



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

LA REVOLUCIÓN 4.0 Y LOS RETOS AMBIENTALES EN COLOMBIA UNA GUÍA PARA COMPRENDER SU RELACIÓN

The 4.0 revolution and the environmental challenges in Colombia a guide to understand their relationship

GERALDINE BARRETO¹

Recibido: 24 de mayo de 2022. Aceptado: 10 de junio de 2022

DOI: <http://dx.doi.org/10.21017/rimci.2022.v9.n18.a123>

Resumen

El presente documento da cuenta de una investigación cualitativa de análisis documental que, a través de tres capítulos, aborda referentes teóricos, técnicos, históricos y legales sobre el desarrollo histórico de la industrialización en Colombia y su relación con los retos medioambientales del país. Se propone ser una guía de acceso para comprender los desafíos que enfrentan las empresas colombianas en materia de crecimiento económico, desarrollo y contribución con el medio ambiente y el alcance de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda Mundial. Básicamente, se fundamenta en un trabajo de acopio, análisis y sistematización de información clave para reconocer el recorrido del país en términos de industrialización y la responsabilidad de las empresas en la protección del medio ambiente en el nuevo contexto de la Revolución 4.0, que implica la innovación de procesos comportamentales, tanto de la industria como de las personas, individual y colectivamente.

Palabras clave: Revolución 4.0; industrialización en Colombia; desarrollo sostenible; retos medioambientales.

Abstract

This document gives an account of a qualitative research of documentary analysis that, through three chapters, addresses theoretical, technical, historical, and legal references on the historical development of industrialization in Colombia and its relationship with the country's environmental challenges. It is intended to be an access guide to understand the challenges faced by Colombian companies in terms of economic growth, development and contribution to the environment and the scope of the Sustainable Development Goals of the World Agenda. Basically, it is based on a work of collecting, analyzing and systematizing key information to recognize the path of the country in terms of industrialization and the responsibility of companies in protecting the environment in the new context of Revolution 4.0, which implies the innovation of behavioral processes, both industry and of people, individually and collectively.

Keywords: Revolution 4.0; industrialization in Colombia; sustainable development; environmental challenges.

I. INTRODUCCIÓN

EN EL año 2015, Colombia, como Estado miembro de la Organización de las Naciones Unidas, adoptó la Agenda 2030, cuyo fin principal son los Objetivos de Desarrollo Sostenible –ODS–. Estos diecisiete propósitos vinculan, a través de más de ciento cincuenta metas, entre otros aspectos, el

acceso a la justicia, la seguridad alimentaria y la erradicación de la pobreza como factores esenciales del desarrollo de los países. Sin embargo, por su misma naturaleza, conciben la economía en equilibrio con el medio ambiente, lo que implica que las estrategias a aplicar para el crecimiento económico en el mundo sean respetuosas de la naturaleza y los humanos que con ella convivimos[1].

¹ Estudiante de semillero del grupo OCA - Facultad de ingeniería y Ciencias Básicas, Ingeniería Industrial, Corporación Universitaria Republicana, Bogotá D.C., Colombia. ORCID:<https://orcid.org/0000-0002-5926-8197>. Correo electrónico: g.barreto@urepublicana.edu.co

Para la Organización de las Naciones Unidas – ONU –, la consecución de los ODS supone un trabajo mancomunado entre los gobiernos, las instituciones, los sectores público y privado y la sociedad civil. Todas las personas y entidades deben contribuir en el alcance de las metas que supone la Agenda 2030. Esto implica que la industria, como eje económico de las naciones, reconozca la importancia de estos fines y contribuya estratégicamente en el logro de los mismos. “El crecimiento económico, el desarrollo social y la acción contra el cambio climático dependen en gran medida de la inversión en infraestructuras, desarrollo industrial sostenible y progreso tecnológico”[2].

Dado que históricamente, el desarrollo económico ha presentado transformaciones radicales, originadas por las nuevas tecnologías y nuevas formas de percibir el mundo, el alcance de cualquier meta que se proponga en términos de Desarrollo en tanto tal, primero, pone a la industria en uno de los ejes centrales a la hora de abordar las problemáticas del mundo sobre este particular, y segundo, la vincula estrechamente con las metodologías a implementar, pues es desde allí que se pueden modelar procesos y sacar provecho a los avances en materia de mecanización, digitalización y aplicación de las nuevas tecnologías, máxime en la actualidad, cuando transitamos hacia una economía más circular y, con base en los primeros pasos de la revolución digital, nos encontramos en capacidad de llevar a cabo la transformación de los sectores tradicionales industriales hacia un modelo digital de caracteres transversales, que da lugar a la aparición de nuevos servicios digitales.

A partir de los enfoques planteados por Sukhodolov (2019), la Industria 4.0 se define como un nuevo modelo industrial para la autoorganización y la autogestión de sistemas de producción totalmente automatizados, que aprenden autónomamente y que son interactivos, en los que el núcleo son las nuevas tecnologías digitales y las tecnologías de Internet, y el papel de los humanos está limitado a su inicio, control y mantenimiento técnico, lo que requiere nuevas competencias de especialistas industriales modernos y está acompañado de cambios sociales[3].

Este momento, que hoy conocemos como la Cuarta Revolución Industrial o la Revolución 4.0, permite a las organizaciones implementar nuevas

tecnologías para una mejora en la competitividad y circulación de la economía, potencializando los efectos de la toma de decisiones respecto a los sistemas de producción, aumentando la eficiencia de los diseños, mejorando la reutilización, la reparación, la manufactura e incrementando su competitividad. Para estos fines, el concepto de innovación cobra vital importancia y supone un despliegue de creatividad que ofrezca nuevas formas de ver y comprender el crecimiento económico en vínculo con la sostenibilidad de los recursos que lo soportan, pero otorgando un papel protagónico al sujeto digital-virtual por encima del humano.

En este sentido, si bien esta nueva revolución ofrece oportunidades para llevar a cabo la transformación digital, lo que se puede traducir en avances industriales, beneficios económicos y nuevos modelos de organización, autogestión y desarrollo de nuevas competencias; también es evidente que estos beneficios son solo capitalizados por quienes quieren innovar y adaptarse, lo que implica -de cierta manera- un tipo de exclusión humana en términos de las libertades individuales. De otro lado, los enfoques de la revolución 4.0 permiten abordar los problemas ambientales y transformar la manera en que se gestionan estos desafíos, como el cambio climático, a través de estrategias basadas en alta tecnología, contribuyendo con la modernización industrial sin perjudicar la cohesión social y la sostenibilidad de los recursos.

Este aspecto, de los beneficios que supone la Revolución 4.0 para el medio ambiente, si bien resulta relevante, aún es poco conocido en el ámbito nacional, donde las particularidades propias de Colombia en materia de industrialización, procesos de manufactura, emprendimiento y crecimiento económico a partir de la creación de empresas aún manifiestan muchos inconvenientes.

Quienes se atreven a emprender en el país se tropiezan con enormes obstáculos. El acceso a la financiación para escalar las ideas, las cargas tributarias y las barreras regulatorias que le cierran el paso a la tecnología y la innovación, son los tres principales problemas que encaran[4].

De allí la importancia de abordar estos aspectos, analizarlos y determinar aquellos factores que suponen el vínculo de la Revolución 4.0, la industrialización, el desarrollo sostenible y, en fin, el papel de

las empresas colombianas en materia de la protección del medio ambiente. Por lo tanto, el presente trabajo de investigación se propone construir un documento que pueda servir como guía para comprender la relación que, en Colombia, se gesta entre la Revolución 4.0 y los retos medioambientales del país, a partir de las particularidades nacionales en materia de industrialización y recursos.

Para ello, este trabajo de investigación, que se fundamenta en la metodología cualitativa de análisis documental, presenta tres capítulos que, en su orden abordan, primero; unos antecedentes de investigaciones y unos referentes teóricos sobre el desarrollo histórico de la industrialización en Colombia, los retos medioambientales del país y las medidas que hasta el momento se han implementado en estos aspectos; segundo, un ejercicio metodológico que presenta el análisis documental y aborda los aspectos legales, técnicos y teóricos que permiten comprender la relación expuesta; y tercero, unos resultados -a manera de guía- que ofrecen de manera sucinta toda la información acopiada.

Con este trabajo se busca contribuir en la comprensión histórica de la industrialización en el país, los retos económicos y de desarrollo, y los desafíos medioambientales en el contexto colombiano, específicamente en términos de crecimiento, acceso a la riqueza y sostenibilidad, en el marco de la Revolución 4.0, que supone la incursión en innovadoras formas de operativizar los procesos industriales, humanos y sociales.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los diferentes avances y transformaciones industriales en el mundo en general y en Colombia en particular han supuesto, por un lado, el mejoramiento de procesos y técnicas en las actividades cotidianas del ser humano, la optimización de tiempos y recursos y el crecimiento económico y el acceso a herramientas en pro de la facilitación de la vida en sociedad. Pero, por otro lado, estas nuevas transformaciones han conllevado desafíos en términos del equilibrio de la vida en la tierra, complejizando las relaciones humano/sociedad-industria-naturaleza.

La industrialización ha generado nuevas oportunidades y mejoras, pero también ha conllevado

problemáticas inherentes a la sostenibilidad del medio ambiente. Cada día, procesos de urbanización, conformación de empresas, automatización manufacturera, entre otros, han supuesto el crecimiento en las ciudades, han implicado la reducción de recursos naturales (como el agua y la vegetación) y, progresivamente, han originado daños en la flora y la fauna. El smog de los carros, la emisión de partículas y desechos industriales, así como las nuevas dinámicas de producción, mercantilización y organización social han propiciado el alza en los niveles de contaminación en todos sus tipos: atmosférica, hídrica, acústica, lumínica, visual y del suelo[5].

Esto ha implicado, entre otras cosas, cambios climáticos, desastres naturales, pérdida de nutrientes del agua y del suelo, desequilibrios ecosistémicos, ruidos e iluminación excesivos, deshielos, menoscabo de la calidad nutricional de los alimentos, etc., lo que a mediano y largo plazo se traduce en problemas en la productividad agrícola, dificultades en la competitividad del mercado, dadas las exigencias en materia de calidad de los productos; y, para las personas, altos niveles de estrés y otros problemas de salud y calidad de vida.

Aunado a esto y, en consecuencia, surgen otros rasgos que interfieren y potencian los retos a asumir en materia de desarrollo sostenible. Tal es el caso de políticas públicas mal enfocadas o que omiten estos aspectos, así como carencia de acciones, falta de educación e información sobre la contaminación y su manejo, y prácticas corruptas que generen ganancias monetarias e intereses personales y cuya permisividad por parte de entes gubernamentales facilita que las industrias contaminantes no cumplan a cabalidad con las normativas nacional e internacional vigentes, dando prioridad a intereses comerciales, financieros y productivos particulares.

De acuerdo con el IDEAM solamente los costos ambientales asociados a la contaminación atmosférica en Colombia, durante los últimos años, incrementaron progresivamente el Producto Interno Bruto (PIB): de 1,1% en 2009 a 1,59% en 2014 y a 1,93% en 2015, evidenciando no solo la incidencia de aspectos medioambientales en la economía, sino poniendo de manifiesto la necesidad de implementar programas de control, evaluación y monitoreo que, de acuerdo con esta entidad, deben contar con un componente educativo-formativo[6].

El control de la contaminación en Colombia comienza con la generación de datos e información. La caracterización de la calidad ambiental que es su equivalente constituye uno de los más importantes procesos de desarrollo de información orientados a un amplio margen de tomadores de decisiones que van desde el ciudadano del común que busca optimizar sus medios de vida, hasta los altos funcionarios del Estado que deben tomar decisiones de política pública relacionada con grandes grupos poblacionales, especialmente los que habitan las zonas urbanas[6].

Además, propone que en el país las zonas que presentan los más altos índices de afectación derivados de la contaminación atmosférica son el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, las localidades de Puente Aranda, Carvajal y Kennedy en Bogotá, el municipio de Ráquira en Boyacá y la zona industrial de ACOPI en el municipio de Yumbo (Valle del Cauca) (IDEAM), de donde se puede deducir la incidencia de la industria en este tipo de afectaciones[6].

Por su parte, Díaz Murillo asegura que las principales fuentes industriales de contaminación en Bogotá provienen de ladrilleras, canteras, industrias de construcción, plantas purificadoras, tintorerías, fundiciones, empresas de todo tipo que utilizan carbón como combustible, hornos de incineración y empresas que involucran el uso de solventes[7]. La mayor concentración de sustancias contaminantes del aire se presenta en la zona occidental de la ciudad (Puente Aranda, Kennedy y Fontibón), coincidiendo con el informe del IDEAM sobre los más altos niveles de material particulado en el aire.

De otro lado, Rojas, presenta algunos estudios de la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA), donde se han identificado las principales fuentes contaminantes del aire a través de inventarios de emisión. El estudio afirma que, en materia de emisiones contaminantes, la industria aporta un 60% y las fuentes móviles el 40%. Solo en términos atmosféricos, para el año 2018 Colombia ocupaba el segundo puesto de los países latinoamericanos con mayores niveles de contaminación del aire, de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), según refiere La FM (2018), cuyas principales causas se ubican en el sector industrial y el tráfico derivado del transporte masivo[8].

Teniendo en cuenta que, como afirman Hernández & Céspedes[9] con base en De Azevedo (2018), la Cuarta Revolución Industrial genera “nuevas fuentes de conocimiento e innovación y nuevas cadenas de valor mediante el aprovechamiento de los “activos biológicos” de la naturaleza (sus bioquímicos y biomateriales) y sus “activos biomiméticos” (sus funciones y procesos)”; este momento histórico puede agenciar el aprovechamiento de nuevos recursos innovadores y de alta tecnología que contribuyan con el control y seguimiento de factores y prácticas contaminantes, así como la formulación de planes, estrategias y políticas de mejoramiento de las condiciones medioambientales tendientes a lograr los ODS.

Sin embargo, como afirma el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, es poco lo que hasta el momento se ha profundizado en los beneficios que la Revolución 4.0 reporta específicamente en materia medioambiental:

[...] el número relativamente reducido de estrategias evidenciadas para el caso de América Latina y de Colombia es una limitación de este trabajo. Esta carencia de información hace que un juicio genérico sea difícil de proponer en un contexto subcontinental y nacional donde aún no han comenzado la convergencia hacia la Industria 4.0. Una atención más exhaustiva de los casos de convergencia a la Industria 4.0 en los países del hemisferio sur, aún no evidenciados oficialmente, podría enriquecer este análisis[3].

En esa medida, los retos en materia de la contaminación que se vinculan con el sector industrial en Colombia suponen un ejercicio previo de documentación que facilite la comprensión del proceso histórico de dicha relación y que ofrezca información suficiente y oportuna a las empresas nacionales para que apliquen estrategias que les faciliten tanto el cumplimiento normativo de este aspecto como el mejoramiento en términos de productividad y competitividad en el marco de la Agenda Mundial de Desarrollo Sostenible, a partir de los recursos que ofrece la Revolución 4.0.

A. Pregunta problema/Formulación del problema

¿Cómo generar un documento dirigido a las empresas colombianas que facilite el aprovechamiento de las tecnologías de la Cuarta Revolución

Industrial en el desarrollo eficiente de sus procesos, en consonancia con el mejoramiento de las condiciones medioambientales y de calidad de vida?

III. OBJETIVOS

Crear una guía con base en el acopio, sistematización y análisis de información técnica, legal, histórica y teórica que permita comprender la relación entre el aprovechamiento de las tecnologías de la cuarta revolución industrial y los desafíos que supone la conservación del medio ambiente para las empresas en Colombia.

Objetivos específicos

Hacer un recorrido histórico, legal, metodológico y teórico del proceso de industrialización en Colombia.

Determinar las relaciones entre este recorrido y los retos que supone la conservación del medio ambiente en Colombia, de cara a la Agenda 2030 de la ONU.

Analizar y sistematizar esta información en una guía metodológica dirigida a las empresas para crear estrategias de adopción y adaptación de las industrias 4.0 en pro del mejoramiento de la contaminación en Colombia.

IV. JUSTIFICACIÓN

El sano equilibrio del medio ambiente es fundamental no solo porque provee los recursos naturales esenciales para el desarrollo económico y vital de las personas y las comunidades, sino porque de su subsistencia depende la existencia misma del planeta. Por ello, y dado que varios de los retos que supone se relacionan con la industria y sus procesos, es imprescindible incitar prácticas empresariales que conlleven al alcance de políticas de desarrollo sostenible y contribuyan tanto con la satisfacción de las necesidades humanas y sociales, como con el bienestar natural humano.

Este trabajo se enfoca en desarrollar una guía para las empresas industriales nacionales que apoye la mejora y regulación óptima de los niveles de

contaminación en los que estas inciden a partir de la producción masiva de bienes y servicios. El diseño de una metodología apropiada propone soluciones mejorables que permite validar el uso de los recursos, técnicas e instrumentos con las ayudas de las nuevas revoluciones industriales para, así, permitir acciones preventivas de más daños ambientales y de salud.

Teniendo en cuenta que la ingeniería industrial, entre otras cosas, se ocupa de la proyección, diseño, evaluación, planeación, organización, operación de equipos y ofrecimiento de bienes y servicios que den respuesta a las necesidades de la sociedad[10], el ejercicio de esta profesión no puede estar ajeno a las transformaciones sociales que supone la evolución humana en la historia. Los cambios en el pensamiento, intereses, principios y entornos de los individuos y sus comunidades son insumos fundamentales a la hora de promover prácticas tendientes al mejoramiento de la calidad de vida de las personas y sus sociedades. Por ello, la naturaleza misma de la profesión implica un trabajo multidisciplinar que integre avances en materia de conocimientos, técnicas y nuevas tecnologías de cara a una producción y gestión eficaz, idónea, cualificada y competente.

En esa medida, la ingeniería industrial como profesión debe hacer uso de las nuevas herramientas que otras áreas del conocimiento han generado y que facilitan el alcance de los propósitos específicos del desarrollo de las industrias. Además, en sus propósitos académico, laboral y profesional debe abordar las necesidades que reportan las sociedades en cada momento histórico de su evolución, como en la actualidad, una producción industrial estable y eficiente que respete los ciclos naturales ecosistémicos y garantice la sostenibilidad de los recursos, sin menguar con ello el alcance del desarrollo económico, la seguridad alimentaria y la garantía del disfrute de los derechos humanos individuales y colectivos, entre otros aspectos fundamentales del equilibrio de las sociedades.

De allí que las rutas de investigación en Desarrollo e Innovación Sostenible y Gestión Ambiental, adscritas a la Línea Institucional de Ciencia, Tecnología y Gestión del Conocimiento de la Corporación Universitaria Republicana le apueste a la profundización y creación de estrategias académicas en torno a la vinculación entre medio ambiente

y desarrollo industrial, promoviendo la construcción de conocimientos, la indagación sobre nuevos recursos y tecnologías que contribuyan con el desarrollo de la sociedad colombiana.

Es en estos aspectos que se justifica el presente trabajo de investigación, como un ejercicio que complementa los conocimientos teóricos adquiridos durante la carrera y proponga una guía de consulta dirigida a las empresas, donde estas puedan hallar información concreta, veraz y actualizada que les facilite la comprensión de la relación entre el medio ambiente y la producción industrial, al tiempo que les ofrezca un camino de aplicación de los fundamentos teóricos, técnicos, metodológicos y jurídico-legales en sus contextos particulares, en cuya base puedan mejorar sus procesos y gestionar los recursos de manera productiva, competitiva y amigable con el medio ambiente.

A. Alcances y limitaciones

Este trabajo propone realizar un análisis cualitativo sobre el estado del medio ambiente en Colombia, a partir del cual se realiza el diseño y creación de un documento de guía y consulta que ofrezca los presupuestos básicos con los que las empresas nacionales puedan aprovechar las tecnologías de la Revolución Industrial 4.0 para el mejoramiento de sus procesos en consonancia con los ODS y la Agenda Mundial de Desarrollo Sostenible.

V. MARCO DE REFERENCIA

A. Antecedentes: Revolución 4.0, industria, innovación y medio ambiente

La Revolución 4.0 es uno de los temas de mayor relevancia de los últimos tiempos, especialmente por las virtudes que ofrece en materia del cumplimiento de la Agenda Mundial para el alcance de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, habida cuenta de los beneficios que las nuevas tecnologías aportan a casi la totalidad de los procesos humanos. Sobre este tema, salvo estudios muy enfocados en la materia o proyectos institucionales y políticos en términos de la implementación de programas que pongan a las TIC al servicio de la sociedad, académicamente aún no se ha profundizado en sus bases conceptuales y metodológicas en contextos de formación.

Hay que destacar, por supuesto, que esta revolución es muy reciente y, por lo tanto, aún poco estudiada pues está en pleno descubrimiento; así como también está en ciernes la identificación de las relaciones que se puedan generar entre sus principios y métodos y las esferas de la vida social y humana. Es clara su vinculación con la industria por su naturaleza misma en función de la optimización de procesos y el concepto de cadena de valor de las organizaciones. Sin embargo, en términos académicos, más allá de los beneficios que las nuevas tecnologías aportan a la educación, aún falta avanzar en la comprensión de la Cuarta Revolución Industrial como campo de intercambio y renovación de la sociedad.

La industria 4.0 es una nueva esfera de la industria que aparece como un resultado del surgimiento, distribución, uso y apropiación de nuevas tecnologías (tecnologías digitales y tecnologías de Internet) que permiten procesos de producción completamente automatizados donde los objetos físicos (máquinas) interactúan sin que se dé la participación humana[...] El término 'Industria 4.0' se acuñó por primera vez en la Feria de Hannover en 2011, y desde ese entonces ha atraído gran atención de académicos, profesionales, funcionarios gubernamentales y políticos de todo el mundo[3].

La revolución 4.0 o Cuarta Revolución Industrial, si bien conserva un vínculo estrecho con la industria, por su misma procedencia: "la fusión de tecnologías en un ecosistema digital"[3], implica una incidencia en todos los procesos humanos y sociales, debido principalmente a las dinámicas actuales en relación con el entorno. En una época globalizada y en un mundo enteramente interconectado no es posible ahora desligarse de las tecnologías de la información, la digitalización y automatización de procesos con base en las nuevas tecnologías. Eso justifica el presente estudio, así como otros que la abordan de manera independiente o con enfoques que se ciñen a los objetivos conceptuales y metodológicos de este documento.

Por lo anterior, para este apartado, se realizó una revisión bibliográfica de artículos e investigaciones que elaboran las bases, conceptos y principios de la Revolución 4.0, y que se adentran en las relaciones que esta modalidad de industrialización realiza con las otras categorías que también son

fundamentales en este estudio: los problemas medioambientales y el compromiso y contribución de las empresas colombianas frente a la implementación de prácticas y procesos que reduzcan los niveles de contaminación de cara al alcance de los ODS; elementos que se introducen en este capítulo en el orden descrito.

Para el abordaje de la Revolución 4.0, se encontraron documentos que abordan la descripción del concepto desde su potencialidad práctica. Tal es el caso de “Aspectos básicos de la industria 4.0” (2019), publicación del MinTIC de Colombia que se refiere a la Industria 4.0 desde un enfoque cronológico, revisando la evolución industrial hasta la actual y presenta los conceptos básicos, los desafíos, visión y características tanto del modelo como de las tecnologías que lo soportan. Este documento hace una amplia descripción de esta revolución, su estado en Colombia, sus potencialidades y sus implicaciones en materia de políticas públicas en el país.

Otro documento fundamental para este primer tema es “La cuarta revolución industrial. En la intersección entre preparación y responsabilidad”, publicación de varios autores editada por la organización internacional Deloitte Global, cuya finalidad es auditar todo tipo de procesos industriales y su legalidad y correspondencia con la garantía de derechos y la sostenibilidad a lo largo del planeta. En este compilado de artículos, diferentes estudiosos del tema, desde distintas perspectivas, abordan la Revolución 4.0 señalando sus potencialidades de negocio, sus impactos en la sociedad, los retos y evolución que ha implicado, las tecnologías que comprende y las responsabilidades que supone para las empresas.

Respecto de una mirada a los desafíos de la Nueva Revolución Industrial en el sur del continente americano, el libro “Industria 4.0: fabricando el futuro”[11], publicación apoyada por el BID -Banco Interamericano de Derecho-, el Instituto para la Integración de América Latina y el Caribe -INTAL- y la Unión Industrial Argentina -UIA-, aborda los retos tecnológicos, socioeconómicos, y regulatorios de los países en vía de desarrollo en el continente. Para ello, describe el modelo, su concepto, evolución y estado presente, específicamente en Argentina; y reflexiona en torno a los impactos que tiene la tecnología en las empresas dentro de

un contexto globalizado, enfatizando en la cadena de valor, la digitalización de los negocios, la inteligencia artificial, las infraestructuras necesarias y algunos ejemplos de éxito de los que se pueden extraer estrategias interesantes en materia de la implementación de procesos a base de las nuevas tecnologías.

Sobre este tema también es necesario nombrar “La industria 4.0 en la sociedad digital”, libro en el que Garrell & Guilera hacen un completo recorrido tanto de la industrialización como proceso social, cuanto de los avances tecnológicos que condujeron a lo que hoy día es la nueva revolución industrial[12]. Estos autores describen y desglosan los componentes de las nuevas TIC, como el big data, la inteligencia artificial, el almacenamiento en la nube, las realidades virtual y aumentada, las nanotecnologías y los relacionan con la optimización de procesos, entre otras. Todo ello después de presentar un análisis de la evolución de la tecnología en el siglo XX, y antes de pasar a exponer los beneficios y potencialidades del modelo para las organizaciones, tanto en materia de negocios, como de infraestructuras y logística; así como en costos, acceso al conocimiento, velocidad, sostenibilidad e interacción y automatización.

Por último, sobre la descripción de la Revolución 4.0, se hace alusión a la investigación de Jiménez Cortés: “Hacia la Ingeniería Industrial 4.0”, cuya autora se centra en el análisis de la Ingeniería en la actualidad, afirmando que no se puede desligar de los avances en materia de tecnologías de la información y las comunicaciones, lo que la convierte en una profesión fundamental para la sociedad a la hora de interpretar y comprender los cambios que se avecinan en materia organizacional y las relaciones que esto supone en una sociedad globalizada que estrecha el vínculo entre el ser humano y la máquina-robot. Este documento también aborda los retos de la Industria 4.0 en término de la reducción de la contaminación con base en los recursos que ofrecen las nuevas tecnologías a partir del diseño e innovación de sistemas productivos en función de la sostenibilidad social, económica y ambiental[13].

En cuanto a este último aspecto, el medioambiental, se abordaron documentos que describen las formas de contaminación más representativas a partir de procesos de industrialización, como

“Contaminación ambiental. Origen, clases, fuentes y efectos”[14], donde la autora desde un punto de vista científico ofrece las bases para comprender el fenómeno, sus variantes, causas y consecuencias. Este estudio es fundamental porque permite hacer un acercamiento a las pautas biológicas que se relacionan con los procesos industriales para luego, desde allí, entender las implicaciones y los retos que debe asumir la industria, en Colombia y el mundo.

Específicamente para el caso colombiano, se revisó el artículo “Identificación de problemáticas ambientales en Colombia a partir de la percepción social de estudiantes universitarios localizados en diferentes zonas del país”, donde Ramírez Hernández presenta los resultados de una investigación sobre percepción ambiental, cuyo objetivo fue recoger las múltiples miradas de estudiantes a lo largo del territorio nacional sobre el estado de sus entornos y ecosistemas en las diferentes poblaciones que habitan. Este documento es fundamental para el objeto de estudio del presente trabajo porque no se centra unívocamente en la cuestión ambiental, sino que la presenta a partir de las relaciones sociológicas que construye[14].

Por último, se revisó el documento “Desempeño ambiental de la tecnología en la industria colombiana”, editado por el IDEAM -Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales—, a través del cual, con base en la Agenda Mundial para 1992, varios autores describen el proceso de implementación normativa de tecnologías limpias y eficientes, amigables con el medio ambiente. Este documento, aunque no actual, permite evidenciar esos momentos preliminares en los que las organizaciones mundiales empezaron a considerar como relevante la protección de la tierra y la reducción de material contaminante en los diferentes procesos industriales alrededor del mundo.

Finalmente, se hizo la revisión de textos que elaboran las relaciones específicas entre medio ambiente, industria y Revolución 4.0. Sobre las generalidades de este aspecto, tenemos “Los sistemas de control de gestión y la innovación: Su efecto sobre el rendimiento de las PYMES”, se analiza las relaciones entre el uso de sistemas de control de gestión y la innovación; investigación que permitió descubrir que el rendimiento exitoso de las PYMES en México tiene un vínculo estrecho con

una posición tecnológica y una estrategia de innovación sólidas, lo cual se traduce en que la implementación de nuevas tecnologías influye positivamente pues denota ventajas en materia de competitividad y sostenibilidad[15].

Otro documento revisado en este aspecto es “Bioeconomía: Una estrategia de sostenibilidad en la Cuarta Revolución Industrial”, donde Hernández & Céspedes se enfocan en el concepto de Bioeconomía, bajo un enfoque estratégico que se orienta en pos de una visión amplia del desarrollo sostenible, a partir de la comprensión y usos de “nuevos conocimientos, innovaciones y tecnologías de la cuarta revolución industrial”[9]. Este documento permite profundizar en las relaciones que hay entre la industria y otros procesos humanos y vitales de la sociedad: “cambio climático progresivo, la vulnerabilidad de algunas regiones, la reducción de la biodiversidad, la seguridad alimentaria y nutricional, el agotamiento del agua y el suelo, y las desigualdades sociales”[9], que se presentan como retos fundamentales de la actualidad para individuos, instituciones y Estados a lo largo y ancho del planeta.

Por último, se revisó el artículo “Análisis de la relación entre la innovación y la gestión del conocimiento con la competitividad empresarial en una muestra de empresas en la ciudad de Bogotá”, donde Bernal Torres, Francisca Naranjo, & Frost González analizan relaciones directas entre innovación, gestión del conocimiento y competitividad en el caso de 53 empresas bogotanas, cuya conclusión principal se orienta hacia la necesidad de implementar con mayor fuerza y solidez estrategias de innovación que vinculen las nuevas tecnologías, no solo por los beneficios en competitividad y sostenibilidad que reportan, sino por los indicadores de impacto de estos elementos, que pueden servir para futuros estudios a fin de establecer si en realidad es una relación positiva o si se trata de presupuestos que ponen a las nuevas tecnologías en una posición de poder poco comprobada[16].

Además de estos textos reseñados, se realizó una revisión de documentos que permiten analizar los factores históricos, legales, normativos, prácticos y metodológicos de la Revolución 4.0 y su relación con la industria; la evolución en el tiempo de la industrialización en Colombia y los retos que supone

la implementación de un modelo de optimización de procesos que no afecte a los individuos y sus entornos sociales y ambientales. Esto se presenta en los apartados siguientes: Marcos histórico, legal y teórico-conceptual.

B. Marco Histórico: relación entre industrialización y medio ambiente en Colombia

Breve recorrido histórico por la industrialización en Colombia

Los procesos de industrialización en Colombia datan de la década de los años treinta del siglo pasado. Hacia finales de 1890 ya se había establecido en el país la mecanización de procesos, especialmente con la llegada del ferrocarril, pero no fue sino hasta después de la Gran Depresión que la nación se adentró en la consolidación oficial de la industria a partir de estructuras fabriles y manufactureras. Según Kalmanovitz Krauter “el proceso de asentamiento de la industria en Colombia fue largo y penoso”[17].

La principal razón de esta demora, seguramente, se debió a que la transición hacia la modernidad, que empezó en Europa y EEUU y se dio en tres momentos entre los siglos XV y XX: revolución económica, revolución política y revolución cultural[18] no coincidió cronológicamente con las regiones periféricas del tercer mundo, es decir, con África y América Latina. En estos casos, las etapas de modernización que señala Melo se dieron de manera tardía en relación con las potencias mundiales del momento porque las condiciones sociopolíticas del cono sur, para principios del siglo XX, no cumplían con las características económicas, culturales y políticas necesarias para dicho cambio[18].

Los países de América Latina aún no transitaban completamente de lo rural a lo urbano, ligaban sus Estados y estructuras políticas a un vínculo con la iglesia, no contaban con modelos sólidos de comunicación, manejo de la información y gestión de conocimiento, estaban lejos aún de consolidar un modelo económico que garantizara la gestión de recursos y el libre acceso a la riqueza y se debatían en guerras post independentistas que menguaron la población masculina, arrasaron poblaciones enteras y retrasaron el surgimiento de innovadores proyectos para la época.

Con la separación de Panamá, que le reportó a Colombia en su momento la suma de veinticinco millones de dólares, para principios de los años veinte el país logró contar con recursos, tan necesarios para la construcción de infraestructura y medios de transporte, como para generar mayor fluidez de moneda[17]. Un año después, en 1923, se fundó el Banco de la República, principal emisor de moneda nacional y administrador exclusivo de reservas nacionales e internacionales. A este banco le precedieron, primero el Banco Nacional (1880-1894), y después, el Banco Central (1905-1909), que no lograron responder efectivamente a las demandas del gobierno en materia de emisión, solidez, estabilidad y control monetario, por lo que debieron ser clausurados por el Congreso de la República[19].

Las primeras contribuciones del Banco de la República se dirigieron al control de la crisis económica y a hacerle frente a los retos del país en materia financiera, habida cuenta del panorama post-conflictivo que dejó la Primera Guerra Mundial. Después de la crisis económica mundial (1929), su interés se centró en el fortalecimiento del sector agrícola, con especial atención en la producción cafetera. Se generaron créditos con bajas tasas de interés para negocios o compra de bienes cuando los caficultores, ganaderos y empresarios de otros modelos agropecuarios los requirieran[17]. Sin embargo, por ese mismo interés y dato que la Junta Directiva de la entidad financiera se componía, entre otros, de algunos miembros estrechamente vinculados con el sector agrícola, no se dio lo que fue común en otros países latinoamericanos: “que el sector exportador fuera exprimido y subsidiara la industrialización forzada que adelantaron gobiernos populistas”[17].

Pese a que desde finales del siglo XIX y principios del XX el país ya había incursionado en el modelo fabril y para 1930 contaba con varias empresas sólidamente constituidas, como Bavaria, Coltejer, Cementos Samper, Ingenio Manuelita y Fabricato, proyectos de industrialización ampliamente apoyados durante el gobierno conservador de Rafael Reyes (1904-1909); la economía colombiana de los años treinta se basaba en las divisas derivadas del pago por Panamá y en los recursos adquiridos a través de los sectores agrícola y pecuario, no obstante las precarias condiciones en

términos de procesos de producción y transporte de producto terminado.

Estas dificultades, en cierta medida soportadas por los empresarios nacionales con el apoyo financiero y jurídico de los gobiernos de turno, permanecieron por alrededor de tres décadas, durante las cuales se transitó muy lentamente de una estructura económica de hacienda desorganizada, un modelo de financiación basado en el oro, una pobre infraestructura fabril y manufacturera, precarias vías de transporte y sistemas de tránsito fluviales basadas en el tráfico por el río Magdalena, y un patrón de empleabilidad basado en el esclavismo y la desigualdad social, hasta la década de los años sesenta, cuando se generó un nuevo proceso de modernización con base en la idea del Desarrollo como finalidad de las naciones.

La década de los años sesenta en Colombia trajo consigo avances técnicos y tecnológicos que incidieron en la estructura sociocultural del país y que, en palabras de Melo, se dieron a partir de cuatro procesos específicos: primero, "El desarrollo de un sistema escolar masivo, sobre todo a partir de 1960"; segundo, "La aparición de un mercado cultural nacional", que incluye una significativa circulación de prensa, así como la generación de cadenas radiales y la apropiación de tecnologías de enlace, y la llegada de la televisión en 1954, bajo el gobierno de Rojas Pinilla (1953-1957), elemento fundante de una nueva mentalidad de la sociedad colombiana[18].

Tercero, "La creación de una práctica científica continua y la filtración masiva del conocimiento científico", a partir de la consolidación de universidades públicas, lo que abre espacio a nuevas formas de apropiación y gestión del conocimiento, así como a nuevas disciplinas que contribuyeron con la conformación de un Estado moderno, como la economía, la historia y otras ciencias humanas; y cuarto, "El dominio de una cultura laica", que puso en discusión pública temas de orden civil que anteriormente tenían pleno carácter religioso, como el matrimonio, la educación, la planificación familiar y el derecho a la legitimidad parental, entre otros.

La década de los años 60 supuso, además, procesos políticos y económicos que derivaron en la consolidación de una estructura formativa y financiera que condujera a la tecnificación de la mano

de obra, a la consolidación de la empresa y a un sistema de control y administración de los derechos de obreros y trabajadores y de los deberes de empresarios y empleadores, a fin de generar un modelo económico estable que garantizara el tránsito hacia el Desarrollo, propósito que se gestó en la Alianza para el Progreso.

La Alianza para el Progreso fue un programa norteamericano de ayuda económica, política y social para América Latina, liderado por el presidente estadounidense John F. Kennedy y puesto en marcha en 1961. Este modelo norteamericano se ofreció como solución a la pobreza y las inmensas necesidades sanitarias, alimentarias, de infraestructura, de educación y de derechos civiles en las que se debatían los países del sur del continente, no obstante hay quienes, con razones sólidamente argumentadas, ven en la base de esta iniciativa una lucha contra el fantasma socialista que dejó la Revolución Cubana (1959), en el marco de una Guerra Fría recién consolidada entre la URSS y EEUU, así como una necesidad de este último por controlar las economías y recursos naturales de tierras tan ricas y poco exploradas[20].

Lo cierto es que este modelo, así como en otros países latinoamericanos, se implementó en Colombia; lo cual, en conjunto con las nuevas condiciones políticas y culturales, significó un proceso de modernización de la nación, que por supuesto incidió en un crecimiento del sector industrial y empresarial colombiano, entre otras cosas, ampliando la base productiva con nuevas maquinarias, abriendo vías de acceso y consolidando una clase obrera, lo que fue posible a partir de la inversión nacional e internacional en capacitación y cualificación de mano de obra local; así como en convenios de importación de nuevas tecnologías industriales y el fortalecimiento de la base inversora por parte del Estado.

Sin embargo, la situación política de la época, un conflicto interno que intensificó las violencias bipartidistas, la lucha de tierras y la conformación de agrupaciones subversivas, dificultó los procesos productivos agrícolas, afectó la producción de café y la inversión extranjera en el país, y generó una urbanización acelerada, desordenada y poco controlada derivada del desplazamiento interno por la guerra, lo cual también implicó la usurpa-

ción de tierras y múltiples formas de ilegalidad que perjudicaron el crecimiento económico del país. Más adelante, con el proyecto político del Frente Nacional, cuya finalidad era la pacificación, en los años setenta se generaron nuevos cambios, facilitando el crecimiento del sector caficultor y ampliando las fronteras comerciales.

La autarquía del país comenzó a disolverse con la formación del Pacto Andino en los años setenta que abrió las fronteras en especial con Chile, Venezuela, Perú y Ecuador, introduciendo un arancel cero para muchos productos, abriendo espacios también a los inversionistas colombianos y constituyendo un área de comercio que fue muy positiva en la cuenta comercial del país[17].

Si bien Colombia vivió un momento próspero en la década del 70, época en la que la industria nacional representaba cerca del 25 % del PIB, y se evidenciaba una nueva estructura económica y comercial que se reflejó en mayor inversión, producción de bienes intermedios y de capital basada en modernas tecnologías y organización de avanzada, lo que se evidenció, entre otras cosas, en la visibilidad comercial e internacional del país y de su producto estrella: el café, que se exportaba a lo largo y ancho del planeta; este tiempo fue pasajero pues lo que siguió marcaría procesos económicos difíciles y retrocesos en el crecimiento de la industria colombiana[17].

Desde mediados de los años setenta y durante toda la década de los años ochenta, Colombia presentó una tendencia a la desindustrialización, lo que implica una pérdida de injerencia de la industria en la economía nacional. Este fenómeno que, según Echavarría Soto & Villamizar Villegas, es “relativamente común a la mayoría de los países desarrollados y emergentes”[21], marcó el futuro económico del país. Lo que se reconoce como la bonanza cafetera fue un proceso sobrevalorado que, al contrario de lo que se esperaba, no contribuyó significativamente con la economía nacional, sino que más bien, fue breve y estropeó la posibilidad de financiación y apoyo a otros sectores económicos y a otras regiones nacionales que, a diferencia de Antioquia, Caldas, Quindío y Risaralda, debieron prescindir de la mirada del Estado.

Echavarría, argumenta que la importancia del café como fuente de estímulo empresarial, riqueza y tra-

bajo industrial ha sido exagerado en la literatura colombiana. Las trilladoras de café no “educaron” la mano de obra utilizada luego por la industria y muchas otras razones diferentes al café podrían explicar el peso relativo de Antioquia en la creación de la industria. Entre otras, el departamento tenía ricas fuentes de energía eléctrica y la mayor disponibilidad de oro, gracias al desarrollo de la minería, permitió contar con una moneda sana en medio de décadas de caos monetario. El nivel de alfabetización era excepcionalmente alto en Antioquia (aun cuando ello se atribuye parcialmente a la influencia del café). No es coincidencia que buena parte de las más importantes regiones cafeteras del país, tales como Caldas y Risaralda, se caracterizan hoy por su bajo nivel de desarrollo industrial y por su bajo nivel de exportaciones diferentes a café[21].

Después de que iniciara el proceso de desindustrialización, con los años ochenta llegó la Globalización. Cuando este nuevo fenómeno se instala en el mundo, Colombia se presenta como un contexto difícil política, social, cultural y económicamente[18]. El breve boom del café de la década anterior le abrió paso a la producción masiva y a la comercialización internacional de drogas ilícitas. El narcotráfico que venía constituyéndose seriamente desde finales de la década de los años 60, se consolidó con fuerza en los ochenta. Esto, aunado al recrudecimiento de la violencia en el país, a la corrupción de las instituciones y a una nueva ola de pensamiento económico que le apostaba con fuerza a la economía extractiva y al libre cambio, generó incertidumbre y menguó la inversión en el crecimiento industrial privado.

No obstante, los años 80 se posicionó el petróleo como una de las bases de economías nacionales en América Latina, cuya producción fortaleció la inversión estatal, la tecnificación extractiva y la consolidación de la industria de los hidrocarburos, que posteriormente ofrecería cierto nivel de estabilidad económica, por lo menos, hasta la primera década de los años 2000. Sin embargo, la deuda derivada de la ilusión del café y el déficit fiscal que promovieron el contrabando y el narcotráfico, dejaron secuelas importantes en la economía nacional: “Las crisis de la deuda en los años ochenta y la crisis financiera de final de siglo ralentizaron la economía, treparon la inflación junto con el desempleo y redujeron el crecimiento”[17] lo que la bonanza petrolera no logró evitar por sí misma.

En los años ochenta se comienza a dar un proceso de desindustrialización que no sólo refleja el mayor crecimiento de los servicios, como sucede en todas las economías que pasan cierto umbral de crecimiento, sino también una pérdida de competitividad y un proceso de enfermedad holandesa. En efecto, la bonanza minero-energética que se inicia en 1982 con el descubrimiento de petróleo en el pozo de Caño Limón y el de Cusiana en 1990, renta que se amplía con la explotación de los yacimientos de carbón, ferroníquel y nuevamente el oro durante el siglo XXI, revalúan toda la tasa de cambio y financian importaciones de manufacturas y de alimentos que van capturando una parte creciente del mercado interno[17].

Pese a que los índices de empleabilidad y acceso a bienes y servicios crecieron en esta década, derivados del creciente sector petrolero y sus productos asociados, así como de la reinversión estatal en algunos proyectos agrícolas, el Estado había perdido credibilidad política y financiera, lo primero, en consecuencia de la profunda crisis social e institucional, y lo segundo, por causa de los rezagos de la implementación del UPAC, que en un comienzo representó la posibilidad de acceso a financiamiento por parte de diversos sectores de la población, especialmente de estratos socioeconómicos bajos, pero a la postre resultó ser la razón de su ruina.

A pesar de que desde finales de los años 70 y principios de los 80, de acuerdo con Bircchenall (1997) citado por Kalmanovitz Krauter, “la acumulación de capital humano produjo una reducción en la dispersión de los ingresos”, lo que implicó unas relaciones de mayor igualdad en la distribución del ingreso urbano; desde mediados de los años 80 esta situación volvió a retroceder hasta profundizarse en la década de los años 90, fenómeno causado por un “difícil ambiente Macroeconómico[...] caracterizado por la crisis de la deuda en América Latina y el creciente déficit fiscal y en cuenta corriente que enfrentaba el país”[17].

Con este panorama y en un contexto mundial ampliamente interconectado, habida cuenta de la globalización y de la incursión del mundo en la Internet, la década de los 90 inaugura en Colombia una política económica librecambista que abre fronteras y flexibiliza modelos arancelarios para

la distribución abierta de mercados, tanto de entrada como de salida. Esta nueva dinámica genera cambios profundos en la estructura industrial porque comporta una exigencia sustancial: fortalecer el aparato productor para poder competir con mercados de mayor trayectoria, infraestructura y recursos técnicos y tecnológicos.

En los años noventa el modelo corporativo conservador fue debilitado: se abolieron las prohibiciones y monopolios de importación; se introdujeron aranceles variables a los bienes agrícolas, aunque todavía muy altos; se recurrió a las importaciones cuando había faltantes de alimentos en el mercado nacional, y se limitó el crédito subsidiado. Todo ello incentivó el desarrollo de los cultivos de plantación, los biocombustibles y de exportación mientras decaía el cultivo de cereales frente a la competencia externa[17].

Lo que siguió en el siglo XXI, durante las dos primeras décadas de los años 2000 en Colombia, fue de crecimiento económico, pese a la caída del sector hidrocarburífero y a las pocas garantías de competitividad industrial. Sin embargo, con base en el Producto Interno Bruto, que se puede considerar el principal indicador de crecimiento económico de los países, de acuerdo con Kalmanovitz Krauter, uno de los mejores periodos que se reportan es el de 2000 a 2015, cuando hubo un incremento del PIB del 3,2 % anual “[...], debido al auge mundial de materias primas, ahora con un crecimiento de la población mucho menor y servicios sociales de amplia cobertura que facilitan que la prosperidad abarque a más personas que en el pasado”[17].

Sin embargo, esta situación de estabilidad se ha visto menguada, por un lado, por un déficit fiscal pobremente manejado por el Estado y el sector financiero, lo que ha incrementado las deudas internas y externas, que fueron tan perjudiciales en la década de los años 80 y que lograron un punto de mediano equilibrio en la de los 90. Estas deudas aumentaron, específicamente, a razón de la “baja de la inflación que logró el Banco de la República después del año 2000, que permitió la profundización del mercado de capitales domésticos.” De \$ 50 billones para el 2000, la deuda gubernamental pasó a \$ 250 billones en el 2017. Y, por otro, por las debilidades comerciales del sector industrial colombiano[17].

[...] el rol de la política industrial en el frente comercial ha sido negativo, pues encuentran que la presencia de protección efectiva se relaciona negativamente con las tendencias generales de la productividad. Lo mismo ocurre en el plano tributario, ya que el trato preferencial de empresas o sectores industriales no mejora la productividad total. Y, por el contrario, la exposición a la competencia externa sí lo hace[17].

Otro aspecto a tener en cuenta en la fase final de este análisis es el de flexibilización laboral, que incide directamente en la comprensión del estado económico de la nación y permite comprender las dinámicas de la industria nacional en materia de competitividad a partir de la desregulación del mercado laboral. Con las políticas sobre este aspecto, implementadas en la década de los años 90, se generaron beneficios a las empresas colombiana en términos de deberes contractuales y compromisos económicos con su fuerza de trabajo; el fin último de estas decisiones debía generar cierta libertad económica para la industria, lo que podría traducirse en mayor competitividad comercial con otros países. Sin embargo, lo que se ha visto es una tendencia a la informalidad laboral, una dificultad estatal para garantizar empleos, una precarización de este mercado y una profunda desigualdad en el acceso al ingreso por parte de la población.

Esto afecta las condiciones económicas del país no solo porque reduce la capacidad de sus habitantes para el intercambio y acceso a bienes y servicios, sino porque en el mundo globalizado y libremercista del momento, supone unas exigencias extra al sector industrial, que tienen que ver con la garantía de derechos humanos, parte fundamental de los principios y políticas internacionales de relacionamiento comercial en la actualidad. Otras de las nuevas exigencias para realizar cualquier vínculo comercial, económico o empresarial tiene que ver con las políticas de responsabilidad social y sostenibilidad ambiental, cuya evolución se aborda en el siguiente apartado.

Las históricas relaciones entre industrialización y medio ambiente.

La industrialización como proceso se ha servido, tanto de avances técnicos y tecnológicos, como de la extracción de recursos y de la productividad en masa de desechos y agentes contaminantes. Las diferentes revoluciones industriales, sin excepción,

han aportado en el deterioro ecosistémico y la reducción de los recursos naturales. Si bien actualmente este tema ha sido tratado desde diferentes perspectivas, bien sea desde el ámbito legal, político, científico y sociocultural, entre otros, históricamente, en su mayoría las formas de organización para la producción no han sido ecológicamente sostenibles.

Según Prieto, Castrillejo, & Dussel, el alcance del Desarrollo como objetivo de las naciones, especialmente de aquellas que han evidenciado los más altos índices de pobreza y desigualdad, ha supuesto su incursión en estrategias y políticas de industrialización, lo que ha implicado nuevas formas de relacionamiento con el entorno. La naturaleza, ya no vista simplemente como el medio circundante de las dinámicas de vida de territorios antes inexplorados, a partir de procesos de expansión industrial, ha debido sufrir la extracción de sus recursos por varias y distintas vías; todo ello con fines de productividad y control de la biósfera[22].

En general, la contaminación no es un fenómeno contemporáneo, sino que ha existido prácticamente desde siempre como un subproducto de la actividad humana. Desde que comenzó en Europa la era industrial, a mediados del siglo XVIII, muchos de los procesos y actividades económicas han contribuido a incrementar volúmenes de químicos y otras partículas en la atmósfera, en las aguas superficiales y subterráneas e incluso en la biota[22].

La intrusión en ecosistemas, su modificación y la extracción de sus recursos han sido la base de acciones humanas en función de sacarle provecho productivo a la tierra y de modificarla en favor de necesidades individuales y colectivas. Los principios que han movilizad estas prácticas tienen una relación estrecha con la valoración de las ventajas lucrativas que suponen la apropiación y el uso de la naturaleza con fines utilitaristas para la obtención de energía y materias primas para la producción de bienes y servicios (Prieto, s.f.), así como la transformación del medio y la manipulación de sus recursos.

De acuerdo con Prieto, quien dedicó su vida a la investigación de la evolución de la contaminación como fenómeno resultante de la industrialización, se puede afirmar que, como ya se dijo, este hecho se ha manifestado desde los inicios mismos de la

civilización pues responde, entre otras cosas y principalmente, a la necesidad innata de la raza humana de manipular y controlar la naturaleza. Esta autora hace un recorrido cronológico, desde el siglo XVI hasta el siglo XIX, del que extrae las principales acciones, efectos e impactos en el medio ambiente y su estrecha relación con los procesos de modernización, manufactura, producción en masa, etc. en el mundo[22].

Esta autora asegura que la contaminación es originaria, incluso, de la Era preindustrial, con la deforestación de los primeros tiempos civilizatorios. En esta etapa se ocasionaron deterioros en el medio ambiente y crisis energéticas derivados de la insuficiencia de materiales de combustión (madera, para la época), necesarios para procesos de infraestructura y como medio de alcance de bienes de consumo cotidiano. Esta deficiencia energética estuvo vigente entre los siglos XVI y XVIII, cuando a finales de este último siglo se logró controlar a partir del hallazgo y utilización de combustibles fósiles.

Con este descubrimiento, primero del carbón y luego del petróleo y sus derivados; se intensificaron dinámicas extractivistas, que fueron la base principal de “la industrialización y el desarrollo de la sociedad industrial, desde finales del siglo XVIII”[22]. En este tercer momento, se inicia la sistematización de procesos de producción masiva que continuaron durante las últimas décadas del siglo XVIII y se consolidaron en el siglo XIX.

[...] el criterio que marcó el paso de la antigua sociedad agrícola a la industrial fue el incremento constante de la productividad que se tradujo, en términos ecológicos, en un incremento paralelo del desorden natural y en el desarrollo de formas cada vez más peligrosas de contaminación[22].

En un cuarto momento, con la consolidación de producción en masa, durante el siglo XIX, se llega a “la fase de industrialización concentrada”[22], es decir, al momento histórico que reconocemos en occidente como Revolución Industrial propiamente dicha. Esta etapa inaugura la emisión incontrolada de contaminantes, derivada de la intensidad y la variedad de materiales tóxicos liberados por empresas de producción: con el carbón y sus derivados, se empezó a producir grandes cantidades de dióxido de carbono; con el petróleo y los hidro-

carburos, se incrementó el deshecho de contaminantes en el agua y terrenos naturales; y además, se aumentó la producción de vapores, óxidos de azufre, gases y productos volátiles provenientes de la combustión incompleta.

Por último, en un quinto momento, esta expansión industrial implicó una urbanización acelerada, lo que se tradujo en la creación de amplias franjas de contaminación. Entre otros efectos, se hicieron evidentes la exposición al humo y gases tóxicos, promontorios de sólidos de desecho, corrientes de agua des higienizadas, residuos industriales sin tratamiento y otras formas de contaminación que se fueron desarrollando y acrecentando hasta nuestros días y que han impactado negativamente los recursos y ecosistemas naturales.

Desde el siglo XIX y hasta hoy se evidencia un aumento estable de la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera; así como el deterioro y resecamiento de fuentes hídricas; la deforestación por efecto invernadero y como consecuencia de dinámicas de monocultivo, etc. Desde una perspectiva histórica, las emisiones de materiales contaminantes han sido efecto natural de la producción energética con fines de producción industrial y para el sostenimiento de la infraestructura urbana (edificios, empresas, transporte, etc.), lo cual pone a la contaminación en todas sus variantes como consecuencia de la industrialización.

A estos procesos de contaminación generalizada en épocas anteriores, y que en su mayoría se mantienen, le siguió una tendencia a la sobreproducción de bienes cuya obsolescencia, sumada a los altos índices de crecimiento poblacional, ha incidido en el desecho de materiales contaminantes. Con las nuevas tecnologías, tan útiles para la comunicación e interconexión global, llegaron todo tipo de dispositivos cuya vida útil es de tal brevedad que obliga a la acumulación de plásticos, metales y otros productos. Estos materiales y sus residuos, para no afectar las fuentes hídricas o el normal equilibrio ecosistémico, deben pasar por filtros y procesamientos para su desecho o eliminación, lo cual implica un modelo de gestión tecnificado y costoso que no todos los países y organizaciones se pueden –o quieren– permitir[23].

En ese sentido, son varias las discusiones que, en torno a la protección de los recursos naturales,

se han dado a nivel internacional y se han firmado cooperativamente por los países miembros de organizaciones que velan por la sostenibilidad ambiental. En general, esto se ha traducido en convenios normativos que, con base en diagnósticos y estudios científicos, proponen modelos de comportamiento y de relación con el medio. Este aspecto se elabora en el apartado siguiente.

De acuerdo con Suárez Tamayo & Molina Esquivel, los avances en materia de industrialización en las naciones contribuyen con la reactivación económica y, por esa vía, con el mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes. Sin embargo, los cambios que suponen inciden de manera importante en el desequilibrio ecosistémico de sus territorios, generando “diversas formas de contaminación y otros problemas ambientales y sociales” [24] pues hay evidencia de las implicaciones que ello tiene en la salud y bienestar de las poblaciones.

Debido a esto, los entes reguladores del nivel internacional han tenido que intervenir en las políticas nacionales en materia de protección del medio ambiente. Se trata de una paradoja particular porque, por un lado, la inversión de grandes multinacionales en países en vías de desarrollo es una de las formas más comunes de crecimiento económico, fortalecimiento de las empresas y oferta laboral. Sin embargo, esta modalidad ha demostrado ampliar la contaminación de regiones originalmente ricas en recursos que se han visto afectadas por el incremento de desechos, la extracción masiva de recursos naturales y el excesivo uso de agua, entre otros efectos. De allí ha surgido la necesidad de robustecer los estudios de impacto ambiental “en todo proyecto de inversión para minimizar los riesgos” [24].

Entre otras cosas, uno de los principales esfuerzos que han invertido organizaciones públicas y privadas, nacionales e internacionales en defensa de la protección del medio ambiente es generar un marco normativo universal y presionar el compromiso con esto por parte de los diferentes gobiernos del mundo. “La estrategia de un ambiente sostenible se debe incluir en los objetivos económicos y sociales de un país donde el estudio de impacto ambiental es la medida más eficaz para minimizar la repercusión negativa de la industria y otras inversiones” [24].

C. Marco Legal

La reglamentación sobre la contaminación y la protección del medio ambiente en el mundo

Dada la preocupación de organismos internacionales en defensa del medio ambiente; son muchas y variadas las acciones jurídico-legales que se han propuesto e implementado en el orden mundial. El Órgano que principalmente se ocupa del problema medioambiental a nivel internacional es la Organización de las Naciones Unidas, cuyas funciones se orientan a un abanico de situaciones que se relacionan con los Derechos Humanos de la población mundial. Este trabajo de control, vigilancia, formulación de estrategias, proyectos y acciones normativas, en términos de sostenibilidad ambiental, la ONU lo realiza a través de cuatro organizaciones adscritas: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático; Comisión sobre el Desarrollo Sostenible; Foro de las Naciones Unidas sobre los Bosques y Foro Político de Alto Nivel sobre el Desarrollo Sostenible [25].

El primero, surgido en el año 1988, se enfoca en el estudio especializado, elaborado por expertos, sobre el cambio climático, cuya finalidad es ofrecer información científica oportuna que debe tenerse en cuenta para la formulación de políticas públicas en materia medioambiental. El segundo, surge en 1992 como entidad subsidiaria del Consejo Económico y Social (ECOSOC) de la ONU, cuyo compromiso principal engloba factores ambientales a tratarse en las diferentes conferencias mundiales sobre el particular. El tercero, del año 2000, asumió las responsabilidades de dos entes anteriores, creados con la finalidad de ocuparse de la protección, conservación y sostenibilidad de los bosques del mundo: Grupo Intergubernamental Ad Hoc sobre los Bosques -IPF- (1995-1997) y Foro Intergubernamental sobre los Bosques -IFF- (1997-2000).

Y, finalmente, el cuarto organismo se constituyó a raíz de la Conferencia Rio+20 sobre Desarrollo Sostenible, celebrada en Brasil en junio de 2012, a veinte años del primer encuentro mundial (Conferencia de las Naciones Unidas de 1992 sobre Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD)), también en Rio de Janeiro, y a diez de la Cumbre Mundial 2002 sobre Desarrollo Sostenible (CMDS), en Johannesburgo [26].

En este último encuentro, Rio+20, Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible, se pactó una agenda de trabajo cuyo primer gran resultado fue la formulación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, presentados al mundo en el año 2015, que son la carta de navegación actual para la superación de la pobreza, la sostenibilidad de los recursos naturales, la seguridad alimentaria y el acceso universal al agua potable y las energías limpias (CEPAL, 2020); así como la base fundamental de la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible, “un plan de acción a favor de las personas, el planeta y la prosperidad, que también tiene la intención de fortalecer la paz universal y el acceso a la justicia” [27] proceso en el que participaron todos los gobiernos participantes.

Producto de estos esfuerzos, hoy día los países miembros han firmado múltiples tratados y acuerdos internacionales, tanto de carácter global como bilateral, enfocados en la conservación y sostenibilidad de los recursos naturales. En su mayoría, responden a la presión ciudadana de personas que ven cómo, por distintas razones, en sus territorios se menguan las condiciones de protección de sus ecosistemas; por las investigaciones académicas y científicas acerca de los avances en materia de energías limpias y riesgos medioambientales; y por la incidencia jurídica de asociaciones civiles en defensa del medio ambiente; de donde, en gran medida, también se han derivado marcos normativos nacionales y regionales; especialmente para el tratamiento y regulación de la contaminación; el clima; la protección de la capa de ozono, el agua, los ecosistemas, la biodiversidad y la salud de trabajadores, entre otros factores inherentes a la relación entorno natural-calidad de vida [28]. Estos acuerdos se complementan con otras medidas, de enfoques específicos de acuerdo con las necesidades puntuales de sectores relacionados con la protección medioambiental:

Es el caso del “Global Compact” de Naciones Unidas, suscrito en la actualidad por numerosas empresas a nivel mundial, por medio del cual el sector empresarial se compromete con una serie de prácticas e incorpora dentro de los objetivos de sus empresas principios universales relacionados con la protección del medio ambiente y la producción más limpia, los Derechos Humanos, las normas laborales y la lucha contra la corrupción [...] Si bien son muchos los avances en este

campo, tanto a nivel global como nacional, aún son múltiples los desafíos que enfrenta la humanidad para alcanzar un desarrollo sostenible. Uno de los principales retos estará en lograr una economía cero emisiones [28].

Los referentes normativos nacionales en materia de sostenibilidad ambiental

Además de suscribir el Global Compact o Pacto Global, herramienta de la ONU para involucrar al sector privado de sus países miembros en el alcance de los ODS, y cuyos principios 7, 8 y 9 se refieren exclusivamente al compromiso del ámbito empresarial en la protección del medio ambiente [29]; Colombia ha firmado y ratificado varios tratados orientados al mismo fin. Los principales son la Convención sobre comercio internacional de especies amenazadas de flora y fauna silvestre; el Convenio de Viena para la protección de la capa de ozono y el Protocolo de Montreal; el Convenio sobre diversidad biológica; la Convención Marco de Naciones Unidas sobre cambio climático y el Protocolo de Kyoto; y la Convención de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes [30].

La Convención sobre comercio internacional de especies amenazadas de flora y fauna silvestre, ratificada por medio de la Ley 17 de 1981, vigila la conservación y uso sostenible de las especies de flora y fauna silvestres, principalmente aquellas que son objeto de comercialización, especialmente a partir de tres factores: extinción, peligro de extinción y especies protegidas [31]. El Convenio de Viena para la protección de la capa de ozono y el Protocolo de Montreal, confirmados a través de las Leyes 30 de 1990 y 29 de 1992, respectivamente, configuran uno de los pactos internacionales más exitosos, pues se consolidó como el primer acuerdo multilateral en defensa del medio ambiente, y a nivel nacional ha sido el promotor de varias disposiciones jurídicas vinculantes en su objetivo central: “promover la cooperación a través de observaciones sistemáticas, investigaciones e intercambio de información sobre el impacto de las actividades humanas en la capa de ozono y adoptar medidas legislativas o administrativas en contra de actividades que puedan producirle efectos adversos” [32].

El 16 de septiembre de 1987, un total de 46 países firmaron el «Protocolo de Montreal, relativo a

las sustancias agotadoras de la capa de ozono». Este tratado ha sido considerado como un ejemplo excepcional de cooperación internacional, y en 2009 se alcanzó la suscripción universal, siendo el primer acuerdo ambiental multilateral que logró la participación de todos los países del mundo[33]. En Colombia, la Ley 30 de 1990 aprobó el Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono (Viena, 22 de marzo de 1985), y por su parte, la Ley 29 de 1992 aprobó el Protocolo de Montreal, con sus enmiendas adoptadas en Londres el 29 de junio de 1990 y en Nairobi el 21 de junio de 1991. Las leyes 618 de 2000 y 960 de 2005 aprobaron la enmienda del Protocolo de Montreal, aprobada por la Novena Reunión de las Partes, suscrita en Montreal el 17 de septiembre de 1997, y la enmienda del Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono, adoptada en Beijing, el 3 de diciembre de 1999, respectivamente. Por su parte, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible expidió un conjunto de normas que implementaron gradualmente el citado protocolo: Resolución 0619 de 1997, Resolución 0909 de 2008, Resolución 760 de 2010, Resolución 2153 de 2010, Resolución 1632 de 2012 y Resolución 2749 de 2017.[34].

La Convención Marco de Naciones Unidas sobre cambio climático y el Protocolo de Kyoto también incluye la línea de seguridad humana que propone el Protocolo de Montreal; fue ratificado por Colombia con la Ley 164 de 1994. Su propósito fundamental es “estabilizar las concentraciones de efecto invernadero en la atmósfera para la lucha contra el cambio climático”[29]. Por su parte, el Convenio sobre diversidad biológica, confirmado a través de la Ley 165 de 1994, se centra en tres objetivos: primero, la conservación de la biodiversidad, segundo, su utilización sostenible, y tercero, la participación justa y equitativa de los beneficios derivados de su uso[35].

Por último, la Convención de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes fue ratificada por Colombia con la Ley 1196 de 2008. Sin embargo, sus disposiciones fueron vinculadas en el país desde 1986 y 1993, primero, cuando se limitó el uso del Dicloro Difencil Tricloroetano (DDT) por su toxicidad demostrada –salvo en la atención de la fiebre amarilla, el paludismo y la malaria–, y, después, a través de la Resolución 010255 del Ministerio de la Protección Social, cuando se

prohibió enteramente su uso a nivel nacional en cumplimiento de objetivo principal: “restringir y eliminar definitivamente la producción, utilización, emisión y almacenamiento de Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP)”[36].

Las leyes más representativas a nivel nacional en materia medioambiental tienen su origen en estos y otros acuerdos multilaterales. Salvo la Ley 2 de 1959, la Ley 23 de 1973, el Decreto 2811 de 1974 y otras disposiciones jurídicas de finales de la década del 70 y principios de los años 80, en su mayoría, el marco normativo del medio ambiente en Colombia se estructuró, tal y como lo conocemos ahora, a partir de la década de los años 90[37]. Principalmente, la Constitución de 1991 inauguró un nuevo concepto sobre la necesidad de proteger los recursos naturales, en consonancia con la defensa de territorios y comunidades originarias. Desde entonces, Colombia, por su condición biodiversa, ha adoptado un rol protagónico en la protección medioambiental ante otros países. Sin embargo, estos esfuerzos aún se quedan cortos ante la inminente vinculación de tecnologías de nueva generación con la conservación y optimización de los recursos; especialmente en el establecimiento de normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes que deben cumplir toda la industria del país.

Regulación de la Revolución 4.0 en Colombia

De acuerdo con Benavente y Suaznába, la Revolución 4.0 es una realidad vigente y globalizada. Sin embargo, en América Latina aún no es generalizada, lo que puede dejar resultados negativos en materia de productividad y desarrollo, y también puede representar la ampliación de brechas de acceso a bienes y servicios para su población. Esto supone una serie de desafíos, entre otros, normativos, para los gobiernos del sur del continente en materia de “formación de talento digital y el impulso a un marco integral de políticas para la transformación digital”[38].

El éxito de la transformación digital depende de unas políticas integrales, que combinen elementos de oferta y demanda, y promuevan una relación de diálogo permanente entre los sectores público y privado para cada uno de los ejes propuestos. Como región debemos adaptar y complementar las políticas de innovación para construir

una agenda digital de manera ágil y urgente. La revolución 4.0 requiere políticas 4.0[38].

Castro coincide con esta postura al afirmar que, en términos de la seguridad jurídica y su percepción, resulta necesario garantizar, junto con la implementación de las tecnologías de información y comunicaciones (TIC), su regulación. Seguramente, debido a su reciente surgimiento y posicionamiento, existen múltiples vacíos jurídicos en cuanto a la aplicabilidad de las nuevas tecnologías y sus recursos derivados. Esto se hizo evidente con la incursión de las TIC en el comercio internacional, lo que conllevó su abordaje más allá de los beneficios de optimización de procesos e innovación[39].

Por lo tanto, una vez instaladas las nuevas tecnologías, su comercialización conllevó una revisión por parte de entes regulatorios en materia de derecho mercantil internacional (Comisión de Naciones Unidas para el Derecho Mercantil Internacional, Instituto Internacional para la Unificación del Derecho Privado, Cámara de Comercio Internacional y Comité de Basilea, entre otros) y en contextos de "integración económica, como la Unión Europea, y la Comunidad Andina"[39].

Además, la preocupación regulatoria, a medida que se conocen y se amplían los alcances de las TIC a nivel internacional, ha supuesto nuevos retos normativos, como aquellos relacionados con la privacidad, la inteligencia artificial y la producción global acelerada y desconectada de normativas nacionales y locales. Resultan evidentes los beneficios de la creación de herramientas innovadoras en todos los contextos, pero esto no descarta las lagunas jurídicas de su implementación y comercialización. Hoy día casi todos los procesos de industrialización, mercantilización, comunicación y creación requieren del uso de datos. No es posible pensarse el mundo actual y el futuro sin las redes informáticas, la virtualidad, el almacenamiento masivo en la nube y la digitalización la información. Sin embargo, esta nueva realidad, que ya han asumido los distintos sectores de las sociedades globalizadas, no cuenta con un marco normativo amplio, especialmente en países en vías de desarrollo, donde las brechas sociales marcan una gran diferencia frente a los países sólidamente industrializados.

Según estadísticas recientes, las empresas latinoamericanas presentan importantes brechas de

adopción en muchas de las nuevas tecnologías digitales con respecto a países de la OECD, lo cual afecta negativamente la innovación y la productividad al tratarse de tecnologías que tienen impactos transversales en toda la economía. Los datos disponibles para ciertos países de Latinoamérica muestran que las tecnologías de datos masivos (big data) y computación en la nube son utilizadas por un porcentaje mucho menor de empresas (la mitad o menos) en comparación a los países OECD. Y estas brechas son aún más pronunciadas si se tienen en cuenta el tamaño de las empresas[38].

En el caso colombiano, de acuerdo con Niño-Ruiz et al, los sectores académico, científico e industrial consideran la regulación de las TIC como un impedimento. El contexto colombiano, su historia y condiciones económicas, sociales y políticas dan lugar a una serie de dificultades para la implementación normativa de las herramientas innovadoras basadas en las nuevas tecnologías. La pobreza, la falta de educación de calidad, las dificultades de acceso a servicios estatales para la garantía de derechos fundamentales, la corrupción y, en general, las amplias brechas sociales vigentes en el país marcan inmensos inconvenientes a la hora de regularizar estos procesos[40].

Altos costos y trámites de importación de insumos y exportación de materiales para análisis en el exterior, manejo de sustancias reguladas, dificultades burocráticas en la obtención de licencias para la investigación alrededor de los recursos genéticos se convierten en grandes restricciones, y la complejidad del sistema de propiedad intelectual son los principales obstáculos declarados[40].

Por lo tanto, aún no es claro el camino regulatorio en materia de innovación en Colombia. Sin embargo, dada su necesidad, hay diversas iniciativas que lo proponen bajo el cumplimiento de, entre otros, los siguientes objetivos puntuales: conectividad, infraestructura digital y regulación de distribución y uso de datos; cualificación del capital humano en talento digital; transformación digital de cadenas de valor y sectores estratégicos tradicionales; adopción de estrategias digitales por parte de las pymes y fortalecimiento de sus capacidades tecnológicas; esquemas y mecanismos de pruebas de plataformas y otras herramientas tecnológicas de innovación y aprendizaje digital conjunto; y fomento de la innovación tecnológica

empresarial por parte de los Estados a través de compras públicas o exigencias de digitalización[38].

D. Marco Teórico

Revolución 4.0, descripción, principios, generalidades y componentes

La Cuarta Revolución Industrial se refiere a una serie de innovaciones, cada vez más veloces, eficaces y asequibles, cuya base –la tecnología– nos permite estar más conectados y vivir la nueva era entre lo digital, lo físico y lo biológico[41].

Desafíos PWC, dice que estas nuevas tecnologías usadas correctamente, potencializa para generar soluciones dispersas, desbloqueo natural de capital y empoderamiento de comunidades es significativo; y todas son condiciones esenciales para lograr un cambio positivo en el medio ambiente, donde los desafíos de valor no financiero son tan frecuentes. El informe Boulding block(chain)s for a better planet, de PwC, propone 8 aspectos en los que estas tecnologías pueden ayudar el medio ambiente[41].

Según Garrell y Guilera[12], algunas de las tecnologías 4.0, llevarán a las fábricas a una mayor eficiencia y productividad, como es:

- **Big Data:** El análisis de datos múltiples fuentes.

Proporciona almacenes automáticos de una enorme variedad de datos en formatos procesables en tiempo real, tendencias del mercado a considerar por los equipos de diseño, datos de los clientes examinados por el marketing digital, optimización de la energía, entre otros. Así se denomina big data al gran volumen de dato, tanto estructurados como no estructurados.

La utilización eficaz de la big data, consiste en combinar los datos relevantes que contienen con los datos estructurados internos de la empresa, normalmente de una aplicación comercial más convencional. Lo que hace la big data es ser muy útil para las empresas ya que genera respuestas a muchas preguntas que la empresa ni siquiera sabía que tenía. En otras palabras, proporciona puntos de

referencia para tomar decisiones estratégicas mejor fundamentadas.

- **Inteligencia Artificial**

No se puede definir con exactitud que es la inteligencia artificial, ya que se puede decir que es una ciencia o ingeniería de la máquina que actúa cambiante y experimental, tomando como intento de imitar la inteligencia humana usando un robot.

La Cuarta Revolución Industrial representa grandes oportunidades ante los retos de desarrollo y, sobre todo, recuperación económica post-COVID. Así mismo, desarrollamos proyectos y acciones que brindan herramientas a sectores específicos de la economía para la implementación y apropiación de tecnologías que los acompañen en este proceso de reactivación económica.

La habilitación del ecosistema es instrumental para maximizar los beneficios de la Cuarta Revolución Industrial. De esta forma, con iniciativas alrededor de la aceleración del talento digital en la región, la adopción de tecnologías específicas como es el caso de Blockchain a partir de algunos principios básicos y avanzar en el gran objetivo de acercar los conceptos y dinámicas de la Cuarta Revolución Industrial a la ciudadanía para lograr un proceso de cultura y apropiación a mayor escala.

Medio ambiente y contaminación en Colombia, desafíos de cara a la Agenda Mundial 2030

La Agenda 2030 es un nuevo acuerdo ético y programático entre las naciones y las personas para hacerle frente a los desafíos de la sociedad contemporánea. Las preocupaciones globales aún están enfocadas en el lento crecimiento económico, las desigualdades sociales, las preocupaciones ambientales y el anhelo de la paz en todas sus dimensiones. Por eso era necesario una revisión de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), para avanzar en la construcción de soluciones que permitieran el bienestar universal.

Colombia tiene aún más razones para asegurar la implementación de esta agenda. Fue uno de los

países precursores en su diseño desde la Conferencia Río+20 en 2012 y ha sido pionera en la inclusión de la Agenda en sus instrumentos de planeación, como los planes de desarrollo y el CONPES sobre ODS. Además, está ante una oportunidad histórica, en la que con la terminación del conflicto armado puede avanzar decididamente hacia el cierre de las brechas de desarrollo.

Lograr el desarrollo sostenible depende del cumplimiento de todos y cada uno de los 17 ODS. En Colombia, la interdependencia de estos objetivos es el camino más óptimo hacia lo que el secretario general ha indicado como Sostener la Paz. En efecto, Colombia tendrá paz plena si avanza hacia el desarrollo sostenible, y al mismo tiempo, el desarrollo sostenible no es posible sin la paz completa. La interdependencia e integralidad enriquecen los propósitos de la Agenda 2030 y plantean la necesidad de definir su cumplimiento a través de políticas públicas intersectoriales, multinivel, con una visión de largo plazo, pensadas de forma diferencial, basadas en datos desagregados y adecuadas a los contextos de países plurales y diversos como este.

VI. MARCO METODOLÓGICO

Para cumplir con los objetivos conceptuales propuestos en el presente estudio y dado que se trata de un tema que compromete las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones; procedimentalmente, el presente trabajo se sirve de una metodología de revisión documental, orientada al acopio y presentación de información relevante para las empresas de cara a la apropiación de la Revolución 4.0 en sus procesos.

Por lo tanto, la creación de la guía que se plantea como resultado de esta investigación compromete tres momentos: acopio, sistematización y análisis; así como la búsqueda de varios tipos de información: técnica, legal, histórica y teórica. Esta indagación pretende generar las bases suficientes para que las empresas colombianas accedan a un esquema básico y sencillo que les permita comprender la relación entre el aprovechamiento de las tecnologías de la cuarta revolución industrial y los desafíos que supone la conservación del medio ambiente al interior de sus procesos.

Por su misma naturaleza, la metodología de revisión documental se complementa con herramientas tecnológicas que faciliten el diseño, presentación y divulgación del material realizado, de manera digital, de tal forma que las empresas puedan compartirlo de manera oportuna, rápida y sencilla con todos los miembros de sus equipos de trabajo y otros actores o socios estratégicos a los que quieran involucrar en la comprensión o transición hacia la apropiación de la nueva revolución industrial.

La revisión documental, como método de investigación, hace parte del paradigma cualitativo y soporta sus bases en la búsqueda de información relevante para el tema, de manera organizada y con base en unos objetivos conceptuales clara y previamente planteados. Según Dulzaides Iglesias & Molina Gómez[42]:

El análisis de información[...] es una forma de investigación, cuyo objetivo es la captación, evaluación, selección y síntesis de los mensajes subyacentes en el contenido de los documentos, a partir del análisis de sus significados, a la luz de un problema determinado. Así, contribuye a la toma de decisiones, al cambio en el curso de las acciones y de las estrategias. Es el instrumento por excelencia de la gestión de la información.

Estas autoras también afirman que tanto el proceso de análisis documental, como de análisis de información –que no son lo mismo– son necesarios para cualquier ejercicio metodológico que implique la indagación de conceptos, procesos y teorías. Esto se debe, seguramente, a que, en la actualidad, tenemos acceso permanente a múltiples conjuntos de datos, originales y procesados, gracias a la globalización y su principal herramienta: el internet. “Sin embargo, la información que no se convierte en motor de la acción tiene poco valor. Y para ello, es necesario su procesamiento en diferentes escalones”[42].

Aplicación de la metodología

Como ya está claro, una investigación documental requiere de la recopilación, organización y análisis de fuentes documentales, escritas, orales o audiovisuales. Este ejercicio supone el acopio y selección de información a través de la lectura de documentos, libros, revistas, bibliografías, etc.

A comparación de otros métodos, la investigación documental no es tan popular debido a que las estadísticas y cuantificación están consideradas como formas más seguras para el análisis de datos.

Este tipo de investigación suele asociarse con la investigación histórica, por lo que los investigadores pierden confianza por su falta de claridad. Sin embargo, la historia da sentido al pasado y al presente.

REFERENCIAS

- [1] PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). Objetivos de Desarrollo Sostenible. Obtenido de PNUD Colombia: <https://www.co.undp.org/content/colombia/es/home/sustainable-development-goals.html>. 2022.
- [2] UN ORG. Industria, Innovación e Infraestructura: Por qué es importante. Obtenido de Sustainable Development: https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/wp-content/uploads/sites/3/2016/10/9_Spanish_Why_it_Matters.pdf. 2016.
- [3] MinTIC. Aspectos Básicos de la Industria 4.0. Bogotá D.C.: Oficina Asesora de planeación y Estudios Sectoriales, Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, Presidencia de la República de Colombia. Obtenido de https://colombiatic.mintic.gov.co/679/articles-124767_recurso_1.pdf. 2019.
- [4] Semana. Los tres grandes problemas de los emprendedores en Colombia. Semana, En línea. Obtenido de <https://www.semana.com/emprendimiento/articulo/problemas-de-emprendedores-en-colombia-que-trabajara-la-camara/262816/>. 2018.
- [5] Ayuda en Acción. Conoce cuáles son los tipos de contaminación ambiental. Obtenido de Ayuda en Acción: <https://ayudaenaccion.org/ong/blog/sostenibilidad/tipos-contaminacion-ambiental/>. 2020.
- [6] IDEAM. Instituto de Hidrología, Meteorología y estudios Ambientales -IDEAM-. Obtenido de Boletín calidad del aire, contaminación atmosférica: <http://www.ideam.gov.co/web/contaminacion-y-calidad-ambiental/calidad-del-aire>. 2021.
- [7] G. E. Díaz Murillo, Contaminación en Bogotá. Obtenido de Polución Bogotá, DrGdiaz.com: <https://drgdiaz.com/eco/salud/contaminacionen-bogota.shtml>. 2021.
- [8] N. Rojas, Aire y problemas ambientales de Bogotá. Bogotá D.C.: Universidad nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería Química, Laboratorio.
- [9] R. Hernández & J. Céspedes, Bioeconomía: Una estrategia de sostenibilidad en la Cuarta Revolución Industrial. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, La Paz, 7(2), 126-133. Obtenido de http://www.scielo.org/bo/pdf/riarn/v7n2/v7n2_a15.pdf. 2020.
- [10] A. Valencia Giraldo. El futuro de la Ingeniería. *Revista Facultad De Ingeniería Universidad De Antioquia* (19), 85-92. Obtenido de <https://revistas.udea.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/325836>. 1999.
- [11] A. Basco, G. Beliz, D. Coatz & P. Garnero. *Industria 4.0: fabricando el futuro*. Buenos Aires, Argentina: Banco Interamericano de Desarrollo -BID-, Instituto para la Integración de América Latina y el Caribe. Obtenido de <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Industria-40-Fabricando-el-Futuro.pdf>. 2018.
- [12] A. Garrell & L. Guilera, *La Industria 4.0 en la sociedad digital*. Barcelona: Marge Books. Obtenido de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=YnSIDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA51&dq=mejorar+contaminacion+del+aire+con+la+tecnologia+4.0&ots=teg8wJ586q&sig=VPDLqZqkiXKoZmTWNldRYnji8wU#v=onepage&q&f=false>. 2019.
- [13] L. Jiménez Cortés, *Hacia la Ingeniería Industrial 4.0*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México -UNAM-, Facultad de Ingeniería. Obtenido de <http://132.248.52.100:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/17004/Tesis.pdf?sequence=5>. 2019.
- [14] L. Albert, *Contaminación ambiental. origen, clases, fuentes y efectos* (Capítulo 4). Obtenido de <http://dsp.facmed.unam.mx/wp-content/uploads/2016/01/Contaminacion-ambiental-origen-clases-fuentes-y-efectos.pdf>
- [14] O. Ramírez Hernández, Identificación de problemáticas ambientales en Colombia a partir de la percepción social de estudiantes universitarios localizados en diferentes zonas del país. *Rev. Int. Contam. Ambient[online]*, 31(3), 293-310. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v31n3/v31n3a9.pdf>. 2015.
- [15] L. Heredia, D. García Pérez de Lema & A. Bastida *Los sistemas de control de gestión y la innovación: Su efecto sobre el rendimiento de las PYMES*. *Actualidad Contable Faces*, 11(17), 135-152. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/257/25711784012.pdf>. 2008.
- [16] C. Bernal Torres, G. Fracisca Naranjo & J. Frost González. Análisis de la relación entre la innovación y la gestión del conocimiento con la competitividad empresarial en una muestra de empresas en la ciudad de Bogotá. *Estudios Gerenciales*, 28,

- Edición Especial, 303-315. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/eg/v28nspe/v28nspea16.pdf>. 2012.
- [17] S. Kalmanovitz Krauter, Breve historia económica de Colombia (1a Ed. 1943 ed.). Bogotá D.C.: Ministerio de Cultura: Biblioteca Nacional de Colombia. 2017.
- [18] J. Melo, Algunas consideraciones globales sobre «Modernidad» y «Modernización» en el caso colombiano. *Análisis Político*(10), 23-35. 1990.
- [19] Banco de la República. Banco de la República - Historia. Obtenido de Banco de la República - Colombia: <https://www.banrep.gov.co/es/el-banco/contenidos/page/historia>. 2022.
- [20] L. Díaz Fariñas, A cincuenta años de la alianza para el Progreso: el debate por el socialismo. *Economía y Desarrollo*, 149(1), 139-157. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4255/425541207009.pdf>. 2013.
- [21] J. Echavarría Soto & M. Villamizar Villegas, El proceso colombiano de desindustrialización. *Borradores de Economía*(361), 1-62. Obtenido de El proceso colombiano de desindustrialización: <https://repositorio.banrep.gov.co/handle/20.500.12134/5379>. 2006.
- [22] M. Prieto, T. Castrillejo & P. Dussel, El proceso de contaminación hídrica en un oasis andino. La vida y la muerte por las acequias de Mendoza, Argentina, 1880-19801. *Signos Históricas*(16), 112-151. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/sh/v8n16/1665-4420-sh-8-16-112.pdf>. 2006.
- [22] M. Prieto. Breve Enciclopedia del Ambiente [Contaminación en los Siglos XVIII y XIX]. Obtenido de <https://www.mendoza.conicet.gov.ar>: <https://www.mendoza.conicet.gov.ar/portal/enciclopedia/terminos/ContamSiglos.htm>
- [23] T. Truccolo Reato & C. Calgaro, Los impactos de la obsolescencia programada para lograr la sostenibilidad ambiental en la sociedad consumocentrista y su contribución al efecto de la Teoría de Gaia. *Sostenibilidad: económica, social y ambiental* (3), 45-61. Obtenido de https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/115653/1/Sostenibilidad_03_03.pdf. 2021.
- [24] S. Suárez Tamayo & E. Molina Esquivel, El desarrollo industrial y su impacto en el medio ambiente. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52(3), 357-363. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/hie/v52n3/hig08314.pdf>. 2014.
- [25] ONU. Documentación de la ONU: Medio ambiente. Obtenido de <https://research.un.org>: <https://research.un.org/es/docs/environment/bodies>. 2021.
- [26] CEPAL. Rio+20 y desarrollo sostenible. Obtenido de <https://biblioguias.cepal.org>: <https://biblioguias.cepal.org/Rio20>. 2020.
- [27] Centro de Noticias de la ONU. Objetivos de Desarrollo Sostenible. Obtenido de <https://www.un.org>: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopto-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>. 2015.
- [28] J. Maldonado, Dossier, Ciudades y contaminación ambiental. *Revista de Ingeniería*(30), 66-71. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1210/121015710002.pdf>. 2009.
- [29] Pacto Global-Red Colombia. Los 10 Principios del Pacto Global. Obtenido de [pactoglobal-colombia.org](http://www.pactoglobal-colombia.org): <https://www.pactoglobal-colombia.org/pacto-global-colombia/que-es-pacto-global-colombia.html#10-principios-del-pacto-global>. 2022.
- [30] ANDI. Medio ambiente, Tratados internacionales. Obtenido de Asociación Nacional de Empresarios de Colombia -ANDI-: <http://proyectos.andi.com.co/es/GAI/GuiInv/MedAmb/Paginas/TL.aspx>. 2013.
- [31] Cancillería. Convención sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). Obtenido de Cancillería de Colombia: <https://www.cancilleria.gov.co/convenccion-sobre-comercio-internacional-especies-amenazadas-fauna-y-flora-silvestres-cites#:~:text=Colombia%20e%20Parte%20de%20CITES,son%20objeto%20de%20comercio%20internacional.2022>.
- [32] CEPAL. Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono. Obtenido de Observatorio del Principio 10 en América Latina y el Caribe: <https://observatoriop10.cepal.org/es/tratados/convenio-viena-la-proteccion-la-capa-ozono>. 2022.
- [33] Minambiente. Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Obtenido de Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (Convenio sobre Cambio Climático): 1. <https://www.minambiente.gov.co/asuntos-internacionales/convenio-sobre-cambio-climatico/>. 2022.
- [34] J. Sarmiento, Protocolo de Montreal y el Convenio de Viena, ¿un caso exitoso en Derecho Internacional de protección global del medio ambiente? *Revista de Derecho*, 52, vi-xii. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/dere/n52/2145-9355-dere-52-1.pdf>. 2019.
- [35] Cancillería. Convenio sobre Diversidad Biológica (CBD). Obtenido de Cancillería de Colombia: <https://www.cancilleria.gov.co/convenio-sobre-diversidad-biologica-cbd>. 2022.

- [36] Cancillería. Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (POPs). Obtenido de Cancillería de Colombia, Misión permanente de Colombia ante las Naciones Unidas en Ginebra: <https://ginebra-onu.mision.gov.co/convenio-estocolmo>. 2022.
- [37] UPME. NORMATIVIDAD AMBIENTAL Y SANITARIA. Obtenido de Unidad de Planeación Minero-Energética: http://www.upme.gov.co/guia_ambiental/carbon/gestion/politica/normativ/normativ.htm
- [38] J. Benavente & C. Suaznábar, Políticas 4.0 para la cuarta revolución industrial. Obtenido de Puntos sobre la i. Un blog del BID para conversar sobre innovación en América Latina y el Caribe: <https://blogs.iadb.org/innovacion/es/politicas-de-transformacion-digital/>. 2018.
- [39] A. Castro Pinzón, Regulación en la cuarta revolución industrial. Obtenido de Blog de Derecho de los Negocios, Facultad de Derecho, Universidad Externado de Colombia: <https://dernegocios.uexternado.edu.co/comercio-electronico/regulacion-en-la-cuarta-revolucion-industrial/>. 2019.
- [40] E. Niño-Ruiz, J. Allain, J. Montoya, J. Mejía Arango, M. Eisenhauer, E. Noriega... T. Osswald, Colombia y la nueva Revolución Industrial. Propuestas del foco de tecnologías convergentes e industrias 4.0. Medellín: EAFIT, Universidad del Norte, Min ciencias. Obtenido de https://minciencias.gov.co/sites/default/files/colombia_y_la_nueva_revolucion_.pdf. 2020.
- [41] PWC. Industria 4.0: ¿cómo puede beneficiar al medio ambiente? Obtenido de DESAFÍOS PWC: <https://desafios.pwc.pe/industria-4-0-como-puede-beneficiar-al-medio-ambiente/>. 2018.
- [42] M. Dulzaides Iglesias & A. Molina Gómez, Análisis documental y de información: dos componentes de un mismo proceso. ACIMED, 12(2), 1-5. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352004000200011. 2004.

