

Título: Una aproximación al tamaño de la brecha tecnológica y cómo podría crecer de continuar América Latina por el mismo sendero.

Autor: Leonidas Torres Citraro.

"La desigualdad del mundo moderno es, en gran medida, el resultado del reparto y la adopción desiguales de tecnologías" ("Why nations fail", Capítulo 2, p53, Acemoglu y Robinson)

Todos los indicadores de ciencia, tecnología e innovación (CTi) que publican tanto las agencias nacionales como los organismos internacionales desde mediados del siglo pasado han venido señalando un constante rezago de los países de América Latina que no hemos logrado superar. Son incontables los estudios y análisis que investigadores e instituciones han elaborado y propuesto para ir reduciendo la notable diferencia entre las estadísticas de los países y empresas de la vanguardia con las de América Latina, pocos han sido escuchados, pero solo eso, escuchados.

Cuando se habla de América Latina debemos dejar claro que entre los países que la conforman existen notables diferencias como lo señalan Acemoglu y Robinson ("Why nations fail", Capítulo 2, p45,46) al percibir un patrón al analizar una clasificación de los más ricos y más pobres de hace 50, 100 y 150 años. Veamos lo que dicen: *"Además, se puede percibir otro patrón interesante en América. Si se elabora una lista de los países del continente americano, del más rico al más pobre, se ve que los que aparecen en primer lugar son Estados Unidos y Canadá. A continuación, Chile, Argentina, Brasil, México y Uruguay, y quizá también Venezuela, en función del precio del petróleo. Luego aparecen Colombia, República Dominicana, Ecuador y Perú. Al final de la lista, otro grupo, mucho más pobre, que incluye a Bolivia, Guatemala y Paraguay. Si retrocedemos cincuenta años, veremos que la clasificación es idéntica. Cien años: lo mismo. Ciento cincuenta años: lo mismo otra vez. Por lo tanto, no es sólo que Estados Unidos y Canadá sean más ricos que América Latina, sino que existe una brecha definitiva y persistente entre los países ricos y pobres dentro de América Latina."*

En la delimitación del alcance del presente artículo podemos decir que su punto de partida es el final de la 2ª Guerra Mundial y el informe de Vannevar Bush "Science. The endless frontier" ("La Ciencia, una frontera sin fin") dirigido al presidente Harry Truman, en el que destaca el gran papel que pueden desempeñar el conocimiento científico y la innovación, transformando el entorno inmediato, si se enfoca en la forma adecuada.

Los Estados Unidos emergen de la Segunda Guerra Mundial como la mayor potencia científico-tecnológica del mundo, esto debido al complejo industrial – militar y también al gran esfuerzo en investigación básica y aplicada, como ocurrió

con el Proyecto Manhattan, con las computadoras, los antibióticos y el radar, para solo mencionar los frentes de investigación más conocidos.

De Bush fue la idea de organizar la investigación para ponerla al servicio del esfuerzo bélico, consideraba que los Estados Unidos no estaban bien preparados en ese sentido. El presidente Roosevelt escuchó su análisis y diagnóstico. En 1940 le puso al frente del National Defense Research Committee encargado de coordinar la investigación científica con fines militares con un presupuesto casi ilimitado y respondiendo directamente al Presidente.

Ya en los últimos meses de la guerra, el presidente Roosevelt envió una carta a Bush (con fecha 17 de noviembre de 1944 y a cinco meses de su muerte el 12/04/1945) haciéndole cuatro preguntas:

1. Qué puede hacerse para dar a conocer los avances científicos realizados durante la guerra.
2. En el caso de la guerra contra la enfermedad, qué puede hacerse para continuar el trabajo realizado en medicina y ciencias afines.
3. Qué puede hacer el gobierno ahora y en adelante para apoyar la investigación de organismos públicos y privados.
4. Si puede ponerse en marcha un programa para descubrir y formar talentos científicos en los Estados Unidos, de forma que se mantenga el nivel alcanzado en los años de la guerra.

Bush terminó el documento de respuesta en 1945, con el título de “Science. The Endless Frontier”. Fallecido Roosevelt, entregó su respuesta al presidente Harry S. Truman. (Fuente: <https://www.nsf.gov/about/history/>)

El informe de V. Bush fue fuente de inspiración para numerosos documentos de política de ciencia y tecnología alrededor del mundo. Entre otras instituciones creó la National Science Foundation en 1950, cuyo principal función es estimular y financiar la actividad de CTi en los EE.UU. No incluye el campo médico, dado que este corresponde a los Institutos Nacionales de Salud de ese país.

Alrededor de diez años después del inicio de actividades de la NSF se llevó a cabo la primera convención de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) celebrada en París el 14 de diciembre de 1960 donde se trazaron las líneas estratégicas para orientar el desarrollo de la ciencia y la tecnología. El precursor de la OCDE fue la Organización para la Cooperación Económica Europea (OEEC), que se formó para administrar la ayuda estadounidense y canadiense bajo el Plan Marshall para la reconstrucción de Europa después de la 2ª Guerra Mundial.

A la NSF le ha tocado adaptarse a las circunstancias históricas que ha vivido los EE.UU. tal como ocurrió en octubre de 1957, a raíz del lanzamiento del Sputnik I,

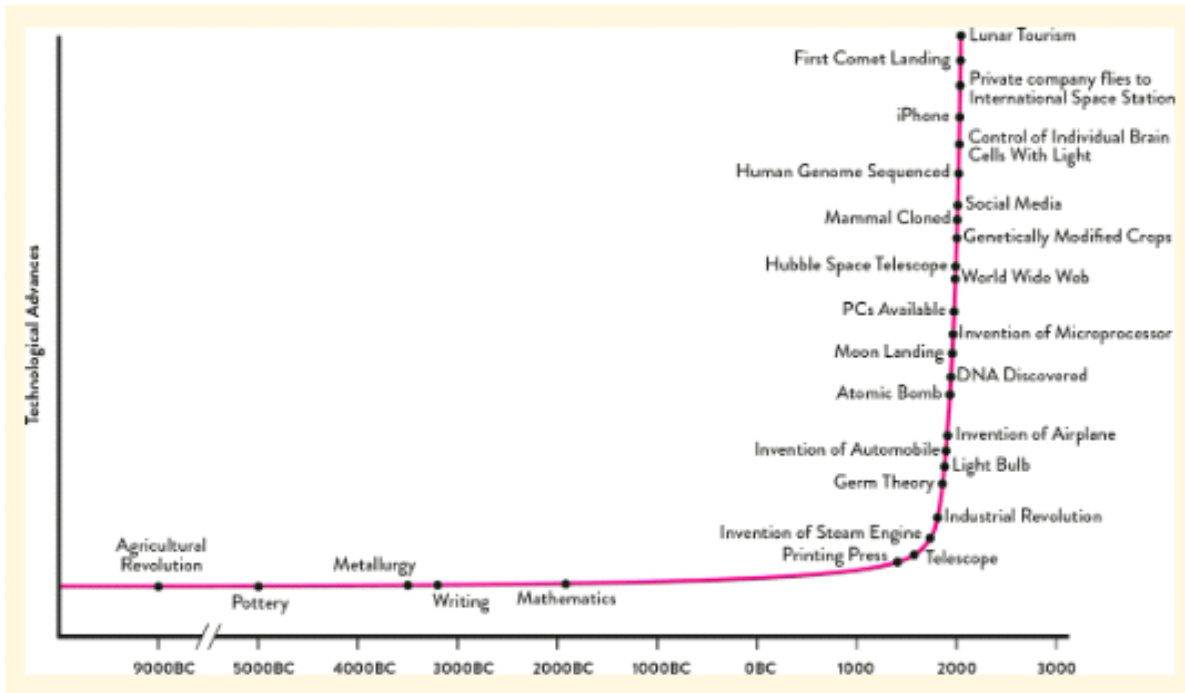
el primer satélite artificial por la Unión Soviética (URSS). Ante el impacto de ese evento el gobierno de Estados Unidos realizó una evaluación de su sistema de investigación científica y educación y resolvió adaptarlo al reto histórico que le presentaba la URSS. Parte de la respuesta fue la creación de la NASA en julio de 1958. Sin darle descanso a los EE.UU. estos recibieron el siguiente golpe de Yuri Gagarin, cosmonauta y piloto soviético, quien a bordo de la cápsula Vostok 1, completaba una órbita de la Tierra el 12 de abril de 1961, convirtiéndose en el primer hombre en viajar al espacio exterior, logrando un importante hito en la carrera espacial.

El 12 de septiembre de 1962, en plena Guerra Fría con la URSS, el entonces presidente John F. Kennedy anunciaba su intención de que EE.UU. colocase un astronauta en la Luna antes de que terminara la década, meta que se alcanzó el 16 de julio de 1969 con el Apolo 11 (quinta misión tripulada del Programa Apolo), la primera de la historia en lograr que un ser humano llegara a la Luna.

El precedente y breve recuento histórico de los altibajos de los EE.UU. en su lucha por mantener el liderazgo tecnológico cumple con el único propósito de mostrar la vital necesidad de los países de evolucionar y adaptarse ante la realidad de una aceleración en la velocidad del cambio tecnológico, realidad que ilustramos en el siguiente gráfico en el que se evidencia el fenómeno.

El gráfico se extiende en el tiempo, el eje horizontal comienza en el año 9.000 aC con la Revolución Agrícola la cual inicia el proceso de asentamiento de las poblaciones nómadas. A lo largo de esta curva (en forma de L con giro de 90 grados) se destacan las innovaciones trascendentales que permitieron no solo la sobrevivencia de la especie, sino el aumento de población y una constante mejora de la calidad de vida, en especial después del año 1800, cuando se entra en la parte vertical de la curva en la que ocurren numerosas innovaciones trascendentales, ampliamente conocidas por la mayor parte de la población global.

Gráfico 1



El gráfico está tomado del libro *“The Runaway Species, how human creativity remakes the world”*, 2017 Anthony Brandt y David Eagleman (páginas 46-47). De dicha fuente también proviene el siguiente comentario del gráfico:

Nuestro software cognitivo innato, multiplicado por la población masiva de Homo sapiens, ha producido una sociedad con una innovación cada vez más rápida, una que se alimenta de sus últimas ideas. Transcurrieron once milenios entre la Revolución Agrícola y la Revolución Industrial. Entonces solo tomó ciento veinte años pasar de la Revolución Industrial a la bombilla. Luego, apenas noventa años hasta el aterrizaje en la luna. Desde allí, solo pasaron veintidós años hasta la World Wide Web, y apenas nueve años después, el genoma humano estaba completamente secuenciado. La innovación histórica pinta una imagen clara: el tiempo entre las principales innovaciones se está reduciendo rápidamente. Y esto es exactamente lo que esperarías de un cerebro que arranca, absorbe las mejores ideas del planeta y las mejora.

De la descripción del gráfico extraemos una frase que genera preocupación: *el tiempo entre las principales innovaciones se está reduciendo rápidamente*. Al analizar su significado, lo que nos queda es encender todas las alarmas, porque si en el pasado América Latina fue incapaz de insertarse en las nuevas corrientes de conocimientos, de explotar las ventajas comparativas de nuestros países, de ofrecerle una educación de calidad a los niños y jóvenes, de crear instituciones ágiles en materia de financiamiento a la pequeña y mediana industria, de construir escenarios que en lo económico y social fueran atractivos para que las nuevas generaciones diseñaran su futuro, es de presumir que en la medida en que la avalancha de innovaciones, que se están incubando en las empresas que trabajan

en las fronteras del conocimiento, se materialicen e inserten en nuestra vida cotidiana, en esa medida se incrementará la dificultad de incorporarnos al futuro.

En el párrafo anterior también destaca una frase que merece un comentario, "si en el pasado América Latina fue incapaz de insertarse en las nuevas corrientes de conocimientos", es una frase que expresa nuestra indiferencia ante el progreso en todas las ramas del saber. Indiferencia que nos ha ocasionado un alto costo en materia de bienestar y calidad de vida para numerosas generaciones que han poblado este extenso territorio.

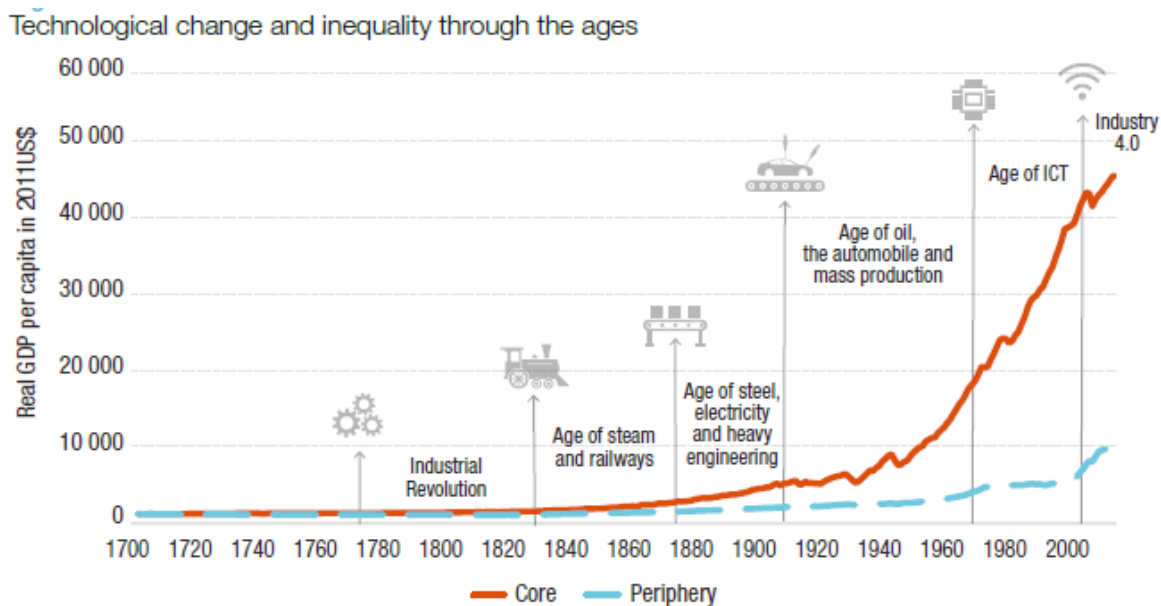
Una manera de vislumbrar la tragedia derivada de esa indiferencia se muestra en el Gráfico 2 que lleva por título "Cambio tecnológico y desigualdad a través de las eras" contenido en el informe de la UNCTAD "The Technology and Innovation Report 2021, Catching technological waves", Chapter I, p3.

En dicho gráfico se presenta un largo trecho de trescientos años de nuestra historia (1700 al 2000) donde resaltan dos curvas: core (núcleo de países desarrollados – color rojo) y periphery (conjunto de países en desarrollo – color azul, línea a trazos).

A continuación la traducción del mensaje central del gráfico:

Las grandes divisiones entre países que vemos hoy comenzaron después de la primera revolución industrial, y vivimos al comienzo de una nueva revolución tecnológica. Antes de la revolución industrial, la mayoría de las personas eran igualmente pobres y las brechas en el ingreso per cápita entre países eran mucho menores. Pero con la revolución industrial y las subsiguientes oleadas de cambio tecnológico, un grupo de países tomó la delantera, con un crecimiento económico rápido y sostenido que permitió a más personas escapar de la pobreza. Europa Occidental y sus ramificaciones (Australia, Canadá, Nueva Zelanda y los Estados Unidos) junto con Japón formaron el núcleo de la economía global. La mayoría de los demás países permanecieron en la periferia con niveles de crecimiento volubles o mínimos y, en consecuencia, bajos ingresos.

Gráfico 2



La historia nos muestra que a partir del año 1800, como producto de la Revolución Industrial un grupo de países tomó la delantera, con un crecimiento económico rápido y sostenido que permitió a más personas escapar de la pobreza. Los países del núcleo (core) lograron aprovechar la gran corriente de conocimientos e innovaciones para incrementar la productividad de sus industrias, beneficiándose de las tecnologías derivadas de la edad de la máquina de vapor y los ferrocarriles, la edad del acero, electricidad e ingeniería pesada, la edad del petróleo, el automóvil y la producción en masa y la edad de las computadoras y comunicaciones.

Por supuesto que los países de América Latina también se beneficiaron de los adelantos tecnológicos que generaban los países del núcleo, pero siempre fue en calidad de usuarios, con mínima adaptación de tecnología, con instituciones extractivas¹ y una clase dirigente a favor de mantener el estatus y enemiga de los cambios que pudieran eventualmente poner en peligro su parcela de poder.

Si observamos la evolución de los principales indicadores como son la expectativa de vida, tasa de mortalidad, porcentaje de la población subalimentada, con acceso al agua potable y servicios sanitarios, electricidad, matrícula en educación a los tres niveles, es evidente que los países de la periferia han mejorado, pero siempre con una gran dependencia de los países desarrollados. La discusión se profundiza

¹ Para un análisis más extenso consultar "Why nations fail", Daron Acemoglu y James Robinson, en especial p9 a p19 y p368 a 403, (las páginas son de la versión original en inglés)

cuando introducimos la variable calidad, como es el caso de la educación, donde encontramos evidencias de la baja calidad de los países de la región en el Programa Internacional de Evaluación de los Alumnos (PISA) patrocinado por la OCDE, del que hablaremos más adelante.

En esencia seguimos siendo proveedores de materias primas, tal como se comprobó -una vez más- con el alza de precios de las mercancías (commodities) en la primera década del siglo XXI (siendo las importaciones de China la principal causa) y la posterior caída de precios a partir del año 2009.

Creo que no debo adelantar el ritmo del artículo y crear una pausa para establecer cuál es la situación de la región en este momento, precisar cuan profunda es la brecha, ya que esa dimensión nos permitirá tomar conciencia de la magnitud del esfuerzo a realizar, así como calibrar la intrepidez y coraje de las medidas a tomar.

Voy a presentar una amplia panorámica con un conjunto de conocidos indicadores comparando los países líderes con los de América Latina. Dejo los enlaces de las fuentes para el lector que necesite de mayores detalles sobre dichos indicadores.

El GII ha elaborado una metodología para medir la innovación, analizando siete categorías principales: instituciones, capital humano e investigación, infraestructura, sofisticación del mercado, sofisticación empresarial, productos de conocimiento y tecnología y productos creativos. Cada una de las categorías principales está respaldada por otros 3 a 5 indicadores, lo que hace un marco general de 81 indicadores, los cuales abarcan las más resaltantes variables del desarrollo de un país.

El GII se soporta sobre dos subíndices principales:

- Subíndice de insumos de innovación: instituciones, capital humano e investigación, infraestructura, sofisticación del mercado, sofisticación empresarial
- Subíndice de productos de innovación: productos de conocimiento y tecnología, difusión de conocimientos, productos creativos

Los mencionados Subíndices están conformados por los siguientes índices:

Subíndice de insumos de innovación

- Instituciones: entorno político, normativo y empresarial
- Capital humano e investigación: Educación, Educación terciaria, Investigación y desarrollo (I+D)
- Infraestructura: Tecnologías de la información y la comunicación (TIC), Infraestructura general, Sostenibilidad ecológica
- Sofisticación del mercado: crédito, inversión, comercio, diversificación y escala de mercado

- Sofisticación empresarial: trabajadores del conocimiento, vínculos de innovación, absorción del conocimiento

Subíndice de productos de innovación

- Productos de conocimiento y tecnología: creación, impacto y difusión del conocimiento
- Productos creativos: Activos intangibles, Bienes y servicios creativos, Creatividad en línea

Son 81 indicadores que cubren un amplio espectro de variables que permiten clasificar el grado de importancia concedida a la innovación por parte de 132 países y economías. El GII se publicó por primera vez en el año 2007, luego siguió siendo coeditado por la Universidad de Cornell, el INSEAD y la OMPI hasta 2020. A partir de 2021, la OMPI publica el GII en asociación con el Instituto Portulans, varios socios de redes corporativas y académicas y la Junta Asesora del GII.

Con la experiencia de catorce años y la incorporación de entidades de gran prestigio el GII se ha constituido en una referencia que no puede faltar a la hora de analizar el vibrante campo de la innovación.

La clasificación en el GII 2021 para un conjunto de países de América Latina son los siguientes: Chile, México, Costa Rica, Brasil, Uruguay, Colombia, Perú y Argentina ocupan los puestos 53, 55, 56, 57, 65, 67, 70 y 73 respectivamente. Es decir ningún país de la región figura entre los cincuenta primeros del GII 2021.

Pero lo más preocupante es lo que dice el informe GII 2021 en la página 29: *Además, con la excepción de México, estos focos de innovación latinoamericanos no han mejorado sus clasificaciones de manera constante durante los últimos 10 años.*

En un escenario como el que ha vivido la humanidad después de la 2ª Guerra Mundial con una creciente corriente de innovaciones, lo peor que le puede ocurrir a un país o región es estancarse y lamentablemente esa es la realidad para la región.

En las páginas 203 y 204 del GII 2021 se presentan dos interesantes ejercicios donde se clasifican las cien (100) principales ciudades del mundo que destacan por su intensidad en materia de ciencia y tecnología, precisando el número de patentes, publicaciones y concentración de talentos per cápita. Los títulos de dichos ejercicios son *Top 100 clusters* y *Ranking of S&T intensity 2015–2019*, en los que la única ciudad de América Latina es Sao Paulo en los puestos 66 y 98 respectivamente.

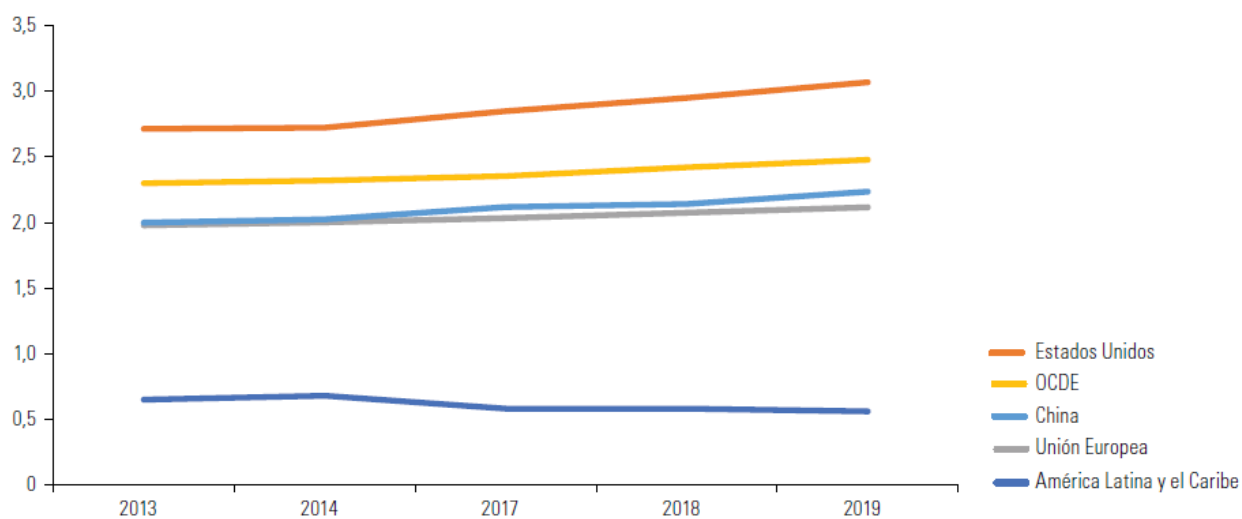
Una fuente insustituible para todos los investigadores cuyo punto focal es América Latina es la CEPAL, organismo que publicó este año el informe "Innovación para

el desarrollo. La clave para una recuperación transformadora", que en el Capítulo 1, página 19, señala lo siguiente:

Es evidente el rezago de América Caribe y el Caribe en el gasto en I+D con respecto a países más desarrollados, e incluso en comparación con algunos países emergentes como el caso de China. La región no solo no ha sido capaz de cerrar la brecha, sino que esta se ha ido ensanchando en los últimos años. Los Estados Unidos, la Unión Europea, los países de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) y China tienen un nivel de gasto en I+D relativo al producto interno bruto (PIB) superior al 2%. Esta cifra llega al 3% en el caso de los Estados Unidos y supera el 4% en el de la República de Corea. Además, el gasto en I+D relativo al PIB en dichos países entre 2013 y 2019 aumentó cerca de 0,2 puntos porcentuales. América Latina y el Caribe, en cambio, además de tener un gasto en I+D relativo al PIB unas cuatro veces menor, redujo dicho gasto del 0,65% del PIB en 2013 al 0,56% en 2019.

Gráfico 3

América Latina y el Caribe y países y bloques seleccionados: gasto en I+D con relación al PIB, 2013-2019
(En porcentajes)



Cuando hacemos una mayor aproximación al gasto de América Latina en I&D nos encontramos con aspectos aún más preocupantes: Argentina, Brasil y México disminuyeron sus gastos en I&D lo cual explica la reducción del gasto total en América Latina, pues ellos representan el 83% del gasto en la región, solamente al Brasil le corresponde el 62%. Es decir hay una fuerte concentración del gasto en I&D en tres países, los cuales a su vez redujeron esa partida.

Otro aspecto que nos muestra el reciente informe de la CEPAL en sus páginas 22 y 23 es el gasto en I&D por sector de ejecución en el período 2013-2019 de América Latina, EE.UU., Unión Europea, OCDE y China, siendo dichos sectores gobierno, empresas, universidades y organizaciones privadas sin fines de lucro

(OPSL). Las cifras de América Latina para cada uno de esos sectores son de 26%, 30,7%, 42,4% y 0,9% respectivamente. Los sectores gobierno y universidades representan el 68,4% del gasto en I&D, cifra que nos lleva a preguntarnos cual ha sido la productividad de esos recursos, cuántas patentes registran ambos sectores, cuántos acuerdos (*joint venture*) se realizan por año y cuál es el monto anual de las regalías recibidas. No obteniendo una respuesta para estas interrogantes, practico una aproximación lateral con los datos del informe CEPAL 2022, Cuadro I.1 - Solicitudes de patentes, 2010 y 2020 - (En número de solicitudes y en porcentajes), página 29, nos señala que en el año 2010 los países de América Latina solicitaron 55.400 patentes y que diez años después, en el 2020 se solicitaron 52.200 patentes, es decir una reducción de 3.200 patentes.

Otro aspecto de importancia es que la participación de innovadores residentes fue de 11,7% en el año 2010 y de 16,3% en el 2020. Estas cifras revelan una muy baja participación de innovadores e investigadores locales. En el caso de Asia dichos porcentajes son de 73,5% en el año 2010 y de 82,9% en el año 2020, cifras que contrastan con las de la región.



El "EU Industrial R&D Investment Scoreboard" (Scoreboard) es un revelador indicador de nuestro rezago. En esencia el Scoreboard analiza las 2.500 empresas que invirtieron las mayores sumas en I&D en todo el mundo en 2020. Estas empresas, con sede en 39 países invirtieron cada una un mínimo de 41,4 millones de dólares (U\$) en I&D en 2020. La inversión total en las 2.500 empresas fue de 1.044.000 millones de U\$, una cantidad equivalente al 90 % de la I&D financiada por las empresas en todo el mundo.

El Scoreboard 2021 incluye 401 empresas con sede en la Unión Europea, que representan el 20 % del total, 779 empresas estadounidenses (38 %), 597 empresas chinas (16 %), 293 empresas japonesas (12 %) y 430 del resto del mundo (RdM, 14%). El grupo RdM comprende a su vez empresas de Corea del Sur (60), Suiza (57), Reino Unido (105), Taiwán (86) y empresas con sede en otros 15 países. En este último grupo se encuentran 5 empresas de Brasil (las dos primeras de Brasil son Petrobras con 115 millones de U\$ y Embraer con 103 millones de U\$), de México solo una, Cemex con 67 millones de U\$. En total son seis de América Latina, es decir el 0,24% del universo total de 2.500 empresas.

Un indicador de importancia es el crecimiento interanual del gasto en I&D, que en el caso de las diez primeras empresas del Scoreboard es de un 8,6% promedio entre los años 2019 y 2020. Haciendo el ejercicio para las 50 primeras empresas el crecimiento interanual del gasto en I&D sube al 10,15%.

Para tener una idea de la magnitud de los presupuestos destinados a I&D en las empresas del Scoreboard es necesario detenerse en la hoja Excel que el lector puede descargar en <https://iri.jrc.ec.europa.eu/scoreboard/2021-eu-industrial-rd-investment-scoreboard>, y el cuadro que presentamos a continuación (con las cifras de las diez primeras empresas del Scoreboard, año 2020), ambas nos muestran el aspecto cuantitativo de la brecha tecnológica. Lo que primero resalta son las diferentes escalas que se manejan, por ejemplo Alphabet (casa matriz de Google) invierte U\$25.841 millones, es decir 225 veces el monto de Petrobras. Cualquiera de las diez primeras empresas del ranking del Scoreboard supera los U\$11.000 millones al año en I&D, cifra que equivale trece (13) veces al promedio de lo invertido por Colombia en el período 2010 a 2020. Según el informe de RICYT (“El Estado de la Ciencia, 2020”, Principales Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericanos, <http://www.ricyt.org/category/indicadores/>) la cifra pico de Colombia en el mencionado período fue en el año 2014 con U\$1.184 millones, después de ese año y hasta el 2020 la cifra bajó y se mantiene -en promedio- en los U\$ 800 millones por año.

Pero el declive no es solo de Colombia, el caso de México es muy similar, con la cifra pico de U\$5.726 millones en el año 2014, bajando hasta U\$3.603 millones en el año 2019. Brasil sufrió una reducción de U\$9.344 millones entre los años 2014 y 2018, cuando tocó fondo con U\$21.880 millones.

	I&D	Ventas
	millones de U\$ por año	
Empresas		
ALPHABET	25.841	171.000
HUAWEI INVESTMENT	20.079	127.800
MICROSOFT	19.414	157.500
SAMSUNG ELECTRONICS	18.279	204.000
APPLE	17.574	257.200
FACEBOOK	17.288	80.500
VOLKSWAGEN	15.968	256.300
ROCHE	12.934	62.000
INTEL	12.704	73.000
JOHNSON & JOHNSON	11.395	77.400
Total	171.476	1.467.000

El total invertido por España en I&D en el año 2019 fue de U\$17.432 millones, cifra que es superada por cada una de las cinco primeras empresas del cuadro anterior.

El total invertido por América Latina en el año 2019 fue de U\$33.204 millones, el total del cuadro anterior es de U\$171.476 millones, es decir 5,2 veces el total de la región.

No hay duda de que las magnitudes de las cifras que manejan las empresas de la vanguardia son muy diferentes de las de los países de la región. Son una expresión de la importancia que le dan a la I&D, las diferentes sociedades donde operan esas empresas.

Como dijimos estas cifras nos muestran el aspecto cuantitativo, pero queda por analizar el aspecto cualitativo, que es la productividad de los recursos invertidos en I&D en América Latina, donde el 68% lo reciben el gobierno y las universidades, entidades conocidas por transitar un camino demorado y carente de motivaciones, cualidades poco compatibles con la creciente velocidad del cambio tecnológico.

Por su lado la gran mayoría de las 2.500 empresas que conforman el Scoreboard trabajan en las fronteras del conocimiento y sienten la presión de los accionistas por presentar resultados concretos en el corto y mediano plazo, así como su permanencia en el mercado. Este último aspecto no es simple retórica, se trata de la alta prioridad otorgada a la I&D en la mente de los gerentes, para por la vía de la innovación, mantener o de preferencia aumentar su cuota de mercado.

Una de las consecuencias palpables que trae el aumento en la velocidad del cambio tecnológico es la pérdida de longevidad en el S&P500 (índice que incluye a las 500 empresas más valiosas que cotizan en EE.UU.), esto es la reducción de la vida útil promedio de las empresas que conforman el índice bursátil S&P500, la cual era de 61 años en 1958, se redujo de un promedio de 33 años en 1964, bajó a 25 años en 1980, para finales del 2012 llegó a 18 años y un promedio proyectado de 12 años para 2027.

Un estudio reciente de la consultora Innosight² sugiere que casi el 50% de las empresas que conforman el S&P 500 actual serán reemplazadas en los próximos 10 años, ya sea mediante adquisiciones, fusiones o abandonos del índice debido a rivales que están surgiendo con tecnologías que activan el principio de creación destructiva. Otro aspecto de interés que se menciona en dicho estudio es el impacto de la revolución digital en el S&P 500. En 1969, las empresas industriales representaban un tercio del índice. Medio siglo después, 68 empresas son industriales. En el mismo lapso, las empresas de tecnología de la información pasaron de 16 a 68, empatadas en el primer puesto.



“The Dawn of the Deep Tech Ecosystem 2018”, es una publicación conjunta de Boston Consulting Group (BCG) y Hello Tomorrow, en el que presentan lo que

² Fuente: Innosight 2021 Corporate Longevity Forecast

ellos llaman "deep tech", que son las tecnologías que se caracterizan por tres atributos: pueden tener un gran impacto, tomar mucho tiempo para alcanzar la madurez lista para el mercado y requieren una cantidad significativa de capital.

La "deep tech" toma tiempo para pasar de la ciencia básica a una tecnología que tenga una aplicación útil. Por ejemplo, a los investigadores les tomó décadas desarrollar la tecnología subyacente de la IA, además de los grandes avances en el poder de la computación. Está el caso de las computadoras cuánticas cuyo desarrollo viene desde el siglo pasado. Ahora, las empresas están implementando rápidamente tecnología de inteligencia artificial y desarrollando casos de uso nuevos e innovadores, mientras que las computadoras cuánticas son capaces de realizar tareas prácticas, Por otro lado se espera que las aplicaciones en campos como los productos farmacéuticos y la química se hagan realidad en los próximos cinco años.

Las tecnologías estudiadas en la mencionada publicación son: materiales avanzados, inteligencia artificial, biotecnología, Blockchain, drones y robótica, fotónica y electrónica y computación cuántica: Como podrán apreciar esta lista difiere de las once tecnologías que contiene el informe de la UNCTAD.

La inversión privada global anual en estas siete categorías de "deep tech" estudiadas para este informe alcanzó la tasa del 20% anual desde 2015 hasta 2018 para llegar a U\$ 18 mil millones.

El universo para el informe de las "deep tech" es un fenómeno global que alcanzó la cifra de 8.682 empresas en 69 mercados. La participación de los países fue la siguiente: EE. UU. (4.198), Gran China (746), Alemania (455), Reino Unido (435), Japón (363), Corea del Sur (329), Canadá (312), Francia (241), Israel (195), Suiza (147), India (129), Australia (107), Suecia (103), Países Bajos (78), Italia (70), España (66), Singapur (65), Dinamarca (59), Bélgica (41), Finlandia (41) y otros países (186). En este último grupo se incluyen ocho empresas de Brasil y dos de Colombia.

Las empresas BCG – Hello Tomorrow nos sorprenden en el año 2020, con una nueva publicación "Nature Co-Design: A Revolution in the Making", en el que nos presentan el enfoque "codiseño de la naturaleza" el cual nos invita a imitar y mejorar los procesos de la naturaleza. Nos advierten que esto no es ciencia ficción: esto es aquí y ahora. El impacto del codiseño de la naturaleza en las cadenas de valor será incalculable.

Traerá innovaciones y progreso con profundas implicaciones para los negocios, pero también para la salud del planeta. Irrumpe en todas las industrias, desde la agricultura y los bienes de consumo hasta la construcción y los productos farmacéuticos.

Para ilustrar su significado traen el caso de los fertilizantes artificiales cuyo proceso tiene más de un siglo, se trata de la síntesis de Haber-Bosch la cual nos ha permitido aumentos en la producción de alimentos y atender la duplicación de la población mundial desde 1970. Lo que estamos sopesando son sus muchas desventajas.

De la página 7 del mencionado informe traducimos y resumimos el subtítulo "Reducir la dependencia de los fertilizantes artificiales":

- *Se requieren cantidades masivas de energía para convertir el nitrógeno atmosférico en amoníaco, mediante la síntesis de Haber-Bosch.*
- *Es intensivo en energía, consume del 3% al 5% del suministro mundial de gas natural y alrededor del 1% al 2% del suministro mundial de energía, y también es responsable de más del 1% de todas las emisiones de CO₂. Aparte de la intensidad energética, las emisiones de N₂O resultan del uso ineficiente de fertilizantes nitrogenados. El N₂O es de 250 a 300 veces más potente que el CO₂ en el calentamiento global.*
- *Altera los ecosistemas ya que la eficiencia del uso de nitrógeno por parte de las plantas es inferior al 50% y el resto del amoníaco se lava de los cultivos, contaminando las fuentes de agua.*

El amoníaco producido a través del proceso Haber-Bosch es el "producto químico de mayor consumo energético" y juega un papel importante en la contribución de la agricultura al cambio climático.

Dos compañías separadas, Pivot Bio y Joyn Bio (una empresa conjunta de Ginkgo Bioworks-Bayer), decidieron aprovechar el codiseño de la naturaleza utilizando técnicas de edición de genes. Mediante la iteración a través de múltiples ciclos de aprendizaje de diseño, prueba y construcción, identificaron las cepas bacterianas capaces de fijar nitrógeno directamente en las raíces de las plantas.

Más allá de brindar enormes beneficios ambientales, ambos alterarán el mercado global de amoníaco, valorado en \$48 mil millones en 2016 y estimado en \$77 mil millones para 2025. Finalmente, pasar a un proceso biológico permite trabajar a escalas menores y aumenta el acceso al amoníaco ya que la construcción de una instalación de Haber-Bosch cuesta unos 3.000 millones de dólares y requiere una infraestructura de gas natural.

La disrupción en la agricultura no se limita al reemplazo de amoníaco. Los ejemplos van desde la reducción de la huella de carbono del ganado al aumentar el contenido de proteínas en las plantas (Plant Sensory Systems) hasta mejorar la capacidad de una planta para secuestrar carbono en el suelo (Soil Carbon) o crear insectos controlados por la población para evitar la destrucción de cultivos (Oxitech).

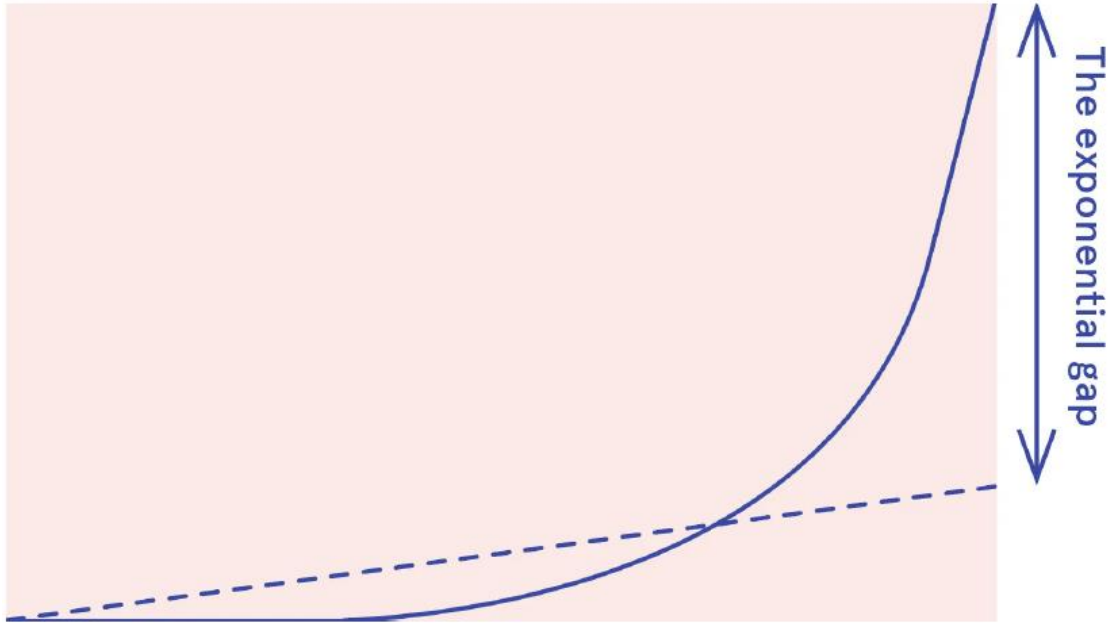
Alimentos, procesamiento de residuos y materiales avanzados: son algunas de las soluciones prometedoras en desarrollo que implementan los principios de codiseño de la naturaleza y ya está afectando a una amplia gama de industrias, desde la generación de energía hasta la medicina y los materiales.



La revista WIRED (UK) del 06 de septiembre de 2021 publicó el artículo "The Exponential Age will transform economics forever" que viene siendo un extracto del libro de Azeem Azhar "The Exponential Age, how accelerating technology is transforming business, politics and society" que saldrá a la venta el próximo septiembre, allí encontramos una serie de conceptos y ejemplos que vienen al encuentro de nuestro análisis sobre el aumento de la velocidad del cambio tecnológico y el impacto que tendrá sobre nuestras vidas.

A continuación traducimos y resumimos los conceptos resaltantes:

- a) En la Era Exponencial, un insumo principal para una empresa es su capacidad para procesar información. Uno de los principales costos para procesar esos datos es el cómputo. El costo de la computación ha venido disminuyendo rápidamente. La dinámica subyacente de cómo operan las empresas ha cambiado.
- b) La Ley de Moore equivale a reducir a la mitad el costo subyacente de la computación cada dos años. Significa que cada diez años, el costo del procesamiento que puede realizar una computadora se reducirá en un factor de 100. En general, si una organización necesita hacer algo que utilice computación y esa tarea es demasiado costosa hoy, probablemente no será demasiado costosa en un par de años. Para las empresas asimilar esta realidad es fundamental. Las organizaciones que entendieron esta deflación y la planificaron, quedaron bien posicionadas para aprovechar la Era Exponencial.
- c) Podemos visualizar la brecha mirando una curva exponencial. El desarrollo tecnológico sigue aproximadamente esta forma. Comienza pareciendo un poco monótono. En esos primeros días, el cambio exponencial es lento y la mayoría de las personas y organizaciones lo ignoran. Pero en algún punto, la línea del cambio exponencial se cruza con la del cambio lineal (línea a trazos). Ese cambio de marcha, que es a la vez rápido y sutil, es difícil de comprender y de percatarse.



Linear institutions, exponential technologies and the exponential gap

- d) Porque, a pesar de toda la visibilidad del cambio exponencial, la mayoría de las instituciones que componen nuestra sociedad siguen una trayectoria lineal. Leyes codificadas y normas sociales tácitas; empresas heredadas y ONG; los sistemas políticos y los organismos intergubernamentales, todos ellos solo han sabido cómo adaptarse gradualmente. La estabilidad es una fuerza importante dentro de las instituciones. La brecha entre la capacidad de cambio de nuestras instituciones y la velocidad acelerada de nuestras nuevas tecnologías es la consecuencia definitoria de nuestro cambio a la Era Exponencial.
- e) Podemos citar un caso histórico: El fracaso del estado en la Gran Bretaña al inicio de la Revolución Industrial para regular las prácticas laborales, reflejó las preocupaciones de una élite premoderna, agraria y aristocrática, que expuso a millares de niños y adultos a pésimas condiciones de trabajo. Gran Bretaña tenía una economía moderna, pero un orden político claramente premoderno. Al igual que nuestros antepasados victorianos, las instituciones de hoy (tal es el caso del sistema educativo y el legal) enfrentan el dilema de mantenerse al día con tecnologías que cambian rápidamente. Pero esta vez, la brecha crecerá más y más rápidamente. En la Era Exponencial, el cambio radical no tiene lugar durante décadas, sino durante años, a veces meses.



Parte II

La interpretación de los gráficos 1 y 2 muestra dos de los aspectos claves de este artículo, primero el incremento de la velocidad del cambio tecnológico y segundo de cómo los países de la periferia se han venido separando de los países del núcleo o de la vanguardia por más de doscientos años, proceso que ha generado una brecha tecnológica de considerable tamaño, la cual se sustenta sobre una educación de mala calidad como lo evidencia el Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA) de la OCDE. Las pruebas de PISA son aplicadas cada tres años y examinan el rendimiento de alumnos de 15 años en áreas temáticas clave como lectura, matemáticas y ciencias. En el PISA 2018 participaron alrededor de 600.000 estudiantes, representando a 79 países y economías. En el PISA 2018 las calificaciones de los estudiantes de todos los países participantes³ de América Latina (Chile, Uruguay, Costa Rica, México, Brasil, Colombia, Argentina, Perú, Panamá y Rep. Dominicana) resultaron por debajo del promedio.

Siempre que se habla de educación se dice que la educación de calidad es costosa, por tal razón deberíamos administrar con gran celo los escasos recursos de que disponen los países de la región. Sobre este tema en particular voy a presentar tres aspectos de esta problemática, cuya ejecución es de corto plazo y con un bajo costo, generando ahorros significativos que podrían canalizarse para aumentar la calidad de la educación y mejorar la productividad de la región:

- 1) Altos grados de deserción en los tres niveles de educación.
- 2) Pocos ingenieros, muchos abogados y psicólogos.
- 3) Falta de compromiso e identificación con el trabajo.

El estudio "At a Crossroads, Higher Education in Latin America and the Caribbean 2017", (Overview, p12), del Banco Mundial, señala lo siguiente:

"A juzgar por los resultados, el desempeño del sistema es decepcionante. En promedio, alrededor de la mitad de la población de 25-29 años de edad que comenzaron la educación superior en algún momento no finalizaron sus estudios, sea porque aún están estudiando o porque desertaron. Sólo en México y Perú la tasa de graduación está cerca de la estadounidense (que es del 65%). Además, la tasa de graduación se ha reducido con el tiempo, pues los individuos de 60-65 años de edad tienen una tasa de graduación promedio del 73%."

En la misma página, en el caso de Colombia, alrededor del 36% de todos los desertores abandonan el sistema al final de su primer año. Comienza a disminuir el porcentaje hasta llegar al 8% en el cuarto año y luego subir entre 1% y 2% los tres últimos años.

Otro aspecto que se debe contemplar es el tiempo hasta el grado (THG), el cual es alto, en promedio, 36% más que el tiempo estipulado, esto significa que para

³ Los países se listan en orden descendente.

un curso de cinco años el estudiante promedio emplea casi siete años. En algunos países, los estudiantes tardan el doble de lo que deberían en graduarse. Aunque el THG promedio es comparable al de los Estados Unidos, el hecho de que la duración de los programas de América Latina y el Caribe (ALC) sea típicamente más larga que la de los EE. UU. significa que los estudiantes de ALC pasan más años en la educación superior, por lo que enfrentan un mayor costo de oportunidad en términos de salarios no percibidos.

Ante los altos porcentajes de deserción y de tiempo necesario para graduarse, creo que se hace necesario estimar el costo de cada deserción y el costo total del universo de estudiantes que abandonan los estudios. El primer paso es precisar el costo por estudiante de la Universidad Nacional de Colombia, esto como una referencia por su alto número de estudiantes de 66.550. Además presenta un presupuesto que es de carácter público.⁴

- Presupuesto aprobado año 2022: \$2.020.700 millones
- Número de estudiantes: 66.550
- Costo por estudiante: \$30.386.400
- Tasa de cambio promedio año 2021: 3.744 pesos por dólar
- Costo por estudiante en dólares: U\$8.116

A continuación un cuadro resumen del cálculo y las premisas para estimar el costo de la deserción para el sector público. Las principales premisas son un 53,6% de estudiantes son del sector público; la tasa de deserción es 45%; y para el costo por estudiante se proponen dos escenarios el costo de la Universidad Nacional y el de la Universidad de Antioquia.

⁴ Las cifras tienen su origen en el Proyecto de Presupuesto 2022, Gerencia Nacional Financiera y Administrativa, 2 Diciembre de 2021, Consejo Superior Universitario de la UNC.

total estudiantes Colombia	2.294.500	nivel universitario	
sector público	53,6%		
N° estudiantes	1.229.852	en el sector público	
tasa deserción	45%		
N° desertores	553.433	estudiantes	
Costo por estudiante	30.386.466	pesos por año, promedio UNC	
Costo total por año	16.816.885.283.910	costo desertores sector público	
tasa de cambio \$ por U\$	3.744	promedio 2021	
costo en U\$	4.491.689.445		
Universidad Nacional Ppto 2022	2.020.700.000.000		
N° de estudiantes	66.500		
Costo por estudiante	30.386.466	pesos por año	
tasa de cambio \$ por U\$	3.744	promedio 2021	
	8.116	U\$ por estudiante por año	
Universidad de Antioquia			
Ppto 2021	1.173.786.200.000		
N° de estudiantes	34.578		
Costo por estudiante	33.946.041	pesos por año	
tasa de cambio \$ por U\$	3.744	promedio 2021	
costo en U\$	9.067	U\$ por estudiante por año	

El número de estudiantes de tercer nivel de Colombia para el año 2021 fue de 2.294.500, si a esta cifra le aplicamos el 53,6% de estudiantes en el sector público da un resultado de 1.229.852 estudiantes, de los cuales el 45% son desertores, es decir 553.433. Para saber el costo para el sector público de los desertores multiplicamos su número por el costo anual por estudiante antes calculado para la Universidad Nacional de Colombia (\$30.386.400), el resultado es de \$16,8 billones, es decir U\$4.491 millones a la tasa de cambio promedio de 3.744 del año 2021.

Si aplicáramos el costo por estudiante de la Universidad de Antioquia de \$33.946.000 el costo para el país del fenómeno de la deserción aumentaría en dos billones de pesos.

Nuestro análisis se limita al nivel universitario, la situación empeora en otros niveles: *“En el análisis de deserción nacional, se puede observar que en la Educación superior según lo muestran las estadísticas de SPADIES la mayor deserción se encuentra en los programas técnico y tecnológico, los cuales llegan al 62.18% y 59.53% respectivamente, y para la Educación universitaria es de 44,93% en el 10 semestre.”*⁵

⁵ “Deserción Estudiantil en Colombia y los programas de ingeniería de la UPTC Seccional Sogamoso”. Oscar Iván Higuera Martínez, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Escuela de Ingeniería Electrónica, (Recibido noviembre 15 de 2016 y aceptado diciembre 6 de 2016)

En el fenómeno de la deserción universitaria hay una enorme fuente de recursos, que canalizados para mejorar la calidad de la educación en todos los niveles (desde preinfantil hasta secundaria) nos permitiría esperar un mañana mejor, con recursos humanos capaces de navegar en el siglo XXI.



Cualquier observador de la problemática de la educación superior en América Latina, pudo haber percibido, desde hace décadas, un rasgo característico como es la tendencia del alumnado por ciertas carreras, una concentración en ciertas áreas del conocimiento. Pero no fue hasta el año 2015 con el informe de la UNESCO “Science Report Towards 2030”, (páginas 182 y 183) cuando se pudo apreciar la magnitud de la hipertrofia en el área de las Ciencias Sociales.

El total de titulados de grado universitario en América Latina entre los años 1996 y 2012 pasó de aproximadamente 1,76 millones en 2006 a 2,46 millones en 2015, lo cual implicó un crecimiento del 40%. Hasta aquí todo bien, es un resultado positivo. El gran problema para el desarrollo de la región es lo que se observa en el gráfico de la página 182, que es la gran distorsión en el crecimiento de las ciencias sociales, representando el 55% del total de egresados de carreras de grado en Iberoamérica. Le siguen luego la ingeniería y tecnología y las ciencias médicas con 16% y 15% respectivamente. Las disciplinas humanísticas, por su parte, representaron el 6% y las ciencias naturales y exactas el 5%.

Lo más preocupante del gráfico es que las ciencias sociales en América Latina se han mantenido en el rango del 50% al 55% a lo largo del período de 16 años entre 1996 al 2012, mientras las carreras de ingeniería y tecnología redujeron su porcentaje del 23% al 14%.⁶

Sin negar la existencia de modalidades de innovación que no requieren I&D ni laboratorios, ni que las ciencias sociales son fundamentales para el desarrollo de un país, la realidad nos indica que el grueso de la innovación exige el conocimiento y la aplicación de la ingeniería y la tecnología. La educación de tercer nivel es costosa y supone dedicar importantes recursos para su funcionamiento y crecimiento, por lo tanto, el perfil de los egresados de América Latina, que se está obteniendo de esa cuantiosa inversión, no es compatible con las metas de una región que se sabe rezagada en un mundo donde la educación conjuntamente con la ciencia, tecnología e innovación son las prioridades de todos los países.

⁶ Las cifras del informe UNESCO “Science Report Towards 2030” son diferentes de las que presenta el “Observatorio de la Universidad Colombiana” siguiendo la ruta / Indicadores / Matrícula / Matrícula por nivel / Matrícula por área de conocimiento.

El gráfico de la página 183 (“Science Report Towards 2030”) presenta dos aspectos que exigen un comentario, el primero es que también en el caso de los estudios de doctorado (PhD) las ciencias sociales mantienen un porcentaje cercano al 50%, mientras el porcentaje de los egresados en ciencias exactas y naturales baja del 33,8% en el año 1996 a 14,75% en el año 2012. El segundo aspecto es la gran importancia que le otorgan los organismos internacionales a los estudios de doctorado (PhD), valorización que puede estar justificada para los países desarrollados, dado que sus empresas y universidades trabajan en las fronteras del conocimiento, pero esa no es la situación de Colombia, cuya prioridad debe ser la formación de técnicos e ingenieros que propicien el incremento de la productividad.

En un estudio más reciente (2017) del Banco Mundial *"At a Crossroads Higher Education in Latin America and the Caribbean"* p102, Table 2.2, se indica que la proporción de egresados por "Social sciences, business and law" de Colombia alcanza el 54,1% y de Ingeniería el 18,7% para el año 2013. Los promedios de América Latina para esas dos áreas de conocimiento son de 39,5% y 11,7% respectivamente.

Todas las cifras citadas en esta sección nos llevan a concluir que las universidades de la región realizan un gran esfuerzo para formar los recursos humanos que el sistema productivo no necesita. Un caso ampliamente conocido es el exceso de abogados, tal como lo señaló en septiembre 2018 el entonces Superintendente de Sociedades⁷ Francisco Reyes Villamizar, durante el discurso de graduación de postgrado de la Universidad de los Andes, recuerda que en Colombia, conforme al Sistema de Información del Registro Nacional de Abogados y Auxiliares de la Justicia hay, cuando menos 400.000 abogados con tarjeta profesional. Hay 355 abogados por cada 100.000 habitantes, cifra que sobrepasa a la mayoría de los países del mundo. En Francia, señaló el Dr. Reyes, apenas hay 77 abogados por cada 100.000 habitantes, frente a los 355 de Colombia. Francia, que es la cuna de muchas de nuestras instituciones jurídicas, está cuatro veces por debajo de esta proporción. De igual forma recordó que en Colombia hay cerca de cien facultades de derecho, cifra que contrasta con el número de facultades que existen en Alemania, apenas 22, a pesar de que la población allá es de 82 millones de habitantes.

El otro caso es el de los estudios de Psicología: de acuerdo con la Asociación Colombiana de Facultades de Psicología en su informe “Análisis descriptivo de los programas de formación en psicología de Colombia” de diciembre 2017, señala

⁷ <https://www.supersociedades.gov.co/Noticias/Paginas/2018/SuperSociedades-destaca-labor-de-los-abogados-y-pide-replantear-la-vision-de-algunos-de-estos-profesionales.aspx>

que en Colombia existen 78 Instituciones de Educación Superior (IES) que ofrecen 138 programas de pregrado en Psicología

Por su lado el Observatorio Laboral para la Educación del MEN señala que en los últimos 16 años (2001 al 2016), se han graduado 83.124 psicólogos de los programas de psicología que se ofertan en el país. Por su lado el Colegio Colombiano Psicólogos informa en su página web tener 48.000 profesionales colegiados, entendemos que no todo graduado siente la necesidad de colegiarse.

Otra fuente que aporta cifras es la Asociación Colombiana de Universidades que en su publicación “Análisis breves de cifras de educación superior en Colombia N°1”, página 5, “Gráfico 3. Matrícula por Núcleo básico del conocimiento (NBC) con mayor aumento”, señala que la matrícula de Psicología aumentó de 45.714 estudiantes en el año 2010 a 116.935 estudiantes en el año 2018, es decir 2,6 veces. El Sistema Nacional de Información de la Educación Superior informa que el número de matriculados en Psicología es de 113 mil.

Entiendo que hablar sobre el exceso de profesionales de una determinada carrera es un asunto delicado, dado que la sensibilidad está a flor de piel, pero creo que es un tema ineludible y prioritario para el bienestar y progreso del país, de formar los recursos que la realidad nos exige: debemos tomar conciencia de que vivimos la transición de una sociedad industrial hacia la sociedad del conocimiento.

Creo que la lluvia de críticas que le cayó a la vicepresidenta Marta Lucía Ramírez por decir que "hay demasiadas psicólogas y sociólogas"⁸ en un evento en Medellín, en febrero de 2020, donde pidió despertar el interés de las niñas por carreras de ciencia y tecnología que les den mejores ingresos que las tradicionales, no es la manera de enfrentar esa realidad. Después de ese evento la vicepresidenta convocó a una mesa técnica con representantes de asociaciones gremiales y redes académicas de psicología y sociología del país y expresó lo siguiente: "Psicólogas y sociólogas le prestan un valiosísimo servicio a Colombia, resguardan la salud mental y salvan vidas. Las necesitamos para fortalecer el tejido social del país. Nunca ha sido mi posición descalificar la profesión". Eso es cierto, pero ese no es el problema, se trata de saber cuáles son los recursos humanos que el aparato productivo del país demanda.

Un estudio publicado por Manpower Group (“Escasez de talento 2020”) evidenció que el 54% de los empleadores colombianos no encuentran el talento con las habilidades que necesitan. Un significativo incremento si se tiene en cuenta que la tasa era del 24% en 2011. En el país escasea personal para labores de profesionales y de técnicos: electricistas, soldadores, mecánicos, representantes de ventas, ingenieros químicos, industriales y civiles, expertos en ciberseguridad y

⁸ <https://www.semana.com/nacion/articulo/le-llueven-criticas-a-la-vicepresidenta-por-decir-que-hay-demasiadas-psicologas-y-sociologas/652107/>

profesionales de la salud, son algunas de los roles que más necesitan las empresas y que más les cuesta conseguir.

Expertos en el área (consultora Adecco) señalan que a los profesionales no se les enseñan en las carreras habilidades que hoy tienen alta demanda en el mercado laboral. Son competencias que complementan el conocimiento de las carreras, como son las relacionadas con programación, inteligencia artificial, manejo de programas y análisis de datos, que en ocasiones son habilidades complementarias que no aprenden en el pregrado. Ahora es vital actualizarse porque antes la base de aprendizaje de un pregrado podía tener una vigencia de alrededor de veinte años, ahora con el aumento de la velocidad del cambio tecnológico se debe actualizar lo aprendido en el pregrado a los 4 - 5 años.

Esa es la realidad, por lo tanto se les haría un gran favor a los estudiantes del último año del bachillerato al informarles y orientarles sobre esa realidad, que a su vez es una situación cambiante (lo que es válido hoy, no lo será mañana). Nada como trabajar en una disciplina del saber con la cual te has identificado, en la que te desempeñas a gusto y tienes la energía para innovar.



En el estudio de la empresa consultora Gallup (año 2017) "State of the Global Workplace. Untapped Human Capital: The next great global resource (Estado del trabajo en el mundo. Capital humano sin explotar: El próximo gran recurso global) en el que se estudia el nivel de compromiso de los empleados con la empresa que los emplea, se señala lo siguiente:

El agregado global de los datos de Gallup recopilados en 2014, 2015 y 2016 en 155 países indica que solo el 15 % de los empleados en todo el mundo están comprometidos con su trabajo. Dos tercios están no comprometidos, y el 18% están activamente desvinculados. Las dos regiones del hemisferio occidental: EE.UU./Canadá y América Latina: lideran el mundo en el porcentaje de empleados comprometidos en el trabajo.

Veamos las definiciones básicas del mencionado estudio (p22):

- **Comprometidos:** Los empleados están muy involucrados y entusiasmados con su trabajo y lugar de trabajo. Son "propietarios" psicológicos, impulsan el rendimiento y la innovación, hacen avanzar a la organización.
- **No comprometido:** los empleados están psicológicamente desapegados de su trabajo y empresa. Debido a que sus necesidades de participación no se satisfacen por completo, dedican tiempo, pero no energía ni pasión, a su trabajo.
- **Activamente desvinculado:** los empleados no solo están descontentos en el trabajo, sino que están resentidos porque no se satisfacen sus necesidades

y están actuando para expresar su infelicidad. Todos los días, estos trabajadores socavan potencialmente lo que logran sus compañeros de trabajo comprometidos.

Estos son los resultados, luego de procesar los datos de Gallup recopilados en 2014, 2015 y 2016 en 155 países. Incluimos aquellos que más nos interesan (p24 y 194):

	% comprometido	% no comprometido	% activamente desvinculado
América Latina	27	59	14
EE.UU. / Canadá	31	52	17
Colombia	36	54	10

En cuanto a los beneficios que se derivan de una mayor proporción de empleados comprometidos, en el estudio se lleva a cabo la comparación entre las unidades de negocio ubicadas en el cuartil superior de participación con las del cuartil inferior y se obtienen mejoras en las siguientes áreas:

- 41% menor ausentismo
- 24% menos rotación (en organizaciones de alta rotación)
- 59% menor rotación (en organizaciones de baja rotación)
- 10% más en la satisfacción de clientes
- 17% más de productividad
- 20% más de ventas
- 21% mayor rentabilidad
- 70% menos accidentes
- 40% menos defectos (calidad)

Creando una cultura de alto rendimiento: Involucrar a los empleados requiere trabajo y compromiso, pero no es imposible. Los lugares de trabajo excepcionales comparten filosofías y prácticas comunes que se pueden aplicar en todas las organizaciones. Aquí hay algunas características que Gallup encuentra en las organizaciones que mantienen altos niveles de empleados comprometidos:

- Saben que el compromiso comienza en el nivel directivo.
- Saben que los gerentes locales están en puestos clave para respaldar los niveles de compromiso y productividad de los empleados.
- Responsabilizan a los gerentes por los resultados.
- Se aseguran de que se cumplan los requisitos básicos de compromiso antes de esperar que una misión inspiradora sea importante.
- Tienen un enfoque directo y decisivo para la gestión del desempeño: utilizan el reconocimiento como una poderosa moneda de incentivo para desarrollar las capacidades de los empleados.

- No persiguen el compromiso por sí mismo. Las organizaciones altamente comprometidas se mantienen enfocadas en los resultados asociados con niveles más altos de compromiso.

¿Cuánto cuesta esa falta de compromiso, de identificación y sentido de pertenencia de los empleados? Para responder a esta pregunta, nuevamente nos apoyamos en las encuestas e investigaciones de la consultora Gallup, más específicamente en el artículo del 11 de junio de 2013 (Sorenson y Garman) “How to tackle US. employees' stagnating engagement” en el que se señala que “los empleados activamente desconectados le cuestan a los EE. UU. \$ 450 mil millones a \$ 550 mil millones en pérdida de productividad por año.”

Luego en la publicación “State of the global workplace” (Gallup 2017), p90 se citan cifras similares para Alemania: “Gallup estima que los trabajadores alemanes no comprometidos le cuestan a la economía del país entre 80.300 y 105.100 millones de euros cada año, por ejemplo, a través de tasas anuales de ausentismo más altas (10,3 días para los empleados desvinculados activamente, en comparación con 6,5 días para los trabajadores comprometidos) o empleados de cara al cliente que transfieren su negatividad para los consumidores.”

Con las cifras de EE.UU. y Alemania hicimos un ejercicio para estimar el costo de la falta de compromiso de los trabajadores colombianos, ejercicio que se resume en la siguiente tabla:

	población econom. Activa	activamente desconectados %	activamente desconec en N°	estimación en US\$	promedio por trabajador
USA	160.000.000	17%	27.200.000	500.000.000.000	18.382
Alemania	41.200.000	15%	6.180.000	117.000.000.000	18.932
Colombia	24.000.000	10%	2.400.000	21.600.000.000	9000
	Promedio por trabajador de EE.UU. y Alemania			18.657	
	Promedio Colombia		50%	9.329	
			redondeo	9.000	

Se estima la población económicamente activa de Colombia en 24 millones de trabajadores, de los cuales el 10% se clasifican como activamente desconectados es decir 2,4 millones. A este total le aplicamos una cifra equivalente al 50% del promedio del costo de EE.UU. y Alemania, visto que el costo de la mano de obra en Colombia es menor así como la productividad, lo cual nos da US\$ 9.000 por trabajador por año, lo que nos lleva al costo total de la población activamente desconectada de US\$ 21.600 millones. ¿Qué significado tiene dicha cifra? Es lo que se dejó de producir, un mayor grado de insatisfacción del cliente, en suma derroche de recursos.

Como un resumen de esta sección creo que la traducción del título del estudio “Capital humano sin explotar: El próximo gran recurso global” es muy revelador en cuanto adonde hay que dirigir los esfuerzos: el ser humano guarda un gran potencial de trabajo y creatividad si realiza tareas con las que se compenetra y siente afinidad. Es como identificar su vocación, lo cual potenciará su capacidad de innovación.

Como lo dije antes, creo que se les haría un gran favor a los estudiantes del último año del bachillerato al informarles y orientarles sobre las múltiples opciones de estudio para que identifiquen su vocación, de esta manera tendríamos millones de personas trabajando, con energía y pasión, en áreas del saber con las que están en sintonía, equilibrando aptitudes, conocimientos e inclinaciones y siendo indudablemente más productivas.

El país sería uno de los grandes beneficiarios al contar con un recurso humano cada día más valioso y versátil, innovador y curioso.



Decíamos al principio de la Parte II que siempre que se habla de educación se dice que la educación de calidad es costosa y que por lo tanto deberíamos administrar con gran celo los escasos recursos de que disponen los países de la región. Proponíamos tres aspectos de esta problemática, como soluciones parciales, cuya ejecución es de corto plazo y con un bajo costo, generando ahorros significativos que podrían canalizarse para aumentar la calidad de la educación. Estos tres aspectos son: Altos grados de deserción en los tres niveles de educación, Pocos ingenieros, muchos abogados y sicólogos y la falta de compromiso e identificación de los empleados con el trabajo.

Si se pudieran abordar los tres aspectos simultáneamente se estaría llevando la productividad del país a nuevos territorios con personas mejor informadas sobre la carrera a escoger, lo que aumentaría las probabilidades de seleccionar la más afín con su perfil y expectativas. La mejor información alertaría a los potenciales profesionales sobre las especialidades que están saturadas y por lo tanto ofrecen modestos salarios y bajas perspectivas de crecimiento personal. Finalmente estaríamos creando generaciones de profesionales trabajando con entusiasmo, energía y pasión.

En la ecuación:

Educación + Conocimientos + Ideas + Innovación >>> Productividad

La educación desempeña el doble papel de motor de arranque y de fuerza activa que mantiene la ecuación operativa. También sabemos que la creciente velocidad del cambio tecnológico exige una actualización y aprendizaje de por vida, con el

propósito de estar a tono con el ambiente de destrucción creativa que caracteriza a la sociedad del conocimiento.

En el World Development Report 2018 (WDR), "Learning, to realize education's promise", página 3 se pueden leer dos epígrafes de gran profundidad:

"La educación es el arma más poderosa que podemos usar para cambiar el mundo". Nelson Mandela (2003)

"Si tu plan es para un año, siembra arroz. Si tu plan es a diez años, planta árboles. Si tu plan es para cien años, educa a los niños". Kuan Chung (Siglo VII A.C.)

En el inicio del WDR 2018, página 3, podemos leer:

"Escolarizar no es lo mismo que aprender. En Kenia, Tanzania y Uganda, cuando recientemente se les pidió a los estudiantes de tercer grado que leyeran una oración como "El nombre del perro es Cachorro", las tres cuartas partes no entendieron lo que decía. En la India rural, poco menos de las tres cuartas partes de los estudiantes de tercer grado no pudieron resolver una resta de dos dígitos como 46 – 17, y en quinto grado la mitad aún no podía hacerlo. Aunque las habilidades de los jóvenes brasileños de 15 años han mejorado, al ritmo actual de mejora no alcanzarán el puntaje promedio en matemáticas de los países ricos durante 75 años. En lectura, llevará más de 260 años. Dentro de los países, los resultados del aprendizaje son casi siempre mucho peores para los desfavorecidos. En Uruguay, los niños pobres de sexto grado son evaluados como "no competentes" en matemáticas a una tasa cinco veces mayor que la de los niños ricos. Además, estos datos son para niños y jóvenes que tienen la suerte de estar en la escuela. Unos 260 millones ni siquiera están matriculados en la escuela primaria o secundaria."

Luego más adelante en la página 7:

"Aunque algunos países están progresando en el aprendizaje, su progreso suele ser lento. Incluso en los países de medianos ingresos que están alcanzando a los de mejor desempeño lo están haciendo muy lentamente. Indonesia ha registrado avances significativos en PISA durante los últimos 10 a 15 años. Y, sin embargo, incluso suponiendo que pueda mantener su tasa de mejora entre los años 2003 a 2015, Indonesia no alcanzará el puntaje promedio de la OCDE en matemáticas hasta dentro de 48 años; en lectura, para 73. Para otros países, la espera podría ser aún más larga: según las tendencias actuales, a Túnez le tomaría más de 180 años alcanzar el promedio de la OCDE en matemáticas y Brasil más de 260 años en alcanzar el promedio de la OCDE en lectura. Además, estos cálculos son para países donde el aprendizaje ha mejorado."

Regresando a la ecuación de la página anterior y reteniendo las cifras que nos ofrece el WDR 2018 sobre el estado de la educación en los dos párrafos anteriores, lo que salta a la vista es el vigoroso crecimiento de la brecha que

separa a los países del núcleo con los países de la periferia. Como dijimos el motor de la ecuación, la fuerza viva es la educación, fuerza que en los países de la región parece languidecer, como esperando “que los demás inventen”, como decía el filósofo español Miguel de Unamuno.

Creo que la lamentable situación de la educación requiere medidas extremas, dentro del espíritu del documento "Science. The endless frontier" ("La Ciencia, una frontera sin fin") de Vannevar Bush, así como las decisiones tomadas por los gobiernos de los EE.UU. ante los triunfos espaciales de la Unión Soviética en las décadas de 1950 y 1960. Obviamente las medidas extremas de Colombia y los países de la región deberán ajustarse a nuestra escala, dimensiones y naturaleza, deberán aceptar la realidad que estamos viviendo de una transición de una sociedad industrial a una sociedad del conocimiento, que ya muestra deslumbrantes e increíbles innovaciones, cuya visión panorámica presentamos a continuación.



Parte III

Mi gran temor es que estemos entrando en una etapa del progreso tecnológico en la que el crecimiento de la brecha sea tal, que haga inútil cualquier esfuerzo por darle alcance a los países y empresas que trabajan en las fronteras del conocimiento.

Ya vimos lo que están haciendo las empresas del Scoreboard, en el que las diez primeras invirtieron U\$171.476 millones en I&D en el año 2019, mientras el total invertido por América Latina en el mismo año fue de U\$33.204 millones, es decir el 19,4%. Por su lado Alphabet invierte U\$25.841 millones, es decir 225 veces el monto de Petrobras la empresa líder de América Latina en I&D, que invierte la modesta cifra de U\$115 millones. A nuestra mente la recorre una sensación de enanismo que crece en la medida que asimilamos esos números.

A lo largo del artículo hemos usado la expresión “fronteras del conocimiento” por lo que es necesario explorar ese concepto para conocer en qué están trabajando una buena parte de las empresas que conforman el universo de las 2.500 empresas del Scoreboard. La fuente que hemos utilizado para dicha exploración es UNCTAD "The Technology and Innovation Report 2021, Catching technological waves", publicación que nos indica cuáles son las fronteras del conocimiento en el año 2020: Inteligencia artificial (IA), Internet de las cosas, grandes datos, cadena de bloques, 5G, Impresión 3D, robótica, drones, edición de genes, nanotecnología, célula solar fotovoltaica. Estos nombres provienen de la traducción del inglés de Artificial intelligence (AI), Internet of Things (IoT), Big data, Blockchain, 5G, 3D printing, Robotics, Drones, Gene editing, Nanotechnology, Solar photovoltaic cell, con los cuales probablemente están más familiarizados, dado que el grueso de la

investigación se lleva a cabo en un reducido número de países, en los que la lengua franca es el inglés. Algunas de ellas, como es el caso de la inteligencia artificial y la nanotecnología son fuertes candidatas a tecnologías de propósito general, sus avances lo dirán.

Alguien pudiera argumentar que esas industrias están lejanas en el futuro, pero la realidad es que ya están en producción y con una tasa de crecimiento mucho mayor que las industrias tradicionales. A continuación una traducción del subtítulo de las páginas 18 y 19 del reporte de la UNCTAD:

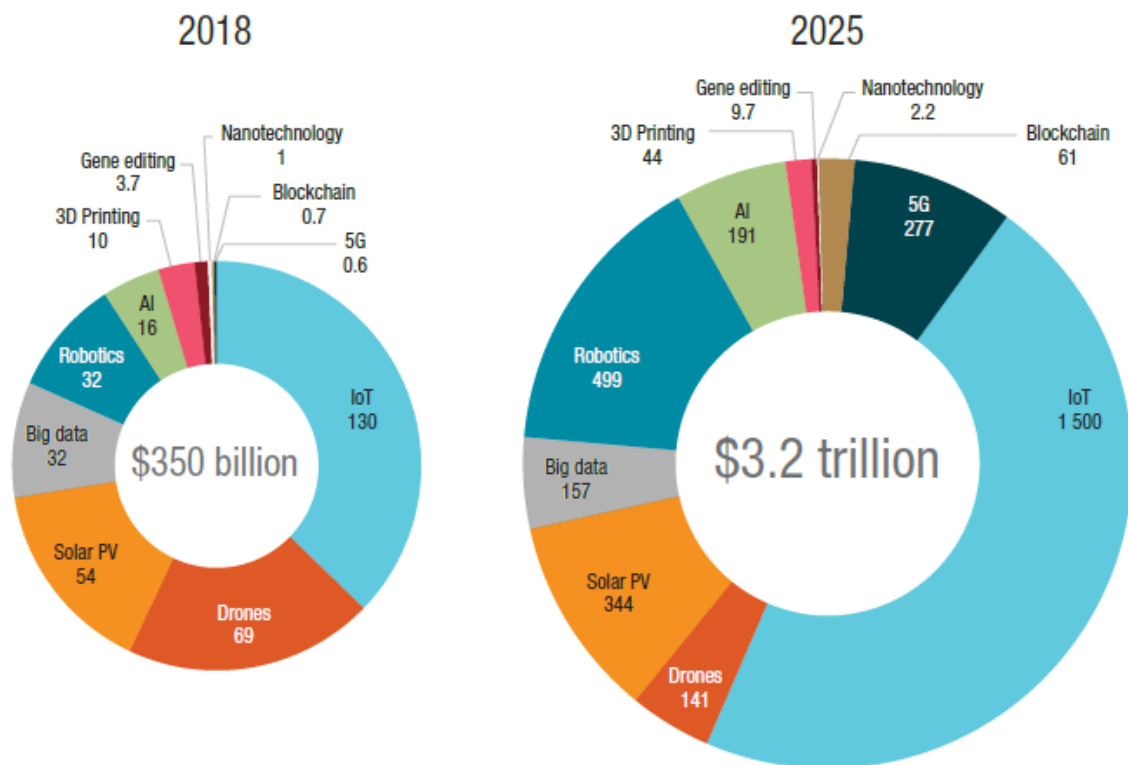
“Crecimiento rápido de las tecnologías de frontera. (ver Gráfico 4)

Según algunas estimaciones, las tecnologías de vanguardia ya representan un mercado de \$350 mil millones, y para 2025 podría crecer a más de \$3,2 billones (Figura II 1). Para poner esto en perspectiva, el mercado global actual de computadoras portátiles es de \$ 102 mil millones y para teléfonos inteligentes es de \$ 522 mil millones. Es posible que se exageren algunas estimaciones de las tecnologías de frontera y que también se cuenten dos veces considerando, por ejemplo, en IoT, que también se basa en IA y big data, pero los analistas de mercado claramente tienen grandes expectativas. Entre las tecnologías de frontera, la más grande por ingresos de mercado es IoT. En 2018, las ventas totalizaron \$ 130 mil millones y en los próximos cinco años podrían crecer a \$ 1,5 billones, que es alrededor de la mitad de los ingresos de tecnología de punta. Esto se debe a que IoT cubre una gama tan amplia de dispositivos: en 2017 ya había más dispositivos IoT en uso que personas en la tierra: 8.400 millones. Otra área de expansión futura es el internet industrial de las cosas (IIoT), que utiliza múltiples dispositivos interconectados para diversas formas de fabricación, para las fábricas de Airbus y Boeing del futuro, por ejemplo, o el almacenamiento de Amazon, o para la agricultura de tractores autónomos.

El mercado de la robótica también se expandirá rápidamente, de \$32 mil millones en 2018 a \$499 mil millones en 2025. Por el lado de la oferta, este crecimiento se debe principalmente a las continuas mejoras técnicas y al desarrollo de robots autoprogramables habilitados para IA. Por el lado de la demanda, el crecimiento provendrá del uso de robots en la fabricación a gran escala, el embalaje y la industria del automóvil. Pero incluso algunas pequeñas y medianas empresas que enfrentan costos laborales más altos o que no pueden contratar suficientes trabajadores calificados están adoptando robots industriales. Otro mercado en expansión es el de la energía solar fotovoltaica. En 2018, los ingresos del mercado fueron de \$ 55 mil millones y para 2026 pueden llegar a \$ 334 mil millones. Esto se debe a una mayor demanda de energía, una regulación gubernamental favorable y un cambio hacia un consumo sostenible que ha fomentado el uso de energía renovable. Como se indica en la Figura II 1, probablemente habrá un rápido crecimiento similar en otras tecnologías de frontera.”

Gráfico 4

Market size estimates of frontier technologies, \$billions



Las empresas y tecnologías que trabajan en las fronteras del conocimiento son una realidad, operan en un ambiente de gran dinamismo, demandando talento e inversiones en I&D, creando los mercados del futuro donde esperan recoger los beneficios de su esfuerzo y dedicación. Las cifras de mercado antes citadas son la prueba tangible de su vibrante existencia.

La pregunta dura que nos enfrenta a la realidad es ¿de esos once campos que conforman las fronteras del conocimiento, cuántos de ellos acusan presencia de empresas e investigadores de nuestros países?, ¿cuántos recursos se han destinado a la exploración de esos campos?, ¿cuántas patentes, publicaciones y acuerdos tienen las empresas de la región?

Al inicio de esta Parte III manifestaba mi gran temor de estar entrando en una etapa del progreso tecnológico en la que el crecimiento de la brecha sea tal, que haga inútil cualquier esfuerzo por darle alcance a los países y empresas de la vanguardia. Mi temor está allí, sin argumentos que lo reduzcan, con pocas esperanzas, a menos que algún grupo de dirigentes con voluntad política logre convencer al país de la imperiosa necesidad de realizar una revolución educativa que encienda el motor de arranque que le transmita fuerza y energía a todo el sistema educativo y productivo del país.

El temor tiene también un soporte histórico como se demuestra al analizar el Gráfico 2 en el que ocurrieron sucesivas revoluciones tecnológicas a las que no

nos enganamos o con las que construimos uniones frágiles. Ahora mismo está ocurriendo la transición de la era de las TIC a la era que se ha denominado Industry 4.0 cuya columna vertebral son las once tecnologías antes mencionadas, donde nuestra participación tiende a cero.

Un aspecto adicional que debe considerarse es la convergencia de esas tecnologías, es decir ante un determinado problema la solución puede estar en la aplicación simultánea de varias de dichas tecnologías.

Para mayor precisión referimos la definición de Mihail C. Rocco, en su artículo "Principles of convergence in nature and society and their application: from nanoscale, digits, and logic steps to global progress" 2020:

“La convergencia es una estrategia de resolución de problemas para comprender, crear y transformar de manera integral un sistema para alcanzar un objetivo común, como el avance de una tecnología emergente en la sociedad.”

Sin ánimo de extenderme sobre el tópico de la convergencia, cuya investigación ha generado centenares de libros y artículos, podemos decir que es un enfoque de la I&D en el que se integran diferentes disciplinas con el propósito de adquirir una comprensión amplia de la investigación y los problemas conexos, con la actitud de aprender y sintetizar conceptos y métodos de campos dispares y colaborar de manera efectiva como miembro del equipo de investigación, siempre tratando de desarrollar conceptualizaciones novedosas que trascienden construcciones y teorías preexistentes.

El abordaje de proyectos de investigación mediante la convergencia facilita y agiliza la resolución de problemas, sobre todo para los países y empresas que trabajan en las fronteras del conocimiento. Esto quiere decir que en la carrera de la Industry 4.0 partimos con desventaja.

Un ejemplo de convergencia tecnológica son los teléfonos inteligentes, que combinan la funcionalidad de un teléfono, una cámara, un reproductor de música, un GPS, una linterna y un asistente personal digital (entre otras cosas) en un solo dispositivo.

Hay empresas en el campo de la biotecnología que están transformando el proceso de I&D al identificar compuestos químicos como potenciales candidatos a fármacos e insecticidas. Mediante el uso de redes neuronales predicen la bioactividad de las moléculas candidatas. Para eso utilizan los mecanismos de la Inteligencia artificial que permite la detección de millones de compuestos y mediante un proceso de descarte llegan a una lista de las más prometedoras, lo que aumenta la probabilidad de éxito. El resultado son descubrimientos que ayudan a crear mejores medicamentos, más rápido y a un menor costo, debido a la convergencia de disciplinas.

Otro caso es de la empresa DeepMind, ya conocida en los medios de comunicación porque su programa AlphaGo venció al campeón mundial del juego de mesa Go, algo así como el ajedrez asiático. A final del año 2020 logró la hazaña de descifrar el misterio de los dobleces de las proteínas, que en la mente de numerosos científicos estaba muy lejos de explicarse. Las proteínas son los operadores esenciales de casi todas las funciones biológicas, de manera que descifrar la forma en que se pliegan las proteínas es un gran paso ya que estas sustancias realizan tareas cotidianas como activar el movimiento de los músculos, determinar el estado de los tejidos, transportar sustancias por el organismo, así como defenderlo de las agresiones.

Los científicos de DeepMind diseñaron el programa AlphaFold que es la herramienta que logró descifrar la disposición final en tres dimensiones. Esta es una labor que sin la ayuda de la computación representaría un esfuerzo que costaría muchos años, en cambio con la computación los resultados se obtienen en horas.

Del sitio de DeepMind ⁹obtuvimos la siguiente explicación:

Las proteínas son esenciales para la vida, sustentando prácticamente todas sus funciones. Son moléculas grandes y complejas, formadas por cadenas de aminoácidos, y lo que hace una proteína depende en gran medida de su estructura 3D única. Averiguar en qué formas se pliegan las proteínas se conoce como el "problema del plegamiento de proteínas", y ha sido un gran desafío en biología durante los últimos 50 años. En un gran avance científico, la última versión de nuestro sistema de IA AlphaFold ha sido reconocida como una solución a este gran desafío por parte de los organizadores de la Critical Assessment of protein Structure Prediction (CASP). Este avance demuestra el impacto que la IA puede tener en el descubrimiento científico y su potencial para acelerar drásticamente el progreso en algunos de los campos más fundamentales que explican y dan forma a nuestro mundo.



Las once tecnologías que hemos mencionado están trabajando a toda máquina creando los mercados del futuro, vienen a representar algo así como los ladrillos y herramientas de la Industry 4.0, convergiendo, complementándose y explotando la naturaleza combinatoria de la innovación. Pero en una visión macro de lo que está ocurriendo, debemos seguir muy de cerca las grandes corrientes sociales, políticas y ambientales que a su vez impulsan dichas tecnologías, me refiero a la transición energética que vive la humanidad de los combustibles fósiles a las energías renovables; a los ajustes que obligatoriamente debemos hacer como

⁹ <https://deepmind.com/blog/article/alphafold-a-solution-to-a-50-year-old-grand-challenge-in-biology>

resultado del cambio climático¹⁰, cuyas directrices están contenidas en el Acuerdo de París que entró en vigor 4 de noviembre de 2016 y ha sido firmado por alrededor de 195 países; y la muy comentada revolución del transporte con el carro eléctrico, el carro compartido y el auto sin conductor como sus componentes emblemáticos que transformaran nuestros hábitos y ciudades.

Aquí es obligatoria la pregunta, ¿hasta qué punto estamos presentes en las grandes corrientes sociales, políticas y ambientales antes mencionadas?, ¿tenemos inquietudes y proyectos que nos permitan participar del gigantesco mercado que se está gestando, producto de la enorme presión que vienen ejerciendo dichas corrientes?



Conocida nuestra falta de olfato histórico para engancharnos en las revoluciones tecnológicas del pasado, la miopía de la clase dirigente y la brecha tecnológica existente para el año 2022 y por otro lado, considerando los niveles de gastos que las empresas transnacionales destinan a la I&D, más la disponibilidad y prontitud con la que se están preparando para el enorme crecimiento que se pronóstica para los mercados de las once tecnologías que constituyen la columna vertebral de una nueva era, no queda más que aceptar que la brecha continuará creciendo, de seguir nuestros países por el mismo sendero que venimos transitando desde hace más de un siglo.

Para agravar aún más nuestra situación futura, es probable que la avalancha de innovaciones pueda traer un incremento en la desigualdad económica y social, que como hemos visto se expresó con virulencia en América Latina en los últimos cinco años al agudizarse la frustración de una naciente clase media, que mostró su vulnerabilidad al verse afectada por la caída de los precios de las mercancías (commodities) en todo el mundo, cuando los países de la región vieron caer sus ingresos.

Quizás deberíamos inspirarnos en las palabras de Paul Romer (Premio Nobel de Economía, año 2018) y no subestimar nuestro potencial:

“Cada generación ha percibido los límites del crecimiento que plantearían los recursos finitos y los efectos secundarios indeseables si no se descubrieran nuevas recetas o ideas. Y cada generación ha subestimado el potencial de encontrar nuevas recetas e ideas. Constantemente no captamos cuántas ideas quedan por descubrir. La dificultad es la misma que tenemos con el efecto

¹⁰ En el sitio web de las Naciones Unidas se lee que la aplicación del Acuerdo de París requiere una transformación económica y social, basada en la mejor ciencia disponible. Postulado con el que nos identificamos plenamente como creyentes que la solución al cambio climático se fundamenta en la capacidad de innovar del Homo sapiens.

compuesto: las posibilidades no se suman simplemente se multiplican ".
(<https://www.econlib.org/library/Enc/EconomicGrowth.>)

Fin

Referencias

1. Vannevar Bush "Science. The endless frontier", 1945
2. "Why nations fails", Acemoglu y Robinson, 2012
3. "The Runaway Species, how human creativity remakes the world", 2017
Anthony Brandt y David Eagleman
4. UNCTAD "The Technology and Innovation Report 2021, Catching technological waves".
5. OMPI y otros, Global Innovation Index
6. CEPAL, "Innovación para el desarrollo. La clave para una recuperación transformadora".
7. "EU Industrial R&D Investment Scoreboard".
8. RICYT, "El Estado de la Ciencia, 2020", Principales Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericanos, <http://www.ricyt.org/category/indicadores/>
9. Innosight 2021 Corporate Longevity Forecast.
10. "The Dawn of the Deep Tech Ecosystem 2018",
11. Boston Consulting Group (BCG) y Hello Tomorrow.
12. WIRED (UK), 06 de septiembre de 2021, "The Exponential Age will transform economics forever"
13. Azeem Azhar, "The Exponential Age, how accelerating technology is transforming business, politics and society"
14. Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA).
15. World Bank, "At a Crossroads, Higher Education in Latin America and the Caribbean 2017".
16. Proyecto de Presupuesto 2022, Gerencia Nacional Financiera y Administrativa, 2 Diciembre de 2021, Consejo Superior Universitario, UNC
17. <https://snies.mineducacion.gov.co/portal/ESTADISTICAS/Bases-consolidadas/>
18. "Deserción Estudiantil en Colombia y los programas de ingeniería de la UPTC Seccional Sogamoso". Oscar Iván Higuera Martínez, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
19. Universidad de Antioquia,
<https://www.udea.edu.co/wps/portal/udea/web/inicio/institucional/direccionamiento-estrategico/contenido/asmenulateral/presupuesto-anual/>
20. UNESCO "Science Report Towards 2030".
21. "Observatorio de la Universidad Colombiana".
<https://www.universidad.edu.co/>
22. <https://www.supersociedades.gov.co/Noticias/Paginas/2018/SuperSociedad-es-destaca-labor-de-los-abogados-y-pide-replantear-la-vision-de-algunos-de-estos-profesionales.aspx>

23. Asociación Colombiana de Facultades de Psicología en su informe “Análisis descriptivo de los programas de formación en psicología de Colombia” de diciembre 2017.
24. Marta Lucía Ramírez - <https://www.semana.com/nacion/articulo/le-llueven-criticas-a-la-vicepresidenta-por-decir-que-hay-demasiadas-psicologas-y-sociologas/652107/>
25. Manpower Group (Escasez de talento 2020).
26. Adecco, <https://www.semana.com/educacion/articulo/que-estudiamos-y-que-necesita-el-mercado-laboral/657697/>
27. Gallup (2017) “State of the Global Workplace. Untapped Human Capital: The Next Great Global Resource.
28. World Bank, World Development Report 2018 (WDR), "Learning, to realize education´s promise"
29. Mihail C. Rocco, "Principles of convergence in nature and society and their application: from nanoscale, digits, and logic steps to global progress" 2020.
30. <https://deepmind.com/blog/article/alphafold-a-solution-to-a-50-year-old-grand-challenge-in-biology>.