

# EL CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL Y LA INDUSTRIA 4.0

Xiomara Daniela Velásquez Monroy  
[xiomara.velasquez@ica.gov.co](mailto:xiomara.velasquez@ica.gov.co)  
Profesional en Finanzas y Negocios Internacionales  
Consultor Cadenas Globales de Suministro

La Cuarta Revolución Industrial (4RI) y la transición a la Industria 4.0 (I4.0) merecen una interpretación controvertida desde el punto de vista del impacto sobre el Cambio Climático Global (CCG). El impacto negativo está asociado al aumento de la capacidad productiva y la aceleración del crecimiento económico digital, aumentando la influencia antrópica negativa sobre el medio ambiente. Sabido es que la automatización y la tecnocracia conducen a un aumento crítico en el consumo de energía. La sociedad de la información no está dispuesta a renunciar a los beneficios habituales en aras de salvar la naturaleza, al menos en la etapa actual de su desarrollo. La I4.0 seguirá mostrándose, ya sea provocando una crisis ambiental mundial o superándola con la ayuda del apoyo tecnológico para la producción y el consumo responsables. La ciencia no puede predecir la elección que hará la humanidad, más sí puede predecir las consecuencias probables de cada una de las alternativas disponibles para el desarrollo de la I4.0 y ofrecer soluciones prometedoras con el propósito de utilizar la capacidad de la I4.0 para combatir el CCG.

Así, en las últimas décadas, la agudeza del problema del CCG ha ido en aumento; para algunos este problema no es grave o es posible que acontezca, pero en un futuro lejano. Los países desarrollados fueron los primeros en darse cuenta de que el CCG está ocurriendo, interpretándolo como una amenaza a su seguridad nacional. Inicialmente, en lugar de resolver el problema del CCG, la economía global estuvo dominada por la práctica de transferir los riesgos ambientales de un país a otro. En el marco de esta práctica, se produjo la formación de grandes economías industriales de países en desarrollo (China), que se convirtieron en puntos geo-logísticos de producción promovidos por empresas transnacionales con sede en países desarrollados. Sin embargo, los países en desarrollo inicialmente se enfocaron en los beneficios que obtienen en la creación masiva de empleos, en el crecimiento económico acelerado, en el acceso a tecnología avanzada y a una mayor competitividad global. Posteriormente, se dieron cuenta de la gravedad de la carga de los costos ambientales de este crecimiento económico industrial y comenzaron a tomar medidas para proteger el medio ambiente. En consecuencia, todos los países del mundo, tanto desarrollados como en desarrollo, han reconocido que el CCG es un problema para la humanidad, ya que, si el medio ambiente se deteriora en una parte del mundo, los ecos de este fenómeno se manifestarán en otras regiones del globo terráqueo.

Con el reconocimiento internacional de la cobertura integral del CCG, en 2015 se adoptaron los Objetivos Globales de Desarrollo Sostenible (OGDS), que marcaron el inicio de una verdadera solución a este problema al reducir los costos ambientales de la economía global. En la actualidad se han lanzado e implementado activamente programas nacionales con el objeto de digitalizar la economía y la transición a la I4.0. Entendidas habitualmente como iniciativas paralelas, la lucha contra el CCG y la transición a la I4.0 están íntimamente relacionadas; la transición a la 4RI es una nueva ola de industrialización de la economía mundial, que puede y muy probablemente presupone un aumento de los costos ambientales de los sistemas económicos. Así, el CCG es la nueva realidad de nuestro tiempo en transición hacia la I4.0. Los programas de digitalización de las economías de los países del mundo deberán aunar esfuerzos y estrategias nacionales de desarrollo sostenible para evitar una catástrofe ambiental anunciada.

## **Cambio Climático Global**

El CCG es el factor externo clave que está a punto de jugar un papel importante en la actividad empresarial y la elaboración de su política, pues aumentará mayores riesgos para muchas empresas y para sus negocios, y, en consecuencia, los costos de los seguros también crecerán. Las dimensiones tecnológicas, económicas y políticas del CCG son esenciales para comprender y formular respuestas estratégicas corporativas. El CCG no es solo un problema ecológico, pues el clima está íntimamente relacionado con la actividad humana, por tanto, influye en los negocios de todo el mundo y lo hará aún más en el futuro, especialmente en el entorno logístico-empresarial.

En primer lugar, debido a que las condiciones climáticas extremas provocadas, se producirá un cambio en la disponibilidad de los recursos (materias primas e insumos) y en sus costos. Estas condiciones climáticas extremas lograrán romper las Cadenas Globales de Suministro (CGS) y complicarán aún más, para las empresas modernas, los flujos logísticos de recursos y materiales; las sequías causarán escasez en las plantas agrícolas que se utilizan para la producción de alimentos, ropa y otros productos. Un aumento en los costos de energía aumentará los costos logísticos de transporte. Las restricciones normativas sobre bienes relacionados con el CCG también aumentarán los costos. Por tanto, la escasez o el agotamiento de los recursos naturales inducirá a las empresas a utilizar materiales alternativos y a recuperar, reutilizar y reciclar cada vez más residuos. En segundo lugar, el CCG logrará cambiar la estructura de la demanda en los mercados mundiales. Cada vez más consumidores preferirán productos ecológicos. En tercer lugar, a medida que aumenta la temperatura global y cambian las condiciones climáticas, las condiciones laborales en algunos sectores económicos pueden volverse más rígidas. El trabajo físico, especialmente al aire libre, se hará más difícil y aumentarán los riesgos para la salud y la seguridad en estos ámbitos. En consecuencia, los costos en estos sectores también aumentarán.

Por su parte, el problema de la eliminación y el reciclaje de desechos es un problema agudo para cualquier megalópolis (ciudades con una población de más de 10 millones de personas). En la actualidad, las ciudades de todo el mundo producen al año alrededor de 1300 millones de toneladas de residuos sólidos urbanos y, para 2025, se prevé que el volumen aumentará a 2200 millones de toneladas. Por tanto, la renovación de las “Reglas” que deben seguir las empresas jugará (y ya juega) el papel más importante. Son normas que tienen por objeto atenuar y prevenir la contaminación ambiental. Las empresas que generan altos desechos tendrán que invertir sustancial dinero en la modernización de sus proyectos con el objeto de disminuir y/o suprimir sus desechos.

A medida que la sociedad se torna cada vez más consciente del CCG, estará menos dispuesta a aceptar modelos de negocio que no se esfuerzen por disminuir su impacto en el medio ambiente. Los consumidores adquirirán productos generados de forma sostenible o, al menos, que no deterioren el medio ambiente como los demás productos compatibles. Se espera que las empresas sean socialmente responsables y tomen medidas para hacer su actividad más respetuosa con el medio ambiente o para donar dinero a las agencias de protección ambiental. Por tanto, el CCG tiene consecuencias ecológicas, sociales, políticas y económicas. De hecho, las condiciones climáticas extremas e impredecibles, las inundaciones, las sequías, el derretimiento de la nieve del Ártico y el aumento del nivel del mar son algunos de los principales problemas y tienen consecuencias directas para el comercio mundial. Las empresas de los países en desarrollo son especialmente vulnerables. El CCG producirá un efecto dominó en las operaciones agrícolas e industriales. El CCG es un problema mucho más serio que una simple preocupación ambiental, pues influirá profundamente en la esencia de los negocios en un futuro próximo. Las empresas enfrentarán problemas graves si no analizan su influencia y si no se toman algunas medidas para encontrar las soluciones adecuadas. Ya es hora que los líderes de las empresas reconsideren sus modelos de negocios. El reconocimiento del CCG como un factor inevitable y el reconocimiento de la necesidad de adaptación requieren que los empresarios tomen decisiones audaces. La idea más crucial es comprender que la adaptación aumenta los costos, pero la falta de adaptación costará aún más.

## **Gases Efecto Invernadero**

Las emisiones de CO<sub>2</sub> del procesamiento de gas natural es 1,37 veces menores que las del procesamiento de derivados del petróleo y 1,84 y más veces menores que las del procesamiento de carbón; el gas natural produce menos partículas finas, dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) durante la combustión. En este contexto, se podría decir que la transición energética, en primer lugar, de una “Economía Negra” (dependiente del petróleo) a una “Economía Azul” (dependiente del gas), y en segundo lugar, hacia una “Economía Verde” (dependiente de Fuentes de Energía Renovables (FER, en adelante)) será muy lenta y quizás muy costosa.

Las megalópolis producen cada vez más y mayores emisiones globales de Gases de Efecto Invernadero (GEI, en adelante) que provocan el CCG. El transporte es uno de los principales contaminantes ambientales. En las grandes ciudades, el transporte por carretera es la principal fuente de emisiones nocivas (GEI). El término “Economía Colaborativa” o “Economía Compartida” (EC, en adelante) es una noción muy nueva, y tiene el potencial para lograr un desarrollo sostenible. El supuesto potencial de la sostenibilidad radica en la capacidad de las empresas

productoras de bienes y servicios en disminuir el consumo neto que conduce a la reducción de la explotación de los recursos. Se afirma que la EC conducirá a la reducción del uso de agua y energía y a la reducción de residuos; motivará la reducción de GEI, posicionando el uso compartido como una práctica alternativa de consumo para hacer frente al problema del CCG.

A su vez, el crecimiento del “Uso Compartido” a través de Uber, Craigslist, Airbnb y otras plataformas ayudará a disminuir el impacto en el clima en las áreas urbanas más densas. Con el tiempo, la EC de los recursos transformará el sistema de transporte y garantizará una reducción profunda de las emisiones de GEI en relación con una política climática eficaz. Con menos consumo de agua y de combustible, la EC ayudará a las personas a reducir la cantidad de recursos consumidos. En efecto, la adaptación consiste en utilizar instrumentos económicos para disminuir el impacto sobre el medio ambiente. Por tanto, los instrumentos económicos para estimular la reducción de GEI y la adaptación se han convertido en un problema crucial tanto para los países ricos como para los pobres, para las grandes y pequeñas empresas. Uno de los componentes más importantes en la formación de megalópolis “Verdes” es el desarrollo del sistema de transporte público, donde se da prioridad a los tipos más seguros para el medio ambiente, como los trolebuses, los tranvías, el metro, la disposición de carriles para bicicletas, scooters urbanos, autobuses eléctricos, infraestructura para estaciones de carga para vehículos eléctricos y la mejora de los espacios públicos.

Por su parte, las ciudades modernas, con su enorme consumo de energía, excesivas emisiones de GEI y toneladas de basura, se han convertido en los llamados “Monstruos Ambientales”. Las ciudades representan la mayor parte tanto del consumo de energía como de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (entre el 60 y el 80 % del total mundial). Una megalópolis como lo es Moscú no es una excepción; en este momento Moscú es un ejemplo de tal “Monstruo Ecológico”. Y, por el contrario, son estas mismas ciudades las que cuentan con el capital humano necesario, el conocimiento y las calificaciones adecuadas para generar las ideas creativas necesarias, que pueden innovar para resolver problemas ambientales apremiantes.

Sin embargo, evaluar el desarrollo urbano sostenible implica evaluar factores económicos, ambientales y sociales. La situación ecológica de las ciudades se evalúa según criterios como riesgos ambientales (exposición a desastres naturales), zonas verdes (relación entre el área de áreas verdes y el área de la ciudad), energía (uso total de energía, uso de FER, consumo de energía por dólar de PIB), contaminación del aire, emisiones de GEI, gestión de residuos (vertedero o reciclaje, porcentaje de tratamiento de aguas residuales) y calidad del agua y saneamiento (porcentaje de hogares con acceso a agua potable y saneamiento moderno). En los países desarrollados, alrededor del 40 % de las emisiones de los GEI provienen de los edificios, de los cuales menos del 10 % proviene de los materiales de construcción y más del 90 % proviene de las operaciones. Así mismo, los edificios residenciales, públicos e industriales en todo el mundo consumen el 40 % de la energía utilizada. Las emisiones de CO<sub>2</sub> y el consumo de energía de los edificios son más altos que los de la industria y el transporte combinados. Se puede ahorrar energía modernizando los edificios y equipándolos con novedosos sistemas de control. Al utilizar FER, es posible reducir a cero el volumen de emisiones nocivas (GEI). La estrategia para el desarrollo de las megalópolis del mundo incluye aumentar la eficiencia energética de la infraestructura urbana como resultado de la modernización de los equipos y sobre la base del desarrollo de redes de transmisión de energía “Inteligentes” (Red Inteligente). Los “Edificios Verdes” son un ejemplo de modelo de construcción sostenible, que consumen energía de producción propia, suministran el exceso de electricidad a la red inteligente y minimizan el consumo de agua.

#### **Industria 4.0**

La 4RI o I4.0 fue declarada inevitable y obligatoria por el Foro Económico Mundial, y las prioridades de desarrollo se hicieron evidentes, es decir, el desarrollo de la digitalización, la automatización, los macrodatos y su seguridad. Pero I4.0 va de la mano con otra estrategia importante para la humanidad: conservar los recursos de la Tierra y mejorar la situación ambiental, así como garantizar el bienestar de todos los miembros de la sociedad. Aunque los efectos ambientales de la I4.0 actualmente no están completamente claros, sin embargo, incluso ahora, los estados deben predecirlos y tenerlos en cuenta al configurar sus políticas industriales, ambientales, científicas y técnicas. La 4RI o I4.0 no es un país o una industria específica. Impregna el mundo y tiene el potencial de impactar en todas las comunidades en diferentes etapas de desarrollo y en todos los sectores industriales.

En efecto, la 4RI o I4.0 conducirá a la transición de la economía mundial a un “Nuevo Orden Tecnológico” basado en la introducción generalizada de tecnologías digitales; la “Digitalización” se fundamenta en la integración de “Tecnologías Habilitadoras Clave” en los procesos de producción e incluye: Sistemas Físicos Cibernéticos, Sistemas Ciberfísicos Colaborativos, Internet de las Cosas (IoT), Internet Industrial de las Cosas (IIoT), Internet de los Servicios (IoS), Big Data y Análisis de Datos, Computación en la Nube (CN), Fabricación en la Nube, Fabricación Aditiva o Impresión 3D, Sistemas Robóticos, Robótica Avanzada, Realidad Aumentada (RA), Realidad Virtual (RV). Realidad Mixta, Computación en la Nube (CN), Simulación y Modelado, Ciberseguridad, Aprendizaje Automático e Inteligencia Artificial (IA), Tecnología Blockchain, Fabricación Inteligente y Gemelos Digitales entre otras.

Así, I4.0 juega un papel significativo en la transición hacia una “Economía Verde”. En consecuencia, la EC se basa en compartir bienes y servicios que conservan energía y reducen el consumo de recursos. Y la transición a ella es posible precisamente gracias a la I4.0 que tiene el potencial de controlar la presencia de capacidades subutilizadas uniendo, a través de CN, FN y Blockchain, a proveedores, compradores y consumidores. De igual manera, I4.0 faculta, con el apoyo de IoT, IIoT e IoS (sensores ambientales que miden temperatura, humedad, composición del aire y los niveles de radiación, tiempo de actividad, etc.) la creación de megaciudades y comunidades e industrias más inteligentes y sostenibles. Por su lado, la minería del carbón que es una de las industrias más antiguas del mundo, siendo la fuente de energía más disponible en la actualidad, está bajo la presión por parte de las políticas globales que buscan energías más eficientes y respetuosas con el medio ambiente. Sin embargo, las innovaciones nacidas en el seno de la I4.0 (sistemas robóticos de exploración; redes de sensores (IIoT e IoT); IA para aumentar la eficiencia de la planta; tecnología aerotransportada para la exploración de minerales; Imágenes 3D y Escaneo Láser; soluciones de perforación Automatizadas y Teleoperadas; Sistemas de Transporte Autónomo; Tecnología de Plasma; Adopción de Sistemas Centralizados para operar, monitorear y controlar las actividades de extracción o procesamiento desde una ubicación remota) puede ser la única forma que las empresas de la industria del carbón salgan de la crisis, aumentar la competitividad y ser más amigables con el medio ambiente. La implementación de la I4.0 significa operaciones interrelacionadas más eficientes, rápidas y limpias durante toda la cadena de valor, permitiendo la transparencia informativa y descentralización de la toma de decisiones.

En lo que respecta a las empresas de generación de electricidad, están actualizando su infraestructura mediante la adopción de I4.0: registros inteligentes con el apoyo de IIoT; Aprendizaje Automático y CN en el monitoreo de activos y para el mantenimiento predictivo de los equipos; reducción del costo de la transmisión de electricidad con la ayuda de la IA. Las soluciones que adoptan IIoT y el aprendizaje automático permiten recopilar información del comportamiento sobre la depreciación y el mantenimiento de activos y respaldar los programas de mantenimiento preventivo. Las plataformas basadas en IIoT permiten a los usuarios optimizar su uso de energía y reducir su huella de carbono; puede monitorear y controlar explícitamente el flujo de energía en cada nodo de la red con dispositivos IIoT y CN. En comparación con los dispositivos de detección convencionales, los dispositivos IIoT son de bajo costo y fáciles de instalar. Estos dispositivos se pueden implementar ampliamente en máquinas o equipos heredados que no se monitorearon previamente; los dispositivos IIoT pueden comunicarse a través de Internet, lo que ayuda a establecer una red de sensores en un corto período de tiempo.

Por su parte, la IA se está implementando en el sector del petróleo y el gas para clasificar los tipos de roca durante la perforación con el objeto de mejorar la eficiencia. Se han desarrollado modelos de Gemelos Digitales para indicar el estado de las máquinas y el estado del entorno en tiempo real, lo que permite una optimización continua. Los Robots Autónomos, incluidos los vehículos aéreos no tripulados y los vehículos submarinos no tripulados, se coordinarán digitalmente con sistemas de vigilancia para realizar la gestión de integridad de activos, lo que permite que la fuerza laboral humana se “redistribuya” en tareas que son demasiado complejas y costosas de automatizar; la I4.0 permite tener acceso en tiempo real a todos los datos necesarios sobre productividad, estado de la maquinaria, condiciones de producción y riesgos ambientales, posibilitando la toma de decisiones operativas, aumentando la eficiencia del trabajo y brindando una mejor protección del entorno. Pero, el uso de IA podría crear un impacto ambiental negativo y significativo, ya que la tecnología requiere grandes cantidades de potencia informática y puede considerarse que consume mucha energía, ya que la extracción de metales utilizados para producir hardware podría contribuir a la degradación ambiental.

Así mismo, la I4.0 se aplica activamente en la industria agrícola en el uso de equipos de alta precisión. Sensores (IoT, IIoT), cámaras (Drones) y dispositivos de posicionamiento global permiten a los agricultores utilizar la cantidad exacta de agua y fertilizante y reducir la cantidad de recursos utilizados y la emisión de sustancias nocivas; los datos satelitales se combinan con datos recopilados en el campo para monitorear la humedad del suelo y desalentar el uso excesivo de agua, los sensores permiten monitorear los procesos de erosión del suelo para prevenir esto a tiempo. El sistema monitorea digitalmente el proceso de riego; Blockchain rastrea eficientemente las cadenas de suministro de alimentos. Al crear redes, al vincular equipos en un solo sistema, se minimizan las interrupciones, se aumenta la eficiencia de producción, lo que reduce la demanda de energía y de materias primas.

En suma, la implementación de la I4.0 contribuye no solo al aumento de la productividad, la eficiencia económica, a la generación de efectos positivos de naturaleza ambiental y social, también al aumento del valor de la empresa. Por tanto, los altos riesgos ambientales y las amenazas del CCG están frenando la actividad económica y son señales poderosas para redirigir los flujos de inversión hacia empresas y/u organizaciones más amigables con el medio ambiente.

### Referencias Cibergráficas

- Canadell, J.G., & Jackson, R.B. (2021). Ecosystem Collapse and Climate Change: An Introduction. In: Canadell, J.G., Jackson, R.B. (eds) Ecosystem Collapse and Climate Change. Ecological Studies, vol 241. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-71330-0\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-71330-0_1)
- Candoi Savu, R.A., Stoica, L.A. (2021). Risk Analysis and How to Select the Option for Adapting and Mitigating Changes Climate: An Instrument for Planning Climate Change Measures. In: Bilgin, M.H., Danis, H., Demir, E., García-Gómez, C.D. (eds) Eurasian Business and Economics Perspectives. Eurasian Studies in Business and Economics, vol 19. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-77438-7\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-030-77438-7_19)
- Chubaeva, N.N., Ivashenko, S.A. (2022). Humanization of Production Based on Modernization: The Perspectives of Industry 4.0 for Corporate, Social, and Ecological Responsibility. In: Zavyalova, E.B., Popkova, E.G. (eds) Industry 4.0. Palgrave Macmillan, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-79496-5\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-030-79496-5_11)
- Dolzhenko, I.B., Churakova, A.A. (2022). Environmental Responsibility of Fashion Industry Multinational Corporations (MNCs) in the Context of Industry 4.0. In: Zavyalova, E.B., Popkova, E.G. (eds) Industry 4.0. Palgrave Macmillan, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-79496-5\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-79496-5_7)
- Lau, Yy., & Ng, A.W. (2021). Climate Change Leadership in the Logistics Industry. In: Leal Filho, W., Luetz, J., Ayal, D. (eds) Handbook of Climate Change Management. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-22759-3\\_279-1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-22759-3_279-1)
- Matytsin, D.E., Ryzhenkov, A.Y., Kazachenok, O.P., & Pon'ka, V.F. (2022). Role and Importance of Modern Technologies in Combating Global Climate Change: Legal Aspect. In: Inshakova, A.O., Inshakova, E.I. (eds) New Technology for Inclusive and Sustainable Growth. Smart Innovation, Systems and Technologies, vol 288. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-16-9808-8\\_13](https://doi.org/10.1007/978-981-16-9808-8_13)
- Mohd Javaid, Abid Haleem, Ravi Pratap Singh, Rajiv Suman, & Ernesto Santibañez Gonzalez. (2022). Understanding the adoption of Industry 4.0 technologies in improving environmental sustainability, Sustainable Operations and Computers, Volume 3, Pages 203-217, <https://doi.org/10.1016/j.susoc.2022.01.00>
- William W. Hay. (2021). Experimenting on a Small Planet. A History of Scientific Discoveries, a Future of Climate Change and Global Warming, Springer International, Third Edition, ISBN 978-3-030-76338-1, Pp. 819, <https://doi.org/10.1007/978-3-319-27404-1>
- Viazilov, E.D. (2022). On the Use of Climatic Information in Automated Business Processes of Industry 4.0 Enterprises. In: Zavyalova, E.B., Popkova, E.G. (eds) Industry 4.0. Palgrave Macmillan, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-79496-5\\_34](https://doi.org/10.1007/978-3-030-79496-5_34)