

DOCUMENTO DE TRABAJO N0. 02

Noviembre / 2018

MACROTENDENCIAS HACIA EL 2030

El mundo y América Latina

Iván Montenegro Trujillo, Aleidys Hernandez T., Diego Chavarro, Maria Isabel Vélez, Galo Tovar, Angela Milena Niño, Alejandro Olaya.

RESUMEN

El propósito de este documento es apoyar ejercicios de diseño de política pública de largo plazo, en particular de ciencia, tecnología e innovación, y para países Latinoamericanos, argumentando la definición, el sentido y la utilidad de la identificación y elaboración de macrotendencias. Se identifican y elaboran seis macro tendencias –cada una con sus tendencias-, una de ellas específica a América Latina, y las demás en el contexto mundial, incluido el continente.

The purpose of this document is to support long-term public policy design exercises, in particular science, technology and innovation, and for Latin American countries, arguing the definition, meaning and utility of the identification and development of macro trends. Six macro trends are identified and elaborated - each one with its trends - one of them specific to Latin America, and the others in the global context, including the continent.

Palabras clave: macro trends, demographic changes, human development gaps, Latinoamerican economy stagnation, technological revolution, climate change, corruption.

Contenido

1. Conceptualización, sentido y utilidad de las macro tendencias en el diseño de política pública de CTel	3
1.1 Definiciones.....	3
1.2 Relación con la Visión de CTel y con logro de objetivos a largo plazo	4
2. Las macro tendencias en el Mundo y América Latina	5
<i>CAMBIOS DEMOGRÁFICOS</i>	6
<i>BRECHAS EN EL DESARROLLO HUMANO</i>	10
<i>ESTANCAMIENTO DE LAS ECONOMÍAS LATINOAMERICANAS</i>	13
<i>LA NUEVA REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA</i>	16
<i>EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LOS RECURSOS NATURALES</i>	27
<i>LOS GOBIERNOS LATINOAMERICANOS AFECTADOS POR LA CORRUPCIÓN</i>	36
Referencias.....	39

1. Conceptualización, sentido y utilidad de las macro tendencias en el diseño de política pública de CTeI

1.1 Definiciones

En vista que el diálogo en el proceso de elaboración del Libro Verde se realiza sobre el aporte de la ciencia, tecnología e innovación a la transformación productiva y social del país y a la paz, en un horizonte de mediano/largo plazo –hacia 2030-, es necesario identificar macro tendencias, o tendencias críticas, en este caso, en los contextos externos: mundial, y la región Latinoamericana. La identificación y dimensionamiento de las tendencias son insumos, junto a los retos prioritarios para Colombia en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, ODS, y a las capacidades humanas esenciales, y, en particular, las capacidades y oferta en ciencia-tecnología e innovación, con miras a definir las *necesidades* y *oportunidades* de Colombia a lo largo de una ruta hasta el año 2030, y sobre las cuales enfocar los aportes de la ciencia, la tecnología y la innovación.

Con base en los planteamientos de MIO¹, se definen las **tendencias** como aquellos factores de cambio o de desarrollo de una situación –fuerzas graduales, hechos y patrones de comportamiento- que surgen, a su vez, de un (os) cambio (s) ampliamente generalizable (s) y, en algunos casos, de la innovación en sentido general, que apuntan a una determinada dirección, y que generan impactos positivos o negativos. Dichos factores de cambio o de desarrollo influyen en la mayoría de las personas y actúan, con frecuencia, formando parte de contextos similares en tanto que crean amplios parámetros para los cambios de actitudes, de políticas y énfasis institucionales o empresariales durante periodos de varios años que usualmente tienen un alcance global. Lo que es interesante de las tendencias es que normalmente la mayoría de los actores e incluso las naciones no pueden hacer mucho para cambiarlas, -son más influyentes que el poder de organizaciones y a menudo que los mismos países.

Una característica clave de las tendencias es su *dominancia*, es decir su amplia difusión; su duración se extiende durante varios años, hasta que son substituidas por otras tendencias; es posible realizar un análisis detallado de las tendencias de acuerdo a su duración, escala, evolución de su trayectoria y estructura. Es útil, según estos factores, establecer diferencias de

¹ Miles I, Zaritas O., Horizon Scanning, en: Foresight Exploring the Future, Manchester Institute of Innovation Research, 2011.

alcance y escala entre las tendencias: una *mega tendencia* cubre periodos de tiempo referidos a varias generaciones, siglos, o, incluso, uno previo a la existencia de la especie humana, -el incremento de la población mundial desde el periodo del Paleolítico. Una *macro tendencia* comprende periodos de tiempo de varias décadas, - algunos ejemplos: envejecimiento de la población, reducción de la soberanía de los Estados, mayor número de países con capacidad nuclear, cambio hacia la tecnología digital, entre otros. Y una *tendencia* forma parte de una macro tendencia por relaciones lógicas y reales con otras conformando un sistema relativamente delimitado al alcance de aquella, -el avance y distribución de Internet.

Las necesidades y oportunidades se refieren a las relacionadas con el desarrollo humano, con el desarrollo sostenible y con el desarrollo informacional.

En este caso se considera útil identificar y dimensionar, en primer lugar, las macro tendencias, hacia el 2030, para el mundo y la Región Latinoamericana; dado que algunas tendencias tienen mucha fuerza y resisten la influencia de ciertos hechos y fenómenos, su identificación y dimensionamiento coadyuvan a visualizar el estado futuro de algunos ámbitos de interés (OECD, 2016). Las macro tendencias, como se había planteado arriba, se pueden desplegar en tendencias.

1.2 Relación con la Visión de CTel y con logro de objetivos a largo plazo

En la elaboración de la Visión de la CTel, con la participación real y el compromiso efectivo de los actores relevantes de la cuádruple hélice incluyendo los de los territorios, se acuerdan unos campos del conocimiento y tecnologías clave que aportarán al logro de los grandes retos nacionales enmarcados en los ODS. El conocimiento de las macro tendencias, los temas prioritarios nacionales relacionados con los ODS, junto a las capacidades nacionales y la oferta internacional de CTel –entre otros factores-, permite evaluar si las tendencias se constituyen en: oportunidades o palancas de cambio, amenazas u obstáculos, o son situaciones que sin constituirse en oportunidades o amenazas pueden generar inercia o inflexibilidad tanto para la superación de los retos nacionales como para la gestión de ciencia y tecnología y la realización de CTel. Por ello, esta comparación permite, identificar *grandes retos (grand challenges)* en el caso que sea muy difícil influenciar la tendencia y se concluya que la acción tiene un carácter de *adaptación*; otra situación que puede presentarse es que sea posible lograr influencia en la tendencia, tratándose de medidas de *mitigación*.²

² Stefan Kuhlmann and Arie Rip, The challenge of addressing Grand Challenges, University of Twente, 2014

2. Las macro tendencias en el Mundo y América Latina

Las tendencias del continente se basan también en las tendencias globales. Se han examinado recientes estudios de tendencias globales y en América Latina hacia el año 2030, que es el año de referencia para el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, ODS, y con base en ello se identifican tendencias pertinentes para Colombia. Cabe resaltar que la disponibilidad de algunos ejercicios de identificación de tendencias en el continente es de utilidad ya que algunas tendencias mundiales se expresan de manera diferente, con lo cual se cuenta con una información específica que nutre el ejercicio de formulación del Libro Verde.

Estas seis macro tendencias se seleccionan también porque inciden en la realización de la I&D&I, y éstas generan efectos e impactos en aquellas.

Cada una de ellas se aborda mediante su definición y alcance; y se describen y analizan cada una de las tendencias que la componen, haciendo alusión al contexto global, al de América Latina y Colombia.

MACRO TENDENCIA	TENDENCIA
Cambios demográficos	<ul style="list-style-type: none">. Envejecimiento de población/Bono demográfico. Crecimiento de la clase media. Crecimiento de la urbanización. Movilidad internacional de personas calificadas
Brechas en el Desarrollo humano	<ul style="list-style-type: none">. Paz/violencia. Educación: incremento de cobertura, salvo pre escolar y secundaria. Salud: riesgo de pandemias globales. Mayor importancia de enfermedades no contagiosas.. Género: reducción de brecha de mujeres y entrada de niñas en sistema educativo
Estancamiento de las economías Latinoamericanas	<ul style="list-style-type: none">. Patrón de especialización con insuficiente valor agregado. Desigualdad del ingreso y de la riqueza

MACRO TENDENCIA	TENDENCIA
	<ul style="list-style-type: none"> . Informalidad de la mano de obra . Oportunidades derivadas del nuevo modelo de desarrollo de la República Popular China . Incertidumbre en la globalización comercial
La nueva revolución tecnológica	<ul style="list-style-type: none"> . Convergencia tecnológica NBIC y Convergencia CTS . Universalización de la economía digital . Biotecnologías . Energía y ambiente . Materiales avanzados
Cambio climático y los recursos naturales	<ul style="list-style-type: none"> . Incremento de la temperatura en el planeta . Crecientes nexos entre agua, energía y demanda de alimentos . Incremento de la demanda de energía . Rol de la CTel y de su gestión
Gobiernos Latinoamericanos afectados por la corrupción	

CAMBIOS DEMOGRÁFICOS

Esta macro tendencia incluye estas tendencias: envejecimiento de la población, que en América Latina se manifiesta en el bono demográfico; crecimiento de la clase media; incremento del grado de urbanización, y en la movilidad internacional de personas altamente educadas.

Envejecimiento de la población. Bono demográfico

A nivel mundial, según Naciones Unidas, hacia 2050, si la tasa de fecundidad se mantiene en el nivel actual de 2,5 hijos, la población se elevaría a 10.600 millones de habitantes; si decrece hasta 1,5, se llegaría a solo 7.600 millones; esto es, la diferencia del crecimiento o no de la población mundial es abrumadora: entre la tasa de fecundidad de 2,0 hijos por mujer y la de

1,5, habría 1.400 millones de habitantes menos en el planeta, lo que equivale a la totalidad de la población de China en 2030.

El envejecimiento de la población implica cambios en los estilos de vida y en los patrones de consumo, lo cual influenciará los tipos de productos y servicios que se demandan y la orientación de la innovación. La población global de más de 60 años aumentaría de 780 millones a 2.000 millones (de 2010 a 2050) y la edad media avanzaría de 29 a 38 años (CPS, 2013).

Las nuevas tecnologías, por ejemplo la robótica y las neurociencias podrían ayudar a la gente mayor a vivir más, más saludable y de manera más autónoma (OECD, 2016).

Menos personas en edad de trabajar, al interior de los países de la OCDE, influenciarán los mercados de trabajo de capacidades en CTel lo cual puede desembocar en una fuerza de trabajo en investigación más envejecida. Probablemente se va a intensificar el flujo de migrantes, con elevadas capacidades, en los países de la OCDE, lo cual afectará positivamente la fuerza de trabajo en los países de destino pero al contrario en los países de origen. Si bien se debate mucho, las nuevas tecnologías: robótica y la inteligencia artificial, podrían aliviar la escasez de personal en la economía en general (OECD, 2016).

La Región Latinoamericana posee una ventana de oportunidad demográfica **–bono o dividendo demográfico–** debido a que una mayor proporción de personas que trabajan con relación a las personas dependientes se mantendrá hasta el 2030. La oportunidad se concreta mediante políticas y acciones que induzcan un desarrollo económico y social con la participación de las personas en edad de trabajar, si bien hay que reconocer que es reducido el tiempo disponible: 13 años. El aspecto positivo es la participación de los jóvenes en el proceso de cambio estructural **–transformación productiva–** basado en la innovación y el emprendimiento innovador, y su participación en la demanda de bienes y servicios en la economía en general.

Para Colombia es válida esta tendencia crítica del bono demográfico ya que incluso la tasa de dependencia va a iniciar su crecimiento desde el 2020, lo cual implica que se incrementa en términos relativos la población dependiente, **–hecho que justifica el aprovechamiento inmediato de esta oportunidad.** El aspecto negativo es la amenaza potencial de jóvenes en la informalidad o desempleo y sin competencias laborales.

Sin embargo, en Colombia la dinámica demográfica es diferente por ciudades y aunque se incrementará la urbanización en el futuro, el bono demográfico será diferente entre ellas o entre los diferentes grupos de ciudades (DNP, 2014).

Crecimiento de la clase media

Con relación a la clase media a nivel global, la OCDE proyecta que la clase media –ingresos diarios entre US 10 y US 100- aumentaría de 1.800 millones de personas en 2009 a 3.300 millones en 2020 y 4.900 millones en 2030. La demanda global de estas clases medias crecería de 21 billones de dólares en 2009 a 56 billones de dólares para 2030 (Kharas, 2010). El 80% de ese incremento acontecería en Asia, lo que provocaría un cambio descomunal, pues hacia allí se desplazaría gran parte de la demanda mundial de consumo e inversión.

Actualmente Europa y Norteamérica constituyen en términos del número de personas la mitad de la clase media global, pero cuentan con dos tercios del gasto total. El gasto de la clase media asiática se espera que cambie desde un cuarto a casi el 60% en 2030, incluyendo un gran cambio desde el gasto en necesidades de alimentos y vestido hasta el gasto basado en selección tal como aparatos domésticos y restaurantes.

En Latinoamérica, en el 2030, la clase media llegaría al 42%, -con un 18% que aún permanecería en la pobreza. Las ciencias sociales asignan a las clases medias una tendencia favorable a la innovación y el emprendimiento; y una inclinación a la democracia, la tolerancia y la diversidad (Ferreira y otros, 2013) y que representarán un desafío a la gobernabilidad de los países y a escala mundial.

En Colombia actualmente el componente de la *clase media* es cercano al 25% de la población, con tendencia a crecer, sin embargo, para aquella existen riesgos de caer en la pobreza por fenómenos como la informalidad, derivada, a su vez, del estancamiento de la economía y las grises proyecciones.

Crecimiento de la urbanización

En cuanto al grado de urbanización, a nivel del mundo hacia 2050, la población urbana corresponderá al 70% del total, y sobrepasará los 6 billones de personas, que en 1950 eran de 1 billón de personas, (OECD, 2015).

Hacia el 2030, América Latina será la región con el más alto grado de urbanización en el mundo: más del 90% de su población. Una evaluación de las diez mayores ciudades de la región, con base en 100 indicadores en cuatro ámbitos (desarrollo económico, desarrollo

social, sostenibilidad de los recursos y gobernabilidad) muestra deficiencias como la congestión vehicular, el desaprovechamiento de las economías de escala, el déficit habitacional y la ineficiencia de algunos servicios (Cadena y otros, 2011). Se requerirá probablemente un mayor énfasis en *transferencia de tecnología* hacia las ciudades de mayor crecimiento con el propósito de ayudarlas a gestionar los múltiples desafíos que enfrentan (OECD, 2016).

Las mayores ciudades Latinoamericanas están aquejadas por importantes problemas como la falta de planificación, debilidad institucional, carencia de espacios públicos, segregación, exclusión, desigualdad, inseguridad y crecimiento exponencial del parque automotriz, que las pone en desventaja, en la competencia global, con las nuevas urbes asiáticas construidas con diseños planificados. Lo anterior debido a que en algunos estudios (McKinsey) se pronostica que se intensificará la competencia entre urbes, ya que sería en las ciudades, no en polos regionales como se pensaba antes, donde se concentrará la fuerza del crecimiento, la innovación y la calidad de vida.

Aquí es pertinente referir la movilidad internacional de personas altamente educadas en diferentes etapas de sus carreras profesionales puesto que es un impulsor de la circulación mundial de conocimiento significativo. Los países y las instituciones están en una competencia mundial por el talento con miras a construir sus propios centros de excelencia científica global. Las tecnologías digitales ayudarán de manera creciente a superar las tensiones derivadas de la movilidad facilitando que las personas mantengan, por ejemplo, un contacto regular con familiares y amigos, (OECD, 2016).

Los países emergentes al competir con el mundo desarrollado, podrían aumentar la demanda de jóvenes con educación técnica o superior, incluso al punto de revertir los flujos y producirse un aumento en el número de profesionales jóvenes que emigran desde países desarrollados a los países en desarrollo. En la medida en que se asiente la sociedad del conocimiento, la ventaja estará donde haya más jóvenes con buena formación, constituyéndose en una importante señal para los países latinoamericanos.

Hacia el futuro el número de estudiantes, a nivel mundial, que buscarán estudiar en el exterior podría duplicarse hasta 8 millones de ellos en el año 2025, y el crecimiento anual de la demanda de educación superior en el exterior será de más del 3% entre 2005 y 2025 en el Medio Oriente, Asia, América Central y América del Sur, (Goddard, 2012). Para el caso de los países en desarrollo se requiere prevenir un “brain drain”, aunque es posible la dirección contraria.

BRECHAS EN EL DESARROLLO HUMANO

La elaboración de esta macro tendencia se basa en el enfoque de desarrollo como *libertad*, cuyo concepto de *capacidad* busca reflejar la libertad que la persona posee para llevar un u otro tipo de vida que valora. La libertad real, entendida como la expansión de las opciones humanas, puede ser posible si los derechos, posibilidades y oportunidades de cada persona le ayudan a lograr su bienestar. El desarrollo puede entenderse como el proceso de expansión de las libertades reales que la gente disfruta (Sen, 1999). La libertad se corresponde con las capacidades requeridas para lograrla. Nussbaum³ elabora unos principios políticos para concretar un umbral de diez capacidades centrales requerido para lograr una vida decente y digna⁴. En esta macro tendencia las capacidades se relacionan con los temas de: Paz, educación, salud, y una alusión a la perspectiva de género, que se expresan en las respectivas tendencias.

De otra parte, el enfoque de desarrollo como libertad Naciones Unidas lo mide cada año desde 1990⁵, mediante un Informe, y para el periodo 1990-2015, calcula el Índice de Desarrollo Humano, IDH, que incluye cuatro subíndices: esperanza de vida al nacimiento, años esperados de escolaridad, promedio de años de escolaridad y PIB per cápita.

A nivel global, el crecimiento anual compuesto del IDH, en el periodo 1990-2015 muestra que el crecimiento de los países desarrollados ha sido el doble que en los países en desarrollo, y su valor absoluto es mayor. Para el mismo periodo, el crecimiento del mundo es del 0,74%, igual al crecimiento de la región Latinoamericana y del Caribe (PNUD, 2017); sin embargo, en los periodos 2000-2010 y 2010-2015, el crecimiento en nuestra región ha sido inferior al del mundo, y, en consecuencia mucho menor que el del grupo de los países desarrollados.

Paz/violencia

A nivel de la historia mundial, Steven Pinker del MIT (2012), supera, basado en una muy extensa investigación, el mito del crecimiento de la violencia en la época moderna y, en la escala de siglos (mega tendencia), concluye que la tasa de homicidios de 100 por 100.000 habitantes en la Edad Media disminuye radicalmente a 1 homicidio en la actualidad, en 7 u 8 países europeos. En la escala de décadas (macro tendencia), la tasa de mortandad desciende

³ Nussbaum, M, Crear Capacidades, Planeta, 2012

⁴ La lista incluye capacidades: vida, salud física, integridad física, sentidos-imaginación-pensamiento, emociones, razón práctica, afiliación, otras especies, juego y control sobre el propio entorno.

⁵ UNDP, Human Development Report 2016 **Human Development for Everyone**, 2016

de 65.000 muertes por conflicto por año en los años cincuenta del siglo pasado, a menos de 2.000 decesos por conflicto por año en la década pasada.

Con relación a la **Paz** o a la violencia es preciso destacar, a nivel de América Latina, en primer lugar, la atenuación del último conflicto a nivel del hemisferio –en Colombia-.

En Colombia la tendencia a la conquista de la Paz, cuyo periodo coincide con el año 2030, es central en el desarrollo de la democracia, y en el fortalecimiento de la economía. No obstante el logro de la firma del nuevo Acuerdo de Paz, la consecución real de la misma depende del éxito en la puesta en marcha de los puntos de acuerdo, en el plano político de los puntos de participación política y de jurisdicción especial para la Paz; en lo económico del desarrollo rural integral y de la solución al problema de las drogas. La experiencia internacional muestra que el grado de implementación de lo acordado en los primeros años es un factor crucial para el afianzamiento de la Paz.

En este componente de Paz en Colombia se debe tener en cuenta, debido a su relación con la violencia, la cadena de valor del narcotráfico y las redes ilícitas emergentes –operando en los ámbitos ilegales y legales al mismo tiempo- conformadas por actores criminales y actores legales/grises en la minería criminal de oro y coltán (Garay, 2013), las cuales podrían consolidar a largo plazo un alcance transnacional con eslabones en América, África, Europa y Asia, frente a las cuales el Estado colombiano para combatirlas con éxito deberá hacer un esfuerzo coordinado con los países del continente americano.

El proceso de implementación de la Paz en Colombia justifica el aporte de las ciencias sociales y las humanidades, con el fin de generar conocimiento sobre hechos y fenómenos como destrucción del tejido social por el conflicto, las emergentes modalidades de protesta social y ciudadana, nuevas formas de economía campesina y familiar, entre otros.

Educación

A nivel global el nivel promedio de acceso a la educación será más dinámico en los países en desarrollo que en las economías avanzadas, y se pronostica que el número de estudiantes de educación superior se duplicará hacia el 2025, es decir 262 millones de personas (OECD, 2017).

Con relación a educación para la Región Latinoamericana se proyecta, en general, ampliación de la cobertura en todos los niveles educativos, especialmente en la básica primaria y secundaria, salvo en preescolar y en educación terciaria que sigue siendo baja en términos relativos a otras regiones y países del mundo. Para las personas con edad de graduado

universitario, hacia 2030, el porcentaje de quienes logren un título universitario será del 23%, equivalente a la mitad del de los países de la OCDE.

En la educación colombiana, la tendencia tiene perfiles similares a los de la Región Latinoamericana, con particularidades en cuanto a la brecha entre oferta y demanda de educación técnica y tecnológica; y a la brecha entre demanda y oferta disponibles en algunas carreras de pregrado⁶.

Salud

En cuanto a salud, de acuerdo a la OECD (2016) a nivel global, el desarrollo urbano en muchos países en desarrollo planteará desafíos, incluido la probabilidad de pandemias globales. Estos desafíos podrían tener una gran influencia en las futuras agendas de investigación. La investigación farmacéutica está entrando en una nueva era de *ciencia abierta* y en el uso de tecnologías convergentes para descubrir las causas genéticas y bioquímicas de las enfermedades. Las tecnologías digitales de manera masiva incrementarán los volúmenes de información médica disponible para elevar el poder del análisis de información en el servicio de toma de decisiones en salud. Nueva investigación y desarrollo pública y privada serán esenciales para tratar la amenaza de la creciente resistencia anti microbiana. Los grupos de pacientes se han tornado prominentes en el diseño de las agendas de investigación e innovación. Además, los grupos de investigación “hágalo usted mismo” y las comunidades ejecutoras serán probablemente más visibles en el campo de la salud, apoyados por tecnologías avanzadas de costo bajo tales como la biología sintética y la manufactura aditiva.

A nivel del continente Latinoamericano, las enfermedades no contagiosas tendrán mayor importancia que las contagiosas, debido a la ampliación y mejoramiento de los sistemas de agua potable y saneamiento básico en las zonas urbanas. También las pérdidas de vida por accidentes de carretera y violencia serán superiores a las causadas por enfermedades contagiosas. De acuerdo a la Organización Panamericana de la Salud, OPS, en 1995 las tasas ajustadas por 100.000 habitantes fueron de 113,34 defunciones para enfermedades no transmisibles, y en 2014 de 393,03; y para enfermedades transmisibles fueron de: 43,2 y 77,14, respectivamente.

⁶ Cabe mencionar la investigación realizada cuyos resultados invierten la causalidad entre educación y crecimiento, en cuanto a comprobar que la dirección causal es que el crecimiento de los países posibilita una mayor inversión en educación, y mucho menos el aporte de ésta al crecimiento, reconociendo, no obstante, la contribución de la educación al fortalecimiento de la democracia (Lant Pritchett, R., Hausmann, H-J Chang).

La tendencia de la salud en Colombia posee un perfil similar al de América Latina en cuanto a que la tendencia crítica es que las enfermedades no contagiosas tendrán mayor importancia que las contagiosas, debido a la ampliación y mejoramiento de los sistemas de agua potable y saneamiento básico.

Acceso creciente de la mujer a educación terciaria y mercado de trabajo

A nivel del ámbito de la OCDE hay señales que la brecha de género se está reduciendo, a través del crecimiento de la cobertura de la educación superior y el incremento de la participación femenina en los mercados de trabajo, de tal manera que el surgimiento de esas cohortes de mujeres altamente calificadas ha tenido implicaciones importantes para el crecimiento económico, los mercados de trabajo, la vida familiar, los patrones de cuidado de los niños y ancianos. En los países en desarrollo la entrada de las niñas en todos los niveles escolares se ha incrementado de manera significativa a lo largo de las dos últimas décadas.

De acuerdo a la OCDE (2016) hay fundadas expectativas que hacia mediados de siglo las brechas globales de género se hayan reducido de manera considerable. En el campo de la CTel si bien se ha logrado algún progreso en el cierre de la brecha, a nivel senior la proporción de científicas mujeres tiende a disminuir; existen más emprendedores hombres que mujeres y la proporción de mujeres que deciden ser empresarias no ha crecido en la mayoría de los países.

En América Latina, de acuerdo a la CEPAL, la tasa bruta de matrícula de mujeres a nivel terciario ha crecido: desde el 16,5% en 1990, hasta el 50,4% en 2014. En Colombia, según la misma fuente, dichas tasas fueron de 15,2% en 1991, y 54,8% en 2014.

ESTANCAMIENTO DE LAS ECONOMÍAS LATINOAMERICANAS

La macro tendencia se manifiesta, a nivel global, en la ralentización del crecimiento de la economía mundial desde la Gran Recesión de 2008-2009, y en el caso de América Latina en el menor ritmo de crecimiento de la región a lo largo del último cuarto de siglo, tanto con relación con las economías dinámicas y de reciente industrialización como con el crecimiento regional del periodo previo a la aplicación del enfoque del Consenso de Washington. La macro tendencia incluye las tendencias relacionadas en factores o fenómenos como: patrón de especialización con insuficiente valor agregado, desigualdad del ingreso y de la riqueza, informalidad de la mano de obra, oportunidades por el nuevo modelo de desarrollo de la República Popular China, y la incertidumbre en la globalización del comercio.

Se justifica visibilizar esta macro tendencia a nivel del continente Latinoamericano en tanto que la mayoría de las economías latinoamericanas a lo largo de la historia han generado una serie de hechos de carácter estructural que persistirían en el largo plazo, si no se propician cambios de fondo a partir de políticas públicas que dinamicen transformaciones en la estructura productiva y en el campo social, que sean susceptibles, además, de aprovechar las oportunidades que se puedan derivar de posibles cambios en la economía mundial.

De continuar con la inercia de crecimiento de los últimos quinquenios (BID, Atlantic Council, 2016), a causa de debilidad de la incidencia de políticas públicas en la región y por un previsible bajo o moderado crecimiento de la economía global, las economías de los países Latinoamericanos tendrán un lento o bajo crecimiento, demostrarán volatilidad en éste, y la heterogeneidad estructural se mantendrá, -se prevé que América Latina hacia 2030 persista como la región más desigual del mundo.

Patrón de especialización con insuficiente valor agregado

De no contar con políticas públicas enfocadas en motivar y apoyar un cambio profundo en la estructura productiva de los países de la región mediante la diversificación y la sofisticación, la Región mantendrá su dependencia de la explotación de los recursos naturales y su comercialización con bajo valor agregado, debido a que cuenta con una cuarta parte de las tierras arables del mundo y una tercera parte de las reservas de agua dulce, y por ello América Latina tiene el potencial para ser uno de los mayores proveedores de productos agrícolas, alimentos en particular, que, no obstante, podrían acelerar la deforestación, sino se impulsa la innovación tecnológica limpia.

De acuerdo con el BID (2014), en el periodo 1984 – 2010, el ritmo de la transformación productiva hacia productos más sofisticados en América Latina ha sido muy lento en comparación con el de países del Sudeste asiático. En 2016, en el ranking de complejidad económica, la mayoría de los países Latinoamericanos se sitúan en la mitad y parte baja del ranking entre 122 naciones en el mundo, con México en el mejor puesto (24), Costa Rica (44), Uruguay (46), Brasil (50), Colombia (65) y Bolivia (106).

Desigualdad del ingreso y la riqueza

América Latina es la región con mayor desigualdad en el mundo. Las diferencias de ingresos laborales y de la remuneración del trabajo y del capital están relacionadas tanto con la heterogeneidad estructural –diferencias de productividades entre sectores y a su interior– como con un alto porcentaje de trabajadores con baja cualificación para el trabajo, originadas

en su origen socio económico, precariedad de la oferta educativa y en asimetrías de poder entre empleadores y trabajadores.

De acuerdo a la información de la CEPAL, para la región Latinoamericana, el índice de concentración Gini de ingreso como promedio simple, es elevado aunque mejora: 0,533 en 1997, a 0,491 en 2014. En Colombia, con base en la metodología de Piketty la participación en el ingreso total del 1% más alto, neta de impuestos, fue del 20,1% en 2010, manteniéndose estable desde 1993, variable que la encuesta de hogares estima en un 13,5%. Por su parte, el índice Gini de ingreso para Colombia, según la CEPAL, se ha mantenido muy elevado y estable desde 1991: 0,531, y en 2014: 0,535. Este grado de inequidad se convierte, además, en un obstáculo de magnitud para el crecimiento económico.

La informalidad de la mano de obra

En América Latina se prevé que en 2030 un 35% de la mano de obra labore en el sector informal, con todos los efectos perjudiciales en lo social y económico: bajos ingresos, dificultad de acceso a los servicios sociales, bajos niveles de productividad, y bajos ingresos fiscales.

La informalidad en Colombia se sitúa en 2017 en 48,5% con un ritmo lento de descenso en los años recientes.

Oportunidades derivadas del nuevo modelo de desarrollo de la República Popular China

En el caso específico de la República Popular China (OECD/ECLAC/CAF, 2015), su denominado “nuevo normal” modelo de desarrollo, a tiempo que reduce las oportunidades para las *commodities* que tradicionalmente América Latina ha exportado a dicho país, abre nuevas oportunidades importantes. El nuevo modelo chino, a diferencia del anterior basado en la inversión pública y en el impulso a las exportaciones, cambia hacia el crecimiento del consumo interno, la diversificación y la sofisticación de la producción, y el fortalecimiento de las competencias de la población.

Las nuevas oportunidades que se abren con una perspectiva de largo plazo para América Latina en China son las exportaciones en sectores como el agroalimentario, servicios e industria manufacturera. Hacia 2040 las perspectivas del mercado de alimentos en China, deben tener en cuenta, entre otros factores, que Asia del Este se convertirá en líder mundial en bio-ciencias con el propósito de incrementar los ingresos agrícolas; Asia del Este ofrece grandes oportunidades para productos alimentarios con propiedades especiales, ya que es una región con una larga tradición de uso del consumo de alimentos con objetivos de salud. América Latina con cuantiosos recursos naturales y de agua, posee ventajas comparativas para

convertirse en proveedor de productos alimenticios de alta calidad, seguros y nutritivos. Para ello se deben realizar inversiones en I&D, capacitación y educación de personal, y una política de desarrollo productivo que implique la diversificación y sofisticación.

Incertidumbre en la globalización comercial

En cuanto al tema de la globalización, concebida como las diferentes modalidades de flujos de capitales, bienes y personas, cabe al menos en esta coyuntura presentar dudas sobre la fuerza de la tendencia a la globalización. La anunciada decisión de cerrar el mercado norteamericano a cierta producción extranjera, la señales de punición a la inversión norteamericana en el exterior, y, al mismo tiempo, el desmonte, en ese país, de las débiles políticas del estado de bienestar, permiten visualizar un escenario duradero de oposición a la globalización (Stiglitz, 2017), a menos que se compensen a los perdedores por los daños y costos; en Europa los movimientos antiglobalización son políticamente débiles debido al fuerte estado de bienestar que todavía existe; en gran parte del siglo XX el estado de bienestar y la apertura comercial fueron dos caras de la misma moneda (Rodrik, 2017).

Un fenómeno que ha acompañado y reflejado el proceso de globalización es el fortalecimiento de las cadenas globales de valor, CGV, expresado en su distribución en un creciente número de países, y en la fragmentación internacional de la producción sustentada por el uso de las TIC que ha facilitado la deslocalización de las actividades empresariales más intensivas en trabajo hacia los países fuera de la OCDE. Sin embargo la continuación de esta tendencia es incierta debido al incremento de salarios en ciertos países y los ya mencionados movimientos proteccionistas.

Las empresas multinacionales, en su reorganización internacional interna de funciones, han internacionalizado la I&D a un ritmo mayor al precedente, en lo cual sus afiliados juegan un rol importante. En la década 2003-2013 la coinversión internacional a través de patentes se incrementó un 27%, la inversión extranjera directa ha sido muy dinámica, y en ella la de los países emergentes (OCDE, 2016).

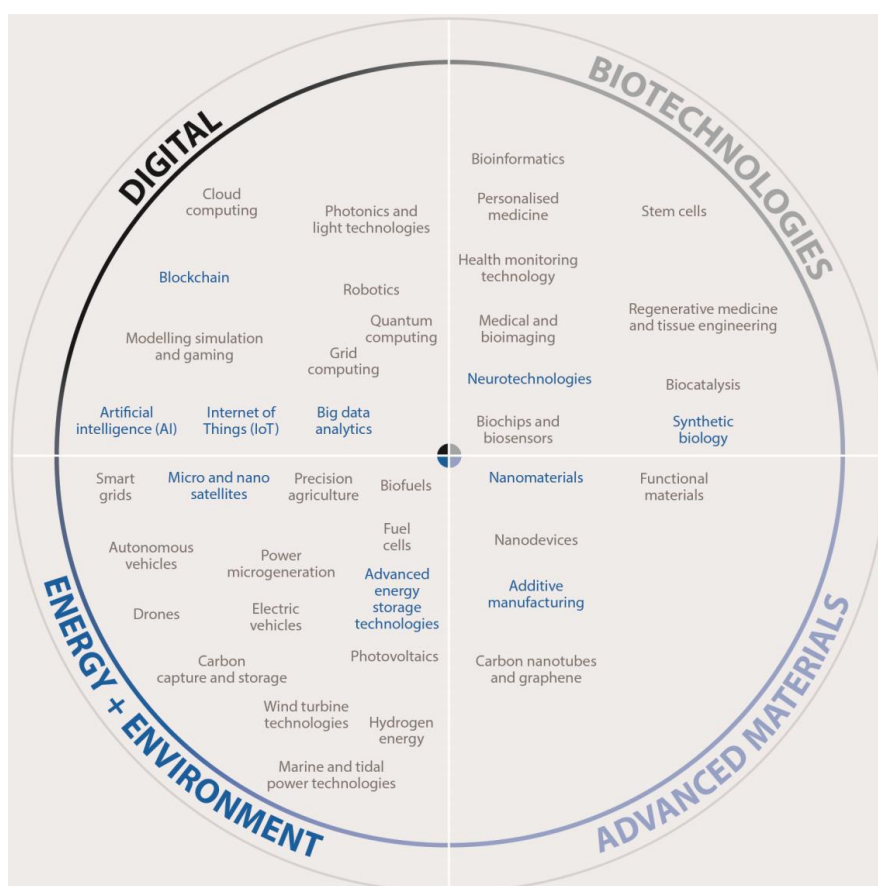
LA NUEVA REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA

La macro tendencia comprende las convergencias tecnológica –NBIC- y CTS, la universalización de la economía digital, biotecnologías, energía y ambiente, y materiales avanzados. La primera

tendencia expresa la evolución y dinámica de la base científica; las cuatro tendencias restantes son la expresión tecnológica de la primera.

La OECD (2017), basándose en recientes estudios de prospectiva identifica **100 tecnologías clave y emergentes hacia el futuro**. Se hace mención de 10 de ellas que son las más prometedoras y potencialmente más disruptivas y, en algunas instancias, que implican riesgos severos⁷, las cuales se incluyen en las tendencias identificadas, (gráfico en la página siguiente).

Cuarenta tecnologías clave emergentes



Fuente: OECD, 2017

Convergencia tecnológica y convergencia CTS

La convergencia tecnológica en principio se refiere a la combinación sinérgica de los cuatro campos de ciencia y tecnología –nano, bio, info y cogno- cada uno de los cuales actualmente progresan a una gran velocidad (NSF, 2003). Se fundamenta en cuatro factores (CEPAL, 2016):

⁷ Se toman en cuenta los resultados de seis ejercicios de prospectiva llevados a cabo por países de la OCDE –Canadá, Finlandia, Alemania y Estados Unidos-, la Federación Rusa, y un ejercicio reciente realizado por la Comisión Europea. Los ejercicios identifican cerca de 100 tecnologías críticas emergentes transversales a los seis ejercicios, y se trata de tecnologías de propósito general.

1) en el principio de la unidad material a escala nanométrica, aplicable también en los ámbitos de la información, la comunicación y el conocimiento; dicha unidad material es la base de las plataformas científico-tecnológicas del paradigma de convergencia NBIC –nanociencia, biología, información y conocimiento-; 2) el desarrollo de herramientas transformadoras: instrumentos científicos, metodologías analíticas y nuevos materiales; 3) el avance en el desarrollo de los enfoques sistémicos, las matemáticas y los métodos computacionales basados en algoritmos complejos que, junto con las herramientas NBIC, permiten entendimiento de sistemas complejos, el procesamiento y análisis de grandes cantidades de datos; 4) la posibilidad de avanzar en las capacidades físicas, humanas e intelectuales con el concepto de convergencia CTS –conocimiento, tecnología y sociedad- definida como una interacción cada vez más intensa y transformadora entre disciplinas científicas, tecnologías, comunidades y dominios de la actividad humana en apariencia distintos, para lograr una compatibilidad, sinergia e integración mutua, y, mediante este proceso, crear valor agregado y diversificarse hacia áreas emergentes para alcanzar objetivos comunes; esta convergencia CTS se facilita con la interacción de cuatro plataformas: la NBIC, las de escala humana, escala planetaria, y las de escala social.

Universalización de la economía digital

La universalización de la economía digital posee capacidad de transformar todos los flujos económicos, y los modelos de negocios. En esta tendencia se hace referencia a cuatro tecnologías críticas: inteligencia artificial, analítica de big data, blockchain e internet de las cosas.

Según la OECD (2016), la economía digital, **cuarta revolución industrial**, está emergiendo rápidamente, creando una mayor oportunidad para quienes ingresan –incluidos individuos, empresas externas y emprendedores- y tienen éxito en nuevos mercados. Las tecnologías digitales impactarán todos los sectores como los servicios financieros, por ejemplo a través de plataformas digitales de crédito P2P, *equity crowdfunding*, sistemas de pago en línea, divisas encriptadas y cadenas de bloqueo (*blockchain*).

En general: la competitividad y el crecimiento de los países dependerán, en gran medida, de su integración a la infraestructura digital mundial, - según el Banco Interamericano de Desarrollo, a un aumento de 10% en la cobertura de banda ancha corresponde un aumento de 3,19% en el PIB de un país.

La inteligencia artificial: IA, es la habilidad de las máquinas y sistemas para adquirir y aplicar conocimiento y adoptar un comportamiento inteligente. Esto significa el desempeño de una

amplia variedad de tareas cognitivas, por ejemplo: detección, lenguaje oral, razonamiento, toma de decisiones y demostración de habilidad para mover y manipular objetos de manera coordinada. Utiliza una combinación de analítica de big data, computación en la nube, comunicación entre máquinas y la internet de las cosas, IdC, para aprender y operar. La IA empodera a nuevas clases de software y robots que progresivamente actúan como agentes autónomos, operando de manera mucho más independiente de las decisiones de sus creadores y operadores humanos que otras máquinas anteriores.

El mejoramiento de los métodos estadísticos trajo rupturas clave en el campo de la IA mediante el énfasis en el análisis de información. En lugar de proveer con exhaustivos procedimientos prescriptivos -reglas en el software-, el aprendizaje de las máquinas -estadístico- apunta a tomar decisiones con base en funciones de probabilidad derivadas de pasadas experiencias. Mediante los avances en capacidad de cómputo y técnicas de aprendizaje de máquina, se espera que el poder cognitivo de las máquinas sobrepase el de los humanos.

Los sectores que probablemente experimentarán una revolución con transformaciones radicales son: agricultura, químicos, petróleo y carbón, plástico y caucho, zapatos y textiles, transporte, construcción, defensa, vigilancia y seguridad. Y en servicios como: salud, finanzas, marketing y entretenimiento.

La automatización no dependerá más de la diferenciación entre tareas manuales e intelectuales sino de las tareas que posean rasgos rutinarios. En consecuencia, las clases medias podían estar bajo presión, debido a que un número creciente de trabajos analíticos, administrativos y cognitivos se podrán realizar por aplicaciones dotadas con IA e información.

La naturaleza imperfecta de la IA requiere de normativa en varios campos que clarifique la responsabilidad de los diversos actores involucrados: salud, propiedad intelectual, entre otros campos.

Análítica de big data, herramientas y técnicas analíticas se requieren para lograr las promesas de la big data: las implicaciones socio económicas son considerables, pero el mayor desafío de política será balancear la necesidad de apertura con las amenazas que una “informatización” extrema de la vida social puede incidir en la privacidad, seguridad, equidad e integridad. Se define como un conjunto de técnicas y herramientas que se utilizan para procesar e interpretar grandes volúmenes de información que se generan por la creciente digitalización de contenidos, el mayor monitoreo de las actividades humanas y la expansión de la IdC; se

puede utilizar para inferir relaciones, establecer dependencias, realizar predicciones de resultados y comportamientos.

Las empresas, gobiernos y las personas de manera creciente tienen acceso a volúmenes de información sin precedentes que apoyan la toma de decisiones en tiempo real combinando una amplia gama de información de diferentes fuentes. La IdC y la aceleración continua del volumen y la velocidad de información accesible y explotable dinamizarán el desarrollo de la analítica de la *big data*.

El creciente acceso a la ciencia abierta posee el potencial de hacer que todo el sistema de investigación sea más efectivo y productivo reduciendo la duplicidad y los costos de creación, transferencia y reutilización de información.

La autonomía individual, el libre pensamiento y voluntad serían afectados, socavando potencialmente los fundamentos de las modernas sociedades democráticas.

Blockchain es una base de datos que permite la transferencia de valor entre redes de computadores. Se espera que esta tecnología sea disruptiva en varios mercados asegurando transacciones confiables sin la necesidad de un tercero.

Blockchain capacita a los protocolos para intercambio de valor –a diferencia de los actuales protocolos de intercambio de información-, facilitando una comprensión compartida acerca del valor de una información específica y, de esta manera, permite la realización de transacciones. En si misma blockchain es una base de datos distribuida que actúa como un libro contable mayor abierto, compartido y confiable que nadie puede alterar y que todos pueden inspeccionar. Los protocolos construidos sobre blockchain –por ejemplo bitcoin- especifican las maneras como los miembros de una red pueden mantener y actualizar el libro mayor utilizando criptografía y a través de un consenso general. La combinación de transparencia, reglas estrictas y una supervisión constante que puede potencialmente caracterizar una red basada en blockchain proveen de condiciones suficientes para que los usuarios confíen en las transacciones que se realicen en aquella, sin la necesidad de una institución central.

Una incertidumbre crítica para las aplicaciones “no permitidas” es que su seguridad depende en gran medida en el número de usuarios; esto significa que las aplicaciones deben escalarse a un nivel suficiente antes de volverse confiables. Sin embargo, la resolución de incertidumbres tecnológicas puede facilitar actividades ilegales, ya que algunos usuarios de divisas virtuales se han involucrado en lavado de dinero y en transferencias de valor de bienes ilegales.

Internet de las cosas, I de C, promete una sociedad hiperconectada y reactiva digitalmente que tendrá un impacto profundo en todos los sectores de la economía y la sociedad. Si bien tiene un gran potencial para el desarrollo humano, social y ambiental, varias salvaguardias deben ponerse en práctica para asegurar la protección de datos y la seguridad. IdC es realmente internet de “todo” ya que además de conectar cosas, facilita la conexión digital entre otros objetos en el mundo físico como humanos, animales, aire y agua. Está muy relacionada con la analítica de big data y la computación en la nube.

Algunas estimaciones señalan que, en el año 2020, estarán conectados entre 50.000 y 100.000 millones de artefactos fuera del hogar, lo cual resulta en un gigante y poderoso “super organismo” en el que internet representa el “sistema nervioso digital global” (OECD, 2017).

Los mayores impactos se esperan en salud, manufactura, redes y gobierno local. En salud: puede surgir bioanálisis de internet de las cosas para monitoreo de riesgos de salud internos y externos; en manufactura inteligente: los desperdicios y las pérdidas se reducirán considerablemente usando sensores e interruptores automáticos.

La velocidad y efectividad de la IdC evolucionará en los próximos quince años dependiendo en buena medida del despliegue de la banda ancha fija y móvil y de la reducción del costo de los aparatos; y de que empresarios y gobierno deben implementar capacidades para el procesamiento de grandes volúmenes y variedad de información que se produzca. Su impacto depende en particular de los nuevos y emergentes desarrollos tecnológicos en analítica de grandes bases de datos y de la inteligencia artificial. La seguridad y la privacidad son los más importantes riesgos relacionados con la IdC.

Biotecnologías

Biología sintética: se basa en los principios de ingeniería para manipulación del DNA en los organismos. Ello permite el diseño y la elaboración de nuevas partes biológicas y el rediseño de sistemas biológicos naturales para usos útiles. Se espera lograr un amplio rango de aplicaciones en salud, agricultura, industria y energía, pero también suscita grandes dilemas legales y éticos.

Se trata de un campo reciente de investigación que ha introducido un enfoque de ingeniería para la manipulación genética; se define como la aplicación de ciencia, tecnología e ingeniería para facilitar y acelerar el diseño, la manufactura y/o la manipulación de materiales genéticos en organismos vivos. Permite el diseño y la construcción de componentes biológicos nuevos,

dispositivos y sistemas, y el rediseño de sistemas biológicos naturales existentes para propósitos útiles.

Existen dos desarrollos emergentes que podrían transformar la biología sintética; en primer lugar, la edición de genes utiliza las defensas naturales inmunes de las bacterias para crear “tijeras moleculares” que cortan y reemplazan franjas de DNA con gran precisión; esta técnica está ayudando a los científicos a entender con mayor profundidad los roles de los genes en la salud y cómo varias enfermedades se podrían tratar mediante modificación de tejidos y órganos; las células inmunes de los pacientes se podrán reprogramar para que ataquen al cáncer.

En segundo lugar, la biología “hágalo usted mismo” (DIY: *Do it yourself* en inglés) o “biohacking” se refiere al trabajo de una creciente comunidad de personas y pequeñas organizaciones que estudian y practican biología ciencia de la vida fuera de los círculos profesionales. La caída de los costos de equipos, instrumentos y computación, junto al crecimiento de las prácticas de fuente abierta han impulsado este movimiento, “democratizando” la ciencia y dando acceso a la gente a su propia información biológica. Desde 2003 el costo de la secuenciación genética ha caído un millón de veces, el costo efectividad ha mejorado por la síntesis genética aunque a un ritmo menor.

El desarrollo de la biología sintética enfrenta obstáculos, incluidos preocupaciones por biorriesgos. Los riesgos por bioseguridad cubren el rango de políticas y prácticas destinadas a proteger a los trabajadores y el ambiente de errores de aplicación no intencionados o la liberación accidental de agentes de laboratorio riesgosos o materiales.

En cuanto a aspectos éticos, si bien la terapia genética (alteración de los tejidos ordinarios del cuerpo) es una técnica médica aceptada, no es el caso con las modificaciones que podrían alterar las células de reproducción de las personas. Este tipo de edición de genes –referido a la edición de líneas germinales- podría, en principio, alterar la naturaleza de la especie humana. Representantes de la National Academies of Science de los Estados Unidos, el Reino Unido y la República Popular China acordaron una moratoria sobre las alteraciones permanentes del genoma humano.

Neurotecnologías, ofrecen grandes promesas para el diagnóstico y la terapia para una vejez saludable y un mejoramiento humano en general. Sin embargo, algunas neurotecnologías suscitan profundos dilemas éticos, legales, sociales y culturales que requieren atención de la política pública.

La neurotecnología se define como todo medio artificial para interactuar con el cerebro y el sistema nervioso con el propósito de investigar, acceder y manipular la estructura y función de los sistemas neurales. Esto incluye, por ejemplo, la misma investigación del cerebro; aparatos o artefactos electrónicos que pueden reparar o substituir funciones cerebrales; aparatos de neuromodulación para tratamiento de enfermedades mentales; sinapsis artificiales y redes neurales para interfases cerebro-computador; y el desarrollo de inteligencia artificial.

Algunos ejemplos son: la optogenética, el control ingenieril y óptico de neuronas con el propósito de observar y controlar su conexión y función. Interfaces cerebro-computador: utilizadas para detectar y decodificar patrones de actividad neuronal mediante dispositivos externos -vinculando el pensamiento a dispositivos externos. Los nano robots son sistemas elaborados mediante el ensamble de componentes con dimensiones entre 1 y 100 nanómetros, que se pueden inyectar en la corriente sanguínea con gran potencial en el campo de la neurociencia, diagnóstico y la terapia.

Los avances en la ciencia del cerebro son cruciales para desarrollar nuevas neurotecnologías y viceversa; sin embargo a pesar de los avances en investigación básica y el amplio campo de aplicación de futuras aplicaciones tecnológicas, aún no se ha respondido una de las preguntas tales como: cuál es la relación física y biológica entre conjuntos de neuronas y los elementos del pensamiento?.

Las interfaces cerebro-computador pueden tener amplia aplicación en campos como entretenimiento, defensa, finanzas, interacción hombre-computador, educación y automatización doméstica. El potencial de la neurotecnología para cambiar algunos conceptos centrales y categorías utilizadas para observar y entender valores, normas y reglas relacionadas con el estatus moral de las personas hace surgir ciertas consideraciones éticas, legales y sociales.

Energía y ambiente

Micro y nano satélites: su uso es creciente y con fortalecimiento progresivo de sus capacidades. Esto proveerá a los hacedores de política con una amplia gama de herramientas sofisticadas para asumir grandes desafíos para propósitos civiles y de defensa.

En los años recientes se ha dado una revolución en este campo; los pequeños satélites pesan menos de 500 kilos, los micro y nano entre 50 y 1 kilogramo; un micro satélite tiene medidas de 10 por 10 por 10 centímetros y pesa un kilogramo; estos se pueden combinar para ensamblar satélites más grandes. La mayoría de la electrónica y de los subsistemas requeridos

para la construcción de un nanosatélite en casa se pueden comprar en la WEB, -su costo es entre 200.000 a 300.000 euros; la mayor barrera de costo es el acceso al espacio; los satélites pequeños se pueden lanzar como carga secundaria por menos de 100.000 euros.

Los pequeños satélites están siendo utilizados en un rango amplio de aplicaciones: desde observaciones de la tierra y comunicaciones hasta investigación científica, demostración de tecnología y educación, así como en defensa. El creciente uso de componentes disponibles, a diferencia de los más costosos productos espaciales calificados, está creando un nuevo mercado mundial para sistemas espaciales y servicios. Los desarrolladores se están enfocando progresivamente hacia arquitecturas de sistemas complejos para lograr que pequeños satélites interactúen en constelaciones de ellos. A nivel educativo los pequeños satélites universitarios –como demostradores tecnológicos- pueden ayudar a los estudiantes a poner en práctica mucho más rápido competencias científicas y de ingeniería. Los micro satélites tienen la capacidad de realizar observación todo el día; un caso al respecto es el monitoreo de la salud de los océanos y las aguas continentales; constelaciones de satélites se pueden utilizar para monitorear pesca ilegal y para mejorar la disposición de los dominios marinos para combatir actividades criminales. Varios países Latinoamericanos han lanzado microsátélites. Se requiere prevenir los riesgos de la basura espacial y marcos regulatorios sobre el creciente volumen de información y datos generados por aquellos.

Tecnologías avanzadas de almacenamiento de energía, se pueden definir como un sistema que absorbe energía y la almacena por un periodo de tiempo antes de liberarla bajo demanda con el fin de suministrar energía u ofrecer servicios de energía. Se necesitan rupturas en esta tecnología con el fin de optimizar el desempeño de los sistemas energéticos y facilitar la integración de los recursos energéticos renovables.

Dado que las fuentes de energía renovable contribuyen de manera creciente en su participación en las redes eléctricas, las inversiones en tecnologías de almacenamiento que faciliten el ajuste de la oferta de energía a la demanda son cada vez más importantes. Las tecnologías de almacenamiento de energía se pueden dividir en eléctricas, (electro)-químicas, térmicas y mecánicas. Pueden ser implementadas en pequeña y gran escala de manera centralizada o descentralizada a través del sistema energético.

Nuevas tecnologías de almacenamiento está aún en fases tempranas de desarrollo, incluidas las baterías multivalentes, volantes de alta velocidad, baterías de sulfuro de litio y sistemas de almacenamiento de energía magnética superconductora.

La viabilidad económica del almacenamiento de energía dependerá probablemente de las tecnologías de baterías de pequeña y mediana escala y también de tecnologías de red centralizada y descentralizada de gran escala. Las baterías avanzadas, en particular, podrían desplazar la combustión interna de motor en los vehículos de pasajeros y apoyar la transición hacia residencias y oficinas inteligentes.

En cuanto a las aplicaciones a pequeña escala, hay que anotar que la mayoría de los dispositivos electrónicos móviles y los vehículos híbridos eléctricos de pasajeros (EVs en inglés) se potencia con baterías de iones de litio, que, en los últimos años, han visto reducciones consistentes de precio e incremento de desempeño. Celdas de litio de estado sólido representan un mayor desarrollo que las tradicionales baterías de iones de litio. Otros sistemas nuevos de baterías incluyen las baterías metal-aire que se encuentran en un nivel inicial de investigación, que utilizan litio o zinc para el ánodo y el aire como el cátodo, lo cual hace que sean baterías livianas con un cátodo regenerativo de larga duración; a lo largo de la próxima década la densidad de energía podría incrementarse hasta el nivel que los vehículos de baterías sean más costo competitivos que los vehículos de combustión interna.

Se espera que las tecnologías de almacenamiento de energía contribuyan a alcanzar el escenario del objetivo de los 2 °C en el incremento de la temperatura ofreciendo flexibilidad al sistema de electricidad y reduciendo el desperdicio de energía térmica.

Se requieren rupturas tecnológicas en sistemas de almacenamiento térmico de alta temperatura y en tecnologías escalables de baterías, así como en sistemas de almacenamiento que optimicen el desempeño de sistemas energéticos y faciliten la integración de energías renovables. I&D sobre soluciones de almacenamiento se desarrolla actualmente con miras a lograr reducciones de costo en la tecnología.

Materiales avanzados

La **manufactura aditiva**, MA, el agregar progresivamente material para que un producto tome una determinada forma es un enfoque sin precedentes de la manufactura que garantiza nuevos modelos de negocios e implica cambios significativos a las industrias actuales. Sin embargo, esta tecnología debe superar varios y grandes desafíos, técnicos y regulatorios, si se desea permear el proceso industrial a gran escala.

La manufactura aditiva –conocida también como impresión en 3D- comprende diferentes técnicas que construyen productos adicionando materiales en capas, con frecuencia utilizando software para diseño asistido por computador; entre las tecnologías de MA más comunes se

encuentra el modelado de capas fundidas, la estereolitografía, proceso digital ligero y sinterización selectiva con láser. Los procesos de impresión 3D se usan para construir modelos, patrones o componentes de estampado basados en plástico, metales, cerámica y vidrio.

En la actualidad, los prototipos impresos en 3D para ajuste y ensamble son de amplio uso y se espera que se abaraten y sean de más rápida producción en la próxima década. Los desarrollos tecnológicos recientes incluyen mejoramiento en el desempeño de maquinaria de manufactura y un creciente rango de materias primas utilizadas.

Las tecnologías 3D en salud, actualmente se refieren a aplicaciones dentales (prótesis), cadera y prótesis de manos (bioimpresas y con bioingeniería); y ya se utilizan prototipos de esqueletos. DNA impresos y la impresión de partes del cuerpo y órganos de las propias células de los pacientes están en proceso de desarrollo. No sólo los sistemas biológicos bioimpresos se parecen a los humanos genéticamente, sino que también responden a presiones externas como si fueran órganos vivos.

A medida que la impresión 3D impulsará el transporte digital, y el almacenamiento, la creación y la réplica de productos, tiene el potencial de cambiar los patrones de trabajo y desencadenar una revolución en la producción; las empresas venderán diseños en lugar de productos físicos. La impresión 3D podría también contrarrestar los impactos ambientales de procesos de manufactura tradicional y de las cadenas de suministro reduciendo la producción de desechos.

Nanomateriales, despliegan únicas propiedades ópticas, magnéticas y eléctricas que pueden ser explotadas en varios campos, desde salud hasta tecnologías energéticas. Sin embargo, limitaciones técnicas e incertidumbres sobre su toxicidad para las personas y el ambiente continúan a obstaculizar una amplia aplicación.

Los nanomateriales son aquellos con una dimensión externa en una nano escala (10^{-9} metro) o que tiene una estructura interna o de superficie en la nanoescala en un rango aproximado entre 1 nm y 100 nm (ISO, 2012). Los nanomateriales pueden ser naturales, o incidentales, o manufacturados artificialmente o con ingeniería. Los nanomateriales incluyen: productos basados en carbono, metales nanoestructurados, semiconductores y aleaciones, biomateriales y materiales sinterizados. Entre los materiales basados en carbono, las tecnologías de nanotubo y grafeno son de particular interés para propósitos de investigación y de manufactura. Entre otros materiales que actualmente atraen la atención están el dióxido de nanotitanio, óxido de nanozinc, grafito, aerogeles y nanoplata.

Los nanomateriales representan una ruptura en el control de la materia, en una escala en donde la forma y el tamaño de los conjuntos de átomos individuales determinan las propiedades y funcionalidades de todos los materiales y sistemas, incluidos los de los organismos vivos. Adicionalmente, mediante la explotación de los efectos cuánticos, emergen, en esta escala, únicas propiedades ópticas, magnéticas, eléctricas, y otras propiedades.

Las áreas de aplicación incluyen: medicina, imágenes, almacenamiento de energía e hidrógeno, catálisis, construcción de peso liviano y protección a la radiación ultra violeta. Aunque tronzadas en pequeños volúmenes en monto absoluto, aplicaciones tradicionales como carbón negro o sílice amorfo han alcanzado un nivel de madurez y representan una gran proporción del mercado.

Uno de los más promisorios campos de aplicación de los nanomateriales avanzados es la medicina que actualmente posee el mayor porcentaje de aplicación de nanoproducidos. Para el mejoramiento de diagnóstico: por ejemplo chips para diagnóstico temprano de cáncer; marcadores fluorescentes robustos para mejorar la confiabilidad de los diagnósticos in-vitro.

En las áreas de energía y ambiente, materiales poliméricos inteligentes poseen usos esperados en empaquetamiento biodegradable e hidrogeles, en tanto que nanocristales de sílice ya se usan en células fotovoltaicas.

La investigación en el sector productivo es dominada por las empresas multinacionales. Y un número creciente de start-ups explotan nanomateriales en áreas de nicho específicas.

EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LOS RECURSOS NATURALES

Esta macro tendencia comprende las tendencias de: incremento de la temperatura en el planeta; nexos entre el agua, la energía y el consumo de alimentos; creciente demanda de energía; y el avance de las tecnologías.

Incremento de la temperatura en el planeta

Las emisiones de CO₂ generan el 75% de las emisiones de efecto invernadero, que en su mayoría provienen de la producción de energía. La combustión fósil representa las dos terceras partes de las emisiones globales, en tanto que la agricultura es el mayor emisor de los más letales gases de efecto invernadero tales como el metano y el óxido nitroso (OECD, 2016).

Existe una tendencia mundial creciente en la emisión de gases de efecto invernadero equivalente en la actualidad en promedio a 7 toneladas per cápita; y existe un consenso científico que, para evitar una catástrofe mundial, dicho nivel debe reducirse a un promedio de 2 toneladas per cápita en 2050. América Latina y El Caribe exhiben una tendencia opuesta a lo deseable ya que eleva las emisiones a una tasa de 0,6% anual, con un volumen de emisión per cápita de 4,6 toneladas, un nivel casi igual al de la Unión Europea, con la diferencia que ésta muestra una reducción de 0,9% anual.

La comunidad internacional ha asumido compromisos nacionales de mitigación y adaptación a 2030, sin embargo, aunque implicarían una significativa desaceleración del aumento de emisiones, son insuficientes para evitar que la temperatura global se eleve por encima de los 2 °C con relación a la temperatura prevaleciente antes de la revolución industrial, (CEPAL, 2016).

Colombia, en cifras del Inventario de Gases de efecto Invernadero (GEI) de 2010, contribuye con el 0,46% del total mundial, y se calcula que si no se toman medidas estas podrían crecer un 50% hacia el 2030.

La contribución de Colombia ha sido orientada hacia los siguientes objetivos:

- Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero del país 20% con relación a las emisiones proyectadas a 2030.
- Aumentar la resiliencia y la capacidad adaptativa del país, a través de 10 acciones sectoriales y territoriales priorizadas a 2030.
- Fomentar el intercambio de conocimiento, tecnología y financiamiento para acelerar las contribuciones planteadas en materia de adaptación y mitigación de gases de efecto invernadero.

Nexos entre el agua, la energía y consumo de alimentos

Según estudios de Merrill Lynch, se perfila una gran amenaza para el año 2030, ya que la demanda mundial de alimentos se espera que aumente en un 50%, la demanda de energía en un 50% y la demanda de agua en un 40%; el nexo entre ellas es cada vez más evidente, sobre todo en relación con el agua, con las tensiones geopolíticas en torno al agua y la energía, coincidiendo con un fuerte aumento de la sequía y la escasez de agua. La tierra cultivable adicional es escasa y se calcula que solo cubriría el 20% de la futura demanda de alimentos; el 80% restante deberá provenir de mejores tecnologías y un mayor rendimiento, eficiencia y

ahorro. Los escenarios desfavorables advierten que el aumento del precio de los alimentos y el hambre podrían dar lugar a explosiones sociales.

Si para 2030 las llamadas capas medias del mundo se expandieran de 2.000 a 5.000 millones de habitantes, el impacto sería descomunal. En América Latina existe un acervo importante de agua y de tierras, pero el impacto sería también fuerte.

Hay que tener en cuenta que el aumento y composición de la oferta exportable de alimentos es una forma indirecta de comercio internacional de agua, ya que para producir un litro de vino se utilizan 870 litros de agua; una manzana de 150 gramos requiere 125 litros del preciado líquido; un kilogramo de pollo, 4.325 litros, y uno de carne de vacuno 15.415 litros (*Water Footprint Network, 2016*).

Existe una estrecha relación entre la generación eléctrica y el consumo de agua, estimándose que la demanda de agua para producir energía crecería dos veces más rápido que la demanda de energía; a su vez, la producción de agua requerirá de más energía, ya sea para desalinizarla, bombearla desde profundidades mayores o trasladarla a puntos más distantes.

La importancia política del agua, según (OECD, 2106), se expresa en que, hacia el año 2050, el 40% de la población mundial -3,9 billones de personas- posiblemente vivirán en cuencas hídricas bajo severo stress hídrico, y al mismo tiempo casi el 20% -1,6 billones- tendrán riesgo de inundaciones.

Los principales peligros derivados del calentamiento global estarían relacionados con la falta de agua, que incidiría en la salud y la seguridad alimentaria. Otro efecto negativo es un creciente daño a la biodiversidad, especies, genotipos, comunidades, ecosistemas y biomasa. Los ecosistemas continuarían degradándose por la deforestación, la desviación de cauces y la disminución del volumen de agua en los ríos, la contaminación de aguas frescas y la acidificación de los océanos. La desaparición de la capa de hielo en el Ártico o la posible explotación de partes importantes de la Amazonia acelerarían este proceso.

Creciente demanda de energía

Se ha previsto que la producción y el consumo de combustibles fósiles, tanto petróleo como carbón, sigan creciendo por unos años para luego iniciar un descenso, y el consumo de carbón dependerá de la expansión del gas natural licuado, menos contaminante y más barato.

Un estudio de la AEI (2012) elabora dos escenarios a largo plazo; en el escenario de “nuevas políticas” (el principal), la demanda global de energía primaria crecerá un 37% entre 2012 y

2040, cuya mayor parte se satisfaría con combustibles fósiles, con lo que la temperatura mundial podría aumentar en 3,5 grados centígrados, muy por encima de lo que los científicos consideran aceptable; el sector productivo seguirá siendo el mayor consumidor de energía hacia 2040, seguido por transporte y los conjuntos y centros residenciales y comerciales. En el escenario de un “mundo eficiente”, los instrumentos más poderosos para alcanzar un equilibrio sustentable serían la eficiencia y el ahorro energético (OCDE/AIE, 2012a), con lo cual el incremento de la demanda mundial hacia 2030 podría reducirse a la mitad.

La reducción de la brecha dependería de cuatro factores: eficiencia hídrica y energética, cambios tecnológicos, exigencias ciudadanas y acuerdos políticos nacionales y mundiales para imponer rigurosas normas de emisión. La adopción temprana de estrategias de crecimiento verde mediante el uso de nuevas tecnologías generaría más empleo e inversión, con lo que las nuevas tecnologías se irían transformando en una opción cada vez más atractiva.

Al respecto hay que destacar el drástico cambio de la nueva administración norteamericana en cuanto a: la decisión de suprimir la regulación en torno a la liberación de los niveles de metano y CO₂ en el proceso de exploración y explotación de minerales y recursos fósiles; levantamiento de la moratoria para hacer exploraciones y extracciones de combustibles fósiles en tierras de propiedad del estado, incluidos parques nacionales, resguardos indígenas y terrenos cercanos a grandes espejos de agua; esto significa un desconocimiento de los compromisos recientes por el control del cambio climático.

Cabe destacar la incongruencia entre las tendencias de auge de las clases medias y las amenazas relacionadas con el cambio climático, ya que, en vía de ejemplo, la sola proyección del uso de automóviles en el mundo, y en particular en América Latina, revela la enorme expansión de emisiones de CO₂ si no se altera la composición del consumo y/o se consiguen avances tecnológicos (uso autos eléctricos y transporte públicos) o se adoptan nuevas medidas políticas e institucionales (CEPAL 2014).

Rol de la CTel y de su gestión

De acuerdo a la OECD (2016) el conocimiento nuevo en ciencia, tecnología e innovación podría mejorar el monitoreo, la gestión y la productividad de los recursos naturales y, en consecuencia, desvincular el crecimiento económico del agotamiento de aquellos. La *difusión tecnológica* será tan importante como el desarrollo de nuevas tecnologías y debe promover de manera amplia la adopción de las mejores tecnologías disponibles para un eficiente uso de los recursos naturales.

En la agricultura, como en otros sectores, la innovación es el principal impulsor del crecimiento de la productividad: nuevos métodos y tecnologías agrícolas innovadoras podrían contribuir a elevar el crecimiento de la productividad del suelo de manera más sostenida. Nuevas tecnologías jugarán un papel central en la adaptación de prácticas al cambio climático y más condiciones extremas en las condiciones de clima. El mejoramiento de las tecnologías de irrigación y nuevas prácticas agrícolas deberían apoyar la realización de un mejor seguimiento al uso del agua y a reducir su agotamiento. Se requerirá una nueva generación de plantas de tratamiento de aguas residuales con avanzada tecnología para asumir el desafío de la micro-polución derivada de medicamentos, cosméticos etc. (OECD, 2016). La creciente demanda de agro combustibles podría reorientar el uso de las tierras cultivables, dependiendo de la volatilidad de los precios de los productos alimenticios, lo cual puede amenazar la seguridad alimentaria.

La energía eólica continental y la solar fotovoltaica están convirtiéndose de uso común, pero altos niveles de despliegue requieren más innovación en almacenamiento de energía e infraestructura de redes inteligentes para mejorar su adaptación a la variabilidad climática. El internet de las cosas y tecnologías avanzadas de almacenamiento permiten un mejor monitoreo y gestión de los sistemas energéticos. Las ciudades pueden jugar un rol líder desplegando esos enfoques innovadores (OECD, 2016).

La naturaleza global del cambio climático y la degradación ambiental requerirán mayor cooperación internacional para las soluciones, incluidas la investigación y la innovación. La mitigación del cambio climático dependerá de la *transferencia de tecnología* a los países menos avanzados que serán los que exhibirán los mayores incrementos de las emisiones de efecto invernadero en las próximas décadas debido a su rápido crecimiento, (OECD, 2016).

La innovación tecnológica en energía será clave en el escenario de los °C 2. Un portafolio integral de tecnologías bajas en carbono, incluidas soluciones de descarbonización, se requiere para lograr las metas de la política del clima. El concepto de “economía circular” tomará fuerza y moldeará las futuras agendas de innovación. Nuevas tecnologías, procesos, servicios y modelos de negocio serán requerimientos fundamentales para una economía circular; el escalamiento de un cambio hacia la economía circular perfila la generación de sustanciales beneficios empresariales y macroeconómicos (OECD, 2016). Frente a las amenazas identificadas es conveniente crear estrategias en el marco del llamado “crecimiento verde inclusivo”, actuar simultáneamente sobre tres objetivos: promover la inclusión social a fin de eliminar o reducir la pobreza, resguardar el capital natural del planeta y generar nuevos

empleos de calidad. Tales objetivos serían complementarios entre sí y se reforzarían mutuamente.

La internet de las cosas, las aplicaciones inteligentes y los sensores harán posible un seguimiento cercano al cambio climático, en los ecosistemas y en la biodiversidad. El seguimiento participativo y la “big data” generarán grandes cantidades de nueva información que podría fundamentar nuevas prácticas de investigación y ciencia ciudadana como apoyo a un crecimiento más sostenido, (OECD, 2016).

De otra parte, a partir de una progresiva conciencia internacional sobre las amenazas del cambio climático, el estancamiento de la economía y de la necesidad de superar los crecientes grados de inequidad, emergen *marcos conceptuales* sobre la política de innovación que apuntan a superar dichos problemas. Una primera corriente (Schot, Steinmueller, 2017) parte de la concepción de los sistemas como configuraciones sociotécnicas, en las cuales coevolucionan elementos como: competencias, infraestructuras, estructuras productivas, productos, regulaciones y políticas, preferencias del usuario y factores culturales. Un cambio de los sistemas –innovación de sistemas- implica un cambio radical en todos los elementos de la configuración hacia una nueva, enmarcada en la economía y sociedad. La innovación de sistemas comprende la innovación social, ya que el foco del cambio no solo se refiere a los componentes tecnológicos, sino a todos los componentes⁸.

Este emergente enfoque se ha denominado *cambio transformador*, que por su profundidad y amplitud requiere de la experimentación y de la negociación, debido a que al inicio del proceso no es dable conocer de antemano la trayectoria que asumirá el cambio y en razón a la más amplia participación de actores. Lo anterior induce la realización de actividades de búsqueda, experimentación y aprendizaje; ello, exige capacidad de *anticipación* de los efectos colaterales y sus consecuencias, mediante la prospectiva y evaluación grupal de tecnología. La experimentación va más allá del ámbito tradicional de la I&D, e implica experimentación social, que propicia un conocimiento profundo de las diversas trayectorias de innovación. La experimentación social puede incluir la innovación desde abajo, la participación de otros actores sociales en la construcción de rutas de innovación; por lo anterior, el papel de los actores intermediarios es necesario por su asesoramiento en cuanto a nuevas visiones y políticas, identificación de nichos competitivos y la creación de redes que vinculan actores nuevos y tradicionales. Lo anterior: búsqueda, experimentación, aprendizaje y la creación de

⁸ Schot J., Steinmueller, W. E., Framing Innovation Policy for Transformative Change: Innovation Policy, 2017

redes y alianzas, justifica nuevos arreglos institucionales y estructuras de gobernanza que relacionen el Estado, mercado, sociedad civil, y ciencia⁹.

Otro similar marco conceptual, partiendo de diagnóstico parecido, y centrado en el caso de los países en desarrollo, tiene en cuenta la interrelación entre la política de innovación, la teoría y la práctica, con el fin de comprender mejor las fallas y las oportunidades en dichos países¹⁰. A partir del conocimiento de aquellas, emerge un nuevo campo de investigación transversal a la investigación en innovación y a los estudios sobre el desarrollo, en el cual se considera que las inversiones en CTel satisfacen las necesidades de los grupos más vulnerables. Lo anterior ha conducido también a un nuevo paradigma de la política de innovación, donde nuevos enfoques resaltan la dimensión social de la ciencia, tecnología e innovación, planteando visiones alternativas a la tradicional orientación económica, y se reclama en la necesidad de diversificar la intervención del Estado con el fin de integrar las demandas de actores que no han tenido voz al interior de las agendas de CTel.

En América Latina partiendo de las particularidades del continente en cuanto a la inequidad, a la especialización productiva con muy escasa incorporación de conocimiento, y el reconocimiento de centros y periferias del poder mundial, se propone un enfoque propositivo y normativo del desarrollo basado en la democratización del conocimiento¹¹. Se diagnóstica que en países como los latinoamericanos se genera una situación en la cual el atraso de ellos en buena medida se debe al escaso conocimiento incorporado a la sociedad, y a la posición subordinada de los países respecto a centros de poder externos; pero esa realidad interna genera tanto una baja demanda de conocimiento como pocos incentivos para producirlo, no obstante que se lo necesite para superar dicha situación de atraso. Además se constata que entre países y a su interior, y en el campo del conocimiento, se produce un efecto Mateo que contribuye a la desigualdad.

Si se conciben las políticas de innovación como políticas sociales, enfocadas a la construcción de sistemas de innovación incluyentes, basadas en una concepción de desarrollo humano - enfoque normativo- y de desarrollo sostenible, se requiere una *democratización del conocimiento* que apunte, entre diversas opciones, a la especialización en la producción de

⁹ Al respecto, se adelanta, en el marco de un convenio con SPRU de la Universidad de Sussex, una serie de actividades de experimentación de política pública de CTel, con la participación de Colombia, Finlandia, Suecia, Noruega y Africa del Sur.

¹⁰ Research Handbook on Innovation Governance for Emerging Economies: Towards Better Models, Stefan Kuhlmann and Gonzalo Ordóñez; Edward Elgar, 2016.

¹¹ Rodrigo Arocena y Judith Sutz, Innovación y democratización del conocimiento como contribución al desarrollo inclusivo, 2014

bienes y servicios, con alto valor agregado de conocimientos y capacidades, relacionados con la inclusión social.

El marco de conocimiento denominado *investigación orientado por misión* en proceso de elaboración a partir del muy amplio estudio de caso de Estados Unidos (Mazzucato, 2015), Brasil, la Unión Europea, y otros, emerge este enfoque que se define, en primera instancia, como políticas públicas sistémicas que se nutren de la frontera del conocimiento con el fin de lograr propósitos específicos, o “gran ciencia para enfrentar grandes problemas” (Mazzucato, 2015, 2016, 2018). Una misión establece objetivos claros y ambiciosos que solo pueden alcanzarse mediante una cartera de proyectos de investigación e innovación y medidas de apoyo, como intervenciones de políticas, acciones de despliegue y participación de los usuarios finales.

A nivel global y de acuerdo a la OECD (2016), en la relación del sector público y la ciencia y tecnología, los gobiernos continuarán a jugar un rol esencial en garantizar la autonomía científica y en el apoyo a la ciencia fundamental. Los gobiernos probablemente se tornarán proactivos en la promoción de la innovación verde, utilizando la financiación a la I&D, los incentivos tributarios, las compras públicas, los estándares y la regulación. El cambio hacia un mundo multipolar puede incrementar las incertidumbres sobre la seguridad, y posiblemente desencadenar nuevas carreras armamentistas que probablemente influenciarán de manera negativa la inversión gubernamental en CTel. Los gobiernos continuarán a recolectar y abrir de manera creciente grandes cantidades de información útil para la investigación y la innovación.

En muchos países del mundo luego de cuarenta años de aplicar una política de desarrollo productivo en principio neutra, la crisis del 2008, renueva el interés en los países de la OCDE por una política más focalizada, que enfrente la pérdida de capacidades productivas y la competencia por la emergencia de algunos países en desarrollo, mediante una nueva “revolución productiva” orientada por la ciencia y la tecnología (OCDE, 2016).

A tiempo que los gobiernos permanecen como los más grandes inversionistas en I&D pública, las crecientes cargas de deuda, la disminución de los ingresos tributarios, los crecientes gastos en pensiones y salud, la caída de las rentas petroleras y de recursos naturales, podrían comprometer su capacidad de financiamiento de las actividades de CTel a los actuales niveles. La caída de los ingresos fiscales se genera debido a que la globalización ha abierto oportunidades para que las empresas multinacionales reduzcan en gran medida su pago de impuestos; la utilización de medidas legales para reducir ganancias para efectos fiscales o permitir que éstas se dirijan de manera artificial a paraísos fiscales resulta en pérdidas anuales

de ingresos fiscales entre US 100.000 y 240.000 millones de US dólares, que equivale a 4% - 10% del total de ingresos provenientes de los ingresos globales por impuesto a la renta de las empresas (OCDE, 2016).

El cambio tecnológico planteará a los gobiernos nuevos desafíos para gestionar las rentas de la innovación, por ejemplo a través de la política de competencia, y el reentrenamiento de la fuerza de trabajo a través de la educación. Dada la experiencia en el último cuarto de siglo se ha argumentado que es necesario que, con una visión de largo plazo, el Estado recupere un porcentaje de las cuantiosas ganancias del sector empresarial y provenientes de la explotación económica de resultados de investigación financiados con recursos públicos, con el propósito de financiar el siguiente ciclo de la innovación (Mazzucato, 2015)

Los gobiernos mismos innovan, realizando experimentos y para la formulación de política confiando cada vez más en las tecnologías digitales y utilizando éstas para la prestación del servicio y la evaluación. Las ciudades y las regiones se convertirán progresivamente en significativos financiadores públicos de la investigación e innovación. Los gobiernos se asociarán cada vez más con empresas, ONGs y filántropos para apoyar la CTel, lo cual influenciará las agendas públicas de investigación (OECD, 2016).

Las macro tendencias incidirán en las agendas futuras de I&D, en el foco y la escala de demanda futura por innovación –en los sectores público y privado. Así, algunas de las tendencias de la globalización continuarán a facilitar la amplia difusión del conocimiento, las tecnologías y de nuevas prácticas de negocios, que, a su vez, las apoyarán. La política nacional de CTel debería enmarcarse crecientemente en términos globales, reflejando la naturaleza global de muchos problemas y asuntos, y la globalización de los mercados y la producción. Los acuerdos internacionales y las iniciativas, tales como el Acuerdo de París sobre cambio climático (COP 21) y los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas impulsarán la cooperación internacional en investigación y la orientarán hacia los grandes desafíos globales, (OECD, 2016).

Las macro tendencias sugieren que las actividades de CTel podrían afrontar perturbadoras limitaciones de recursos a lo largo de las próximas décadas, debido a que muchas de aquellas exigen respuestas de política pública que podrían competir con la atención de la política pública en CTel y sus recursos; y la población mundial envejecida, junto a los evolutivos patrones de movilidad y migración, probablemente impactarán los mercados de trabajo en CTel (OCDE, 2016). Los países emergentes podrían inducir una migración de jóvenes calificados desde los países desarrollados.

El aprovechamiento de oportunidades en los mercados del Asia exigen inversiones en I&D. El surgimiento de gobierno abierto, ciencia abierta y acceso abierto, pueden ser oportunidades para la I&D en los países en desarrollo, pero deben crearse capacidades. Los problemas asociados al cambio climático requieren mayor flujo de transferencia de tecnología así como generación de conocimiento.

En Colombia, la estrategia de implementación del Acuerdo de Paz demanda una mayor generación de conocimiento en las ciencias sociales y en las humanidades. El desarrollo urbano acelerado plantea requerimientos a la investigación en salud.

La I&D privada y la innovación, según la OECD (2016), son crecientemente globales; las empresas multinacionales, como agentes importantes de la globalización, podrían internacionalizar su I&D a un ritmo mayor y a una mayor escala que en el pasado. Las cadenas globales de valor podrían promover más la especialización productiva nacional y una creciente concentración de las capacidades de innovación. La globalización será impulsada por los avances en comunicaciones y transportes; el crecimiento futuro del ingreso será progresivamente impulsado por los desarrollos en CTel; y los mejores resultados en salud y la prolongación de la esperanza de vida dependen en buena medida de la innovación en la tecnología. Sin embargo, hay efectos negativos: los desarrollos en CTel pueden exacerbar las desigualdades sino se presta suficiente atención a una amplia difusión y a la adquisición de competencias; y los desarrollos en inteligencia artificial y robótica generan preocupaciones sobre las futuras oportunidades de empleo.

LOS GOBIERNOS LATINOAMERICANOS AFECTADOS POR LA CORRUPCIÓN

Se debe aclarar, de entrada, que no se trata de corrupción en la gestión pública de CTel ni en la actividad de I&D. El hecho es que dicha gestión está siendo afectada, de manera indirecta y directa, por un entorno institucional permeado por la corrupción en los poderes del Estado, en el que actúan también organizaciones internacionales. La identificación de esta macrotendencia se justifica en tanto que no es conveniente adoptar sin más la “hipótesis de la ignorancia” (Acemoglu, Robinson, 2012) en el sentido de considerar que los problemas en la gestión gubernamental se superan con el sólo aporte de los expertos e investigadores, sin reconocer intereses diversos de los actores, y, entre ellos, los relacionados con el delito.

La corrupción se entiende, según Transparencia Internacional (2016), como el abuso del poder para beneficio propio. Puede clasificarse en corrupción a gran escala, menor y política, según

la cantidad de fondos perdidos y el sector en el que se produzca. El Fondo Monetario Internacional, FMI, (2017) la concibe en su naturaleza transaccional –el soborno por ejemplo- y en su manifestación a través de poderosas redes entre empresas y el gobierno que resultan en la privatización de la política pública.

Un estudio indicativo del FMI calcula que si la corrupción disminuyera de tal manera que los indicadores de esta pasaran del cuartil de más alta corrupción a la mediana, el ingreso por habitante de América Latina podría aumentar alrededor de US\$ 3.000 ; el costo de la corrupción medido a partir de este estimativo como la oportunidad perdida de generar ese ingreso adicional en el continente puede ser de 20 hasta 40 por ciento del PIB .

Resalta el Fondo Monetario Internacional, FMI que el Objetivo de Desarrollo Sostenible, ODS 16 incluye metas específicas relacionadas con la reducción de la corrupción, el soborno y las corrientes financieras ilícitas; y que para lograr todos los otros ODS es esencial abordar el “cáncer corrosivo” de la corrupción.

A nivel del continente Latinoamericano, el develamiento, relativamente reciente, de grandes y extendidos hechos de corrupción parecen confirmar la hipótesis de enraizamiento histórico de la corrupción en los gobiernos de todo signo político y del debilitamiento del estado de Derecho de un poder judicial que se percibe corrupto y dependiente de las coyunturas políticas. El índice de percepción de la corrupción de 2015 de Transparency International ubicaba a solo tres países latinoamericanos por encima del promedio mundial: Chile, Uruguay y Costa Rica.

De otra parte, dado que la gestión pública de ciencia, tecnología e innovación es crucial en la generación de conocimiento y su aplicación para apoyar el desarrollo humano sostenible, es conveniente y útil considerar que existen hechos, situaciones y, como hemos planteado, algunas de las demás tendencias, afectan, compiten con la gestión de CTel, cuyo reconocimiento es la base para comprender los ajustes en los modelos de gestión de la CTel.

Este fenómeno de la corrupción está relacionado con el tráfico ilegal de drogas y con las redes transnacionales de minería criminal, que generan también violencia. Y con la relativa debilidad y falta de acuerdos cooperativos entre actores y países para la lucha contra la corrupción.

Uno de los componentes del contexto internacional es la globalización del comercio ilícito, que se acerca a los US 870.000 cada año, equivalente al 1,5% del PIB mundial (OCDE, 2016). Incluye: tráfico de drogas, armas, personas, piratería, especies nativas, y sobornos.

La salida ilícita de recursos desde los países en desarrollo alcanza un monto mayor que el proveniente de las principales fuentes de financiamiento externo, teniendo en cuenta las entradas de inversión extranjera directa, los flujos de portafolio privado, las remesas y a asistencia oficial al desarrollo (CEPAL, 2016). En América latina y El Caribe los flujos ilícitos de salida entre 2004 y 2013 fueron del orden de US 150.000 millones de dólares como promedio anual, y en 2013 alcanzaron a más de US 200.000 millones, hecho que también limita la disponibilidad para el desarrollo de los países, debido a que su monto es mayor que el de las entradas de financiamiento externo (CEPAL, 2016).

El fenómeno de la corrupción incluye también al sector privado, que ha participado en la construcción de infraestructura y logística –el caso de Odebrecht- , y en el uso de paraísos fiscales en la región Latinoamericana y en el mundo para evadir impuestos, realizar operaciones ilegales e incluso criminales que, con ya se ha planteado, implican un inmenso flujo de salida ilícita de recursos.

En el caso de Colombia esta dinámica se configura como una tendencia debido a que la corrupción a todos los niveles, nacional y territorial, público y privado, y en los tres poderes del Estado –agravada con la corrupción en el más alto nivel de la justicia-, se vincula con el sistema político del clientelismo, redes criminales y la debilidad del sistema electoral. Esta tendencia crítica amenaza el mismo estado social de Derecho, genera inmensos costos de oportunidad sociales y privados, y converge con los factores que mantienen a Colombia en la llamada “trampa de los ingresos medios”, y con la elevación del nivel de riesgo de amenaza a la democracia.

En Colombia, uno de los componentes de la corrupción: la evidencia de la evasión de impuestos es más que suficiente para comprobarla. Es bastante conocido qué hacen las personas adineradas para evadir impuestos y pagar sobornos. Y esto le cuesta al Estado mínimo 4% del PIB al año, mal contados \$30 billones de pesos. Esa es la evasión del 0,01% más afortunado de Colombia¹².

Expertos calculan que en Colombia personas pudientes poseen en el exterior US 100.000 millones de dólares sin declarar¹³ , lo que coincide con el hecho que en Colombia se recauda el 15,5 por ciento del PIB; Honduras recauda el 17 por ciento; Chile, el 24 por ciento; Ecuador, el

¹² <http://www.dinero.com/edicion-imprensa/opinion/articulo/robar-evadiendo-impuestos-por-juan-ricardo-ortega/251013>

¹³ <http://www.semana.com/nacion/articulo/juan-ricardo-ortega-critica-silencio-sobre-los-panama-papers/473511>

25 por ciento; Bolivia, el 30 por ciento; Brasil, el 34 por ciento y Argentina, el 36 por ciento del PIB; y con un estudio basado en información de la DIAN cuya conclusión es que dentro del 1% del estrato de mayores ingresos, la mitad inferior del percentil superior paga un 12% de su ingreso en impuestos de renta y de nómina, mientras que ese porcentaje cae al 8% en el 0,01% más alto¹⁴.

El impacto de las TIC en la veeduría ciudadana y la rendición de cuentas abren una ventana de oportunidad para combatir la corrupción. Hay que tener en cuenta el escenario de la probable inclinación hacia la democracia de la clase media, que, al mismo tiempo, exigirá una mayor calidad y cobertura de servicios públicos; dicha actitud posee la potencialidad de

Referencias

Arocena Rodrigo, Sutz Judith, **Innovación y democratización del conocimiento como contribución al desarrollo inclusivo**, 2014

BID, Atlantic Council, **América Latina y el Futuro 2030**, 2016.

CEPAL, **Las tendencias mundiales y el futuro de América Latina**, Sergio Bitar, Edición 2016.

CEPAL, **Horizontes 2030: la igualdad en el centro del desarrollo sostenible (LC/G.2660/Rev.1)**, Santiago, 2016.

Kuhlmann Stefan, Rip Arie, **The challenge of addressing Grand Challenges**, University of Twente, 2014

Kuhlmann Stefan, Ordonez Gonzalo. **Research Handbook on Innovation Governance for Emerging Economies: Towards Better Models**, Edward Elgar, 2016.

Mazzucato, M., **Mission-Oriented Research & Innovation in the European Union**, European Commission, 2018

Miles I, Zaritas O., **Horizon Scanning, en: Foresight Exploring the Future**, Manchester Institute of Innovation Research, 2011.

¹⁴ Alvarado F., Londoño V., J. , ALTOS INGRESOS E IMPUESTO DE RENTA EN COLOMBIA, 1993-2010 Revista de Economía Institucional, vol. 16, n.o 31, segundo semestre/2014, pp. 157-194

Organization for Economic Cooperation and Development/Economic Commission for Latin America and the Caribbean/ Corporacion Andina de Fomento (OECD/ECLAC/CAF). (2015). **Latin American economic outlook 2016: Towards a new partnership with China**. Paris: OECD Publishing.

OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2016, **Megatrends affecting science, technology and innovation, 2016**

OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2016

UNDP, **Human Development Report 2016 Human Development for Everyone**, 2016.

Schot J., Steinmueller, W. E., **Framing Innovation Policy for Transformative Change: Innovation Policy**, SPRU, 2017

