, el registro de patentes, la legislación laboral, los sindicatos, los parlamentos y el sistema de justicia, juegan un papel importante en la revolución industrial. A la par, se fortalecen las universidades y en general el sistema educativo, además aumenta la población urbana. En las ciudades se hacen indispensables cambios tecnológicos relacionados con el suministro de agua potable, los sistemas de recolección de aguas servidas y generación de energía, mientras que una pléyade de investigadores, van descubriendo las causas y remedios de muchas enfermedades causadas por virus, bacterias, protozoarios y nematodos, como cólera, tuberculosis, rabia, viruela, sífilis, sarampión, y las diversas infecciones, fiebre puerpal,



Figura 14. La industria textil (1813), cuya materia prima es el algodón para convertirlo en tela.

Fuente: <https://gesrepair.com/early-american-manufacturing-textile-industry/>

tifus, peste bubónica y neumónica, amebiasis y parasitosis intestinales. Cambian los hospitales y sus tecnologías, Lister introduce las prácticas asépticas en las clínicas a partir de 1867 y se desarrollan sustancias bactericidas. El lavado de las manos y ropa se hace frecuente, así como el uso de la anestesia a partir de 1850 y se desarrollan nuevos fármacos y vacunas. Los héroes de la revolución sanitaria son muchos y entre ellos destacan Jenner, Balmis, Lister, Koch, Pasteur, Manson, Ross, Laveran, Finlay, Gorgas, Chagas, Yersin, Ehrlich, Kitasato, Leishman, Hansen y otros. Muchos de ellos tuvieron que luchar en contra de supersticiones y prácticas médicas tan tradicionales y preñadas de creencias, como inútiles.

Nicolas Appert en 1795 comenzó a fabricar jarras selladas y esterilizadas para preservar líquidos y 17 años después, la empresa británica Donkin Hall & Gamble inventó la lata, empleada hasta el presente para preservar alimentos: un hito importante en la evolución de las tecnologías agroalimentarias, seguida por otras tecnologías como

la elaboración de leche en polvo en forma comercial en 1855 ([https://todoelcampo.com.uy/2024/01/sabe-cual-es-el-origen-de-la-leche-en-polvo/#:~:text=Aunque%20William%20Newton%20hab%C3%ADa%20patentado,abiertos%20y%20moler%20el%20residuo\).](https://todoelcampo.com.uy/2024/01/sabe-cual-es-el-origen-de-la-leche-en-polvo/#:~:text=Aunque%20William%20Newton%20hab%C3%ADa%20patentado,abiertos%20y%20moler%20el%20residuo).)

Las máquinas de vapor prosiguieron empleándose en el siglo XX y algunas aún persisten en el presente, la electricidad y los motores de combustión interna le dieron a la revolución industrial y en general a la **tecnología**, un nuevo impulso. Aunque transcurren algunos años desde el invento de Otto en 1877 y los primeros automóviles y motocicletas.

Thomas Alva Edison (1847-1931) es la figura más relevante en esta nueva etapa, no solo por inventos como el bombillo incandescente de larga duración, sino como pionero del uso masivo de la electricidad junto a Nikola Tesla a partir de 1880. Al comienzo el vapor y luego los combustibles fósiles como carbón y más tarde derivados del petróleo eran las fuentes de energía para generar electricidad, aunque la primera central hidroeléctrica la desarrolla Rogers en 1882, en el río Wisconsin. El genio de Edison y su tenacidad, derivó en cientos de inventos o en prototipos que luego serían desarrollados por otros inventores o empresas. Entre ellos el telégrafo cuádruplex, el micrófono, el fonógrafo, el mimeógrafo, el dictáfono, las baterías, el kinetoscopio precursor del cine y muchos otros. Edison registró 1093 patentes en los Estados Unidos y en su genio está el origen de empresas como General Electric y Westinghouse.

La turbina de vapor, desarrollada por Parsons en 1884, abre más espacios a esas máquinas y prolonga su vida útil, pero casi coincide con el invento de Nicolaus Otto, el primer motor de explosión en 1879, pero que llevó muchos años de modificaciones para mejorar su eficiencia, resolver problemas de enfriamiento y formas de encendido. El objetivo inicial era fabricar máquinas estacionarias para generar electricidad, pero Daimler pensó en su empleo para el transporte y surgieron las primeras motocicletas (Daimler y Maybach, 1885) así como el motor de compresión-ignición de Diesel en 1897. De las ideas de Otto derivó la fábrica Deutz que persiste hasta el presente produciendo maquinaria pesada y de las de Daimler, primero la empresa Daimler Maybach y luego Daimler Benz, cuyo nombre cambió luego a Mercedes Benz. Las grandes empresas pronto entendieron que buena parte de su éxito dependería de su propia capacidad de innovación y generación de nuevas **tecnologías**, así como del control de la calidad de sus productos.

A la par, se crean departamentos dedicados a la **tecnología** en muchas universidades e incluso algunas en las que la misma es su objetivo central. Por ejemplo, el Massachusetts Institute of Technology (MIT) se creó en 1861 y el Johns Hopkins en 1876, siguiendo el ejemplo de algunas universidades de Alemania en las que estaban ocurriendo cambios significativos (**Figura 15**). La tradición, casi milenaria, eran el



Figura 15. Debido a la creciente industrialización de los Estados Unidos se creó, en 1861, el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT).

Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/Massachusetts_Institute_of_Technology#/media/File:Great_Dome,_Massachusetts_Institute_of_Technology,_Aug_2019.jpg

estudio y la enseñanza del derecho, filosofía, retórica, historia, algo de economía, teología, matemáticas y literatura. Incluir la investigación, las ingenierías, la medicina y las ciencias básicas constituyó una revolución en las aulas universitarias. Integrar la docencia con la investigación fue una idea de Wilhelm von Humboldt, quien, apoyado por el gobierno de Prusia, creó en 1810 la Universidad de Berlín. Wilhelm, destacado funcionario del gobierno y diplomático, era hermano del no menos talentoso naturalista Alexander von Humboldt.

Otro cambio significativo ocurrió en el mundo financiero. Los bancos en los siglos precedentes a la revolución industrial dedicaban buena parte de sus préstamos al comercio, la agricultura y la vivienda, y relativamente poco a la manufactura. Sus ingresos procedían básicamente del ahorro y el efectivo dominaba las transacciones. Los billetes van sustituyendo a las monedas, aunque estas persisten en denominaciones bajas. Los cheques comienzan a hacerse frecuentes a mediados del siglo XIX. La construcción de ferrocarriles, la industria del hierro y el acero, la de automóviles y a la par, de los combustibles como el carbón y el petróleo, demandaba grandes inversiones y el mundo financiero sufrió una importante transformación que se reflejó en el incremento de la cartera crediticia dedicada a la industria y ocurrió un incremento de las bolsas de valores, ya que muchas nuevas industrias obtienen capital mediante la emisión de acciones. Más tarde aparecieron nuevas instituciones financieras privadas como los bancos de inversión y públicas como los bancos centrales y los bancos de inversión gubernamentales dedicados, como ocurrió con frecuencia en América Latina, a sectores específicos como el agrícola, el industrial, el inmobiliario y las exportaciones. Obviamente, todos estos cambios generaban demandas **tecnológicas** duras y blandas.

Las tarjetas de crédito y débito tuvieron sus predecesores en las placas de cargo, pero su expansión ocurre a partir de la década de 1940, cuando las aerolíneas emiten tarjetas de uso múltiple. Con el tiempo el mundo financiero adoptó nuevas **tecnologías** y buen número de las transacciones se realizan en la actualidad a través de medios electrónicos. Los cheques están desapareciendo y disminuye el efectivo, dominan las tarjetas de débito, crédito, los puntos de venta, las transferencias a través de Internet, pagos mediante celulares y así sucesivamente.



6. Transporte, comunicaciones, hogares y salud: pilares de la demanda tecnológica

En la segunda mitad del siglo XIX ocurren grandes cambios en la economía, la geopolítica y la estructura social de los países que están dominando el comercio y la manufactura industrial. Inglaterra, Alemania, Francia e Italia, en Europa, Japón en Asia y los Estados Unidos en América, poseen el mayor parque industrial, con miles de innovaciones en la mecánica y manufactura, compiten por los mercados, y con frecuencia, por el control político y territorial. Las potencias europeas establecen grandes colonias en África y Asia, se desarrollan astilleros y barcos con capacidades crecientes y nuevas **tecnologías**. Con menos poder industrial, pero mucha experiencia comercial y naval, Bélgica y Holanda también participan en los mercados internacionales. El canal de Suez, concluido en 1869, acortó la distancia entre Europa, Asia y el oriente de África en varios miles de kilómetros.

El desarrollo industrial generó cambios importantes cuando estas potencias europeas entendieron que el conocimiento era un factor de poder y que las **tecnologías** les otorgaban ventajas competitivas. La universidad de Berlín, creada en 1809, se diseña no solo como centro de enseñanza, sino también de investigación, tanto básica como aplicada, y pronto ese nuevo modelo es copiado por otras universidades europeas y norteamericanas. Este nuevo modelo crea vínculos con la industria, el comercio y servicios públicos de diverso tipo, enlaces que persisten hasta la actualidad.

En los Estados Unidos se crean los llamados Land Grant Colleges con apoyo gubernamental gracias al Morrill Act, firmado por Lincoln en 1862. Estas nuevas instituciones tenían como misión la enseñanza e investigación en agricultura, ciencias,

ingeniería y ciencias militares, en lugar del tradicional plan de estudios llamado de artes liberales. De estas nuevas universidades surgieron **tecnologías** agrícolas y conocimientos sobre las distintas disciplinas que llevaron en el siguiente siglo a colocar al país a la cabeza de las innovaciones agrícolas en el mundo: mecanización, genética, fisiología, entomología agrícola, control de plagas, fertilizantes, patología, etc. Por otra parte, ya en la primera parte del siglo XX, muchas grandes empresas entienden que no solo deben apoyarse en las universidades e Institutos Tecnológicos, sino poseer en su interior la capacidad de generar **tecnologías** para hacer más eficiente la producción, elaborar nuevos productos y competir en los mercados. De este modo, empresas como Siemens, Krupp y Zeiss, hacia 1900, empleaban varios cientos de personas en investigación científica y tecnológica. En los Estados Unidos, aparecen los primeros núcleos de investigación en las industrias a fines del siglo XIX y antes de 1914 la General Electric, Westinghouse, Dupont, Kodak, American Telephone & Telegraph y Standard Oil ya poseían centros de investigación propios. En 1910 el gobierno de los Estados Unidos crea el Henry A. Wallace Beltsville Agricultural Research Center y en Europa se desarrollan también centros de investigación agrícola.

La población urbana crece en forma notable y bastante desordenada en los siglos XVIII y XIX, aumenta el número de obreros, comerciantes y proveedores de servicios, así como de alimentos y bebidas fuera del hogar. Entre 1821 y 1914 se registran cinco pandemias de cólera con millones de fallecidos producto de la contaminación en los precarios sistemas de suministro de agua en las ciudades y a través de agua y alimentos contaminados. John Snow identificó la fuente de contaminación en Londres y en el siguiente medio siglo se diseñaron **tecnologías** para separar las aguas servidas de los acueductos, así como las correspondientes a la hidratación oral e intravenosa de los pacientes. Otras pandemias azotaron las ciudades en el siglo XIX, como las de peste bubónica y tifus, cuya dispersión ocurrió por la intensidad del comercio marítimo, el hacinamiento a bordo y en los puertos. A la par, se registraban millones de casos de fiebre tifoidea por contaminación fecal del agua y de alimentos por salmonelas. La identificación de las bacterias y el papel de las pulgas y los piojos en la transmisión de la peste y el tifus, ocurrió a fines del siglo XIX gracias a las investigaciones de Koch (cólera), Yersin (peste) y a comienzos del siglo XX, Ricketts y Prowasek (tifus). Vacunas, antibióticos, hidratación, febrífugos y otros medicamentos, fueron luego las principales armas de la **tecnología** médica (Figura 16).

Automóviles

La fabricación de automóviles se inició en Alemania con Benz, Otto y Daimler, pero poco después participan Francia, Inglaterra y luego a los Estados Unidos e Italia, siendo fuente y motivación para muchas nuevas **tecnologías** (Figura 17). En Francia aparecen dos fábricas, Panhard y Levassor en 1889 y Peugeot en 1891. En Italia Fiat se funda en



Figura 16. 1) El pintor neerlandés Rembrandt pinta una clase de anatomía. 2) Cirugía 4.0: la cirugía mínimamente invasiva y el uso de la robótica.

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Lecci%C3%B3n_de_anatom%C3%ADa_del_Dr._Nicolaes_Tulp#/media/Archivo:Rembrandt__The_Anatomy_Lesson_of_Dr_Nicolaes_Tulp.jpg
https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/grandes-reportajes/cirugia-40_13756

1899 y Renault, en Francia, en 1898. Rolls introduce el primer automóvil de lujo en 1903 y en 1906 asociado a Royce el lujoso y silencioso Rolls-Royce, Silver Ghost. En Estados Unidos, Winton fabrica el primer automóvil en 1897, seguido por Olds en el mismo año. Henry Ford comenzó desarrollando un vehículo para competir en velocidad con el de Winton, cosa que logró, pero quebró la empresa. Luego, en 1903, creó una



Figura 17. 1 y 2) Primeros vehículos con motor de explosión: Motorwagen de Karl Benz y Reitwagen de Daimler y Maybach, ambos fabricados en 1885. 3) Vehículo de la década del 2000. 4) Automóvil eléctrico.

Fuente: Wikipedia. https://es.wikipedia.org/wiki/Historia_de_la_automoci%C3%B3n, <https://elperiodicodelaenergia.com/los-fabricantes-de-automoviles-alemanes-duplican-la-produccion-de-vehiculos-electricos-e-hibridos-enchufables-en-2020/>, <https://www.topgear.es/listas/offroad/mejores-suv-ano-2000-2010-679609>

nueva para fabricar vehículos más populares. En 1908 apareció el Ford T, con muchas innovaciones, precio accesible y fácil de reparar. Para 1914 desarrolló la producción en serie y la llamada línea de ensamblaje gracias a ideas de varios de sus colaboradores como Avery, Martin, Sorensen y Wills, así como las generadas previamente por Ransom Olds que luego fue copiada por muchos fabricantes. Tanto impacto causó que se acuñó el término *fordismo* para describir el proceso de ensamblaje por partes y secciones de la fábrica. El número de nuevas **tecnologías** desarrolladas en torno al automóvil se elevó modificando el sistema de encendido, la transmisión, la amortiguación, las ruedas, el control de la dirección y diversas partes del motor. Ford produjo más de 200 000 automóviles en 1914 y 472 000 en 1916.

Con cerca de un millón de automóviles circulando a partir de 1920 fue necesario realizar enormes inversiones en carreteras, puentes, autopistas, calles, avenidas, estacionamientos y semáforos. La arquitectura de casas y edificios se modificó para alojar a los automóviles y su impacto determinó la aprobación de nuevas leyes, tipos de policías, normas de seguridad, estaciones de gasolina, impuestos y ministerios para ordenar esta nueva forma de vida y con ella, la demanda de nuevas **tecnologías** duras y blandas. Aparecen autocines, autobancos, automercados, autolavados y restaurantes que

sirven comida dentro de los automóviles, así como cientos de miles de concesionarios y talleres de reparación. Automóviles, autobuses y ferrocarriles estimulan el desarrollo de suburbios, donde el precio de la tierra es menor que en las congestionadas ciudades. No menos importantes han sido las carreras de automóviles, donde con frecuencia, se someten a prueba nuevas **tecnologías**. En 1941 la General Motors introdujo la transmisión automática en algunos modelos de la marca Oldsmobile. La misma empresa introdujo en 1974 la primera computadora en sus vehículos, aumentando la seguridad, el rendimiento y la durabilidad de muchos componentes. En síntesis, el automóvil y sus variantes, camiones y autobuses, contribuyeron a crear una nueva forma de vivir y de organización de la sociedad.

Para el año 2023 se estima que circulan alrededor de 1400 millones de automóviles, autobuses y camiones, a los que debemos sumar no menos de 600 millones de motocicletas. Entre las externalidades negativas destacan las emisiones de gases con impacto en el cambio climático y en muchas ciudades elevada contaminación del aire. La producción de vehículos híbridos y eléctricos está en aumento, alcanzando el 20 % de las ventas en 2022, así como los esfuerzos por incrementar el uso de vehículos colectivos y la aplicación de normas destinadas a reducir las emisiones de gases.

Estos cambios demandan innovaciones **tecnológicas** importantes, desde nuevos materiales como el litio para las baterías, innovaciones en los motores, cargadores de electricidad y los indispensables centros de carga que aumentan en número en los países más desarrollados. Un problema con los vehículos eléctricos es su precio, más elevado que los tradicionales, pero en 2022 y 2023 comenzaron a fabricarse en China automóviles eléctricos de pequeño tamaño y precio más bajo. La producción en 2023 determinó que el número de vehículos híbridos y eléctricos, de todos los tipos, en circulación alcanzara 26 millones de unidades (<https://www.ambito.com/energia/el-ano-2023-cerrara-26-millones-vehiculos-electricos-todo-el-mundo-n5800312>). Es aún una cifra modesta cuando se la compara con el total de vehículos tradicionales en circulación, responsables por la mala calidad del aire en muchas grandes ciudades. Las ciudades con peor calidad del aire se encuentran en India, Bangladés, Pakistán y China (<https://www.fundacionaquae.org/wiki/ciudades-mas-contaminadas-del-mundo/>).

Ferrocarriles

Quizás la imagen que mejor describe la importancia de los ferrocarriles nos viene de la India: vagones llenos y gente en sus techos (**Figura 18**). Tan solo en los 27 países de la Unión Europea se venden ocho mil millones de boletos anuales para viajar en ferrocarril. El desarrollo del Oeste de los Estados Unidos dependió en buena medida del ferrocarril inaugurado entre 1860 y 1869, así como la comunicación entre la Rusia europea y la asiática a través de los 9288 kilómetros del Transiberiano concluidos en 1904. Otras rutas largas son las de Shanghái a Lassa con 4373 km, Chicago a Los



Figura 18. Sistema ferroviario en la India.

Fuente: <https://www.businessinsider.com/indias-trains-are-insanely-crowded-2016-2#the-new-delhi-railway-station-holds-the-guinness-book-of-records-for-the-largest-route-relay-interlocking-system-9>

Ángeles con 4290, Harbin a Haikou con 4458, Toronto a Vancouver con 4466 y Moscú a Pekín con 7826 km. No menos importante es la posibilidad de cruzar el enorme continente australiano, recorrer buena parte de Argentina o años atrás, desde el Altiplano de México, pasando la frontera con los Estados Unidos hasta Missouri.

Cuando en 1804 Trevithick construyó la primera locomotora con certeza no pudo prever la importancia de su invento que fracasó porque la pesada máquina rompió los rieles. En 1811, Blenkinson, también en Inglaterra, tuvo algo más de éxito, pero fue en 1825 cuando Stephenson logró que su locomotora con vagones funcionara con pasajeros y carga entre Stockton y Darlington. Además, desarrolló la primera fábrica de locomotoras. Obviamente, todas funcionaban con un motor de vapor alimentado con leña o carbón. Las variantes han sido muchas, el vapor fue sustituido por motores diésel y estos a su vez por la electricidad, el mismo principio se aplicó al transporte urbano con los tranvías, subterráneos y funiculares. De pocos kilómetros por hora y muchas paradas, ahora existen trenes de alta velocidad capaces de superar los 300 y 400 kilómetros por hora. Se experimentan trenes impulsados por aire comprimido y otros de levitación magnética. Las primeras locomotoras híbridas, dotadas de baterías recargables y motores diésel, ya están en funcionamiento.

Los ferrocarriles jugaron un papel importante en las dos guerras mundiales transportando tropas, artillería y suministros, y no faltaron aquellos que portaban cañones de largo alcance. Su importancia económica ha sido enorme gracias a adaptaciones para transportar cereales, ganado, equipos, partes y piezas, equipaje, cemento, correo y combustibles a largas distancias. Amén de su impacto económico conectando zonas alejadas, su influencia en la literatura y el cine, así como en la cultura e historia, es notable y sigue siendo importante. Herederos de los ferrocarriles son los miles de kilómetros que a través del metro conectan a las ciudades. Como en el caso de los automóviles y aviones, los ferrocarriles han sido grandes demandantes de **tecnologías** y la diferencia entre las máquinas de Stephenson y un tren de alta velocidad del siglo XXI, es notable. Estos últimos son aerodinámicos, están llenos de controles electrónicos y medios de comunicación, desde el exterior existen sistemas de control, aun así, no faltan ocasionales descarrilamientos y choques, consecuencia de su mayor limitación que son las rutas fijas de los rieles. Por el contrario, sus virtudes, para el pasajero que no está presionado por el tiempo, son muchas: observar el paisaje, comer, beber, leer un libro y hasta dormir en una cama si es necesario.

Aviones

Cuando usted aborda un avión comercial está ingresando a un aparato donde se han integrado cientos, si no miles, de **tecnologías**. En su fuselaje no solo se han acumulado años de estudio sobre aerodinámica, sino materiales que combinan resistencia con bajo peso. Kilómetros de cables, sistemas de control, computadoras, componentes hidráulicos y equipos de comunicaciones. Frente al piloto indicadores de velocidad, altitud, combustible, funcionamiento de las turbinas y luces que indicarán el estado de muchas partes del avión, así como otros sensores que le permiten observar el estado del tiempo. El desarrollo **tecnológico** básico de los aviones ocurrió con relativa rapidez en las primeras décadas del siglo XX. En efecto, entre los primeros vuelos de los hermanos Wright y Santos Dumont al inicio del siglo XX y los vuelos comerciales transcurren menos de 30 años. Lapso breve si tomamos en consideración el número de problemas técnicos que era necesario resolver, entre los que destacan la necesidad de nuevos materiales y diseños aerodinámicos, motores, control, tren de aterrizaje, neumáticos, comunicaciones, combustibles, presurización de las cabinas y mil detalles más (**Figura 19**).

Sin duda, la Primera Guerra Mundial (1914-1918) determinó grandes inversiones públicas y privadas al emplear aviones en las batallas, que aceleraron el desarrollo de nuevas **tecnologías**. Poco después su empleo para transportar correo le dio otro impulso y finalmente en la década de 1930 el transporte de carga y pasajeros aumentó gracias a un modelo de gran éxito y persistencia que fue el bimotor DC-3 que entró en el mercado en 1936. En las siguientes décadas, las empresas norteamericanas Douglas y McDonnell tuvieron elevada participación en el mercado.

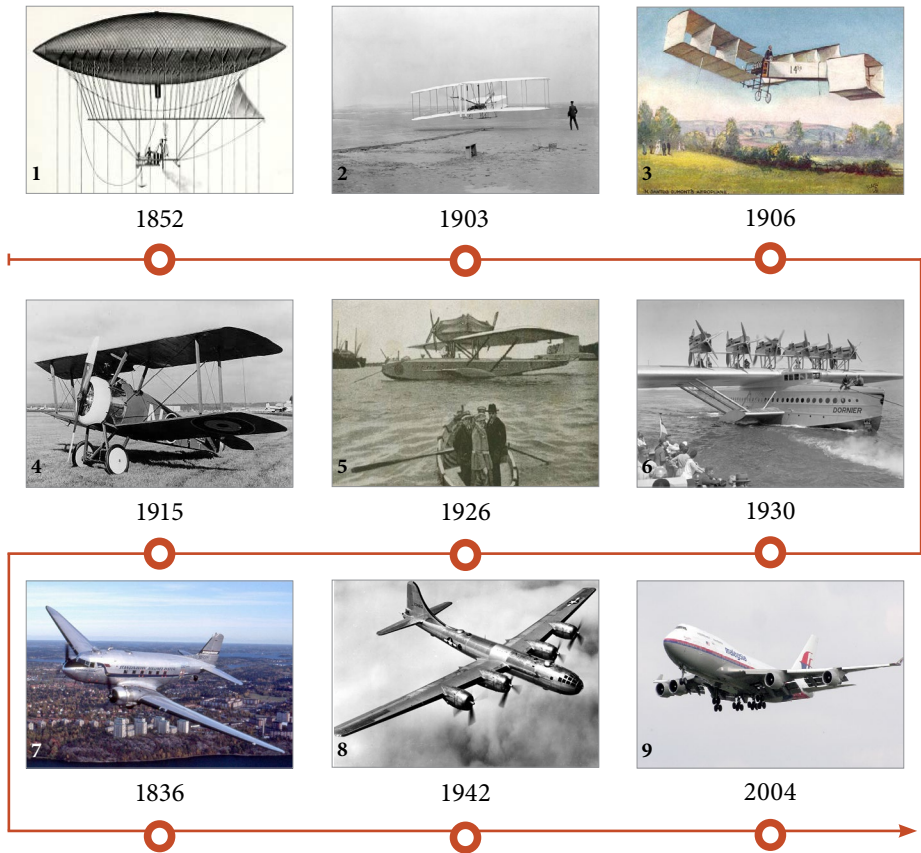


Figura 19. Breve síntesis de la evolución de la aviación.

- 1) Dirigible de Henri Giffard; 2) Avión de los hermanos Wright; 3) Avión de Santos Dumont; 4) Sopwith Camel de Herbert Smith; 5) Plus Ultra de Dornier; 6) Dornier DoX; 7) DC-3; 8) B-29; 9) B-747.

Fuente: Wikipedia commons. https://es.wikipedia.org/wiki/Historia_de_la_aviaci%C3%B3n

A partir de los antiguos aeroplanos surgieron numerosos modelos de varias empresas, tanto en los Estados Unidos como en Inglaterra y Alemania, con crecientes capacidades y mayores autonomías de vuelo, con capacidad para volar a unos 7000 metros de altura, a la par de hidroaviones de diverso tipo, necesarios por el reducido número de aeropuertos existentes en zonas remotas. Recorrer grandes distancias en pocas horas, en lugar de días o semanas, impulsó la demanda de los aviones y abrió a muchas empresas alternativas de cobertura geográfica, organización y eficiencia gerencial. Una consecuencia de gran importancia económica y social es el impulso que le dio la aviación al turismo.

Una nueva **tecnología**, el motor a reacción, generó otra revolución en la aviación. Detrás de los mismos existe una larga historia de experimentos y el primer avión con

este tipo de motor fue el Messerschmitt Me 262, un caza construido en Alemania en 1944. Sin duda, la Segunda Guerra Mundial (1938-1945) les dio un nuevo impulso a las **tecnologías** de la aviación y los grandes bombarderos fueron los precursores del transporte civil masivo de la actualidad. El primer jet de pasajeros, el Comet británico, no resultó confiable y su construcción se suspendió tras construir un centenar de aviones a comienzos de la década de 1950, pero otros modelos como el Tupolev ruso, el Boeing 707 y el DC-8 comenzaron a dominar los aires a partir de 1958. En el presente existen alrededor de 30 000 aviones comerciales que transportan anualmente cerca de 5 000 000 000 de pasajeros. Están diseñados para volar entre 10 000 y 12 000 metros donde la resistencia del aire es menor y por ende más bajo el consumo de combustible y además se encuentran fuera de las mayores perturbaciones atmosféricas. En 1997 se fusionaron Boeing y Douglas-McDonnell constituyendo la mayor empresa de aviación del mundo. Entre 1970 y 2001 se fusionaron varias empresas europeas con sede en Francia, Holanda, Alemania e Inglaterra y crearon Airbus, el principal competidor de Boeing.

En la década de 1990 se construyeron aviones de cabina ancha con capacidad para más de 400 pasajeros, primero el B-747 y más tarde el Airbus 380, que podía transportar más de 800 pasajeros, con una elevada autonomía de vuelo. Sin embargo, los costos de operación han limitado su producción y algo similar ocurrió con los aviones supersónicos como el Concorde y el Tupolev 144.

Para el 2023, otra empresa, Boom Supersonic, pretende incursionar de nuevo en el mercado con aviones supersónicos y existen otras iniciativas para el desarrollo **tecnológico** de aviones supersónicos más silenciosos y eficientes, como el X59 presentado por la NASA y Lockheed Martin, en enero de 2024. (https://es.wikipedia.org/wiki/Avi%C3%B3n_supers%C3%B3nico; y <https://www.elimpulso.com/2024/01/13/la-nasa-presenta-el-x-59-el-avion-supersonico-que-podria-cambiar-la-historia-de-la-aviacion-13ene/>).

La fabricación de aviones es compleja y financieramente demandante. De allí que el número de países y empresas que han dominado esta industria es relativamente pequeño, destacando los Estados Unidos, Inglaterra, Alemania, Rusia, Francia, Holanda, Suiza, Italia, Canadá y más recientemente Brasil. Aunque resaltan Boeing y el consorcio multinacional europeo, Airbus, existen muchas empresas dedicadas a la producción de aviones más pequeños o naves militares.

Estos aviones han incorporado muchas nuevas **tecnologías** vinculadas a la electrónica y la informática, que le han dado un enorme impulso al turismo y han forzado cambios tecnológicos en los controles de vuelo, como el radar, la infraestructura de los aeropuertos y la boletería. Esto determinó la generación de miles de nuevos empleos, muchos de ellos requieren de nuevos conocimientos y destrezas. No menos

importante ha sido su impacto en los sistemas de seguridad, emisión de pasaportes y control de los viajeros, que han hecho necesarias muchas **tecnologías** en el campo de la informática. En la actualidad existen alrededor de 40 000 aeropuertos en el mundo.

Algunos aeropuertos han crecido de manera notable y constituyen ciudades de tránsito y espera, a veces asociados con terminales que desembocan en ramales del metro, estaciones de autobuses y taxis. A la aviación comercial es necesario añadir miles de helicópteros y pequeños aviones privados, algunos estiman que está alrededor de 300 000 la suma de todos los vehículos voladores de pasajeros. Algunas zonas el tráfico aéreo se han hecho tan intensas que genera una continua demanda **tecnológica** para su control.

La emisión de gases invernadero es la mayor de las externalidades negativas de la aviación y contribuye al 2,5 % del CO₂, pero también aportan a la contaminación sónica, lo que ha generado normas que han forzado nuevos cambios en las turbinas.

En años recientes han sido desarrollados nuevos vehículos voladores, buena parte de ellos empleados con fines militares como aviones no tripulados, misiles y drones, aunque buen número de estos últimos, dotados con cámaras y sensores, tienen aplicaciones civiles como la inspección de campos de cultivo e infraestructuras como líneas de transmisión eléctrica o estado de las carreteras, levantamientos topográficos, estudios ambientales, distribución de paquetería, vigilancia de playas, búsqueda de personas, detección de incendios, venta de propiedades, recreación y hasta algunos con forma de depredador para alejar las aves de los aeropuertos. Más de un millón de drones están activos y generando importantes cambios económicos y sociales.

Artefactos domésticos

Dolores García, en 1880, estaba encendiendo el fogón. El día anterior había recogido leña tras caminar un buen trecho. Se había despertado a las 5 de la mañana para preparar el desayuno de la familia. Había preparado la harina en el molino de madera con su pesado trozo de madera. Cuando su esposo se fue a trabajar, lavó los platos con ayuda de su hija mayor y luego recogieron la ropa sucia de los cuatro, hicieron un bulto y caminaron hacia el río, allí sobre las rocas, enjabonaron la ropa, la golpearon sobre las piedras y luego metieron las piernas hasta las rodillas en el río para enjuagar la ropa. Las cestas con la ropa mojada eran pesadas y el sol ya era abrasador. Caminaron de regreso a la casa y cuidadosamente extendieron la ropa mojada en las cuerdas con la esperanza de que no lloviera hasta que todo estuviera seco. Más tarde, avivaron el fuego del fogón y colocaron las pesadas planchas de hierro sobre los carbones, mientras preparaban la comida de mediodía y separaban en otra olla lo que emplearían para la cena. Además, era necesario barrer los pisos de cemento gris y regresar al río con varios recipientes para reponer el agua empleada. Al regresar

iría al huerto para recoger mazorcas de maíz y arrancarías las raíces de uno de los árboles de yuca, y, si tenía suerte, encontraría dos o tres huevos en el gallinero. Su vida era un infierno y sigue siendo para varios millones de personas sin acceso a los electrodomésticos modernos.

Mire a su alrededor y haga una lista de los artefactos domésticos que existen en su vivienda y ahora imagínese como sería su vida si no estuvieran presentes. Casi todos se inventaron o se modificaron intensamente en las últimas tres generaciones. Así, cuando nació mi abuelo en el siglo XIX, no existía casi ninguno de ellos y los que empleaba han cambiado sustancialmente gracias a nuevas **tecnologías**. Cuando la electricidad se convirtió en un servicio público y llegó a buen número de hogares, se abrió un enorme espacio para la inventiva. Por una parte, la transformación de artefactos que ya existían, por la otra, muchos totalmente nuevos. La lista es larga, aunque en algunos hogares aún carecen de ellos por no poseer los recursos para adquirirlos. Los más importantes, aquellos cuyo impacto hizo que cambiaran hábitos y costumbres tradicionales, así como reducir el esfuerzo físico, son sin duda la iluminación, el refrigerador, las cocinas de gas o eléctricas, las lavadoras y secadoras, los calentadores de agua, los hornos de microondas, la televisión, el aire acondicionado y la calefacción, las aspiradoras, los ascensores, teléfonos fijos, inalámbricos y celulares, las computadoras, ollas a presión y las planchas. En cada caso existen grandes diferencias en tamaño, materiales, eficiencia, durabilidad y sistemas de control.

Muchos de los llamados electrodomésticos han tenido un notable impacto económico y a su vez han generado nuevas **tecnologías**. Por ejemplo, los refrigeradores modernos han impulsado cambios profundos en la industria de los alimentos y con ellos, innovaciones en el diseño y manufactura de empaques y recipientes para almacenar productos perecibles y sin duda una diversificación en la dieta. Los primeros esfuerzos por construir un refrigerador comercial fueron realizados por Jacob Perkins, Oliver Evans y John Gorrie a comienzos del siglo XIX en los Estados Unidos, pero sin éxito. Más tarde Carl von Linden en Alemania en 1876 inventó un aparato que funcionaba con una bomba de vapor y en 1914 Florence Parpart registró la patente de un refrigerador eléctrico. Estos comenzaron a fabricarse en la década de 1920 por la empresa Electrolux.

La climatización de viviendas, oficinas, fábricas, hospitales y otras construcciones ha incrementado la eficiencia laboral y la salud, en particular en zonas con climas extremos donde temperaturas elevadas o bajas constituían una seria limitación para muchas actividades humanas. Enfriar o calentar un ambiente demanda energía y si su fuente es en última instancia un combustible fósil, habrá un incremento en las emisiones de gases como el CO₂. En 1994 se logró prohibir los clorofluorocarbonos empleados en refrigeradores y aires acondicionados por su impacto negativo sobre la capa de ozono, estos compuestos químicos también eran empleados como propelentes

en latas de aerosoles y en la fabricación de espuma de plástico. En 1902, Wills Carrier, en los Estados Unidos, ideó el aparato de aire acondicionado y más tarde creó su propia compañía, que todavía existe en nuestros días y comenzó instalando el primer aparato en 1914. En la actualidad crece la demanda y con ella **tecnologías** de menor impacto como el diseño de los ambientes, energía solar y eólica, o cambios en la manufactura para obtener el mismo rendimiento con un consumo menor.

Las lavadoras también tienen su historia, desde las manuales inventadas por James King hacia 1851, pasando por las eléctricas desarrolladas por Alva Fisher y comercializada desde 1908. Con el tiempo se fueron añadiendo funciones como el llenado automático, los tiempos de lavado, el escurrido por centrifugación hasta los modelos actuales con sus tarjetas electrónicas de control. Una evolución similar ha ocurrido en las cocinas que, partiendo de fogones alimentados con madera o carbón, comenzaron a ser sustituidas por aquellas que emplean gas como combustible y controles de su flujo para regular la temperatura. El inventor fue el británico James Sharp hacia 1826 y su fabricación comercial comenzó en 1828. Sin embargo, su popularidad tuvo que esperar hasta que se desarrollaron las **tecnologías** para los sistemas de suministro doméstico de gas y la seguridad en su operación, un proceso iniciado en 1880 y aún en desarrollo con las cocinas eléctricas y de inducción. Hasta fines del siglo XIX y comienzos del XX, las cocinas y los hornos domésticos cambiaron poco, salvo por la diversidad marcada por distintas culturas y tipología de la alimentación. Por siglos el combustible fue la leña y más tarde el carbón. Las cocinas eléctricas tienen también su historia, desde el electro calentador de Simpson en 1859, pasando por el horno eléctrico de Ahearn en 1892 y el de Hathaway en 1897 con mejores controles, hasta los de vitrocerámica introducidos en la década de 1970 y la introducción de controles electrónicos en la década de 1980. Casi todos los electrodomésticos también han incorporado materiales diversos y novedosos, como distintos tipos de plástico, acero inoxidable, cromados, bisagras, quemadores, rejillas, materiales aislantes y campanas. Detrás de estas innovaciones existen muchas **tecnologías**.

A lo anterior es necesario añadir la evolución **tecnológica** de ollas y sartenes que, partiendo de las viejas marmitas de hierro, hoy utilizamos acero, aluminio, teflón, cerámica y vidrios que resisten elevadas temperaturas.

Millones de personas, en particular mujeres, se han liberado de la esclavitud doméstica que demandaba muchas horas y esfuerzo físico para cocinar, lavar, planchar o eliminar el polvo gracias al desarrollo **tecnológico** en los hogares. Esto, en el siglo XX y lo que va del XXI, ha abierto muchas oportunidades laborales dentro y fuera del hogar, así como han incrementado los tiempos de descanso y entretenimiento. Sin embargo, aún, por razones económicas o por deficiencia de los servicios públicos, persisten millones de personas sin acceso a los electrodomésticos modernos (**Figura 20**).



Figura 20. Electrodomésticos que nos permiten agilizar las tareas del hogar.

Fuente: https://www.aham.org/AHAM/What_We_Do/Standards.aspx

Sistemas agroalimentarios

La historia tecnológica de la alimentación se prolonga. Ya hemos señalado que desde antes de la revolución neolítica nuestros ancestros inventaron las piedras para cortar, cuchillos, hachas, piedras para moler y más tarde, recipientes de distintos tipos.

A la par, las **tecnologías** de producción de alimentos también pasaron por cambios significativos. Ya mencionamos previamente los sistemas de riego y el proceso de selección de plantas y animales, perfeccionamiento de los arados y aperos de los animales de tiro y carga. Estos tuvieron cambios significativos en la medida en la que las **tecnologías** asociadas a la producción de hierro y acero fueron evolucionando. La rotación de cultivos, la construcción de terrazas, canales de drenaje, fertilización basados en el excremento de animales, construcción de cercas y colocar zonas de cultivo en descanso o barbecho, fueron prácticas adoptadas en muchas culturas, pero los cambios más notables fueron aquellos que lograron reducir el esfuerzo físico en la producción.

Quizás entre los más relevantes se encuentran los molinos activados inicialmente por la energía del viento o del agua. Los molinos de viento se inventaron entre los siglos VI y VIII en Irán y Afganistán y aparecen en el *Libro de los Ingenios Mecánicos* elaborado por los hermanos Banu Musa en el año 850. Los tres hermanos, a lo largo de varias décadas, trabajaron en la Casa de la Sabiduría en Bagdad y recopilieron muchos textos griegos, dominaban la astronomía y participaron incluso en el diseño de nuevas ciudades. Los molinos de viento comenzaron a ser populares en Europa a partir de los siglos X y XI, con innovaciones en los engranajes y las piedras de moler.

Más tarde fueron empleados para extraer agua del subsuelo. Los molinos hidráulicos son más antiguos y ya eran empleados para moler granos durante el Imperio Romano. Según Vitrubio (<https://es.wikipedia.org/wiki/Vitruvio>) eran capaces de moler 150 kg de trigo por hora (Figura 21).

El proceso de mecanización en el campo y la sustitución de las personas y animales en la rotulación de los campos y la siembra, se inicia a mediados del siglo XIX, con tractores de vapor, pero con poco éxito, ya que eran más costosos que los arados



Figura 21. Molinos de viento y agua para procesar alimentos y regar.

1) Molinos en Campo de Criptas, La Mancha, España para moler granos (Foto por Lourdes Cardenal); 2) «Zaanse Schans», Zaanndijk, fueron empleados para extraer aceite de maní, como aserradero y producción de tinte de flores; Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Molino_de_viento; 3) Molino hidráulico del siglo XII en Bélgica. Autor Jean-Pol Grandmont; 4) Molino de agua en Japón. Autor Katushita Hokusai en 1830; Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Molino_hidr%C3%A1ulico; 5) Bomba de agua eólica. Autor: Doggo19292. Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Molino_de_viento, y 6) Molino de agua romano, según Vitrubio, siglo I a. C. Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Molino_hidr%C3%A1ulico

tirados por bueyes o caballos, hasta finales del siglo cuando se desarrollan los llamados locomóviles a vapor. Más éxito tuvieron Harrison Machine Works en 1882, luego Froelich incorpora el motor a explosión de gasolina en 1892, pero tampoco tiene éxito comercial y es Dan Albone en Inglaterra, en 1901, que logra desarrollar un tractor ligero a gasolina que resulta competitivo con respecto a las **tecnologías** anteriores.

Ya en el siglo XX aparecen numerosas empresas fabricantes de maquinaria agrícola, no solo tractores, sino también sembradoras, asperjadoras y cosechadoras. Destacan empresas como John Deere, Caterpillar, Massey-Fergusson, CNH, CLAAS, KUHN, Jiangsu, YTO y otras. Algunas no solo fabrican maquinaria agrícola, sino también otros equipos pesados como excavadoras y grúas. En los últimos años, han proliferado las máquinas agrícolas robotizadas, con GPS o dirigidas a distancia a través de una computadora o un teléfono celular, así como especializadas para cosechar ciertos productos, alimentar animales u ordeñar (**Figura 22**).



Figura 22. Tractores, cosechadoras y otros equipos (1882-2024).

1) Locotractor de Harrison (1882) Autor: Willbittaker. 2) Tractor de Dan Albone en 1901 Pict <https://es.wikipedia.org/wiki/Tractorre> from North Bedfordshire Gazette, Friday, January 23, 1903. 3) Tractor Cassani de 1926 Autor Alessandro Nassiri, Museo Leonardo da Vinci. 1, 2 y 3. Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Tractor>; 4) Fordson 1917 https://en.wikipedia.org/wiki/Fordson#/media/File:Fordon_Tractor_ModelF-crop.jpg. 5) Tractor moderno John Deere. Fuente: <https://www.deere.com/latin-america/es/tractores/tractores-medianos/>; 6) Cosechadora robótica AGCO Fuente: https://maquinac.com/wp-content/uploads/2017/09/Cosechadora-AGCO-Fendt-Ideal-wpv_900x450.jpg, <https://maquinac.com/2019/05/la-era-de-la-cosechadora-robot/>; 7 y 8) Robots en cultivos protegidos <https://www.freepik.es/fotos-vectores-gratis/maquinaria-agricola-robotica/2#uuiid=5a150c0d-30b0-4b11-9af8-a392c2f8b3b4>. 9) Sala de ordeño. Fuente: <https://www.ganaderia.com/destacado/delaval-lanza-el-sistema-de-ordeno-rotativo-de-ultima-generacion-e500>

En paralelo se va desarrollando una agroindustria que se inicia con los molinos para los cereales y luego evoluciona para producir café, chocolate, jugos pasteurizados, lácteos, galletas, bebidas gaseosas, vegetales procesados, alimentos infantiles y muchos otros productos. Se dominan **tecnologías** como el enlatado y la pasteurización, con máquinas para la producción en serie de elevadas cantidades, aditivos para evitar la descomposición, mejorar el aspecto y el sabor. La eliminación del aire en los empaques mediante bombas de vacío prolongó la vida de alimentos procesados, así como la deshidratación y la liofilización, este último se desarrolló intensamente durante la Segunda Guerra Mundial y consiste en deshidratar un producto previamente congelado. La diversificación de productos es enorme, por ejemplo, el número de ítems en un hipermercado de Walmart puede llegar, en promedio, a 107 000 y a más de 30 000 en un supermercado (<https://www.walmex.mx/nosotros/formatos-de-negocio.html>). El manejo de un número tan elevado de productos demandó nuevas **tecnologías** como los códigos de barras y las lectoras de los mismos.

El desarrollo de la agroindustria y el crecimiento de las ciudades determinó cambios profundos en los puntos de venta finales, con un crecimiento notable de los supermercados y una compleja **tecnología** en la logística, el control de inventarios, sistemas de refrigeración y empaque.

Salud

La madre trataba de combatir la fiebre del niño con paños húmedos e intentaba darle algunas cucharadas de sopa, a pesar de saber por experiencia propia que sería inútil. Afuera la nieve se acumulaba, era el invierno de 1890. Era su cuarto hijo y ya el mayor había muerto antes de cumplir los cinco años, con síntomas similares. El médico los había visitado el día anterior y para ella fue suficiente ver la expresión del galeno para intuir lo peor. El niño no podía tragar, la inflamación de la garganta lo impedía, tenía fiebre, tos y escalofríos. Tenía difteria y otros cinco niños del humilde vecindario también estaban enfermos. El médico les explicó que la enfermedad se transmitía de persona a persona y los niños eran los más afectados, en particular aquellos, que como el niño de María, estaban mal nutridos. El niño falleció en la madrugada. Dos años después, en 1892, Behring comenzó a producir el suero antidiftérico en Alemania y salvó la vida de millones de niños con esta nueva **tecnología**, cuando se inició la producción masiva del mismo suero en los albores del siglo XX. Behring también desarrolló la antitoxina contra el tétano y recibió el Premio Nobel en 1908. Lo llamaban el salvador de los niños y de los soldados, ya que el tétano era común entre estos últimos durante la Primera Guerra Mundial.

Combatir las enfermedades, el dolor, el sufrimiento y prolongar la vida ha sido una larga batalla con muchos éxitos y no pocos fracasos. Las **tecnologías**, duras y blandas, han jugado un papel cardinal en las distintas facetas de esta odisea. A lo largo de la historia, muchos innovadores tuvieron que realizar esfuerzos no solo

para introducir una nueva técnica, sino para combatir supersticiones, tradiciones, prácticas inadecuadas y prohibiciones. La sacralización del cuerpo humano fue una de ellas y por siglos el conocimiento de la anatomía y el funcionamiento de nuestros cuerpos estuvo severamente limitada. Todavía en el siglo XXI no faltan ejemplos de prácticas mágicas y creencias que se oponen al empleo de **tecnologías** y soluciones con sólida base científica y comprobación estadística de sus beneficios. Por ejemplo, la oposición al empleo de vacunas que se hizo evidente durante la reciente epidemia del COVID-19, así como la persistente negativa a las transfusiones de sangre, que existe en algunos grupos humanos. Vacunas y medicamentos son **tecnologías**.

La esperanza de vida promedio en la antigua Grecia y durante el Imperio Romano se ha estimado entre 22 y 28 años. Aumentó ligeramente durante la Edad Media europea y el califato a unos 31 años. A comienzos del siglo XX, gracias al suministro de agua potable y los sistemas de disposición de aguas servidas, oscilaba entre 50 y 60 y en la actualidad supera los 70 años, con algunos países donde la misma alcanza los 80. La disminución en la mortalidad infantil, en aquellos de menos de 5 años, superaba el 60 % en el siglo XVIII debido a gastroenteritis, cólera, difteria, poliomielitis, sarampión y otras enfermedades. Disminuyó al 30 % a mediados del XIX y en la actualidad es de alrededor del 5 %, siempre con grandes variaciones relacionadas con los ingresos de la población, de los cuales depende la nutrición y el acceso a vacunas y atención médica. En la **Figura 23** se puede observar la relación entre los ingresos de la población y la longevidad, esta última casi se duplica en los países más ricos en comparación con los más pobres. Aunque los datos son del año 2009, las diferencias se preservan hasta la actualidad.

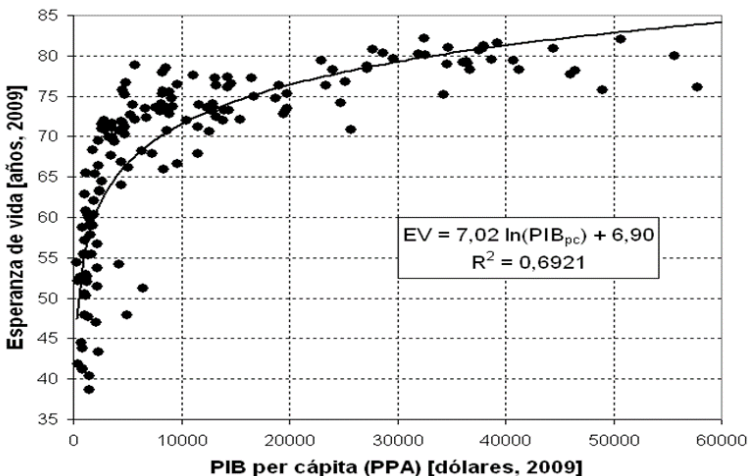


Figura 23. Esperanza de vida al nacer y producto interno por habitante en 162 países (Banco Mundial, 2009).

Fuente: Wikipedia. <https://www.cia.gov/library/publications/the-wordfactbook/fields/2102.html>

Nuestra especie, entre otras peculiaridades, tiene conciencia sobre la vida y la muerte, sobre la salud y la enfermedad. Grandes motivaciones para emplear otra de nuestras características: el ingenio, la capacidad de imaginar e innovar.

Magia, luego hierbas, descanso, agua fría para las fiebres, inmovilización de miembros con fracturas y cosas similares fueron las primeras **tecnologías**. Ya en Egipto, con mayor conocimiento sobre la anatomía, enriquecido por el proceso de embalsamar a los muertos, se desarrollan instrumentos quirúrgicos como sierras, fórceps, sondas, cauterios y catéteres en distintas épocas, con la mayor diversidad durante la dinastía ptolemaica, lapso en el que al conocimiento tradicional egipcio, se suman conocimientos procedentes de Asia, el Medio Oriente y Grecia. Herófilo y Erasístrato en el siglo II a. C. le dan a la medicina un enfoque basado en la observación y registro de la anatomía y la fisiología. Herófilo describe los ventrículos, venas y arterias vinculando los latidos al corazón. Rufo se refiere al alma como sustrato invisible del pensamiento y la conciencia. Sin duda practicaron la medicina y la filosofía en forma simultánea bajo la influencia aristotélica y corrientes como el empirismo, el estudio de la naturaleza y las ideas de Hipócrates sobre la limpieza del paciente y el médico, emitidas un siglo antes. Entre los alumnos de la escuela alejandrina se encontraba Galeno (**Figura 24a**).

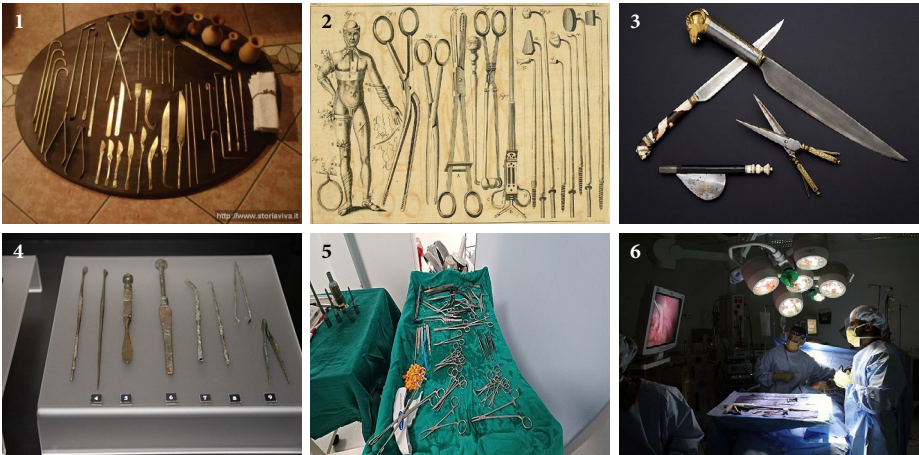


Figura 24a. Imágenes de instrumentos quirúrgicos.

1) Instrumentos etruscos, Andrea Muscoli; 2) Europa 1740, Heister Lorenz; 3) Persia siglo XVIII, Wellcome collection; 4) Instrumentos romanos, Pompeya s. I; 5) Instrumental básico, Siglo XX; 6) Laparoscopia, Jesse Ehrenfeld 2014.

Fuente: 1 a 6. //commons.wikimedia.org/wiki/Category:Surgical_instruments#/media/File:18th-century_Persian_surgical_tools.jpg

En los últimos tres siglos el instrumental quirúrgico ha pasado de algunas docenas, a miles de piezas, con una creciente especialización de las mismas. No solo por un conocimiento más detallado de la anatomía, sino también por mejores técnicas de

iluminación, materiales, microscopios, pantallas de televisión y en las últimas décadas el empleo de rayos láser, sondas con micro instrumentos y robots diseñados para funciones específicas. Otro campo donde la evolución **tecnológica** ha sido extraordinaria es la observación in vivo de los pacientes a través de imágenes. Los rayos X, desarrollados por Wilhelm Conrad Röntgen en 1895 con muchas innovaciones, se siguen empleando en la actualidad, pero además la imagenología se ha enriquecido con **tecnologías** como las microondas, la tomografía y la resonancia magnética con numerosas innovaciones recientes que permiten observaciones en dos y tres dimensiones. La lista es larga, pero no podemos obviar los electrocardiógrafos, encefalogramas y las máquinas de diálisis, los equipos de suministro de oxígeno y la diversidad de prótesis que se han inventado (**Figura 24b**).

No menos importantes han sido las **tecnologías** vinculadas a los laboratorios que permiten obtener perfiles detallados de tejidos y sangre. De la observación



Figura 24b. Equipos médicos modernos.

- 1) Observación de ojos; 2) Tomografía; 3) Inteligencia artificial, imágenes, datos, etc.;
- 4) Monitoreo de pacientes; 5) Equipo para anestesia. 6) Cirugía robótica.

Fuente: <https://pixabay.com/es/images/search/tecnologia%20medica/>
<https://www.google.com/search?q=imagenes+cirug%C3%ADa+rob%C3%B3tica+gratis&rlz=>

mediante microscopios tradicionales, se ha pasado al empleo de la microscopía electrónica y equipos automáticos de análisis con notable reducción en los tiempos y precisión que demandan un diagnóstico o información durante una cirugía. El arsenal médico del siglo XXI es enorme y quizás la única externalidad negativa es el creciente costo de los tratamientos.

La historia de la prevención de las enfermedades, así como de la farmacopea, puede llenar miles de páginas. Seleccionar lo más relevante no es tarea simple, pero sin duda las vacunas, los antibióticos y los analgésicos han jugado un papel estelar. La primera vacuna consistió en infectar a un humano con secreciones de las pústulas de viruela de un animal realizada por Jenner en 1796, sin embargo, la pulverización de las costras de los pacientes y su aspiración fue empleada en China varios siglos antes. Pasteur en 1885, tras realizar experimentos en animales, desarrolló la vacuna contra la rabia.

Tan solo entre 1920 y 2020 se han desarrollado muchas nuevas vacunas, o se han mejorado las precedentes, salvando la vida de cientos de millones de personas de enfermedades como tuberculosis, poliomielitis, tifus, fiebre amarilla, sarampión, tosferina, tres formas de hepatitis, difteria, rubeola, varicela, meningitis, enfermedad de Lyme, gripe, ébola, papiloma humano y COVID-19. Esta última lograda en un lapso breve gracias al conocimiento existente sobre la genética, una disciplina que abrirá nuevas rutas para la prevención y tratamiento de otras enfermedades al ubicar en genes específicos su origen.

En efecto, el mapa detallado del genoma humano, el creciente conocimiento sobre el ADN y el ARN y las nuevas **tecnologías** de la ingeniería genética está dando sus primeros pasos hacia el diagnóstico temprano y terapias innovadoras de enfermedades asociadas a genes específicos o grupos de genes. No menos de 20 enfermedades constituyen ahora el objetivo de la medicina genética, entre ellas la fibrosis quística, la anemia falciforme, ciertos tipos de cáncer, retinitis pigmentosa, diabetes mellitus, aterosclerosis, entre otras.

Por siglos y a través de prueba y error, distintas culturas desarrollaron medicamentos paliativos sin conocer gran cosa sobre su composición química y modos de acción. Algunos tuvieron éxito y se siguen empleando en la actualidad, tal es el caso del ácido acetilsalicílico, la aspirina, un derivado de la salicina que originalmente se extrajo de la corteza del sauce. La salicina también se utilizó como medicamento, pues en el organismo se transforma en ácido acetilsalicílico. Aunque el sauce tiene más de mil años de uso medicinal, fue solo en 1897 que Hoffmann en Alemania sintetizó el principio activo del fármaco analgésico, antiinflamatorio y antipirético más utilizado. Otro fármaco con larga historia es el madecazol proveniente de la centella asiática, un eficaz cicatrizante que ha sido empleado por más de 3000 años y aún está en uso. Otras plantas medicinales también han hecho historia, como la quinina para el control de la malaria, como coadyuvantes de la digestión y otras como laxantes y vermífugos. La amapola, fuente del opio, la morfina y la codeína, fue empleada por siglos y en la actualidad son drogas controladas por generar adicción.

Sin embargo, ha sido la capacidad de síntesis, derivada del creciente conocimiento procedente de la investigación básica en bacteriología, química, bioquímica, fisiología,

genética y otras disciplinas, lo que permitió, desde fines del siglo XIX, a lo largo del siglo XX y en el presente, el desarrollo de miles de fármacos. En la actualidad hay unos 8000 nuevos medicamentos en fase de desarrollo y varios miles aprobados y disponibles para su empleo tanto en seres humanos como en animales domésticos, bovinos, cerdos, aves y otras especies.

Otro grupo de medicamentos importantes han sido los antibióticos. Aunque el uso del moho (hongos) para evitar infecciones se remonta a Egipto y Grecia y la cuajada mohosa de la soya a China hace más de dos milenios, no fue hasta finales del siglo XIX cuando se iniciaron las investigaciones sistemáticas sobre los antibióticos. Duchesne en 1897 señaló las propiedades de hongos del género *Penicillium*, pero sin mayor trascendencia. En 1909 Paul Ehrlich, una de las grandes figuras de la microbiología, comenzó a emplear el salvarsán, un compuesto arsenical, para el tratamiento de la sífilis y la tripanosomiasis africana. En su momento se vio como un gran salto **tecnológico** en la medicina, tanto que Ehrlich fue galardonado con el Premio Nobel (**Figura 25**).

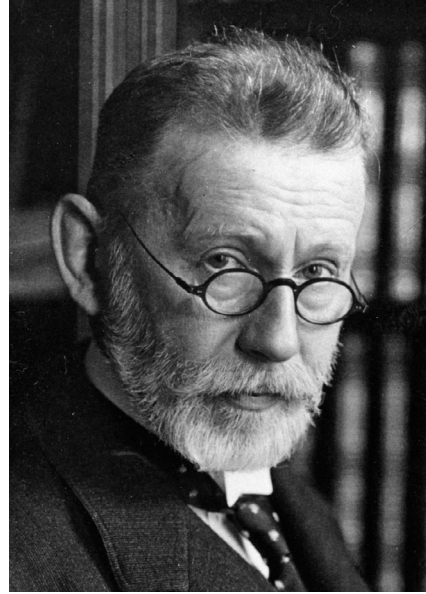


Figura 25. Paul Ehrlich, quien en 1908 recibió el Premio Nobel en Fisiología o Medicina por sus contribuciones a la inmunología.

Fuente: <https://www.britannica.com/biography/Paul-Ehrlich>

Poco después se emplearon productos derivados del arsénico, mercurio y bismuto, así como el yodo, azul de metileno y violeta de genciana, que aún se empleaban hasta hace pocos años para las infecciones superficiales tanto bacterianas como de hongos. En la década de 1930 se hicieron populares las sulfonamidas para el control de las infecciones por estreptococos causantes de la fiebre puerperal, erisipela, lepra e infecciones de la piel. Muchos de estos fármacos eran tóxicos y aunque salvaron la vida a miles de personas, la mayoría se eliminaron tras el desarrollo de los antibióticos modernos.

Alexander Fleming, investigando a los estafilococos, observó el efecto de *Penicillium notatus* como inhibidor de las bacterias gracias a una contaminación de sus cultivos, pero transcurrieron más de diez años hasta que Chain y Florey retomaran las investigaciones de Fleming. Los tres compartieron el Premio Nobel de Medicina en 1945 por sus trabajos en penicilina la cual comenzó a producirse en grandes cantidades entre 1940 y 1943, con énfasis en el tratamiento de los soldados de la Segunda Guerra

Mundial. En la actualidad contamos con un elevado número de antibióticos sintéticos con propiedades específicas para el control de bacterias y debido al fenómeno de la resistencia en los microorganismos, existe una demanda permanente de nuevos antibióticos y obviamente de las **tecnologías** para producirlos. En la Guía Abe (2023 <https://www.guia-abe.es/>) se citan casi 80 antibióticos pertenecientes a 13 grupos distintos, sin mencionar fármacos antivirales y antiparasitarios.

No menos importantes han sido las **tecnologías** desarrolladas para el control de transmisores de diversos patógenos. Entre ellos destacan los insecticidas para controlar a los mosquitos transmisores de malaria, dengue, fiebre amarilla y varios virus. Así mismo, medidas de higiene para evitar contagios, sustancias para controlar los ácaros de la sarna y los piojos, campañas destinadas a reducir la población de roedores portadores de pulgas, así como compuestos y equipos con propiedades repelentes.

El impacto social y económico de las **tecnologías** médicas es simplemente enorme. Tanto, que casi todas las actividades humanas han sido modificadas. Es probable que el de mayor impacto es el crecimiento de la población humana, que ya supera los 8000 millones de habitantes. Así como tenemos una mejor y más larga vida, también existen externalidades negativas. Un número tan elevado de consumidores ha incrementado la demanda de energía, transporte, agricultura, ganadería y procesos industriales que son generadores de gases de invernadero y contaminación ambiental. La gobernabilidad, en todas sus aristas, es cada vez más compleja y costosa. Es evidente que no es lo mismo, por ejemplo, mantener orden y armonía en un grupo de 50 seres humanos, que en países que albergan millones de ellos. Por otra parte, una vida más larga ha venido cambiando la estructura de edades de la población y con ella demandas crecientes de soluciones sociales, económicas y **tecnológicas** para atender las necesidades de las personas de mayor edad.

Vivienda

Desde el Neolítico superior, donde la agricultura y la cría de animales ya estaban establecidas como una forma primaria para la obtención de alimentos, la vivienda permanente se hizo necesaria y con ello el desarrollo de **tecnologías** de construcción y ubicación. Las primeras conurbaciones se desarrollaron en el borde de los ríos, pero el riesgo de inundación estaba presente, así que lugares algo más elevados, pero próximos al agua dulce, fue una de las soluciones. Otras fueron elevar las viviendas como los palafitos en el borde de los lagos o en bahías protegidas del oleaje, suficientemente elevadas para evitar la marea alta. En algunos deltas las viviendas eran de hecho flotantes, unidas a tierra firme por simples pasarelas de troncos. En muchos casos la vivienda dependería del clima y los materiales disponibles. Así, hasta nuestros días, en África y algunas zonas de América y Asia, encontraremos viviendas con techo de

material vegetal y paredes de lodo tramado con varas de madera. Los grupos nómadas resolvieron el problema con viviendas ligeras y transportables, empleando varas de madera y pieles, y más tarde telas.

Las **tecnologías** de construcción han sido diversas, han evolucionado de manera notable y no cesa la investigación sobre nuevos materiales, diseños para ahorro de energía y, sin duda, ajustes marcados por el gusto y las costumbres de sus moradores. El poder y las religiones han jugado un papel importante; unos y otros han sido responsables de construcciones de gran magnitud con el propósito de impresionar a la población o proteger áreas o poblados. Así, residencias de los gobernantes, templos y tumbas se encuentran en muchas culturas, a lo largo de milenios, destacando las pirámides de Egipto, las construidas por los mayas en zonas bajas de México y Guatemala, y otras etnias como los teotihuacanos en el altiplano de México; las exquisitas construcciones de Grecia, los templos y palacios de Camboya; fortalezas, castillos y catedrales en la Europa del Medioevo; los templos del Medio Oriente y así sucesivamente. Estos proyectos fueron fuente de **tecnologías** para cortar, labrar y pulir piedras, construir ladrillos, idear formas geométricas para asegurar la durabilidad como es el caso de las pirámides, las columnas y los arcos. De acuerdo al clima, ingeniosas **tecnologías** para orientar las edificaciones, ventilarlas o aislarlas del frío. Además de los materiales, las tecnologías de diseño, la arquitectura, ha tenido una compleja evolución, como puede observarse en las **Figuras 26a** y **26b**.



Figura 26a. Diversidad de tecnologías en viviendas: piedra, paja, madera, cemento, concreto y acero.

Fuente: <https://pixabay.com/es/images/search/casas/>

Algunas innovaciones destacan a lo largo del tiempo como las vigas y columnas donde se alternaban piedras y madera. El arco ocupa una posición especial y está presente en muchas culturas a lo largo de casi 6000 años, aunque es apenas en el siglo XIX cuando sus propiedades son científicamente estudiadas y explican su gran

capacidad de carga, a pesar de que durante el Imperio Romano se transforman en un elemento indispensable en la construcción de acueductos y puentes, templos y edificios.

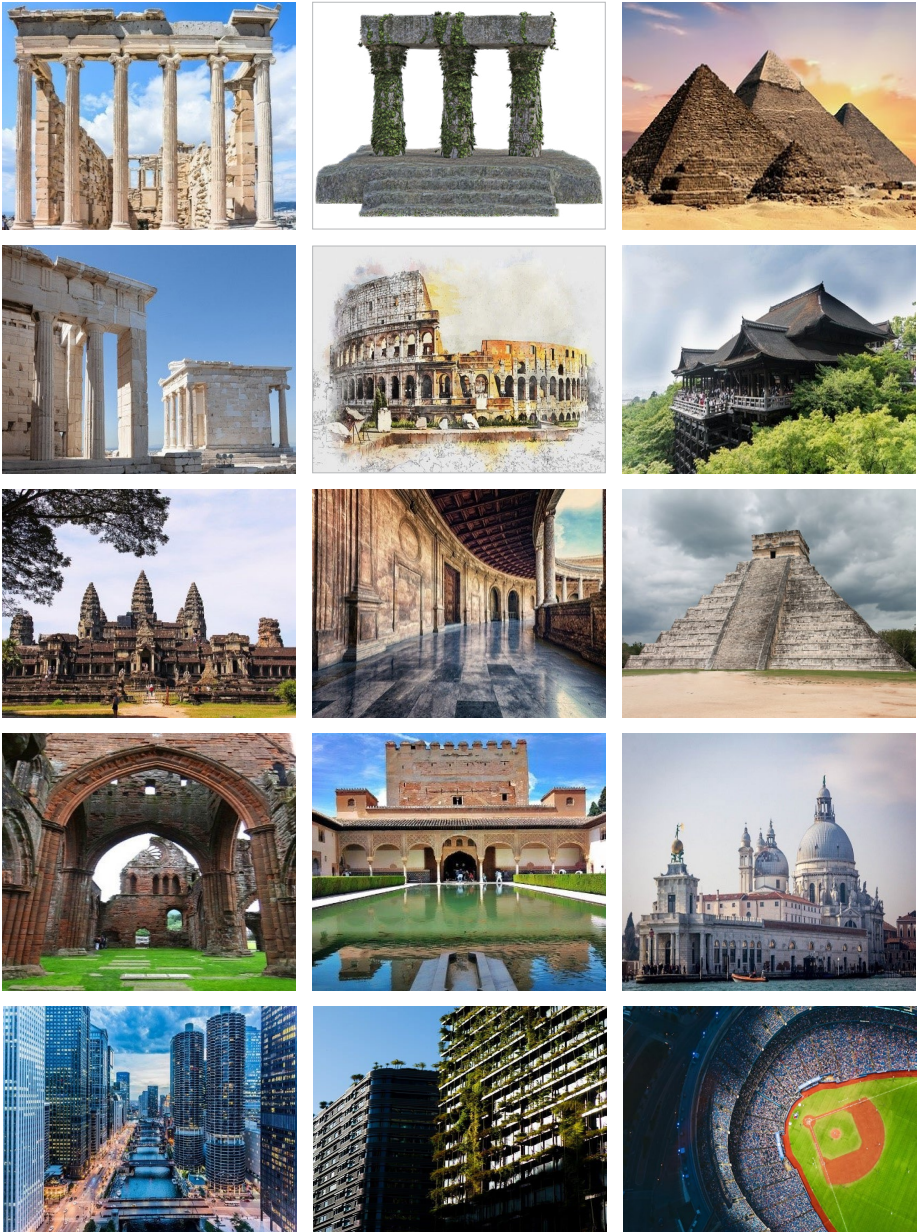


Figura 26b. Construcción en épocas, culturas y con tecnologías diferentes: Grecia, Egipto, Roma, Japón, Camboya, México, España, Italia, Alemania, Estados Unidos.

Fuente: <https://pixabay.com/es/images/search/arquitectura/>

Los materiales de construcción evolucionan desde el adobe y las piedras, pasando por el ladrillo crudo secado al sol, los horneados, el cemento, el hormigón, hierro y acero. El cemento, una **tecnología** desarrollada en Roma, consiste en la aglomeración de caliza y arcilla, primero calcinada y luego molida, que se endurece uniformemente en contacto con el agua, tras añadir yeso, grava y arena. El cemento comenzó a desarrollarse gracias a tobas volcánicas de Santorini en Grecia, pero fueron los romanos a partir del siglo I, utilizando materiales volcánicos del Vesubio, quienes lo popularizaron. Con algunos cambios ha sido empleado por más de 2000 años. Asociado al acero corrugado para fabricar hormigón, es el material más común en las construcciones de los últimos 100 años, pero ahora comienza a ser escasa la arena adecuada y se experimenta sustituir el acero corrugado con estructuras, varas o mallas de fibra de carbón que es más resistente que el acero y mucho más liviana, lo que permitiría reducir la cantidad de arena y cemento. Esta nueva **tecnología** está en fase experimental y de tener éxito, sería posible reducir las emisiones de CO₂ de las plantas de acero y cemento.

Muchas grandes construcciones modernas emplean acero y vidrio, pero todavía las placas entre los pisos son de hormigón con su trama de cabillas y de acero corrugado. Los grandes ventanales de vidrio utilizan aluminio y plásticos para su soporte, así como guías y ruedas de acero dependiendo de la técnica demandada. El vidrio ha tenido también una evolución **tecnológica** importante en los últimos 500 años. Entre ellos destacan la coloración, el templado, la resistencia y la filtración de la luz.

Los sismos han sido un motivador importante en la evolución de las **tecnologías** de construcción, sin embargo, como podemos observar a través de la televisión, aún existen millones de viviendas que se pueden desplomar con sismos de cierta magnitud. Las causas son diversas, a veces la antigüedad de las edificaciones, otras veces es el incumplimiento de las normas y no faltan los problemas de tipo económico que obligan a la construcción de viviendas precarias. Una proporción elevada de la pérdida de vidas y viviendas está relacionada con fallas en la gobernabilidad y no pocas, a la corrupción.

Una vivienda moderna suma un número elevado de **tecnologías**. Colocando a un lado las vinculadas a la estructura, debemos mencionar, entre otras, el desarrollo de pinturas de diverso tipo y color, puertas de madera, metálicas o vidrio, o combinación de materiales, bisagras, cerraduras, pisos de diversos materiales y acabados, rodapiés, ventanas y contraventanas, instalación eléctrica, plomería y sistemas de desecho de aguas servidas, molduras ornamentales, aleros y muchas otras. A los materiales es necesario sumar las herramientas que, partiendo de martillos y cuerdas, sierras y clavos, ahora la diversidad de las mismas es enorme, destacando grúas de gran capacidad, mezcladoras de cemento, perforadoras, excavadoras, equipos de soldadura, andamios eléctricos, entre otras.

Energía

La gran mayoría de las **tecnologías** desarrolladas durante la revolución industrial y las que surgieron más tarde, tienen en común una elevada demanda de energía. No solo para su funcionamiento, sino también para la construcción de sus partes. Sin duda, el gran reto actual de la humanidad es cómo preservar la calidad de la vida lograda con estas **tecnologías** y al mismo tiempo, reducir la mayor externalidad negativa, que no es otra que la emisión de gases con efecto invernadero y el cambio climático, la contaminación y las alteraciones del paisaje como la deforestación, alteración del curso de los ríos y creciente demanda de agua dulce.

Carbón y petróleo siguen siendo los combustibles dominantes en la generación de electricidad, la movilización de automóviles, ferrocarriles, navíos, maquinaria agrícola y aviones, funcionamiento de fábricas, elaboración de sustancias químicas, hierro, acero, aluminio, plásticos, cemento y miles de otros productos. La energía hidroeléctrica es también importante y si bien no es emisora de gases, también tiene externalidades negativas como la alteración de los cursos de agua, el desplazamiento de las poblaciones y la demanda de grandes cantidades de concreto y acero en la construcción de represas. El costo de sustituir las fuentes ya tradicionales de energía (que representan alrededor del 80 % del total), por las fotovoltaicas, eólicas y nucleares es enorme y llena de obstáculos económicos, políticos y culturales. Las ciencias ya han fijado los objetivos para mitigar el calentamiento global, se han logrado acuerdos y convenciones internacionales, pero sin duda el cumplimiento solo ha sido parcial y aunque en algunos países se han logrado grandes progresos en la sustitución de los combustibles fósiles, en otros, es poco lo que se ha logrado. Además, las nuevas **tecnologías** demandan nuevas materias primas y su explotación también determina graves daños ambientales (**Figura 27**).

El Acuerdo de París, firmado por casi 200 países establecía el compromiso de reducir en un 45 % las emisiones de gases invernadero para el año 2030. Sin embargo, para el 2024 esta meta no parece que se logrará a pesar del crecimiento de las energías renovables más limpias, como la fotovoltaica (solar) y la eólica, en los últimos años. En la última reunión internacional, COP28, realizada en Dubai a fines de 2023, hubo un acuerdo general para reducir el empleo de los combustibles fósiles. Aunque es un resultado positivo, será necesario observar el progreso de esta decisión en cada país.

El cambio climático está ocurriendo. Cada día se obtiene más información verificable del mismo y sus consecuencias. Cada año se señala como el más caluroso desde que comenzó la revolución industrial. Algunos eventos, bien documentados, constituyen una seria amenaza como la irregularidad de las precipitaciones, frecuencia de las tormentas y de lapsos inusuales de sequía, pérdida de glaciares, arrecifes coralinos e incremento en el nivel del mar. La reducción del hielo, en los casquetes



Figura 27. Fuentes de energía. 1) Eólica; 2) Termoeléctrica; 3) Solar; 4) Geotérmica; 5) Hidráulica, y 6) Nuclear.

Fuente: <https://pixabay.com/es/imagenes/search/fuente%20de%20energ%c3%ada/?pagi=2>

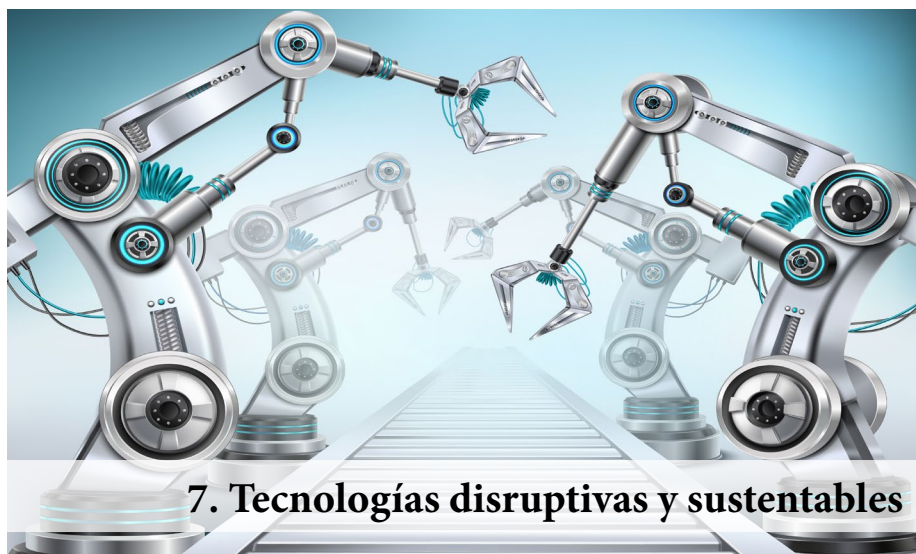
polares y en Groenlandia, que son los grandes reguladores térmicos, ya que reflejan la luz solar. Muchos de estos cambios tienen impacto sobre la producción de alimentos, distribución de los insectos vectores de enfermedades y graves alteraciones en los bosques y su fauna. Además, el suelo congelado, o permafrost, mantiene retenida gran cantidad de materia orgánica que cuando se descongela la actividad bacteriana determina descomposición y emisión de CO_2 y metano. Los cambios de temperatura también afectan a los vientos y las corrientes marinas. El cambio climático es una amenaza global y es urgente que todos los países tomen medidas para reducir la emisión de gases invernadero como el CO_2 y el metano.

Plástico

Hay quien sostiene que nuestros días deberían ser llamados algo así como la «Era del Plástico». Los plásticos son polímeros maleables que en su mayoría se obtienen del petróleo, aunque existen algunos derivados del almidón o de la celulosa, pero la manufactura basada en petróleo es la de menor costo. En Mesoamérica se desarrolló una **tecnología** basada en el caucho natural y quizás más de mil años después se desarrolló la técnica de la vulcanización en 1839 y en 1909 se inventa la baquelita, pero la revolución de los plásticos ocurrió entre 1926 y 1964 con la elaboración de poliéster, melamina, silicona y poliuretano. Por sus propiedades y bajo costo fueron sustituyendo al vidrio en la elaboración de botellas y otros recipientes, así como al cuero y las telas, así como las tapicerías. Los plásticos se emplean también en muchas

partes y piezas de la industria eléctrica y automotriz, así como en muebles, carcazas de computadoras y celulares, refrigeradores y otros electrodomésticos, bolígrafos, inyectoras, sondas, tubos, floreros y adornos del más diverso tipo. Son abundantes en el empaque de alimentos, medicinas y basura, así como en la elaboración de medias, vestidos, ropa interior, sábanas y camisas. La gran mayoría no son biodegradables y constituyen un grave problema de contaminación de playas, ríos, lagos y mares, ya que algunos se descomponen en partículas que son ingeridas por diversos organismos con graves consecuencias.

La investigación para el desarrollo de **tecnologías** de plásticos biodegradables es intensa en la actualidad (<https://www.ecologiaverde.com/plasticos-biodegradables-que-son-y-tipos-1986.html>), pero con frecuencia las inversiones dependen del precio del petróleo. Algunos países han tomado medidas para reducir, mediante impuestos o prohibiciones, el empleo de algunos plásticos y no faltan iniciativas para reciclarlos, pero la producción y la demanda son simplemente enormes. La producción actual es de alrededor de 400 millones de toneladas y se estima que alrededor de 2 millones de toneladas terminan cada año como desechos en los mares y ríos (<https://www.fundacionaquae.org/wiki/rios-fuente-plasticos-mar/>) Una fracción, causada por malas prácticas en el manejo de la basura, se queman emitiendo gases tóxicos.



7. Tecnologías disruptivas y sustentables

En mi vivienda hay un gran ventanal que me permite ver la impresionante cordillera que domina el norte de la ciudad. El color verde domina, sin embargo, también percibo las cicatrices de los incendios y el rojizo tono de las flores de las gramíneas que han sustituido a los árboles. Cuando era niño, a temprana hora, algo de neblina bajaba hasta el norte de la ciudad. Ya no más, el concreto y el asfalto han determinado un aumento de la temperatura y la inseguridad ha alejado a los niños de las calles. Entonces, en lugar de dar una larga caminata hasta el pie de la cordillera, como hacía mi abuelo, enciendo el celular para ver qué mensajes he recibido y después me siento frente a la computadora a escribir. Beneficiario y al mismo tiempo víctima de la **tecnología**, no me cabe duda que ha ocurrido una disrupción en mi forma de vivir y en la de la mayoría de la gente que conozco.

La electrónica, la informática y otra media docena de familias **tecnológicas** han tenido una evolución impresionante en los últimos 30 años. No fue una gran sorpresa que se desarrollaran robots e instrucciones para las numerosas máquinas que realizaban operaciones repetitivas y rutinarias, como cortar, moldear, soldar o ajustar tuercas, incluso pintar automóviles o aspirar pisos. Más elaborados son aquellos que pueden realizar operaciones quirúrgicas, preparar café y hasta dar masajes. Hoy el mercado está lleno de equipos como las ordeñadoras automáticas, tractores con GPS controlados a distancia, sembradoras, cosechadoras, drones, sistemas de envase y clasificación. Así como Julio Verne a fines del siglo XIX anticipó en sus novelas un viaje a la luna y un submarino capaz de recorrer enormes distancias, Isaac Asimov y

otros escritores de ciencia ficción, 30 y 40 años atrás, escribieron sobre un mundo con robots humanizados.

Pues bien, ese día no ha llegado, pero sin duda un buen número de **tecnologías** han causado una disrupción, es decir, un cambio brusco, en nuestras sociedades. En su momento, el automóvil y la televisión cambiaron costumbres tradicionales y en los últimos años, los celulares y sus numerosas aplicaciones han alterado profundamente las relaciones interpersonales con sus mensajes de voz, texto e imágenes. Los drones, la hidroponía, las aplicaciones de la genética, la robótica, los tractores con GPS, la nivelación láser, las ordeñadoras automáticas, la dosificación controlada de alimentos o fertilizantes, riego inteligente y otras **tecnologías** de la agricultura y la cría de animales también han alterado las fincas modernas, las formas tradicionales de producir y trabajar, tanto como cien años atrás, ocurriera en el seno de las fábricas. En lo que concierne a la sustentabilidad, muchas de estas tecnologías la promueven mediante reducción en el uso del agua y los fertilizantes, consumo de energía, menor demanda de nuevas tierras gracias al incremento en las cosechas o rendimientos por unidad de superficie. Los modos de vida del mundo rural, más conservadores que en el urbano, están siendo sacudidos con creciente intensidad en los países más ricos, aunque en los pobres apenas una fracción de ese impacto ha llegado y aún persisten muchas **tecnologías** antiguas de producción agrícola y cría de animales.

Inteligencia artificial

El concepto de Inteligencia Artificial, con su abreviatura cada vez más común **IA**, no se refiere exclusivamente a su aplicación en máquinas, sino que se define como un sistema capaz de emular algunas de las características de la inteligencia humana, como aprendizaje, razonamiento o autocorrección. No es fácil definir estas nuevas **tecnologías**, ya que tampoco ha sido sencillo definir lo que es la inteligencia humana. La misma ha sido motivo de investigación por milenios por ser una cualidad única de nuestra especie. Nuestro complejo cerebro, con miles de células especializadas, conexiones, neurotransmisores químicos y áreas particulares, es capaz de almacenar datos, procesarlos, interpretarlos y actuar de acuerdo a experiencias previas y contextos. Podemos imaginar, construir escenarios, inventar, equivocarnos y muchas otras cosas más. Todos somos genéticamente diferentes y además pertenecemos a culturas distintas, cada una con su historia, hábitos y creencias. Así, parece casi imposible que se pueda diseñar un sistema inteligente artificial que tome en consideración todas las variables que posee nuestro pensamiento, pero sí es posible crear sistemas basados en la informática y la electrónica, capaces de almacenar y procesar datos, y luego llevar a cabo actividades en forma eficiente.

Ya existen muchas aplicaciones de la llamada Inteligencia Artificial en los servicios, comercios e industrias. Los ejemplos son diversos, pero apuntan hacia la reducción de

los errores humanos, a la automatización y la eficiencia. Las máquinas no se cansan, así que pueden trabajar día y noche todos los días del año, haciendo eficiente una línea de producción y el empleo de las materias primas. Las máquinas tampoco se organizan en sindicatos o se quejan por las condiciones del trabajo.

Existen aplicaciones capaces de analizar tendencias en el mercado y reducir la incertidumbre de los fabricantes y vendedores, mientras que otras utilizan las visitas que hace la gente a las redes sociales, cosa que genera millones de datos y de allí captan información para hacer propaganda más precisa a sus productos. Otras aplicaciones de la IA, a través de la acumulación de datos, son diagnósticos médicos y tratamientos cada vez más eficientes. La información es útil, pero su interpretación y las características de cada paciente seguirán demandando la experiencia del médico.

Se ha hecho popular la redacción de textos sobre temas de interés, reduciendo los tiempos y esfuerzos en la búsqueda de información, pero esos textos con frecuencia tienen errores y omisiones. Cuando se trata de su empleo en el aprendizaje, la mayor debilidad es que el estudiante tan solo copia, sin profundizar o contrastar, los distintos puntos de vista que han contribuido a la redacción final del tema asignado. Anula o impide, al menos parcialmente, eso que denominamos pensamiento crítico y, por otra parte, contribuye a una nefasta cultura de ideas repetitivas o dogmáticas.

También se emplea la inteligencia artificial en la identificación de rostros y voces, huellas digitales, números de identificación, control de semáforos, etc., así como en las medidas de seguridad para evitar fraudes o en sistemas para responder a las preguntas más comunes de los clientes de alguna empresa en forma automática, asunto que a muchos nos resulta antipático porque con frecuencia lo que se desea preguntar es más complejo que lo programado para que una voz grabada o un texto impersonal responda (**Figura 28**). Es que no existe **tecnología**, por eficiente que sea, que sustituya al contacto personal. Somos individuos, cada uno genéticamente diferente y acumulador de experiencias únicas de vida que forjan nuestra particular personalidad. La respuesta a una pregunta puede ser estadísticamente válida, pero no permite contemplar ni la urgencia, ni la angustia de quien la plantea y menos aún el contexto que la genera.

Algo similar ocurre con la enseñanza a distancia, que aumentó mucho durante la reciente epidemia de COVID-19. El profesor dicta su clase, pero no puede modelarla de acuerdo a la actitud y las expresiones de los estudiantes, ya que o no los puede ver, o percibe una imagen parcial de ellos, asunto importante en la eficiencia y calidad de la exposición. Las emociones son importantes en las relaciones entre humanos. Otra arista importante de la IA es que demanda equipos, conocimientos y aptitudes especiales en las organizaciones. Esto tiene varias vertientes, por una parte, exige la capacitación de los empleados, por la otra, elimina puestos de trabajo y a su vez crea



Figura 28. Representación gráfica del concepto de inteligencia artificial.

Fuente: <https://pixabay.com/es/illustrations/inteligencia-artificial-cerebro-3382507/>

nuevos. Esto le otorga ventajas competitivas a las empresas más grandes y, en cierto modo, afecta a las más pequeñas.

No tenemos duda de que la **IA** seguirá evolucionando y surgirán muchas nuevas innovaciones y aplicaciones. Así como ocurrió en el pasado con las industrias del hierro, el acero, la electricidad y otras, que dominaron el mundo de la economía y dieron lugar a las empresas de mayor tamaño, de la actualidad. En el mundo empresarial, las organizaciones dedicadas a la electrónica y la informática, o a sus aplicaciones innovadoras, tienen un peso creciente.

Problemas éticos

Existe un vínculo inevitable entre **tecnología** y poder, ya que cada nuevo artefacto o conocimiento asociado a su empleo, le otorga a su propietario o usuario, una ventaja sobre el que carece de ella. Es en torno a esa ventaja y no en la **tecnología** per se, que emanan serios problemas éticos. Esto es válido para cualquier **tecnología**, en la misma medida en la que avanza, crecen los problemas éticos porque aumentan las probabilidades de su empleo inadecuado y, más grave aún, el alcance masivo del mismo.

Por ejemplo, no cabe la menor duda que los teléfonos celulares nos han traído muchos beneficios como compartir información útil y bien sustentada en los hechos,

pero también han sido empleados para incrementar la eficiencia de actividades criminales o distribuir información que viola principios éticos. Casos bien conocidos son la distribución de pornografía, información falsa, fraudes, propaganda engañosa, violación de la privacidad o difusión de odio. También son empleadas por las redes del narcotráfico.

Entrevistan en la televisión a una dama cuya misión es contribuir con la igualdad de género y la defensa de los derechos de las mujeres. Señala la entrevistada que debido a la inteligencia artificial prolifera información en las redes que estimulan la violencia machista y, según ella, estimulan tanto la discriminación como los actos violentos contra las mujeres. Sin embargo, lo opuesto también es verificable, ya que crecen las iniciativas dirigidas a evitar la violencia doméstica, la discriminación laboral o salarial, bien por sexo, bien por origen étnico.

Por siglos se ha debatido sobre si los seres humanos son buenos o malos. A la luz de lo que se sabe sobre nuestra evolución, parece que somos seres dotados de gran complejidad y la misma no excluye a lo que llamamos juicios morales. La selección natural actuó favoreciendo el material genético que garantizaba nuestra supervivencia y reproducción, eso nos hace individualistas y competidores de otros seres humanos. De allí que existan muchas referencias sobre los genes egoístas. No obstante, otras fuerzas naturales, actuando sobre el grupo, han promovido el altruismo y la cooperación. Así, podemos ser, en el lenguaje cotidiano y en nuestras acciones, buenos y malos al mismo tiempo, o estar entre un extremo y otro.

La misma **tecnología** que un gobierno democrático y responsable, o un individuo, puede utilizar en beneficio de sus ciudadanos, pero por otro, puede ser empleada para tener control político, ideológico o religioso, a fin de perpetuarse en el poder. Sin embargo, así como en la actualidad, se puede emplear la **IA** para esos fines, en el pasado se utilizó la imprenta, el teléfono, el telégrafo, la radio o el cine con los mismos propósitos. Las mismas **tecnologías** que permiten construir un barco o un avión de pasajeros, con ciertas variantes, también permiten la construcción de un barco de guerra o un avión de combate. Se puede lanzar un cohete portador de un satélite de comunicaciones con potencial para salvar vidas, u otro cargado de bombas para destruirlas. Lo antes señalado determina la existencia de un extenso y a veces profundo debate sobre los aspectos éticos de cada **tecnología**, o más bien del uso que se les dé. Podemos regresar un millón de años atrás y debatir sobre las implicaciones éticas del invento de la primera hacha que, diseñada para cortar leña, también pudo utilizarse para cortar una cabeza.

No han sido escasos los movimientos sociales y políticos para establecer normas o leyes dirigidas a controlar el empleo de las **tecnologías**. Un ejemplo de vieja data, pero que aún está sobre la mesa de discusión, son las leyes sobre la posesión de armas, o de

cierto tipo de ellas. El debate se extiende desde la posesión privada de armas de fuego, hasta las limitaciones, por acuerdos internacionales, sobre los arsenales nucleares y las explosiones experimentales de bombas atómicas. El tratado para prohibir las pruebas nucleares se aprobó en 1963 y en 2021 se acordó otro tratado, este último dirigido a reducir y eventualmente eliminar las armas nucleares. También existen acuerdos o tratados para prohibir las armas bacteriológicas y químicas.

En los últimos años, se ha desarrollado un nuevo debate que gira en torno al empleo de la IA y la necesidad de controles de distinta naturaleza por parte de los gobiernos sobre cierto tipo de aplicaciones o sobre prácticas monopólicas por parte de algunas grandes empresas. Se trata de un debate complejo, donde los temas éticos se entrelazan con la seguridad nacional, la soberanía de los países, los intereses económicos o la privacidad individual. La línea que separa ciertos valores es con frecuencia tenue e irregular, en oportunidades es necesario el control del Estado, pero este no debe limitar la libertad de expresión.

No menos importante es el debate sobre el papel de la **tecnología** en la salud del planeta: contaminación del aire, suelo y agua, agotamiento de recursos naturales, extinción de plantas y animales, impacto sobre poblaciones locales o minorías, cambio climático, etc. En cada caso existen problemas éticos que resolver. Aunque ha estado presente a lo largo de los siglos, ha sido en el último cuando se ha intentado consolidar una ética ambiental, es decir, la construcción de un cuerpo de normas, leyes y conductas que apunten hacia la regulación de las relaciones de los seres humanos con el ambiente natural.

No es tarea fácil, estamos impregnados por siglos de ideas de un ser humano hecho a imagen y semejanza de los dioses y dotados de derechos infinitos para disfrutar de una naturaleza creada para nuestro beneficio. Ya sabemos que esto debe ser superado y sustituido por una cultura y unas creencias en las que domine la idea de que apenas somos parte de un todo complejo que debemos conservar, proteger y restituir. Necesitamos un nuevo conjunto de ideas como sostén de nuestra conducta y poseemos las herramientas **tecnológicas** para hacerlo.

Sustentabilidad y sostenibilidad

Algo más de 8 mil millones de seres humanos, cada día, están empleando miles de **tecnologías** y demandando alimentos, servicios, vivienda y cien cosas más que determinan, inevitablemente, un impacto sobre el ambiente. Algunas de estas demandas no son **sustentables** en la actualidad, **ya que van agotando los recursos naturales, generando el riesgo que no estén disponibles para las generaciones del futuro**. Así, los recursos renovables no deben ser empleados a un ritmo superior al de su generación, los contaminantes tienen su límite en la capacidad de ser neutralizados,

sustentabilidad en el empleo de los recursos, plantea otros propósitos. Destacan la reducción de la pobreza, eliminación del hambre y logro de la seguridad alimentaria, abatimiento de las desigualdades, mejorar condiciones de salud y educación, paz y justicia, acceso y uso racional de la energía, disponibilidad de agua y saneamiento, crecimiento económico, infraestructura adecuada, reducción de las desigualdades entre y dentro de los países, producción y consumo sostenible, calidad de las ciudades, mitigar el cambio climático, protección de océanos, bosques y biodiversidad, evitar la desertificación y construir alianzas para lograr los objetivos.

Sin duda alcanzar esas metas no sólo exige voluntad política, sino también la generación de **nuevas tecnologías**, la difusión y aplicación de muchas ya existentes, así como recursos financieros muy elevados. ¿Es ambiciosa la agenda 2030? Sin duda, es un desafío global para los gobiernos, las instituciones y los ciudadanos que muchos no podrán cumplir a cabalidad y no faltarán países que retrocedan o dirigentes que fracasen, pero algunos lo tomarán en serio, como lo están haciendo, porque en el **cumplimiento de esos objetivos se juega el futuro de la humanidad**.

Un juicio crítico muestra que se han logrado algunos progresos. En materia de energía existen avances en el empleo de energías sustentables y menos contaminantes. Muchos países han aprobado políticas e inversiones para reducir el consumo de agua, fertilizantes y prácticas inadecuadas en la producción de alimentos. Aumenta la capacidad de reciclaje de plásticos y normas para su reducción. Se han creado fondos, políticas y leyes para proteger los bosques, la fauna y la flora, aumenta el número de organizaciones no gubernamentales con proyectos importantes, muchos países han aprobado legislación para impedir el comercio con países o empresas donde no se cumplen normas relacionadas a las condiciones laborales y requisitos ambientales. También es cierto que un elevado número de países no han podido o querido inscribirse en estos objetivos. Tampoco es tarea fácil lograr neutralizar los intereses económicos y políticos, con frecuencia entrelazados, derivados de la primera fase de la revolución industrial en la que dominaba una cultura y una visión de un planeta con recursos infinitos.

Asimetría tecnológica

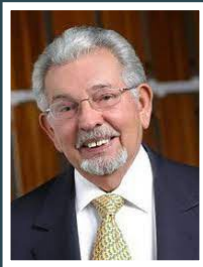
Los párrafos anteriores ilustran la existencia de grandes diferencias en la generación de **tecnología**. Una proporción elevada de las innovaciones fueron desarrolladas en un número limitado de países destacando aquellos de Europa Occidental, los Estados Unidos y más recientemente Japón, Corea del Sur, China e India. Para el año 2022 la WIPO, la organización internacional de la propiedad industrial, había recibido más de 3 millones de solicitudes de nuevas patentes, encabezadas por China con 1 542 002 y seguidas por los Estados Unidos (597 141), Japón (313 567), Corea del Sur (209 992) y Alemania (67 898) (<https://soulmark.es/blog/ranking-de-patentes-por-paises>). Por

otra parte, la Unión Europea también registra patentes de sus países asociados y esas fueron 174 390 en ese año. Esas cifras no nos indican cuales son las naciones más «creativas» ya que el número de sus habitantes es muy diferente. Si dividimos el número de patentes de 2022 entre la población el orden sería: 1. Corea del Sur; 2. Japón; 3. EE. UU. ; 4. Australia y 5. China, seguidas por Alemania y Canadá.

El número de nuevas **tecnologías** por país depende de muchos factores, entre ellos el nivel educativo de la población, el tamaño de la misma y de la economía, los derechos de propiedad, la eficiencia del sistema judicial, la estabilidad política, el número de empresas competitivas en los mercados internacionales, la fortaleza de las universidades y de los centros de investigación. Sin duda, muchos de estos factores determinan que buen número de países se encuentren rezagados en lo que concierne a la generación de nuevas **tecnologías** y a veces también en su utilización.

En el mundo político no ha sido extraño culpar a otros países de su atraso, actitud que lejos de estimular la educación, ciencia y la **tecnología** en sus territorios, los condena al llamado subdesarrollo. Que es posible cambiar lo ilustran casos como los de Corea del Sur y Japón, que con un proyecto nacional de largo plazo los colocan en la actualidad entre los líderes **tecnológicos** a pesar de haber sufrido guerras e invasiones, o el de China, décadas atrás un país pobre y bastante aislado, hoy ocupa la primera posición en cuanto a nuevas patentes por año, acompañado por un vertiginoso desarrollo económico, capacidad exportadora y un eficiente sistema educativo.

Algunos países pequeños se especializan en ciertas **tecnologías** y lo hacen con éxito. Un ejemplo es Suiza que tiene una poderosa industria farmacéutica, otra de relojería, así como alimentos especializados, industrias basadas en tecnologías de precisión, un sistema financiero muy desarrollado, turismo y un sistema educativo de gran calidad. Sin duda, una educación de calidad que llegue a la mayor parte de la población, es una de las herramientas más importantes para cerrar la enorme brecha **científica y tecnológica**.



Carlos Machado Allison (1938) es biólogo egresado de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y Ph. D. de la Universidad de Notre Dame. Profesor titular de la Universidad Central de Venezuela (UCV) y del Instituto de Estudios Superiores de Administración (IESA). En la UCV, fue director de la Escuela de Biología y del Instituto de Zoología Tropical. Tras su jubilación de la UCV prestó sus servicios en el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT), hoy Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (Fonacit), la Fundación Instituto de Ingeniería y fue gerente general del Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP), actualmente Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) (1992-1995). Luego, se incorporó al Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) en América Central y Panamá (1995-1998) coordinando centros de investigación y a partir de 1998 ha estado vinculado al IESA donde ocupó por algún tiempo la Dirección de Investigaciones y hasta la fecha coordina el Programa de Agronegocios. En 2010 se incorporó como Individuo de Número de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales de Venezuela. Entre 1959 y 1985 su interés estuvo centrado en la taxonomía y biología de poblaciones de insectos hematófagos. Posteriormente, se dedicó al análisis de sistemas agroalimentarios, políticas públicas y gestión de centros de investigación. Es autor de 152 publicaciones científicas y más de 20 libros, incluyendo textos, novelas de ficción y divulgación de ciencia y tecnología.