

REVISTA RETO

Compartimos conocimiento

Volumen 8 | Número 1
enero - diciembre 2020



LOGÍSTICA | MERCADEO | TELEINFORMÁTICA | INDUSTRIAS CREATIVAS

ISSN 2322-8059 | EISSN 2619-4112

REVISTA **RETO**

Compartimos conocimiento

ISSN 2322-8059 | EISSN 2619-4112

Volumen 8 | Número 1
enero - diciembre 2020

Revista especializada en tecnologías
transversales de la organización



CENTRO DE GESTIÓN DE MERCADOS, LOGÍSTICA Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN
SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE - SENA
Regional Distrito Capital

Equipo editor

Director General

Carlos Mario Estrada Molina

Sena

Subdirector Centro de Gestión de Mercados, Logística y TI

Jaime García Dimotoli

Sena

Editor

Nelson Giovanni Agudelo Cristancho

Gestora Editorial

Carolina Santana Benavides

Diagramación Editorial

Giovanni Guerrero Lozano

COMITÉ EDITORIAL/CIENTÍFICO

Nelson Giovanni Agudelo Cristancho

Ingeniero en Telecomunicaciones, Especialista en Teleinformática, Magíster en Ciencias de la Información y las Telecomunicaciones, Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Luis Armando Carvajal

ING. Electrónico., PhD ING. Biomédica, Universidad Politécnica de Madrid

Mike Silva Ferro

Lingüista, Universidad Nacional de Colombia. Magíster en Educación, Universidad Javeriana. PhD en Educación, Universidad Autónoma de Madrid

Renzo Grover Fabián Espinoza

Ingeniero Eléctrico, Universidad Nacional de Ingeniería, UNI (Perú) Magíster en Ingeniería Eléctrica en la Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP (SP, Brasil), y Dsc. en la Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, (SP, Brasil).

Sergio Iván Galvis Motoa

Ingeniero Electrónico, Especialista en Teleinformática, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Maestrante en Informática y Tecnologías Computacionales de la Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Comité evaluador

La revista Reto agradece a los investigadores que actuaron como evaluadores

Andrés Silva
Ángela Montoya
Angélica Simbaqueba
Any Correa Oroz
Bryan Loaiza Camacho
Camila Mariño Serpa
Carolina Castellanos Suárez
Carolina Pimentel Gutiérrez
Carolina Sinisterra Marchand
Claudia Milena Pico Bonilla
Daniel Prieto Sánchez
Darwin Baquero Sandoval
Edgar Oswaldo Díaz
Elisa Amézquita Ospina
Estefanía Gutiérrez Galvis
Fanny Carrillo
Félix Dueñas Gaitán

Freddy Velandia Vivas
Hugo Muñoz Bonilla
Juan Carlos Rojas Lozada
Karen Castillo Prada
Katherin Lizeth Rojas Espejo
María Angélica Carvajal
Mauricio Cendales Lara
Mike Silva Ferro
Nelson Ruiz Gamba
Paola Mejía Rodríguez
Paul Cifuentes Velásquez
Ramiro Manjarrés Márquez
Rodrigo Huertas Chivatá
Sandy Alonso
Sergio Galvis Motoa
Yan Martínez Contreras
Yuri Morales

La revista

Misión

La revista Reto es una revista especializada en tecnologías transversales de la organización, del Centro de Gestión de Mercados, Logística y Tecnologías de la información, del SENA, Regional Distrito Capital, de publicación anual impresa y digital. En la revista Reto se publican artículos teórico-prácticos relacionados con las áreas objeto de formación del CGMLTI: Mercadeo, Logística, Teleinformática y Nuevas tecnologías.

Visión

Ser una revista especializada de carácter científico con contenidos de alta calidad, con posicionamiento en las bases de datos de interés y reconocimiento en la comunidad académica y científica.

Evaluación de artículos

La revista Reto selecciona sus artículos mediante el proceso de revisión por pares según el método de evaluación doble ciego, por parte de académicos y expertos revisores anónimos dentro del campo de estudio del artículo. Se evalúan los manuscritos recibidos y se determina que los artículos cumplen con las normas de estilo y contenido indicadas en las directrices para los autores.

Redacción de manuscritos

La revista Reto atiende a las recomendaciones y directrices para la indexación de publicaciones seriadas emitidas por Colciencias, y selecciona los artículos de investigación con preferencia a contenidos de desarrollos tecnológicos, producto de la formación. Solo se publican artículos originales que, junto con las condiciones mencionadas, contengan la unidad interna característica de los trabajos publicados en una revista científica.

Recepción de documentos y correspondencia

En el 2021, se recibirán los artículos únicamente por la plataforma oficial OJS del SENA, el editor de la revista comunica a los autores el resultado motivado de la evaluación por correo electrónico, en la dirección que estos hayan utilizado. El editor jefe, como director del comité de evaluación comunica al autor principal el resultado de la revisión (rechazado, aceptado con modificaciones o aceptado), lo mismo que las observaciones y comentarios de los revisores. Si el manuscrito ha sido aceptado con modificaciones, los autores deben reenviar una nueva versión del artículo, para ser revisado nuevamente por los mismos revisores. Opcionalmen-

te, los autores pueden aportar una carta al editor, en la cual se indique el contenido de las modificaciones del artículo. Si los autores han decidido no seguir las recomendaciones de los revisores, podrán justificar su decisión en esa misma carta.

Política de acceso abierto

La revista Reto es de acceso libre a su contenido, a partir de la premisa de llevar al público el resultado de la investigación en forma gratuita, para aumentar el conocimiento de la humanidad. La revista acoge el código de conducta del comité de ética de publicaciones COPE / Committee on publication ethics, COPE.

Política Editorial

Temática y alcance

La revista Reto, especializada en tecnologías transversales de la organización, es una publicación anual impresa y digital, del Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA, Regional Distrito Capital, CGMLTI (Centro de Gestión de Mercados, Logística y Tecnologías de la Información), cuyo objetivo es difundir conocimiento teórico práctico, relacionado con las áreas objeto de formación del CGMLTI: mercadeo, logística, teleinformática y nuevas tecnologías, mediante artículos soportados científicamente. Por ser una revista especializada de carácter científico, no admite artículos de simple divulgación. Las opiniones deben contener conclusiones provenientes de la comprobación, lograda a través de la investigación. Se publican artículos que contengan desarrollos tecnológicos, producto de la formación. La revista Reto, solo publicará artículos originales que, junto con las condiciones mencionadas, contengan la unidad interna característica de los trabajos publicados en una revista científica. La revista Reto, se ciñe a las directrices para la indexación de publicaciones seriadas emitidas por Colciencias.

Proceso de revisión por pares

La revista Reto selecciona sus artículos mediante un proceso de revisión por pares según el método doble ciego. Cuando el equipo editorial ha comprobado que el artículo cumple con las normas

de estilo y contenido, indicadas en las directrices para los autores, el manuscrito se envía a dos expertos revisores anónimos dentro del campo de estudio del artículo. Con base en las recomendaciones de los revisores, el editor de la revista comunica a los autores el resultado motivado de la evaluación por correo electrónico, en la dirección que estos hayan utilizado para enviar el artículo. El editor jefe, como director del comité de evaluación comunica al autor principal el resultado de la revisión (rechazado, aceptado con modificaciones o aceptado), lo mismo que las observaciones y comentarios de los revisores. Si el manuscrito ha sido aceptado con modificaciones, los autores deben reenviar una nueva versión del artículo, para ser revisado nuevamente por los mismos revisores. Opcionalmente, los autores pueden aportar una carta al editor, en la cual se indique el contenido de las modificaciones del artículo. Si los autores han decidido no seguir las recomendaciones de los revisores, podrán justificar su decisión en esa misma carta.

Distribución de la revista

La revista Reto se distribuye de forma impresa a los depósitos legales como bibliotecas; la versión electrónica o digital se encuentra disponible para cualquier persona con acceso a internet y puede encontrarla en el portal de revistas del SENA.

Financiación de la revista

La revista Reto es una publicación de carácter científico sin ánimo de lucro y no cuenta con ningún valor comercial, en ninguna de sus ediciones. La revista Reto es financiada en su totalidad por el Servicio Nacional de Aprendizaje SENA y de SENNOVA.

SENNOVA se encarga de fortalecer competencias orientadas al uso, aplicación y desarrollo de tecnologías avanzadas, por medio de las Tecnoacademias, y genera cultura de innovación y competitividad en jóvenes de secundaria.

Además, fomenta el desarrollo de investigaciones científicas, desde la educación media con aplicación de nuevas tecnologías como polo de desarrollo local y regional.

Tabla de contenido

Editorial: El 2020 un año de retos y aprendizajes	10
Revisión sobre hacking ético y su relación con la inteligencia artificial	11
Evolución de la gestión de la cadena de suministro y la logística, desde una visión tecnológica y sostenible	22
Caracterización de la línea de investigación en Mercadeo - Centro de Gestión de Mercados, Logística y TI	32
Revisión del potencial de antenas reconfigurables en frecuencia para sistemas de radio cognitiva	44
La IoT una nueva ventana de oportunidad para pymes latinoamericanas en tiempos de la covid-19	53
Diagnóstico de los grupos de investigación del servicio nacional de aprendizaje, Sena	67
Guía para autores/as	79

Editorial

El 2020 un año de retos y aprendizajes

El 2020, como todos los años, inició lleno de expectativas, aunque también llegaba con los rumores de un virus del que nadie sabía nada: el covid-19. Una cosa que se veía muy lejana, pero que nos mostró, en realidad, qué tan cerca estamos los unos de los otros. En poco tiempo todos tuvimos algo que ver con el coronavirus. En menos de nada, nos vimos confinados, trabajando en casa, investigando desde casa, viviendo 7/24 con las personas que, a veces, ni veíamos. Hijos, padres y abuelos, todos frente a la pantalla, y muchas veces, la misma para todos.

Las dinámicas cambiaron drásticamente, y cada día empezó a llegar con un nuevo reto. La educación y la tecnología, ambas de la mano, fueron las primeras en unirse a los retos del día a día. No obstante, el hecho de no estar listos para lo que se nos vino encima, hizo que se cometieran infinidad de errores. La cuestión, ahora, es resolver los interrogantes que surgieron después del primer año del covid-19. Porque en medio de la incertidumbre que ha generado el virus, una cosa sí es cierta, y es que no volveremos a la “normalidad”.

A partir de esta premisa, y parados desde la educación, vista como el camino hacia el conocimiento, y la tecnología, como la herramienta; podemos empezar por respondernos: ¿Qué aprendimos al estar 100% tras la pantalla? ¿Qué hicimos para que los estudiantes “se conectaran” con los aprendizajes? ¿Cómo los profesores nos conectamos con nuestros estudiantes? ¿Qué uso le dimos a la tecnología, fue nuestra aliada o nuestra enemiga? ¿Cómo vinculamos la tecnología al trabajo, al aprendizaje, a la vida misma?

Empezar a tener respuestas nos permitirá continuar el camino. Asumir de una vez por todas que el mundo cambió, que es hora de adaptarnos a las nuevas dinámicas, nos permitirá encontrar soluciones. La educación, después de la revolución industrial, no había tenido tan cerca la oportunidad de renovarse. Este es el momento para ello. Qué hicimos durante el 2020 para generar el cambio, qué haremos durante el 2021. Recordemos que, al fin de cuentas, es la educación (ahora con la tecnología de aliada) quien ayuda a construir la sociedad. ¿Qué sociedad queremos? ●

Carolina Santana Benavides

Gestora Editorial
Revista Reto

Revisión sobre hacking ético y su relación con la inteligencia artificial

Review on Ethical Hacking and its Relationship with Artificial Intelligence

Javier Andrés Ardila Osma, Eimmy Fernanda Salcedo González,
César Augusto Pedraza Aguirre, Miguel Ángel Saavedra Melo*

Resumen

En el presente documento se realiza la descripción general de las principales características de los procesos de hacking ético como herramienta de seguridad informática aplicando inteligencia artificial (IA) teniendo en cuenta que la adopción de estrategias de protección de información en las organizaciones ya no es un lujo que solo algunas adoptan, sino prácticamente una exigencia teniendo en cuenta la necesidad de contrarrestar riesgos en redes locales y de internet. La IA es un paradigma tecnológico que cada vez es más usado en la industria y las organizaciones como soporte de sus procesos y se ha vuelto tan relevante que negarse a usarla implicará dificultades importantes en el mediano plazo para estar a la altura de las demandas y no quedar relegada del futuro. La estructura del documento se compone de varias secciones, primero se presenta la definición y el origen histórico del hacking y el hacking ético, en seguida se define el concepto de inteligencia artificial y se establece su relación con el hacking ético, sus algoritmos más utilizados y sus ventajas y desventajas; a continuación, se presentan detalles del contexto ac-

tual del hacking ético a nivel global y local, así como de su marco regulatorio; después se mencionan las principales vulnerabilidades detectadas el hacking ético, se presentan unas someras recomendaciones y finalmente las conclusiones más relevantes encontradas.

Palabras clave:

Hacking, hacking ético, inteligencia artificial, aprendizaje, malware, marco regulatorio.

Abstract

This document provides an overview of the main characteristics of ethical hacking processes as a computer security tool applying artificial intelligence (AI), taking into account that the adoption of information protection strategies in organizations is no longer a luxury that only some adopt, but practically a requirement that takes into account the need to counteract risks in local networks and the Internet. AI is a technological paradigm that is increasingly used in industry and organizations to support their processes and has become so relevant that refusing

* Fecha de recibido: 13/08/2020 Fecha de aceptación: 18/12/2020

Correo electrónico: 68191512@unitec.edu.co, 68181527@unitec.edu.co, 68131507@unitec.edu.co, miguelsaavedra@unitec.edu.co

Citar como: Ardila Osma, J. A., Salcedo González, E. F., Pedraza Aguirre, C. A., & Saavedra Melo, M. A. (2020). Revisión sobre hacking ético y su relación con la inteligencia artificial. *Revista RETO*, 8.

to use it will imply significant difficulties in the medium term to keep up with the demands and not stay relegated from the future. The structure of the document is made up of several sections, first the definition and the historical origin of hacking and ethical hacking are presented, then the concept of artificial intelligence and its relationship with ethical hacking, its most used algorithms and its advantages and disadvantages. Disadvantages The current context of ethical hacking at global and local level, as well as its regulatory framework, is detailed below; then the main vulnerabilities detected in ethical hacking are mentioned, brief recommendations are presented and finally the most relevant conclusions are shown.

Keywords:

Hacking, ethical hacking, artificial intelligence, machine learning, malware, regulatory framework.

Introducción

En la actualidad los avances tecnológicos como el almacenamiento de información en la nube y el internet de las cosas (IoT), han abierto una puerta enorme dejando a las organizaciones y las personas propensas a cualquier ataque cibernético. El problema de gestionar y vigilar el riesgo que se presenta en estas áreas de modo efectivo e instantáneo requiere de una pieza primordial: los datos. Estos datos son analizados por sistemas que se han vuelto inoficiosos en escenarios difíciles, como por ejemplo lo ocurrido en el Banco de Chile en 2018 cuando perdió 10 millones de dólares en un robo mientras los encargados de seguridad se ocupaban de atender otro ataque que los mantuvo ocupados (P., 2019). Es vital que en estas situaciones la conjunción de datos se haga de manera más capaz y eficaz. La preferencia en la utilización de la AI en el hallazgo y prevención de asaltos necesita que las organizaciones divulguen esta información de dichos asaltos en el menor tiempo posible para poder mitigar los riesgos. En estos momentos el hombre cuenta con tecnologías que le permiten construir máquinas con programas específicos que permiten identificar las inseguridades del sistema automáticamente. Esto facilita examinar

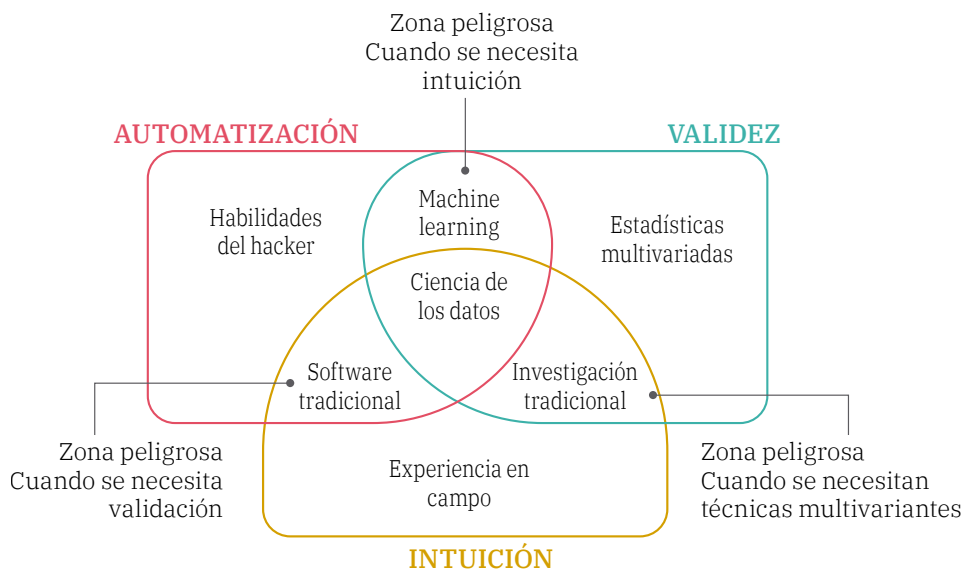
grandes volúmenes de datos y tomar medidas de precaución y protección.

Las compañías que no poseen un historial actual de estos ataques y que no utilizan la AI para detectarlos se encuentran totalmente vulnerables ante estos riesgos. Es sabido que algunas organizaciones realizan sus auditorías en seguridad utilizando una máquina con un software específico, que ha sido entrenada para buscar los riesgos latentes en todo el sistema. La mecanización de los hackers es algo que se está fortaleciendo actualmente y que se lleva a cabo gracias a la implementación de la AI, pero para esto es necesario contar con personas que posean destrezas en investigación, habilidades para realizar algoritmos de entrenamiento, análisis para hallar nuevas amenazas cibernéticas. Así como también máquinas inteligentes diseñadas para automatizar mecanismos protección y defensa. Concisamente, lo anteriormente mencionado puede ser sintetizado en el siguiente diagrama mostrado en la figura 1.

Definición y orígenes del hacking ético

En la actualidad, las compañías manejan grandes volúmenes de datos que necesitan ser vigilados y protegidos para estos que no sean accedidos por usuarios no autorizados, generalmente a través del uso de herramientas de software maliciosas, para ser utilizados de manera ilegal, o ser retenidos con intenciones lucrativas. Para evitar que esto suceda, las personas con amplio conocimiento sistemas, en particular en protocolos de seguridad de redes e internet, y con conocimiento de herramientas como IA, pueden implementar metodologías para la realización de una serie de pruebas que permitan saltar y evitar todas las medidas de seguridad que tiene el sistema de la organización, identificando todas las vulnerabilidades posibles. Estas personas son conocidas como hackers éticos y lo que realizan al final es una auditoría de seguridad con la implementación de procedimientos como penetration test, vulnerability test, o simplemente pentest (Federico Ivan Gacharna 2009), previa autorización de la organización, cuyos resultados se entregan a los encargados del sistema para

Figura 1. Relación entre hacking, aprendizaje de máquina y ciencia de datos.



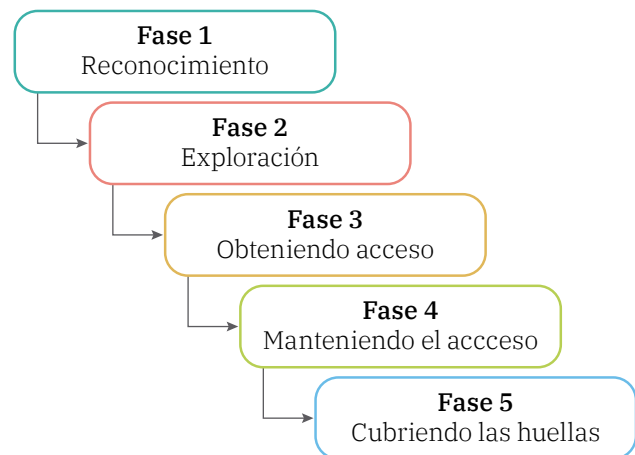
Tomado de: Silver & LLC, 2017

que estos a su vez realicen las mejoras pertinentes en la seguridad del sistema, eliminando los riesgos y amenazas que presentaba el sistema de dicha organización. Así pues, los hackers éticos son necesarios en todas las compañías, ya que dan parte de tranquilidad al constatar que la información está siendo tratada de forma segura y responsable (Blum, Course Hero, 2007).

Dentro de la cultura del hacking ético estos expertos además de investigar y crear también comparten información de cómo evitar que la mayoría de los sistemas sean vulnerados por otros, los conocidos como hackers (Osorio, 2016). Se especula que el hacking comenzó alrededor de los años 70's cuando John Draper (conocido como el capitán Crunch) logró generar una señal con la que evitaba la tarificación de llamadas, y de esta manera, no solo hacía llamadas gratis, sino que también, junto con Denny Teresi, tomó el control de sistemas telefónicos centrales (Solís S. M., 2018). Por otro lado, se empezó a hablar de hacking ético a mediados de 1995 cuando el hacker Kevin David Mitnick, que era buscado por el FBI durante más de dos años, es atrapado con la ayuda de Tsutomu Shimomura, un experto en seguridad informática (M. J. E 2019). En la figura 2 se mencionan las diferentes fases que típicamente se utilizan en un proceso de hacking ético.

Figura 2. Fases del hacking ético

FASES DEL HACKING ÉTICO



Tomado de: Roberto González, 2019

Inteligencia artificial y hacking ético

La Inteligencia artificial es una rama de la informática que se dedica al uso de algoritmos y creación de mecanismos que pueden mostrar comportamientos considerados inteligentes, es decir, que tengan, idealmente, capacidad de ra-

zonamiento y aprendizaje como el ser humano. Sus orígenes se remontan a 1956 cuando John McCarthy, un prominente informático que posteriormente recibió el Premio Turing en 1971, introduce el término al describir al tipo de máquina capaz de encontrar una solución luego de serle asignada una tarea desconocida. Actualmente, la IA se utiliza en diversos escenarios como lo son la educación, los mercados, la manufactura, el gobierno y el legislativo, la salud, etc. (Rouse, TechTarget, 2017) y (Chas, AURO PORTAL, 2020).

Cuando se examina el papel de la IA en la ciberseguridad desde el grado sistemático, existen tres áreas de gran impacto: robustez, resistencia y respuestas del sistema. En las tres variantes, el potencial de la IA se combina con graves riesgos éticos. Si no se afrontan, estos riesgos podrían arremeter contra la adopción de la IA en la ciberseguridad o generar problemas importantes en nuestras sociedades (Taddeo, 2019). La IA para pruebas de software es una nueva área de investigación y desarrollo y se hace con el fin de diseñar software que sea capaz de autoevaluar y auto curar. Lo que significa que puede ayudar a verificar y validar el software. Esto podría tener un efecto de ralentización frente a las vulnerabilidades encontradas. En relación con eso, como la validación y verificación la realizaría el sistema, se liberaría la carga laboral y tediosa generada en los humanos. Sin embargo, aunque la IA puede ayudar a hacer pruebas más rápidas y eficientes a un sistema dado, se debe tener cuidado al delegar tanta responsabilidad en las pruebas, pues esto podría conllevar una deslocalización de expertos. Los humanos son importantes porque son los expertos en ciberseguridad, ellos poseen un mejor concepto de ética, por ende, deben seguir realizando pruebas en los sistemas y además siempre es bueno un juicio de expertos (Taddeo, 2019).

Algoritmos en inteligencia artificial

Una creciente preocupación en las organizaciones actuales respecto a las implicaciones de la inteligencia artificial es el aprendizaje automático y profundo debido a que se teme que el riesgo de

ataques sea mayor ya que los sistemas se optimizan y mejoran con mayor recurrencia y facilidad lo que puede implicar que se realicen ataques más rápidos y con mayores niveles de impacto. Sin embargo, la IA también puede identificar vulnerabilidades de los sistemas que a menudo puede ser imposibles de encontrar para los expertos humanos (Taddeo y Floridi, 2018). Dentro de estas técnicas de identificación de vulnerabilidades y protección de sistemas se encuentran algoritmos o tipos de aprendizaje definidos en inteligencia artificial que se distribuyen en tres grupos principales (MOYA, 2016):

Aprendizaje por refuerzo (RL, Reinforcement Learning):

El adquirir conocimientos por refuerzo radica en el número de ensayos recurrentes que realiza una máquina fundamentados en “pruebas y errores” usando el menor tiempo posible en encontrar la solución o el resultado esperado. Es posible entenderlo usando como ejemplo el juego de batalla naval, en el cual el objetivo es hundir los barcos del contrincante y para lo cual se aplican una serie de intentos en los que el sistema aprende a punta de pruebas y errores.

Aprendizaje supervisado (Supervised machine learning):

Se apoya en una serie de patrones predictivos que utilizan datos de adiestramiento, es decir que, en un grupo de datos ingresados al sistema, esta toma dichos datos, los analiza, los transforma y muestra una salida donde se encuentran los resultados esperados. Un ejemplo de este tipo de aprendizaje es el usado en vehículos autónomos.

Aprendizaje no supervisado (Unsupervised machine learning):

Este tipo de estudio es muy similar al anterior con la diferencia de que este se apoya únicamente en los datos de entrada. Es decir que el algoritmo utiliza un auto adiestramiento sin tener en cuenta ningún tipo de indicación externa. Como ejemplo está el agrupamiento de objetos no etiquetados, en un grupo de subconjuntos que son llamados Clústers.

Ventajas y desventajas del uso de IA

(Yucatan D. , 2018)

La inteligencia artificial, como tecnología emergente y en desarrollo, conlleva evidentes beneficios en su implementación, pero puede también implicar riesgos o desafíos importantes que deben tener en cuenta con el fin de mitigar o evitar su impacto nocivo. A continuación, se enlistan las principales ventajas y desventajas que podrían presentarse como consecuencia del uso de la inteligencia artificial.

Ventajas

- Automatiza los procesos: la inteligencia artificial ayuda a liberar carga laboral permitiendo que algunas máquinas ejecuten trabajos repetitivos automáticamente y sin supervisión alguna.
- Potencia las tareas creativas: gracias a la característica anterior el personal que se dedica a ejecutar tareas repetitivas puede ejecutar otro tipo de labores, con seguridad de mayor interés para sus organizaciones.
- Aporta precisión: en las compañías de manufacturación la inteligencia artificial ha logrado que el proceso de producción sea más efectivo y preciso, ya que las máquinas son entrenadas para tomar decisiones sin supervisión humana.
- Reduce el error humano: las máquinas que aplican la inteligencia artificial son capaces de detectar anomalías en las piezas o productos que produzca la organización y que son indetectables por el personal del área de trabajo.
- Reduce los tiempos empleados en análisis de datos: hace posible que esta tarea se ejecute en el menor tiempo posible, aumente la producción y la efectividad sin descuidar la calidad.
- Mantenimiento predictivo: esto quiere decir que la AI ejecuta su propio mantenimiento en las máquinas de producción cuando no están operando y así controla el desgaste de piezas y ofrece un mejor rendimiento a la organización.
- Mejora en la toma de decisiones tanto a nivel de producción como de negocio: la inteligencia

artificial puede pronosticar escenarios donde resuelve situaciones en muy corto tiempo y también prever problemas a largo plazo (Integra, Nexusintegra.io, 2020).

Desventajas

- La IA se ejecuta a través de programas desarrollados con lenguajes de programación como Python y MATLAB, y estos a su vez están sujetos a procesos de actualizaciones y mejoras, así como también el programa que se encarga de aplicar la AI, lo cual puede generar errores inesperados o problemas de compatibilidad.
- El uso de la IA en cualquier escenario representa una importante inversión de capital, recurso humano altamente capacitado y recursos tecnológicos en ocasiones difícil de adquirir.
- La IA puede contribuir a la reducción considerable de mano de obra.
- La cantidad de expertos en IA respecto a su demanda es aún muy baja.

Contexto actual de hacking ético

Contexto mundial

La era de la transformación digital es una realidad para la mayor parte de la industria y, consecuentemente, las amenazas informáticas para empresas y clientes son crecientes. Cada vez se pueden encontrar dispositivos nuevos que se conectan desde cualquier lugar y en cualquier momento. Podría decirse que a mayor evolución tecnológica existe un mayor número de amenazas, pero también un mayor número de tácticas y recursos para tratar de hacerles frente. En noticias son expuestos solamente ciertos delitos cometidos a grandes empresas, pero no hay mayor eco para las demás, cuyos ataques pueden ser incluso peores, ya que el objetivo de los ciberdelincuentes se amplía día a día y los datos personales, ya sean de redes sociales, historiales médicos o hasta archivos bancarios son motines sustanciales para los hackers. Este tipo de ataques varía dependiendo del tipo de daño por el

que se dirijan, a partir de lo cual se pueden tener los siguientes tipos de delincuentes:

- Cibernéticos, que buscan lucrarse por este medio realizando distintos tipos de fraudes.
- Hacktivistas, que se dedican a detectar las fallas en los sistemas informáticos, son motivados por la política o el entorno social, un ejemplo famoso dentro de esta clasificación es la organización Anonymous. (Rochina, 2016)
- Terroristas cibernéticos, que se basan en el entorno cibernético para llevar a cabo los atentados a sectores sensibles como el sector salud, sector defensa, sector bancario, etc. (Rodrigo, 2020)
- Ciberespías, que comprometen la ciberseguridad en las organizaciones al robar información valiosa de clientes y empleados, y que generalmente venden en el mercado negro.

Así pues, por la variedad en los tipos de ataques que puede sufrir una organización, el firewall ya no es suficiente y la búsqueda de alternativas de seguridad es un tema cada vez de mayor importancia. Aquí por esto que empieza a aumentar la demanda de expertos en seguridad de TI, pues las empresas ya se están renovando y ahora buscan hacer autoevaluaciones frecuentes para saber cómo se están protegiendo los datos y en general saber el estado en que se encuentran en cuanto a seguridad informática: saber si sus datos se encuentran con la debida protección, si son sensibles y desde qué dispositivos pueden ser accedidos. (Vela, 2019)

Contexto nacional

El hacking ético en Colombia aún no se reconoce a nivel profesional y tan solo pueden reconocer algunas pocas áreas laborales en las cuales es posible encontrar un hacker o hablar del tema. Algunos ejemplos son los profesionales que trabajan para empresas de seguridad informática o de desarrollo de aplicaciones, las personas que trabajan en el área de sistemas, ya sea en soporte o mantenimiento de computadores, o también en áreas comerciales, pues por su quehacer profesional se enteran brevemente del tema, y finalmente están los empíricos entusiasmados por los sistemas informáticos que aprovechan su tiempo libre para practicar y ganar experticia. Es evidente que el hacking ético no tiene ese re-

conocimiento que debería tener ya que hablando de personas que tienen estas habilidades o conocen del tema resulta ser bastante costoso, se puede decir que es un grupo al que muy pocos pueden acceder, así sea con la intención de dar sus conocimientos para ayudas de las empresas o problemas específicos, también hay que tener en cuenta que en la cultura hacker el mejor es aquel que cumple con sus objetivos sin ser detectado ni reconocido, y para que los espacios académicos apoyen esto sería muy difícil ya que la intención de todos los que lo practiquen no va a ser siempre con buenas intenciones (Federico Ivan Gacharna 2009 pág. 2).

Algo que entorpece el pensamiento colombiano es ese estigma que tiene el hacking ya que centran su atención en noticias de robos o informes que han ocurrido a lo largo de la historia, y de esta forma lo ven como gente delincuente aprovechando su conocimiento para sacar beneficios de los demás, las instituciones evitan tocar estos temas por temor que puedan ser ellas mismas las afectadas. Sin embargo, en Colombia hay una pequeña comunidad de hacker éticos que se clasifican en tres grupos principales. Para empezar, están aquellos afortunados que se encuentran ya sean en puestos del estado o instituciones del país sirven para fines del estado o se podría decir para el bien del país que este tipo de gente es el opuesto del hacker común ya que estos cuentan con un reconocimiento y un nivel de interacción diferente. Por otro lado, el grupo mayoritario lo conforman personas con educación superior (distinta a la ingeniería de sistemas) o aficionados sin estudios avanzados, que generalmente usan software desarrollado por terceros y cuentan con conocimientos empíricos insuficientes y se enfrentan a barreras importantes para acceder a información de calidad lo cual los limita para lograr resultados significativos. Finalmente, se identifican también aquellos que se apasionan con el tema y anhelan saber sobre hacking puesto que puede ser una opción de vida o sencillamente porque se trata de un tema de vanguardia, pero si bien su curiosidad sobre el tema es tan grande que buscan por diferentes medios aprender, están desinformados sobre lo que verdaderamente significa ser un hacker (Federico Iván Gacharna 2009 pág. 2).

Marco regulatorio del hacking ético

Escenario mundial

Uno de los desafíos fundamentales para la estabilidad de la ciberseguridad son los marcos normativos y regulatorios. En 2018 algunos senadores de EE. UU sugirieron a las organizaciones embestir a los ciberdelincuentes como respuesta a los ataques generados pero la propuesta no fue bien vista ya que esto puede no poner fin a los ataques sino por el contrario intensificarlos. Es por esto que la comunidad internacional necesita establecer una regulación que implemente un comportamiento ético en el ciberespacio y establezca una autoridad que tenga la capacidad de supervisar aspectos como:

- Acuerdos con normas internacionales.
- Verificar el cumplimiento de los estados con las normas tanto nacional como internacionalmente.
- Iniciar investigaciones a presuntos implicados con delitos informáticos.
- Exponer infracciones acerca de las normas y las fuentes de ilegalidad – atacar ciberataques.
- Imponer sanciones adecuadas.

Las normativas son necesarias para garantizar un comportamiento responsable, ético y con base en la protección de los derechos individuales. Un esfuerzo coordinado que incluya a la sociedad, la política, las organizaciones y la academia podrá contrarrestar y efectuar estrategias para que la IA sea imprescindible en fomentar la seguridad y la ética. En muchas ocasiones se ha debatido como abordar contramedidas y controles para limitar el uso malicioso de la IA en el ámbito de la ciberseguridad. Además, la regulación debe tener en cuenta el uso de los principios éticos y jurídicos a ciudadanos, empresas y estados. De acuerdo con lo anterior, la Comisión europea inició un estudio a mediados de 2018 con el propósito de establecer unas directrices éticas como base para el uso y el desarrollo legal de la IA (Taddeo 2019).

Se publicó en abril de 2019 el informe “Ethics Guidelines for Trustworthy Artificial Intelligence”. Las directrices que se recomiendan se basan en el uso de la IA confiable, lo que conlleva

que esta debe atender a todas las leyes y regulaciones, debe respetar los principios y valores éticos y debe ser robusta teniendo en cuenta una perspectiva técnica y observando el entorno social. Los requisitos fundamentales consisten en propiciar sociedades equitativas apoyando la intervención humana, ser capaces de resolver errores o incoherencias durante todas las fases del ciclo de vida útil de los sistemas de IA, y asegurar la privacidad y el control de la información. Por otra parte, algunas normas que establecen la regulación de la seguridad de la información y que siempre deben ser tenidas en cuenta son:

- Norma ISO/IEC 27001: la Organización Internacional de Estandarización (ISO) creó la normativa ISO/IEC 27001 con el fin de establecer la seguridad de la información en las empresas.
- Norma ISO/IEC 27002: es el “Código de buena práctica para la gestión de la seguridad de la información”. Garantiza que la información, los equipos y las instalaciones de procesamiento de información de una organización, se encuentren protegidos contra el código malicioso (MinT (27015:2012, 2012).

Escenario nacional

Actualmente en Colombia no existen normas que prohíban el uso de inteligencia artificial en hacking ético. Sin embargo, en 2017 el Gobierno Nacional, la Cancillería, los Ministerios de Justicia, Defensa y las TIC presentaron al Congreso de la República un proyecto enmarcado en el convenio de Budapest. Este se aprobó tanto en la plenaria del senado como en la cámara de representantes y se divide en tres pilares esenciales. El primero menciona los delitos que se catalogan como se muestra en la figura 3 y que también se pueden clasificar como:

- Delitos contra la confidencialidad, la integridad y la disponibilidad de los datos: por ejemplo, el acceso indebido a sistemas que contengan datos personales o confidenciales.
- Delitos informáticos: fraude tecnológico, modificación de información o datos no autenticados en algún sistema. (JIMÉNEZ, 2016)

- Delitos de contenido: divulgación de pornografía infantil, información en contra de la integridad sexual.
- Delitos relacionados con infracciones de derechos de autor: reproducción y emisión de contenido sin consentimiento del creador intelectual o titular de la patente.

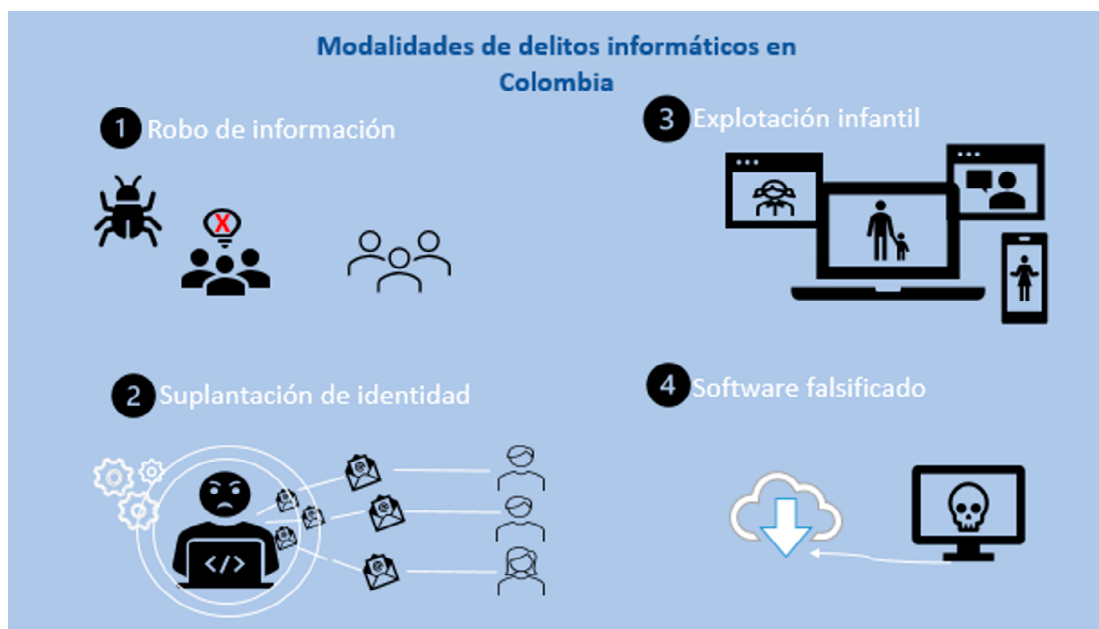
De acuerdo con lo anterior Colombia ha tenido que modificar sus marcos normativos como parte de las herramientas necesarias para hacer frente al cibercrimen y de paso promulgar el uso de la ética informática. Entre las leyes más conocidas, se enfatiza la ley 1273 de 2009, en donde se actualizó el código penal y se creó “la protección de la información y los datos”. Asimismo, también está la ley 1581 de 2012, que tiene por objeto la protección de los datos personales registrados en cualquier base de datos o archivos y la recolección, modificación, uso y tratamiento por parte de entidades públicas o privadas. Por otra parte, está la Ley Estatutaria de Inteligencia y Contrainteligencia (1621 de 2013) que fortaleció el marco jurídico que permite a los organismos de inteligencia y contrainteligencia cumplir con su misión constitucional y legal (Lopez, 2019).

Vulnerabilidades de software detectadas con hacking ético

Para nadie es un secreto que en el software está expuesto a un sinfín de vulnerabilidades de seguridad y para poder hablar de las diferentes tecnologías que se han desarrollado para fortalecer dichas vulnerabilidades, es necesario conocer primero las amenazas. A continuación, se describen de manera sencilla los diferentes tipos de desarrollos de software creados para aprovechar estas vulnerabilidades y atacar el sistema, mejor conocidos como malware, y que además se muestran en la figura 4: (Bortoni, 2020)

- Bot: Software diseñado para ejecutarse de manera automática generalmente en línea, estos se envían a varios pc y estos esperan silenciosamente las instrucciones de los agresores.
- Adware: Software diseñado para bombardear los pc con anuncios publicitarios de manera automática.
- Spyware: Software diseñado para vigilar y escurrir a la víctima. Se encarga de recopilar pulsaciones de las teclas, para capturar datos y conseguir contraseñas secretas.

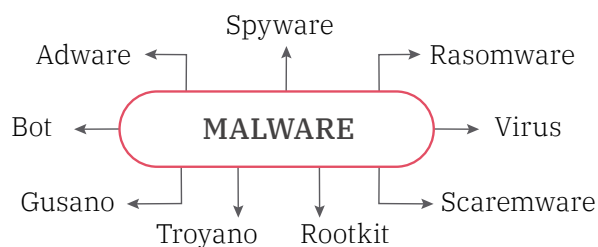
Figura 3. Modalidades de delitos informáticos en Colombia.



Tomado de: GFSI, 2018

- **Rasomware:** Software diseñado para mantener secuestrado un sistema o los datos de dicho sistema hasta que se efectué un pago por parte de la víctima.
- **Scareware:** Software diseñado para que el usuario ejecute una acción para evitar que el sistema operativo colapse y es allí donde el equipo queda infectado.
- **Skimming:** Consiste en el robo de información por medio de la clonación de tarjetas de crédito.
- **Virus:** Software diseñado para unirse a otros archivos ejecutables y así poder infectar automáticamente a varios equipos.
- **Troyano:** Virus diseñado ataca los permisos del usuario que lo ejecuta estos se unen a archivos de audio, imágenes y juegos.
- **Gusanos:** Virus que se encarga de hacer que el tráfico de la red se ponga muy lento.

Figura 4. Clasificación de diferentes tipos de malware.



Tomado de: Kheng, 2018

Por ejemplo, en el año 2015 el gusano de código rojo infectó a más 6586 servidores en tan solo 19 horas. “En 2015, una vulnerabilidad importante, llamada SYNful Knock, se descubrió en Cisco IOS. Esta vulnerabilidad permitió a los atacantes obtener el control de los routers de nivel empresarial.” (luz, 2015).

Existen otras vulnerabilidades que se pueden encontrar en bases de datos y otros sistemas. Sin embargo, es posible utilizar hardening para asegurar el sistema mientras se reduce el número de vulnerabilidades, que consiste en eliminar software, servicios y usuarios redundantes en el sistema, es decir, entradas para los ciberdelincuentes, y haciendo pruebas de intrusión a través de las herramientas tecnológicas. Una técnica

muy utilizada últimamente por las aplicaciones y sistemas es el cifrado de datos, sirve para proteger información confidencial que es transmitida por satélite o por alguna red de comunicaciones. Los datos son codificados mediante algoritmos y no pueden ser descifrados por alguien externo excepto personas autorizadas que cuenten con claves para ser interpretados. En la mayoría de las pruebas se cuentan con herramientas Open Source licenciadas, esto es muy importante tanto para el ámbito ético como el legal. A continuación, se mencionaran algunos ejemplos:

- **SQLMAP:** Esta herramienta permite detectar errores como inyección de SQL, realiza pruebas que delimitan el acceso a la información de las bases de datos, busca vulnerabilidades y soluciona problemas al mismo tiempo.
- **NMAP:** Muy utilizado en pruebas de penetración para administradores de sistema. Tiene la capacidad de verificar si existen aplicaciones con denegaciones en el servidor y se pueden realizar procesos de auditoría en la red.

Vulnerabilidades de hardware detectadas con hacking ético

Estas se presentan más que todo en defectos en diseño de *hardware* como la memoria RAM en estas existen pequeños dispositivos electrónicos que por su cercanía con otros dispositivos de sus mismas características son vulnerables, ya que la reescritura de memoria que se realiza constantemente en un PC es utilizada en un ataque llamado Rowhammer, este puede recuperar todos los datos de las celdas de memoria cercanas así estas estén blindadas. Otras vulnerabilidades que se pueden presentar se hacen evidente cuando se utilizan dispositivos USB, discos extraíbles y discos de estado sólido. Estas vulnerabilidades son más fáciles de controlar y de detectar que las de software, pero es necesario no bajar la guardia y aplicar el hacking ético a cabalidad. Por ejemplo, en el año 2010 se creó un virus que se insertó a través de una memoria USB en una planta de energía Atómica, este virus se propagó a través de 1000 máquinas y les ordenó autodestruirse eliminando toda información que estas poseían (BBC, 2015).

Recomendaciones

Dentro de las alternativas de mitigación de ataques cibernéticos más importantes se pueden incluir la capacitación de empleados y clientes acerca de cómo prevenir violaciones en el sistema, y de la importancia de realizar el cambio periódico de las contraseñas, ejecutar juiciosamente las actualizaciones sugeridas por el departamento de TI, validar la autenticación de sitios web, entre otros. También es necesario asegurarse de que todos los sistemas estén limpios y que no se hayan instalado puertas traseras y que no haya nada comprometido a través de auditorías trimestrales de todo el sistema, utilizar encriptación de archivos sobre todo los que se transfiere a través de la red, y vacunar todos los dispositivos electrónicos que son utilizados y controlar el acceso a estos.

Conclusiones

Es necesario mencionar que el hecho de ser hacker no implica ser un criminal con una máscara frente a un computador en algún rincón oscuro, y cambiar esa percepción que se ha ido construyendo en el imaginario colectivo a lo largo de la historia es una tarea compleja. Es preciso entender que de cada uno depende con qué fines va a utilizar su conocimiento adquirido, no importa la fuente, y que contar con mucho conocimiento no implica necesariamente atender el marco legal y regulatorio que aplique.

Y es aquí es donde el hacker ético juega un papel muy importante para la seguridad, al ser un experto en el área de computación y redes que, con el consentimiento de una persona u organización y atendiendo a normas legalmente establecidas, realiza ataques periódicos a los sistemas con el fin de encontrar vulnerabilidades que un cibercriminal o un hacker malicioso puede aprovechar para cometer sus delitos. Se encargará de verificar el software y redes a través del pentesting, donde puede determinar las vulnerabilidades de un sistema para luego reportar a las organizaciones los fallos detectados,

También es necesario tener en cuenta que todo lo que tenga presencia en internet y todo lo que capture datos o información, estará expuesto a vulnerabilidades y que la mayor parte de la res-

ponsabilidad en ciberseguridad dependerá del usuario ejecutor del intercambio de información, más aún, teniendo en cuenta que a medida que pasa el tiempo los ataques evolucionan constantemente porque los sistemas deben ser evaluados y actualizados continuamente, y para detener ataques y mantener la confianza depositada ya sea por los clientes o por la organización, la ciberseguridad debe ser robusta y permanente. ●

Bibliografía

- 27015:2012, I. T. (2012, 12). ISO/IEC JTC 1/SC 27 Information security, cybersecurity and privacy protection. 18. Retrieved from http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=43755
- Aceros, J. C. (2004). El error como acontecimiento y el hacking como aprovechamiento creativo del mismo. *Scripta Nova Revista electrónica de geografía y ciencias sociales*.
- Álvarez, M. M. (2019). La ciberseguridad en Colombia. *Seguritecnia*, 50-51.
- Andes, U. d. (2019). Inteligencia artificial. *Contacto*, 6.
- Asobancaria. (2018, 08 06). Retos de Colombia en ciberseguridad a propósito de la adhesión al "Convenio de Budapest". *Semana Económica 2018* (1148), 1,2,5,6. Retrieved 06 20, 2020
- Avila, M. A. (2019, 02 07). *Hacking ético: impacto en la sociedad*. Retrieved from <http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/4919/00005096.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Banafa, A. (2018, Marzo 27). *bbvaopenmind.com/tecnologia/inteligencia-artificial/inteligencia-artificial-en-ciberseguridad-retos/*
- BBC. (2015, 10 11). *BBC.COM*. Retrieved from https://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/10/151007_iwonder_finde_tecnologia_virus_stuxnet
- Blum, R. (2007, Marzo 25). *Course Hero*. Retrieved Junio 04, 2020, from Course Hero: <https://www.coursehero.com/file/29043414/BT-INS-IT-Industry-Survey-Ethical-Hackingpdf/>
- Blum, R. (2007, 03 27). *ETHICAL HACKING*.
- Bortoni, C. O. (2020, Junio 22). *TyN Magazine*. Retrieved from *Uso de Hacking Ético para Reforzar las Vulnerabilidades*: <https://www.tynmagazine.com/uso-de-hacking-etico-para-reforzar-las-vulnerabilidades/>
- Calle, M. J. (2017, Agosto 07). *ittrendsinstitute.org*. Retrieved 10 20, 2020, from <http://www.ittrendsinstitute.org/perspectives/item/ia-y-ciberseguridad>
- Capgemini. (2019, Noviembre 05). *digitalbizmagazine.com/*. Retrieved 10 20, 2020, from <https://www.digitalbizmagazine.com/inteligencia-artificial-y-ciberseguridad/>
- Chas, A. (2019). *AURA PORTAL*.
- Chas, A. (2020, Mayo 15). *AURA PORTAL*. Retrieved Junio 08, 2020, from *AURO PORTAL*: <https://www.auraportal.com/es/que-es-la-inteligencia-artificial/>
- Dialani, P. (2020, 10 15). *hackercar.com*. Retrieved 10 20, 2020, from <https://hackercar.com/ia-ciberataques/>
- Estretegicos, I. E. (2019). *Documentos de Seguridad y Defensa 79, La inteligencia artificial aplicada a la defensa*. España: Ministerio de Defensa. Retrieved 10 2020, 23, from *La Inteligencia artificial aplicada a la defensa*: [Dialnet-LaInteligenciaArtificialAplicadaALaDefensa-731297.pdf](http://dialnet-LaInteligenciaArtificialAplicadaALaDefensa-731297.pdf)
- Floridi, L. y. (2016). ¿Qué es la ética de los datos? *Transacciones filosóficas de la Royal Society A: Ciencias Matemáticas, Físicas e Ingeniería* (374(2083)). Retrieved 06 06, 2020, from <https://doi.org/10.1098/rsta.2016.0360>

- Gonzalez, P. (2015). Pentesting persistente y estratégico: nuevos ataques y nuevos modelos. *Red seguridad*, 66-68.
- González, R. C. (2019). *eHack*. Retrieved 06 29, 2020, from Las fases del Hacking Ético: <https://ehack.info/las-fases-del-hacking-etico/>
- Grupo Funcional de Seguridad Informática, U. (2018, 07 27). *Nueva modalidad de delitos informáticos en Colombia*. Retrieved 06 29, 2020, from Nueva modalidad de delitos informáticos en Colombia: <https://noticias.unad.edu.co/index.php/gidt/2333-nueva-modalidad-de-delitos-informaticos-en-colombia>
- Integra, N. (2020, 01 17). *NEXUSINTEGRA*. Retrieved from <https://nexus-integra.io/es/blog/ventajas-y-desventajas-de-la-inteligencia-artificial/>
- Integra, N. (2020, Enero 17). *Nexusintegra.io*. Retrieved Junio 10, 2020, from Nexusintegra.io: <https://nexusintegra.io/es/blog/ventajas-y-desventajas-de-la-inteligencia-artificial/>
- JIMÉNEZ, C. Á. (2016, Octubre 05). *La historia detrás de cinco 'hackers' colombianos y sus delitos*. Retrieved from <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16719460>
- Jiménez, F. J. (2015). Ciberseguridad e inteligencia. *Red seguridad: revista especializada en seguridad informática, protección de datos y comunicaciones*, 70-72.
- Lopez, L. (2019, Junio 06). *Blue radio*. Retrieved from El colombiano reconocido como uno de los mejores hackers del mundo: <https://www.bluradio.com/tecnologia/el-colombiano-reconocido-como-uno-de-los-mejores-hackers-del-mundo>
- Luis Aemando Gaona Paez, J. E. (2019). *Ciberseguridad y Ethical Hacking*. Retrieved from <https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/248/244>
- luz, S. d. (2015, 09 17). *REDES ZONE*. Retrieved from <https://www.redezzone.net/2015/09/17/descubren-varios-routers-cisco-infectados-por-synful-knock-un-malware-oculto/>
- M., J. E. (2019, 10 16). *IMPACTO TIC*. Retrieved from <https://impactotic.co/hacking-etico-y-ciberdelinquentes/>
- Mansueti, M. (2018). Parano1a Digital. In M. Mansueti, *Parano1a DIGITAL* (p. 304). eBook. Retrieved from <https://www.megustaleer.com.co/libros/paranoia-digital/MAR-015268>
- MinTic. (2019, 10). *Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones*. Retrieved from Estándares de la Industria: https://www.mintic.gov.co/arquitecturati/630/propertyvalues-8158_descargable_2.pdf
- Miranda, A. L. (2015). Guía de ataques, vulnerabilidades, técnicas y *ReCI-BE*. *Revistas Electrónica de Computación, Informática, Biomedicina y Electrónica*, 6-10.
- MOYA, R. (2016, Marzo 25). *Jarroba*. Retrieved Junio 10, 2020, from Jarroba: <https://jarroba.com/que-es-el-clustering/>
- Moya, R. (2016, 03 25). *Jarroba.com*.
- Muñoz, J. R. (2017). CiberÉtica como ética aplicada: una introducción. *Dilemata*, 52-61.
- Orozco, F. J. (2016, 11 12). *Prezi.com*. Retrieved from <https://prezi.com/yg8sd8sbe-jm/historia-de-hacking/>
- Osorio, F. V. (2016, Noviembre 12). *Prezi*. Retrieved Junio 09, 2020, from Prezi: <https://prezi.com/yg8sd8sbe-jm/historia-de-hacking/>
- P., R. S. (2019, 07 20). *SEGURIDAD DIGITAL EL MERCURIO*. Retrieved Junio 08, 2020, from <https://seguridaddigital.emol.com/noticias/hacking-etico/la-inteligencia-artificial-y-la-automatizacion-del-hacker/>
- Parraga, A. C. (2017). *ANÁLISIS DE LOS DELITOS INFORMÁTICOS EN EL ACTUAL SISTEMA*. Retrieved 06 20, 2020, from <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/11041/AN%C3%81LISIS%20DE%20LOS%20DELITOS%20INFORM%C3%81TICOS%20EN%20EL%20ACTUAL%20SISTEMA%20PENAL%20COLOMBIANO%20revisado%20NHJ%20OK.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Prieto, J. V. (2019, Noviembre 12). *Ia-latam.com*. Retrieved 10 20, 2020, from <https://ia-latam.com/2019/11/12/el-reto-de-una-robotica-e-inteligencia-artificial-honesta-con-las-personas/>
- Raymond, E. S. (2000). Breve historia de la cultura hacker. *biblioweb*, 3-7.
- Rochina, P. (2016, 05 18). *Hacktivismo: Qué hay detrás de este movimiento activista?* Retrieved from <https://revistadigital.inesem.es/informatica-y-tics/hacktivismo/>
- Rodrigo, B. (2020, Enero 19). *El comercio*. Retrieved from Terrorismo Informatico: <https://www.elcomercio.com/opinion/columnista-opinion-elcomercio-terrorismo-informatico.html>
- Rouse, M. (2017, Abril 27). *TechTarget*. Retrieved Junio 10, 2020, from TechTarget: <https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/Inteligencia-artificial-o-AI>
- Rouse, M. (2017, 04). *TechTarget 20*.
- Rubio, Y. (2019). Los claroscuros de la ciberseguridad. *Revista Tribuna Norteamericana*, 18-21.
- Sif, I. (2019, Enero 10). Deloitte.com, 10. Retrieved 10 20, 2020, from [https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/co/Documents/technology/Tendencias_tecnologicas_2019%20\(Reporte%20Completo\).pdf](https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/co/Documents/technology/Tendencias_tecnologicas_2019%20(Reporte%20Completo).pdf)
- Solis, S. M. (2018, Abril 24). *ICEMD*. Retrieved Junio 09, 2020, from ICEMD: <https://www.icemd.com/digital-knowledge/articulos/que-es-hacking-etico-en-que-marco-legal-se-mueve/>
- Solis, S. M. (2018, 04 24). *ICEMD ESIC*. Retrieved from <https://www.icemd.com/digital-knowledge/articulos/que-es-hacking-etico-en-que-marco-legal-se-mueve/>
- Soriano, A. G. (2012). HACKING ÉTICO: MITOS Y REALIDADES. *Revista seguridad unam*.
- Summa, R. (2020, Enero 14). *revistasumma.com*. Retrieved 10 20, 2020, from <https://revistasumma.com/hacking-etico-por-que-es-necesario/>
- Taddeo, M. (2014b). La lucha entre libertades y autoridades en la era de la información. *Ciencia y Ética de la Ingeniería*. Retrieved 06 14, 2020, from <https://doi.org/10.1007/s11948-014-9586-0>
- Taddeo, M. (2017a). Los límites de la teoría de la disuasión en el ciberespacio. *Filosofía y Tecnología*. Retrieved 6 6, 2020, from <https://doi.org/10.1007/s13347-017-0290-2>
- Taddeo, M. y. (2018b). Cómo la IA puede ser una fuerza para el bien. *Ciencia* (361(6404)), 751-752. Retrieved 06 14, 2020, from Ciencia: <https://doi.org/10.1126/science.aat5991>
- Tapia, Á. G. (2011). Inteligencia artificial. *Manual formativo de ACTA*.
- Tegmark, M. (2018). *Vida 3.0*. In M. Tegmark, *Vida 3.0* (p. 496). Tauros.
- Vela, E. C. (2019, Octubre 28). *Canalceo*. Retrieved from En el punto de mira de los ciberespías: <https://canalceo.com/en-el-punto-de-mira-de-los-ciberespias/>
- Yucatan. (2018, 05 19). *Yucatan.com.mx*. Retrieved from <https://www.yucatan.com.mx/tecnologia/ventajas-desventajas-la-inteligencia-artificial>
- Yucatan, D. (2018, Mayo 19). *yucatan.com.mx*. Retrieved Junio 10, 2020, from yucatan.com.mx: <https://www.yucatan.com.mx/tecnologia/ventajas-desventajas-la-inteligencia-artificial>

Evolución de la gestión de la cadena de suministro y la logística, desde una visión tecnológica y sostenible

Evolution of supply chain management and logistics, from a technological and sustainable perspective

Cristina Ramírez Meneses*

Resumen

Este artículo presenta una descripción de la evolución de la gestión de la cadena de suministro y la logística, frente a la inclusión de tecnologías emergentes de la cuarta revolución industrial y estrategias para la sostenibilidad, basada en una revisión literaria de tipo descriptiva focalizada en la búsqueda de información en artículos publicados en bases de datos especializadas entre el 2014 y 2020; se incluyeron, además, estudios de caracterización del sector logístico y políticas públicas disponible en línea.

La contribución de este trabajo es ilustrar las tendencias y necesidades actuales en el ámbito logístico, que sirva como base para el desarrollo de proyectos futuros de investigación aplicada, desarrollo tecnológico e innovación en los tópicos relacionados con la logística 4.0 y la sostenibilidad en las cadenas de suministro colombianas.

Palabras Clave:

Cadena de suministro, industria 4.0, logística 4.0, logística inversa, logística verde, sostenibilidad

Abstract

This article presents a description of supply chain management and logistics evolution, versus the inclusion of emerging technologies from the fourth industrial revolution and sustainability strategies, based on a descriptive literary review focused on the search for information in articles published in specialized databases between 2014 and 2020; studies of the characterization of the logistics sector and public policies available online were also included.

The contribution of this work is to illustrate current trends and needs in the logistics field, which serves as the basis for the development of future projects of applied research, technological development and innovation in topics related to logistics 4.0 and sustainability in Colombian supply chains.

Keywords:

Supply chain, industry 4.0, logistics 4.0, reverse logistics, green logistics, sustainability

* Fecha de recibido: 13/08/2020 Fecha de aceptación: 18/12/2020

Correo electrónico: cramirez@sena.edu.co

Citar como: Ramírez Meneses, C. (2020). Evolución de la gestión de la cadena de suministro y la logística, desde una visión tecnológica y sostenible. *Revista RETO*, 8.

Introducción

La gestión de la cadena de suministro y la logística desempeñan un papel fundamental en el desarrollo de las organizaciones, de manera que hacen posible la disponibilidad de productos y servicios al consumidor final y, en consecuencia, el éxito financiero de las entidades involucradas. Sin embargo, su gestión no es una tarea trivial. La complejidad de esta labor, depende de las características diversificadas de las entidades involucradas en el sistema, y de múltiples factores internos y externos que redireccionan, frecuentemente, el desarrollo de la operación, lo cual exige actuar rápidamente ante los desafíos del mercado y la sociedad misma (Barbosa-Povoa & Pinto, 2019).

En la actualidad, la percepción del cliente y/o consumidor de un producto o servicio que adquiere, se relaciona con su identidad y no solamente con características tangibles que encuentre en él. La validación de aspectos como ciclos de vida más cortos de productos, personalización masiva, impulso de procesos y productos más sostenibles, y suministro rápido y efectivo adquiere mayor relevancia en la decisión de compra (Pérez Lara et al., 2016).

En el mismo sentido, el uso y evolución de las tecnologías emergentes en la cuarta revolución industrial ha generado cambios profundos, no solo en la industria, sino también en la sociedad. Herramientas como: el Internet de la industria de las cosas (IIoT), el big data, los robots autónomos, la simulación, la seguridad cibernética, y la computación en la nube, entre otros, han cambiado el ritmo y la forma en que se planifica y ejecuta el trabajo, la interacción entre procesos y actores, potencializando la capacidad de monitorear y leer el mercado (Barreto et al., 2017). Gracias a la adopción de tecnologías de la industria 4.0, las organizaciones tienen la oportunidad de mejorar la eficiencia en sus flujos de material e información. Los errores e interrupciones en el desarrollo de los procesos logísticos pueden evitarse gracias al intercambio continuo de datos entre las partes interesadas del sistema (Olessków-Szłapka et al., 2019).

Lo anterior da cuenta de los grandes retos a los que se enfrentan las empresas y cadenas de suministro, para adaptarse a la dinámica del en-

torno. La presente investigación presenta un panorama de las temáticas contemporáneas, que están siendo incorporadas en la gestión logística en la cadena de suministro a nivel mundial, con lo cual se pretende identificar tendencias y áreas de oportunidad, para los procesos de investigación aplicada desarrollados en este campo.

Metodología

Para la construcción de esta investigación, se desarrolló una revisión bibliográfica de tipo descriptiva sobre tendencias en la gestión de la cadena de suministro y logística. La información recopilada para el análisis y preparación de este artículo comprendió artículos publicados en bases de datos especializadas entre el 2014 y 2020; se incluyeron, además, estudios de caracterización del sector logístico y Política Nacional CONPES, disponible en línea.

Las palabras claves incluidas en el proceso de búsqueda fueron “supply chain management”, “Logística”, “Industria 4.0”, “logística 4.0”, “sostenibilidad”, “cadena de suministro”, “logística verde”, “logística Inversa”. Estas palabras fueron combinadas entre sí utilizando los operadores booleanos para mejorar la búsqueda.

Revisión de la literatura

Transformación de la gestión de la cadena de suministro y la logística

El concepto cadena de suministro o SC (por sus siglas en inglés Supply Chain) apareció por primera vez en 1985, cuando Houlihan la definió como un “sistema de entidades (proveedores, fabricantes, almacenadores, distribuidores, vendedores y clientes) en los cuáles existe un flujo de materiales, y la información fluye en ambas direcciones” (Villafañe, 2014, p. 32). Es decir, abarca todas las empresas que facilitan la disposición de un producto en el mercado en la cantidad, calidad y tiempo requerido (Barrascout de León, 2005).

El logro de los objetivos en la administración de la cadena de suministro o SCM (por sus siglas en inglés Supply Chain Management) depende, ineludiblemente, de la adecuada gestión de su sistema logístico, así como éste depende

de la buena planificación y sincronización de la SC. Aunque resulta complejo establecer límites conceptuales en estos dos términos, la logística es un concepto que no debe confundirse con la SCM, pues la logística es una parte del proceso de la SC orientada a planificar y coordinar el flujo efectivo de bienes, servicios e información desde el punto de origen hasta el punto de consumo, mientras la SCM se enmarca en procesos de decisiones estratégicas entre los actores involucrados (Vilana, 2007).

Lo anterior establece una relación directa e inquebrantable entre estos dos conceptos; ambos establecen sinergias y elementos claves para el logro de un objetivo común: “satisfacer la necesidad de los clientes generando rentabilidad para los actores involucrados en la SC”. A continuación, se describirá los cambios que han surgido en cada uno, a medida que las organizaciones acogen mejores prácticas para gestionar sus recursos y adaptarse a las exigencias del mercado. Por ejemplo, administrar la SC requiere de la sincronización estratégica de sus actores y la toma de decisiones conjuntas para lograr rentabilidad, entendimiento y la entrega de valor al cliente (Barrascout de León, 2005), tradicionalmente se trataba de procesos físicos de negociación, recolección de datos, análisis, baja visibilidad y dificultad para el trabajo colaborativo entre los actores. Mientras, los avances tecnológicos han permitido nuevas y mejores configuraciones para gestionar los vínculos entre los actores, el flujo de información casi en tiempo real integrando grandes volúmenes de datos provenientes de diferentes fuentes a lo largo de la SC facilitando el análisis y toma de decisiones estratégicas con menor grado de incertidumbre, aumentando los niveles de productividad y competitividad.

Autores como (Nakasumi, 2017), (Hanifan et al., 2014) y (Vilana, 2007) afirman que los cambios y exigencias de los mercados cada vez más competidos y personalizados estimulan la generación de transformaciones en la forma de administrar la SC. Ya no se trata de optimizar la eficiencia y estabilidad de los procesos como si se tratara de funciones aisladas. Por el contrario, se requiere de estrategias de integración y sincronización entre las diferentes funciones y etapas de la SC. Para (Hanifan et al., 2014), es necesario reinventarse para aprovechar todo el potencial

a través del uso de tecnologías digitales que faciliten la generación de una ventaja competitiva sostenible. Sin embargo, aunque los avances tecnológicos permiten a las empresas gestionar información y recursos colaborativamente, aún existe un gran número de empresas reacias a desplegar totalmente este tipo de estrategias gerenciales (Nakasumi, 2017).

No obstante, herramientas como el Internet de las cosas (IoT), computación en la nube, el big data, entre otros avances en la era 4.0, han integrado nuevas características y retos para las organizaciones y han transformado el estilo de hacer los procesos de negocio (Manocha et al., 2020), de modo que las han dirigido hacia una “red de suministro digital”. Este término es empleado por (Hanifan et al., 2014) para describir una SC más conectada, inteligente, escalable y rápida en la gestión de sus procesos. Incluso, se espera que en el futuro la convergencia y avances en estas tecnologías que conectan los sistemas digitales y físicos, logren cadenas de suministro con un mayor grado de autonomía, hasta llegar a convertirse “self-thinking supply chains” – o cadenas que piensan y actúan por sí mismas (Calatayud et al. 2018, citando en Calatayud & Katz, 2019).

Por otra parte, uno de los aspectos claves a tratar en la SCM y la logística en los últimos tiempos, son los impactos ambientales causados por las industrias de todo el mundo, lo cual está atrayendo cada vez más la atención de las organizaciones para incorporar aspectos de sostenibilidad en sus procesos (Tumpa et al., 2019). Las dinámicas del entorno actual exigen redes de colaboración para gestionar el ciclo de vida de productos y servicios, cada vez más estrictos frente a los tiempos de respuesta, experiencia percibida e impactos generados al medio ambiente y la sociedad.

En las siguientes secciones, se abordarán las características de la SCM y la logística contemporánea desde los aspectos de: inclusión de tecnologías emergentes en la cuarta revolución industrial que ha dado origen a la logística 4.0 y la sostenibilidad.

La industria 4.0

La industria y la sociedad misma han sufrido grandes transformaciones a través de la historia. El uso de nuevas fuentes energéticas como el carbón y las máquinas motrices (como la má-

quina de vapor) logró aumentar la eficiencia en la producción y el transporte, desarrollándose así la industria y el comercio; esto se definió como la primera revolución industrial (industria 1.0). Posteriormente, se reemplazó el vapor por la electricidad y derivados del petróleo, se adoptaron mejores formas de organizar el trabajo conocida como la producción en serie, lo cual permitió reducir los costos de fabricación e incrementar la productividad; dando origen a la segunda revolución industrial (industria 2.0). El siguiente hito que marcaría un gran cambio (industria 3.0) fue, sin duda, la implementación de la electrónica y la informática; el uso de computadoras y la automatización, facilitaron la inclusión de sistemas autónomos e inteligentes, de manera que se afianzó el camino para la actual cuarta revolución industrial, “la evolución de las tecnologías cibernéticas y su integración en los ecosistemas digitales de toda la cadena de valor” (Barreto et al., 2017), (Naya, 2018).

El término Industria 4.0 apareció por primera vez en la feria de Hannover de 2011, en el marco de la estrategia de alta tecnología del Gobierno federal alemán, y describía una producción industrial en la que todos los productos y máquinas están interconectados entre sí digitalmente (Sancho, 2017). Desde entonces, el concepto de industria 4.0 se ha ido ampliando e incluyendo diversos elementos o tecnologías apoyadas en la interconexión.

En general, el principal objetivo de la industria 4.0 es permitir la creación de sistemas de comunicación, inteligentes y autocontrolados. Autores como (Reiner, 2014) y (Hermann et al., 2016), describen como enfoques conceptuales de la industria 4.0 a los sistemas ciberfísicos o CPS (por sus siglas en inglés Cyber Physical System), la tecnología de internet, los componentes portadores de información y la seguridad integral, incluida la protección de la privacidad y el conocimiento. La combinación de estos elementos permite la fusión del mundo virtual y físico en escenarios de sistemas inteligentes.

Abordado el término, específicamente, desde un enfoque técnico, se habla de un conjunto de tecnologías que actúan como habilitadores de ecosistemas 4.0. Según el Boston Consulting Group (Rübmann et al., 2015) se identifican

nueve tecnologías o pilares fundamentales que soportan el desarrollo de la industria 4.0. A continuación, se describen las características de estas, las cuales, en un futuro, se integrarán a los procesos productivos en los diferentes sectores:

- Big data y análisis: comprende la recopilación y evaluación integral de grandes volúmenes de datos provenientes de diferentes fuentes para apoyar la toma de decisiones en tiempo real.
- Robots autónomos: son robots evolucionados, más autónomos, flexibles y cooperativos, que logran, eventualmente, la interacción entre sí, trabajando de manera segura al lado de los humanos y aprendiendo de ellos.
- Simulación: consiste en reflejar el mundo físico en un modelo virtual, integrando datos en tiempo real de máquinas, productos y humanos, con los cuales se permite probar y optimizar la configuración de sistemas en menor tiempo y con mayor calidad.
- Integración de sistemas horizontales y verticales: comprende los sistemas informáticos capaces de integrar datos de empresas, proveedores y clientes, así como las áreas de una organización; esto facilita la automatización de las cadenas de valor.
- Internet industrial de las cosas: sensores y dispositivos que se comunican e interactúan entre sí conectados al sistema de datos, facilitando el seguimiento en tiempo real de variables.
- Ciberseguridad: corresponde al tratamiento de amenazas en sistemas electrónicos, redes, dispositivos, computadoras y servidores, que ponen en riesgo la información que se almacena, procesa y transfiere en sistemas interconectados.
- La nube: esta herramienta permite almacenar y acceder a datos y programas a través de internet, de manera que amplía la capacidad de las organizaciones para intercambiar datos, y configura los sistemas en sus procesos productivos.
- Fabricación aditiva: elaboración de prototipos y producción de componentes individuales, o lotes pequeños de productos personalizados a través de impresión 3D, con lo cual se ofrecen ventajas competitivas al descentralizar la ope-

ración y al reducir los tiempos de respuesta, costos de transporte y el stock disponible.

- Realidad aumentada: integración de elementos gráficos (virtual) en una visualización del mundo real (físico) a través de dispositivos; a través de esta herramienta se logra seleccionar piezas en un almacén, enviar instrucciones de reparación y procedimientos de trabajo.

Finalmente, el auge de la industria 4.0: “es una transformación que permite recopilar y analizar datos entre máquinas, permitiendo procesos más rápidos, flexibles y eficientes para producir bienes de mayor calidad a costos reducidos” (Rübmann et al., 2015, p. 4). No obstante, esta revolución ha generado cambios profundos, no solo en el entorno industrial, sino también en la sociedad (Barreto et al., 2017), con la modificación del perfil de la fuerza laboral, así como la competitividad y la educación en las regiones.

Implicaciones en logística

La inmersión del concepto industria 4.0 en el campo logístico (logística 4.0) ha simbolizado la aplicación e integración de la electrónica, las tecnologías de la comunicación e innovaciones a lo largo de la cadena de valor (Naya, 2018), (Reiner, 2014), (Bartevyan, 2015), para generar ecosistemas automáticos, interconectados, flexibles y eficientes, que dan respuesta a las necesidades del mercado y los nuevos modelos de negocio (Barreto et al., 2017), (Strandhagen et al., 2017).

Uno de los conceptos tecnológicos transformadores visualizados con gran potencial para mejorar la eficiencia, responsabilidad, sostenibilidad y escalabilidad en los sistemas productivos y logísticos son los sistemas ciberfísicos (CPS) (Napoleone et al., 2020), (Frazzon et al., 2015). Estos son sistemas inteligentes contruidos a partir de la integración perfecta de componentes informativos (cibernéticos) y los componentes mecánicos o electrónicos y sensoriales (físicos) (Ozben et al., 2013). Con ellos, se logra, incluso, habilitar la inteligencia artificial (IA) y el aprendizaje automático (machine learning), para interactuar entre sí o con humanos; pueden reconocer el entorno y tomar decisiones basados en la evidencia (Reiner, 2014), (Napoleone et al., 2020), (Frazzon et al., 2015).

Por otra parte, la tecnología de Internet (TI) moderna y futura proporciona enfoques esenciales

para mejorar el rendimiento de los CPS (Reiner, 2014); por ejemplo, el gran desarrollo del Internet de las cosas (IoT), logrado gracias a contribuciones de tecnologías como redes de sensores inalámbricos, identificación por radiofrecuencia (RFID), comunicación de campo cercano (NFC), Inteligencia ambiental (AmI), computación en la nube, entre otras, ha permitido la comunicación inteligente de objetos mediante direcciones IP (Diwan, 2016). En logística, esto permite obtener elementos que se controlan a sí mismos (Ozben et al., 2013), facilita el monitoreo remoto de las condiciones en los procesos logísticos y una mayor visibilidad y precisión de la información generada (Diwan, 2016), (Caro et al., 2018).

Sin embargo, el almacenamiento y análisis de grandes volúmenes de datos generados por estos sistemas requieren de técnicas de procesamiento especiales, considerando la velocidad y/o complejidad de su tratamiento (Khouri, 2014, como se citó en (Frazzon et al., 2015)). El Big data deberá significar, en un futuro, que la máquina capture, almacene, procese e, incluso, interprete las relaciones entre grandes volúmenes de datos provenientes de diferentes fuentes (Frazzon et al., 2015). Sin embargo, a medida que se dispone de mayor número de datos e información en la nube, crece también el riesgo de presentarse amenazas de seguridad que incluyen disponibilidad, bloqueo de datos, confidencialidad y auditalidad. La tecnología Blockchain genera una capacidad intrínseca de proporcionar registros inmutables y a prueba de manipulaciones (Caro et al., 2018), por lo que resulta ser una herramienta atractiva para transferir confianza en la trazabilidad de los eventos generados por múltiples actores en la SC (Sund et al., 2020).

Son múltiples los beneficios industriales que se asocian a la implementación de tecnologías 4.0 (Dalenogare et al., 2018). Las empresas adquieren mayor capacidad para analizar grandes cantidades de datos en tiempo real, con lo que se mejora la toma de decisiones estratégicas y operativas (Kagermann et al., 2013), (Savic et al., 2016). Las aplicaciones pueden variar de acuerdo con las necesidades de la organización y la complejidad de la SC. Por ejemplo, para obtener una logística 4.0 eficiente y sólida (Barreto et al., 2017) plantean la integración de CPS con innovaciones en los procesos logísticos y resal-

tan los beneficios en la planificación de recursos, los sistemas inteligentes en la gestión de almacenes y el transporte, así como la seguridad de la información. Por su parte, (Strandhagen et al., 2017) describen el entorno logístico 4.0 con aplicaciones como el análisis de Big data en tiempo real para procesos de enrutamiento de vehículos, control de productos, y fabricación rápida de robots y vehículos para el control de inventario y el flujo de información compartida en la nube en tiempo real. Mientras, (Yavas & Ozkan-Ozen, 2020) visualiza la configuración de centros logísticos 4.0, basado en la integración de criterios de sistemas inteligentes para el monitoreo, movimiento, localización y almacenamiento de mercancías, así como intercambio de información en tiempo real.

Lo anterior, no quiere decir que deba implementarse el uso de tecnologías en cada proceso de forma fragmentada; por el contrario, la integración de los procesos a través de tecnologías de información, permite el intercambio de datos (casi) en tiempo real y, al ser almacenados en la nube, aumenta la disponibilidad y precisión de la información a la hora de tomar decisiones y reaccionar a los cambios del entorno (Rübmann et al., 2015). Investigaciones como las de (Attaran, 2020) describen beneficios de la integración de tecnologías digitales existentes y emergentes en la SC y la operación logística, tales como: una mayor transparencia y flexibilidad, reducción del riesgo, el tiempo de respuesta y los costos de operación. No obstante, el estudio también confirmó que existen barreras para la digitalización exitosa en el campo logístico, pues estas tecnologías crean disrupciones y exigen que las empresas reconsideren la forma en que diseñan su SC, se requiere de disciplina, planificación y liderazgo de arriba hacia abajo. Visto desde un enfoque técnico también existe un gran reto para la integración de estas tecnologías, por ejemplo (Rejeb et al., 2019) resaltan los beneficios que se obtienen de la combinación de IoT, con la tecnología Blockchain para mejorar la transparencia de la cadena de valor y aumentar la confianza B2B. Sin embargo, asegura que estas tecnologías pueden generar potencialmente nuevos problemas, pues, si bien el Blockchain proporciona el beneficio de la inmutabilidad de los datos, esto también puede ser visto como una característica negativa

que limita la entrada e innovación. La gestión de cantidades crecientes de datos del IoT requiere una alta escalabilidad, esto sumado a estándares y protocolos de transmisión poco confiables e ineficientes dificultan la efectividad de estas soluciones tecnológicas, dejando un amplio campo para la investigación sobre el comportamiento de estos sistemas diferentes escenarios.

La sostenibilidad en la cadena de suministro

Por lo que respecta a sostenibilidad en la SC, más allá del desarrollo económico y tecnológico logrado hasta la actualidad, existe una gran preocupación para la humanidad, desde todas las perspectivas, relacionada con los estándares éticos, la degradación del medio ambiente, el cambio climático y el agotamiento de los recursos naturales, en los cuales las organizaciones tienen una gran responsabilidad (Vázquez, 2004), (Montoya, 2010), (Hult, 2011). Este panorama promueve un cambio de paradigma y una transformación en la SCM tradicional a una gestión sostenible (SSCM) (Roy et al., 2020), enfocada a la creación de organizaciones resilientes capaces de afrontar la adversidad, mediante sistemas económicos, ambientales y sociales integrados Payman & Searcy, (2013).

Autores como Lai & Wong, 2012, Matos & Hall, 2007, y (Mota et al., 2015) señalan que el enfoque del diseño de cadenas de suministro debe darse bajo criterios económicos, ambientales y sociales, tales como la creación de empleo, el bienestar social, el rendimiento energético o consumo de recursos, para dar respuesta a los requerimientos de los mercados.

En la actualidad, la SCM incluye asumir la responsabilidad frente a los impactos generados en el medio ambiente, la sociedad y la economía, producto de actividades y decisiones involucradas en el desarrollo de su sistema productivo. Conceptos como la responsabilidad social de las empresas (RSE) permiten que gobiernos, organismos de control y la sociedad misma vigilen y exijan a las organizaciones implementar estrategias éticas y responsables con sus diferentes grupos de interés, incluso puede verse como un factor diferenciador en la decisión de compra de sus clientes (López Salazar et al., 2017), (Feldman & Reficco, 2015).

En particular, las mejoras en el aspecto ambiental de la SC, ha generado gran interés en las organizaciones en la última década (Micheli et al., 2020). Si bien, el desarrollo de procesos logísticos impacta significativamente en el crecimiento económico y la competitividad, estos, también generan efectos perjudiciales sobre el medio ambiente; por ejemplo, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generadas por la actividad del transporte de carga, y los residuos derivados de estos procesos (Mariano et al., 2017), (Karaman et al., 2020). Hoy en día, se habla de gestión de cadenas de suministro “verdes” (GSCM), un concepto que implica el despliegue de estrategias ecológicas en busca de equilibrar la actividad económica con la mitigación de problemas de contaminación, cambio climático y degradación de los recursos naturales (Micheli et al., 2020). Para lograrlo, conceptos como la logística verde y la logística inversa se convierten en ejes claves para el logro de procesos sostenibles en la SC. Por un lado, la logística verde brinda protección ambiental y sostenibilidad en la logística directa (Rehman Khan et al., 2018), (Chhabra et al., 2017), (Lai & Wong, 2012), al considerar la medición y minimización de los impactos ambientales como el consumo de los recursos naturales no renovables, emisión de contaminantes, utilización de vías, contaminación sonora y deposición de residuos (Maquera, 2012). Por ejemplo, investigaciones como las de (Tacken et al., 2014), (Rehman Khan et al., 2018) (Wong et al., 2018), resaltan las ventajas de la optimización en el enrutamiento, y la utilización y programación de vehículos, para reducir el consumo de energía, combustible y las emisiones de carbono.

Mientras tanto, la logística inversa es responsable de retornar los materiales al proceso de producción para ser aprovechados o tener un destino final ambientalmente correcto (Hammes et al., 2020). En una descripción como la de Rogers, D.S., Tibben Lembeke, (1998) la logística inversa, considera la recuperación y reciclaje de envases, embalajes, residuos peligrosos, excesos de inventario, devoluciones de clientes, productos obsoletos e inventarios estacionales, con el propósito de recapturar valor o darle una disposición apropiada. Su implementación es compleja y requiere de la sincronización de diferentes actores y factores.

A través del análisis de literatura y aplicación de modelos de evaluación, (Prajapati et al., 2019) identificaron 45 barreras de logística inversa, clasificadas en 6 categorías principales, a saber: barreras operativas, barreras ambientales y reguladoras, barreras económicas, barreras socioculturales, barreras estratégicas y barreras tecnológicas. Las respuestas de los expertos en este estudio indican que superar dichas barreras requiere, principalmente, de “Formular y hacer cumplir las leyes, políticas para devoluciones y componentes al final de la vida útil, [...] la integración del costo de la logística inversa al costo del producto [y] diseñar el producto para la sostenibilidad ambiental” (Prajapati et al., 2019, p. 10).

A medida que los investigadores, entes gubernamentales, empresas y actores interesados han prestado más atención a la logística ecológica y ambientalmente sostenible, la investigación sobre logística verde e inversa aumenta progresivamente (Karaman et al., 2020) y brinda hallazgos útiles para el desarrollo de modelos particulares de acuerdo con las características del país, el sector, y la empresa.

Discusión

En los últimos años han surgido criterios y tecnologías que han alterado la forma de gestionar la SC y la logística a nivel mundial. En la búsqueda por mejorar el desempeño, reducir los costos operativos, aumentar el superávit y la capacidad de respuesta a los cambios y exigencias del mercado, ineludiblemente las empresas dependen de la capacidad para adquirir e implementar tecnología para el desarrollo de los procesos de planificación, ejecución y control del flujo y almacenamiento de bienes y servicios a través de la SC (Yavas & Ozkan-Ozen, 2020), (Santiago, 2006) y (Sinchi-Levi & Kamisky, 2000) (Attaran, 2020). No obstante, esta transformación no resulta ser una tarea trivial.

Es importante resaltar que se requiere en primera instancia de la inclusión de tecnologías para la digitalización y automatización de los procesos logísticos, para así facilitar el éxito de la transición hacia la Industria 4.0 (Tjahjono et al., 2017). En este sentido el desarrollo de un ecosistema digital (contexto socio-económico e

industrial resultante de la adopción masiva de tecnologías digitales de información y comunicación) es un factor determinante para lograr una transformación efectiva hacia la era 4.0 y en el que aún falta mucho camino por recorrer.

Según Telecom Advisory Services, (2017) el grado de transformación digital de América latina y el Caribe, es de 45.47 (en una escala del 0 a 100), generando una brecha significativa con relación a regiones como América del Norte con un 74.4 y Europa Occidental con un 66.42, este índice es medido a partir del análisis de ocho pilares, tales como: infraestructura, conectividad, digitalización de hogares y de la producción, el desarrollo de industrias digitales, capital humano, la competitividad y el marco regulatorio y políticas públicas. La correlación entre ellos, ineludiblemente facilita o limita la transición hacia la SC 4.0, a esto se suman barreras como: la falta integración y coordinación multisectorial entre instituciones públicas y privadas, así como políticas públicas que incentiven la integración de tecnologías, las características propias del sector MyPyme y facilitadores de la SC frente a la baja capacidad de inversión y conocimiento en tecnologías 4.0, preparación y planeación de entornos tecnológicos, en los que se adolece de talento humano cualificado y líderes de transformación e innovación, dejando así, en un nivel embrionario los avances para cadenas de suministro 4.0 en América Latina.

En el contexto Colombiano, “es necesario definir nuevas formas organizativas que incrementen los niveles de competitividad en la integración de las cadenas de suministro y la Logística (innovación) que son otra causa de los altos costos” (Mesa sectorial de logística & SENA, 2014, p. 394). Tan solo el 21% de las empresas colombianas implementan algunas de las tecnologías habilitantes de la cuarta revolución industrial, principalmente las grandes empresas (Basco et al., 2020). Específicamente en el ámbito logístico el 69,3 % de las empresas conoce al menos una herramienta tecnológica, pero sólo el 6.5% presenta un nivel de utilización (Departamento Nacional de Planeación, 2018).

También es evidente “una baja apropiación de estrategias logísticas dirigidas a afrontar los retos de las macrotendencias asociadas con el

medio ambiente, el cambio climático, la conectividad global (tecnología de información y las comunicaciones) y nivelación económica, [...], la escasez de recursos, entre otros” (Mesa sectorial de logística & SENA, 2014, p. 394). En materia de logística verde, el 51,0 % de las empresas han implementado al menos una acción, sobresaliendo el desarrollo

de empaques o envases reutilizables, la logística de reversa y el uso de vehículos alternativos, mientras la reducción de emisiones de CO₂, el uso eficiente de la energía y el uso de combustibles alternativos, entre otros, se encuentra en un estado insipiente (Departamento Nacional de Planeación, 2018).

Este panorama, en contraste con referentes internacionales expuestas en este artículo, representa un oportunidad para el desarrollo de procesos de investigación, innovación y desarrollo tecnológico, que contribuyan al cierre de brechas y mejora de la capacidad del país para “generar y usar conocimiento científico y tecnológico” (CONPES & DNP, 2015), sobre la adopción de estas tendencias en la SCM y Logística, orientados a atender las necesidades nacionales frente a los retos de competitividad, en los que este sector logístico es considerado un pilar estratégico (Conpes 3991, 2020).

Conclusiones

El presente estudio muestra cómo las dinámicas y exigencias de los mercados y la sociedad misma, han obligado a las SC a reestructurar sus estrategias de negocio para mantenerse activas y sólidas en estos escenarios. Por una parte, los avances tecnológicos en la era 4.0 han permitido aumentar la competitividad y la eficiencia de las organizaciones a nivel mundial; de manera que se obtiene mayor visibilidad entre los actores y se aumenta el control y precisión en el desarrollo de los procesos logísticos y la toma de decisiones. Mientras tanto, las preocupaciones relacionadas con el uso eficiente de los recursos naturales, el cambio climático, la gestión responsable de los residuos, el impacto social y ambiental generados por las actividades de la SC han dado fuerza al desarrollo de estrategias como la logística verde, la logística inversa en la búsqueda de confi-

guraciones sostenibles para la SC, que generan ventajas comparativas y competitivas.

Sin embargo, en el contexto nacional es importante reconocer y evaluar las capacidades y barreras presentes para la transformación de la SC y la logística hacia una era 4.0 y sostenible, lo cual va más allá de la adquisición de tecnología y modelos de gestión. Estos desarrollos implican desafíos considerables a nivel de apropiación conceptual, adaptaciones particulares en la región, y las características propias de las micro, pequeñas y medianas empresas, en las cuales la revisión de

la literatura muestra bajo nivel de investigaciones y desarrollos tecnológicos para el contexto nacional. Se requiere la inclusión de procesos académicos, como un eje ordenador de la actividad de investigación con el que se permita la integración de esfuerzos de equipos e instituciones comprometidas en el desarrollo del conocimiento en la aplicación de tecnologías de la industria 4.0 en los procesos logísticos y el diseño e implementación de estrategias de sostenibilidad en las cadenas de suministro colombianas. ●

Referencias

- Attaran, M. (2020). Digital technology enablers and their implications for supply chain management. *Supply Chain Forum*, 21(3), 158–172. <https://doi.org/10.1080/16258312.2020.1751568>
- Barbosa-Povoa, A. P., & Pinto, J. M. (2019). Process supply chains: Perspectives from academia and industry. *Computers and Chemical Engineering*, 132. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2019.106606>
- Barrascout de León, D. (2005). *Guatemala, mayo de 2005*.
- Barreto, L., Amaral, A., & Pereira, T. (2017). Industry 4.0 implications in logistics: an overview. *Procedia Manufacturing*, 13, 1245–1252. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.045>
- Bartevyan, L. (2015). DLG expert report Industry 4.0. *Dlg*.
- Basco, A. I., Azevedo, B. De, Harraca, M., & Kersner, S. (2020). América Latina en movimiento. Competencias y habilidades en la Cuarta Revolución Industrial. *Banco Interamericano de Desarrollo*, 170.
- Calatayud, A., & Katz, R. (2019). Cadena de suministro 4.0: Mejores prácticas internacionales y hoja de ruta para América Latina. *Cadena de Suministro 4.0: Mejores Prácticas Internacionales y Hoja de Ruta Para América Latina*. <https://doi.org/10.18235/0001956>
- Caro, M. P., Ali, M. S., Vecchio, M., & Giffreda, R. (2018). Blockchain-based traceability in Agri-Food supply chain management: A practical implementation. 2018 IoT Vertical and Topical Summit on Agriculture - Tuscany, IOT Tuscany 2018, 1–4. <https://doi.org/10.1109/IOT-TUSCANY.2018.8373021>
- Chhabra, D., Garg, S. K., & Singh, R. K. (2017). Analyzing alternatives for green logistics in an Indian automotive organization: A case study. *Journal of Cleaner Production*, 167, 962–969. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.158>
- CONPES, C. N. de P. E. y social, & DNP, D. N. de P. (2015). Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2015-2025. *Documento Borrador CONPES*, 1–161.
- Conpes 3991, (2020).
- Dalenogare, L. S., Benitez, G. B., Ayala, N. F., & Frank, A. G. (2018). The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. *International Journal of Production Economics*, 204(August), 383–394. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.08.019>
- Departamento Nacional de Planeación. (2018). Encuesta Nacional Logística 2018. In *DNP* (Vol. 1, Issue 9).
- Diwan, M. A. (2016). Internet of Things in Logistics : & Smart Logistics Entities. *The International Maritime Transport & Logistics Conference*, 5, 13.
- Feldman, P. M., & Reficco, E. (2015). Impact of Corporate Social Responsibility on purchasing behavior and willingness to pay by Bogotá consumers. *Estudios Gerenciales*, 31(137), 373–382. <https://doi.org/10.1016/j.estger.2015.10.001>
- Frazzon, E. M., Dutra, M. L., & Vianna, W. B. (2015). Big Data Applied To Cyber-Physical Logistic Systems: Conceptual Model and Perspectives. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 12(2), 330. <https://doi.org/10.14488/bjopm.2015.v12.n2.a12>
- Hammes, G., De Souza, E. D., Taboada Rodriguez, C. M., Rojas Millan, R. H., & Mojica Herazo, J. C. (2020). Evaluation of the reverse logistics performance in civil construction. *Journal of Cleaner Production*, 248. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119212>
- Hanifan, G., Sharma, A., & Newberry, C. (2014). *The Digital Supply Network Chain Management*. 1–8.
- Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2016). Design principles for industrie 4.0 scenarios. *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, 2016-March, 3928–3937. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2016.488>
- Hult, T. (2011). Market Focuses Sustainability: Market Orientation Plus. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 39, 1–6.
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). Securing the future of German manufacturing industry: Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. *Final Report of the Industrie 4.0 Working Group*, April, 1–84.
- Karaman, A. S., Kilic, M., & Uyar, A. (2020). Green logistics performance and sustainability reporting practices of the logistics sector: The moderating effect of corporate governance. *Journal of Cleaner Production*, 258, 120718. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120718>
- Lai, K. hung, & Wong, C. W. Y. (2012). Green logistics management and performance: Some empirical evidence from Chinese manufacturing exporters. *Omega*, 40(3), 267–282. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2011.07.002>
- López Salazar, A., Ojeda Hidalgo, J. F., & Ríos Manríquez, M. (2017). The corporate social responsibility from the perception of human capital. A case study. *Revista de Contabilidad-Spanish Accounting Review*, 20(1), 36–46. <https://doi.org/10.1016/j.rcsar.2016.01.001>
- Manocha, T., Sahni, M., & Satija, V. (2020). Adoption and awareness of industry 4.0 in logistics industry. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 29(3), 6334–6347. <https://www.scopus-com.bdigital.sena.edu.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-85083093143&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=logistic+4.0&st2=&sid=7d8cf91531f5b956a1dd34a4715f08ad&sot=b&sdt=b&sl=17&s=KEY%28logistic+4.0%29&relpos=1&citeCnt=0&searchTerm=>
- Maquera, G. (2012). Logística verde e Inversa, Responsabilidad Universitaria Socioambiental Corporativa y Productividad. *Apuntes Universitarios*, 2(1), 31–54. <https://doi.org/10.17162/AU.V0I1.16.G13>

- Mariano, E. B., Gobbo, J. A., Camiato, F. de C., & Rebelatto, D. A. do N. (2017). CO2 emissions and logistics performance: a composite index proposal. *Journal of Cleaner Production*, 163, 166–178. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.05.084>
- Matos, S., & Hall, J. (2007). Integrating sustainable development in the supply chain: The case of life cycle assessment in oil and gas and agricultural biotechnology. *Journal of Operations Management*, 25(6), 1083–1102. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2007.01.013>
- Mesa sectorial de logística, & SENA. (2014). Caracterización del sector de la logística en Colombia 2014. *Igarss 2014*, 1, 1–5. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7>
- Micheli, G. J. L., Cagno, E., Mustillo, G., & Trianni, A. (2020). Green supply chain management drivers, practices and performance: A comprehensive study on the moderators. *Journal of Cleaner Production*, 259, 121024. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121024>
- Montoya, R. A. G. (2010). Logística inversa un proceso de impacto ambiental y productividad. *Inverse Logistics a Process with Environmental and Productivity Impacts. (English)*, 5(2), 1–14. <https://doi.org/10.4304/jcp.7.11.2765-2772>
- Mota, B., Gomes, M. I., Carvalho, A., & Barbosa-Povoa, A. P. (2015). Towards supply chain sustainability: Economic, environmental and social design and planning. *Journal of Cleaner Production*, 105, 14–27. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.07.052>
- Nakasumi, M. (2017). Information Sharing for Supply Chain Management based on Block Chain Technology Mitsuaki. *2017 IEEE 19th Conference on Business Informatics Information*, 19, 140–149. <https://doi.org/10.1109/CBI.2017.56>
- Napoleone, A., Macchi, M., & Pozzetti, A. (2020). A review on the characteristics of cyber-physical systems for the future smart factories. *Journal of Manufacturing Systems*, 54(December 2019), 305–335. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2020.01.007>
- Naya, S. (2018). Nuevo paradigma de Big Data en la era de la industria 4.0. *Revista TOG*, 15(May), 4–9. <http://www.revistatog.com/num27/pdfs/editorial2.pdf>
- Olessków-Szłapka, J., Wojciechowski, H., Domański, R., & Pawłowski, G. (2019). Logistics 4.0 maturity levels assessed based on GDM (grey decision model) and artificial intelligence in logistics 4.0 -trends and future perspective. *Procedia Manufacturing*, 39(2019), 1734–1742. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.266>
- Ozben, B., Toprak, A., Koc, M., Sumerkan, M., Tanrikulu, A. M., Papila-Topal, N., Kefeli, U. S., Cincin, A. A., Baykan, O., & Fak, A. S. (2013). Cyber physical systems in logistics. *EffizienzCluster LogistikRuhr*, 112(3). <https://doi.org/10.1159/000214213>
- Payman, A., & Searcy, C. (2013). A comparative literature analysis of definitions for green and sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 52, 329–341. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.02.018>
- Pérez Lara, M., Saucedo Martínez, J., Salas Fierro, T., & Marmolejo Saucedo, J. (2016). Caracterización de modelo de negocio en el marco de. *Congreso Internacional de Logística y Cadena de Suministro (CiLOG2016)*, October.
- Prajapati, H., Kant, R., & Shankar, R. (2019). Prioritizing the solutions of reverse logistics implementation to mitigate its barriers: A hybrid modified SWARA and WASPAS approach. *Journal of Cleaner Production*, 240, 118219. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118219>
- Rehman Khan, S. A., Zhang, Y., Anees, M., Golpira, H., Lahmar, A., & Qianli, D. (2018). Green supply chain management, economic growth and environment: A GMM based evidence. In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 185). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.226>
- Reiner, A. (2014). Industrie 4.0 - Advanced Engineering of Smart Products and Smart Production. *International Seminar on High Technology*, October, 1–14. <https://doi.org/10.13140/2.1.1039.4406>
- Rejeb, A., Keogh, J. G., & Treiblmaier, H. (2019). Leveraging the Internet of Things and blockchain technology in Supply Chain Management. *Future Internet*, 11(7), 1–22. <https://doi.org/10.3390/fi11070161>
- Rogers, D.S., Tibben Lemke, R. . (1998). Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices. In *Reverse Logistics Executive Council, Tesis Doctoral. Reno Center for Logistics Management*. University of Nevada.
- Roy, V., Schoenherr, T., & Charan, P. (2020). Toward an organizational understanding of the transformation needed for sustainable supply chain management: The concepts of force-field and differential efforts. *Journal of Purchasing and Supply Management*, June 2018, 100612. <https://doi.org/10.1016/j.pursup.2020.100612>
- Rübmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). Industry 4.0: World Economic Forum. *The Boston Consulting Group*. 1–20. https://www.bcgperspectives.com/Images/Industry_40_Future_of_Productivity_April_2015_tcm80-185183.pdf
- Sancho, J.S. (2017). Aplicación de Tecnologías RFID para la mejora de procesos logísticos. *Uib*, 1(1), 1–38. <https://doi.org/10.3390/rs71115782>
- Santiago, A. (2006). *La Gestión de Cadenas de Suministros : Un enfoque de integración global de procesos*.
- Savic, N., Pitic, G., & Trbovich, A. (2016). Smart, connected products as a new competitive advantage: Challenges for Serbia. *Ekonomika Preduzeća*, 64(1–2), 143–155. <https://doi.org/10.5937/ekopre1602143s>
- Sinchi-Levi, D., & Kamisky, P. (2000). *Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies, and Case Studies*. (McGraw-Hill (ed.); International).
- Strandhagen, J. O., Vallandingham, L. R., Fragapane, G., Strandhagen, J. W., Stangeland, A. B. H., & Sharma, N. (2017). Logistics 4.0 and emerging sustainable business models. *Advances in Manufacturing*, 5(4), 359–369. <https://doi.org/10.1007/s40436-017-0198-1>
- Sund, T., Löf, C., Nadjm-Tehrani, S., & Asplund, M. (2020). Block-chain-based event processing in supply chains—A case study at IKEA. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 65(April 2019), 101971. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2020.101971>
- Tacke, J., Rodrigues, V. S., & Mason, R. (2014). Examining CO2e reduction within the German logistics sector. In *International Journal of Logistics Management* (Vol. 25, Issue 1). <https://doi.org/10.1108/IJLM-09-2011-0073>
- Telecom Advisory Services, L. (2017). *HACIA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: EL OBSERVATORIO CAF DEL ECOSISTEMA DIGITAL*. scioteca.caf.com
- Tjahjono, B., Espluques, C., Ares, E., & Pelaez, G. (2017). What does Industry 4.0 mean to Supply Chain? *Procedia Manufacturing*, 13, 1175–1182. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.191>
- Tumpa, T. J., Tumpa, T. J., Ali, S. M., Rahman, M. H., Paul, S. K., Chowdhury, P., & Rehman Khan, S. A. (2019). Barriers to green supply chain management: An emerging economy context. *Journal of Cleaner Production*, 236. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117617>
- Ali, S. M., Rahman, M. H., Paul, S. K., Chowdhury, P., & Rehman Khan, S. A. (2019). Barriers to green supply chain management: An emerging economy context. *Journal of Cleaner Production*, 236. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117617>
- Vázquez, J. F. (2004). *Logística inversa*. 121–132. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117617>
- Vilana, J. R. (2007). La Gestión de la Cadena de Suministro. *Fire Rescue Magazine*, 25(9), 68–73.
- Villafañe, P. (2014). *Análisis de la Cadena de Suministro y su relación con la Logística : caso del Centro Michelin Valladolid*.
- Wong, W. P., Soh, K. L., Sinnandavar, C. M., & Mushtaq, N. (2018). Could the service consumption-production interface lift national logistics performance? *Resources, Conservation and Recycling*, 128, 222–239. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.10.002>
- Yavas, V., & Ozkan-Ozen, Y. D. (2020). Logistics centers in the new industrial era: A proposed framework for logistics center 4.0. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 135(January), 101864. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.101864>

Caracterización de la línea de investigación en Mercadeo - Centro de Gestión de Mercados, Logística y TI

Characterization of Research Line in Marketing Market Logistics and IT Management Center

Juan Sebastián Cuervo-Sánchez*

Resumen

El presente artículo¹ busca hacer la caracterización de la línea de investigación en Mercadeo *El marketing holístico como generación de valor para el sector empresarial en los mercados globalizados* del Centro de Gestión Mercados, Logística y Tecnologías de la Información (TI) del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) en la ciudad de Bogotá D.C. Para la construcción de la línea se hicieron cuatro talleres de trabajo interdisciplinario, con representantes de la Mesa Sectorial de Mercadeo e instructores especialistas en el área, pertenecientes a este Centro de Formación del SENA. La estrategia buscó garantizar que la línea de investigación en Mercadeo estuviera alineada tanto con los nuevos avances y desarrollos en la disciplina, como con las demandas y necesidades del sector. A través de una revisión de literatura orientada por temas, se construyó, delimitó y definió la línea, la sublínea y las áreas temáticas propias para investigación. El proceso dio como resultado la definición

de cuatro sublíneas: comunicación y consumidor, negocios internacionales, marketing estratégico y comercial y nuevas tecnologías en la generación de valor. Para cada sublínea se establecieron áreas temáticas con el fin de articular de forma coherente los futuros proyectos de investigación con los objetivos de investigación del Centro de formación. El estudio contribuye a la identificación de nuevas áreas de trabajo y especialización en el área de mercadeo y en la adecuada delimitación con disciplinas relacionadas.

Palabras clave:

Mercadeo, Colombia, estrategia, tecnologías, comunicación, negocios internacionales, comercial

Abstract

The present study seeks to develop the characterization of the line of research in marketing *Holistic Marketing as Value Generation for the Business Sector in Globalized Markets* for the Marketing, Lo-

1 Esta investigación fue resultado de uno de los productos de investigación del proyecto Caracterización del Sector Mercadeo en Colombia SGPS – 6004-2019 iniciado el 13 de Julio de 2020 y actualmente en ejecución financiado por el Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico, e Innovación del SENA (SENNOVA)

* Fecha de recibido: 05/08/2020 Fecha de aceptación: 23/12/2020

Correo electrónico: js.cuervo1030@uniandes.edu.co

Citar como: Cuervo-Sánchez, J. S. (2020). Caracterización de la línea de investigación en Mercadeo—Centro de Gestión de Mercados, Logística y TI. *Revista RETO*, 8.

gistics and IT Center of SENA. For the construction of the line, four interdisciplinary workshops were conducted with representatives of the Marketing Sector Chair and professors specialists in their áreas from the Instruction Center. This strategy was designed in order to guarantee that the line of research in marketing is aligned with the new advances in the discipline, as well as with the requirements and needs of the industry. Through a theme-oriented literature review, the line of research is built, delimited and structured in the relevant research areas. This process resulted in the elaboration of four intermediate research lines in marketing: Communication and Consumer, International Negotiations, Strategic and Commercial Marketing and New Value Generating Technologies. For each intermediate research line, several specific research areas were defined in order to articulate, in a coherent manner, the research objectives of the Center. The study contributes to the identification of new work and specialization areas in Marketing and in its adequate delimitation from related disciplines.

Key Words:

Marketing, Colombia, Strategy, Technologies, Communication,

Introducción

El mercadeo ha evolucionado continuamente a lo largo de la historia. Tras su surgimiento como una disciplina independiente a principios de los años 90, en EE. UU, orientada fundamentalmente a la comercialización de productos (Winer y Neslin, 2014), el mercadeo ha tenido una evolución tanto en su campo de acción, los medios y canales de comunicación utilizados, así como en las áreas y los sectores de aplicación. Estas transformaciones han llevado a cambios en la forma de ejercer la disciplina y al surgimiento de nuevas necesidades y requerimientos por parte de los consumidores, a medida que la economía y la sociedad están cada vez más interconectadas globalmente. Por esta razón, resulta indispensable desarrollar nuevo conocimiento en el área de mercadeo, y garantizar que la investigación aplicada en esta disciplina esté alineada con las nuevas tendencias, así como con los diferentes tipos de consumidores y mercados que existen en la actualidad y a futuro.

La investigación constituye el pilar fundamental para mantener a un país y a su sector productivo a la vanguardia de su capacidad intelectual y productiva frente al mundo. Ante todo, la investigación garantiza el avance y la actualización de la disciplina, con el fin de que se mantenga actualizada y evitar que teorías y enfoques obsoletos o revalidados dominen el ejercicio profesional (Pfeffer, 2005). Sin embargo, el proceso investigativo requiere un método tanto en su diseño como en su organización, por lo cual, con este propósito, hoy en día, algunas universidades, instituciones de educación y centros de investigación articulan y diseñan líneas de investigación. Una línea de investigación garantiza unidad en los objetivos investigativos, la generación de sinergias y colaboración entre equipos de trabajo, y la construcción de conocimiento de forma lógica y estructurada (Agudelo, 2004). En ese orden de ideas y para lograr este fin, el Centro de Gestión Mercados, Logística y Tecnologías de la Información requiere diseñar y caracterizar una línea de investigación en mercadeo, con el fin de orientar y unificar los esfuerzos investigativos de la institución, así como garantizar la idoneidad de los productos finales elaborados por el Centro y orientados a la formación de sus aprendices y al desarrollo del sector productivo colombiano.

Así pues, el presente artículo tiene como objetivo la caracterización de la línea de investigación en Mercadeo del Centro de Gestión de Mercados, Logística y Tecnologías de la Información del SENA en la ciudad de Bogotá, D.C. Inicialmente, se presenta la metodología utilizada para la construcción de la línea de investigación de este estudio. Después, se muestran los principales resultados obtenidos del proceso de revisión y construcción de la línea y la fundamentación teórico-práctica que justifica la importancia de hacer investigación en estas áreas. Finalmente, se presentan las principales conclusiones y aprendizajes generados en el proceso y en la conceptualización de esta línea de investigación.

Metodología

Se conformó un equipo para la caracterización y definición de la línea de investigación, integrado por dos representantes de la Mesa Sectorial de Mercadeo y nueve instructores del SENA. Para se-

leccionar a los miembros del grupo se dio prioridad a expertos con representatividad en el sector productivo (Mesa Sectorial), a instructores especialistas en los programas de formación del SENA y a los grupos de investigación existentes en el Centro de formación, con el fin de abarcar todos los grupos interesados y áreas de especialidad.

En el transcurso de la caracterización se llevaron a cabo cuatro talleres y reuniones de trabajo paralelas. En el primer taller, y como ejercicio inicial, el equipo identificó y clasificó las distintas áreas de especialidad en mercadeo. A partir de estas unidades temáticas iniciales, se establecieron grupos de trabajo con el objetivo de realizar una revisión literaria orientada por temas (Cronin et. al., 2008), con el ánimo de revalidar dichas unidades temáticas iniciales e identificar áreas de trabajo en mercadeo no contempladas en el ejercicio inicial de caracterización. En la revisión se rastrearon documentos de trabajo, documentos de política, artículos publicados y artículos en bases de datos de acceso público que permitieran delimitar las sublíneas de investigación y justificar su importancia en el contexto colombiano. A

partir de estos insumos, se definieron y delimitaron las áreas de trabajo y, en talleres de co-creación, se construyeron y organizaron las sublíneas de investigación. La línea fue validada con miembros de amplia experticia en el área, externos al grupo de caracterización, con representantes de otros semilleros de investigación (Logística) y con otras Mesas Sectoriales (BPO), para garantizar que la línea de investigación no traspasara o incluyera temas de competencia exclusiva de otras Mesas y, en caso de ser así, estos se analizaran e inscribieran desde su función dentro del área de mercadeo.

Resultados

Descripción de la línea de investigación en mercadeo

La Figura 1 presenta la línea de investigación en mercadeo y las cuatro sublíneas temáticas diseñadas por el equipo de trabajo y desarrolladas a partir de la revisión y el trabajo interdisciplinario con los instructores:

Figura 1: Línea de Investigación en mercadeo - SENA



Fuente: Elaboración propia

La línea de investigación *El marketing holístico como generación de valor para el sector empresarial en mercados globalizados* tiene tres objetivos estratégicos, primero: concebir el mercadeo como una disciplina global e integrada compuesta por diversas líneas de acción, funciones y ocupaciones dentro de su marco de acción (*holística*); segundo: promover la creación de productos de investigación que generen valor añadido para el sector empresarial (*generación de valor*), alineado así con la misión del SENA y su trabajo con el sector productivo; tercero: reconocer el alcance de la línea no solo en empresas que compiten en el

mercado nacional, sino que actualmente o en un futuro competirán en mercados internacionales (*mercados globalizados*).

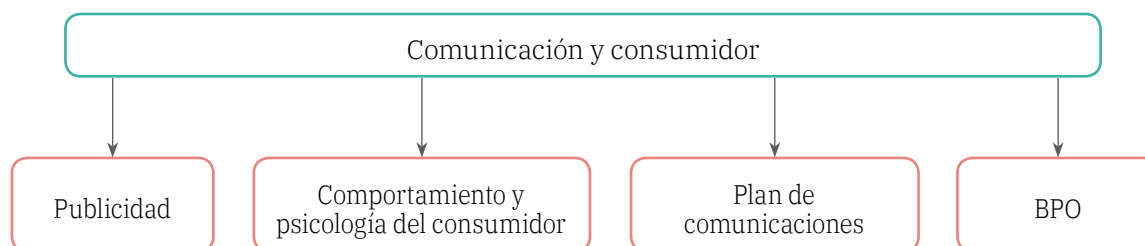
Con estas directrices, el equipo de trabajo identificó cuatro sublíneas temáticas que cumplen con los tres objetivos estratégicos de la línea, mencionados anteriormente. Ellas son: comunicación y consumidor, negociación internacional, marketing estratégico y comercial y nuevas tecnologías en la generación de valor. A continuación, se describen cada una de ellas, su alcance y las temáticas en investigación que las componen.

Justificación teórico-práctica de sublíneas desarrolladas

Comunicación y consumidor

Los constantes cambios en los procesos comerciales, así como en la coyuntura actual de mercado hacen necesario el diseño y conceptualización de nuevas estrategias comunicativas que no solo permiten conectar mejor con el consumidor, sino informar adecuadamente al cliente y brindarle información relevante durante todo su proceso de compra. Así mismo, la buena comunicación es indispensable para transmitir la propuesta de valor y presentar de forma correcta la marca de la empresa dentro del mercado. Para lograr esto, se definió, como una de las dimensiones relevantes en investigación, la sublínea de comunicación y consumidor, descrita en la figura 2:

Figura 2: Sublínea Comunicación y consumidor – Áreas temáticas



Fuente: Elaboración propia

La sublínea está comprendida, principalmente, por las áreas de publicidad, comportamiento y psicología del consumidor, plan de comunicaciones y BPO, áreas que se detallan a continuación.

Publicidad

La publicidad es “una técnica de comunicación que utiliza a los medios de difusión con objetivos comerciales, promoviendo y generando comportamientos y actitudes en los consumidores ... y que, al ser un proceso comunicativo, requiere de un emisor y un receptor” (DANE, 2017, pág. 41). Más que un ejercicio puramente comercial, la publicidad permite construir vínculos con el consumidor, dinámica que ha llevado al uso intensivo de herramientas creativas en esta disciplina, y al desarrollo de otras líneas de acción como la economía creativa.

La creatividad, elemento fundamental en el trabajo y ejercicio publicitario, es una forma de solucionar problemas a través de la combinación de ideas de distintos campos del conocimiento (Gagné, s.f citado en Esquivas, 2004). De modo que, la creatividad no es un elemento unidimensional y propio de un determinado contexto, sino que se subdivide en diversas categorías: la creatividad

científica, propia de la observación de fenómenos reales y la experimentación; la creatividad artística, que se origina en la capacidad de crear ideas únicas y novedosas, y la creatividad económica, que se refleja en el desarrollo de procesos que fomentan la innovación para el diseño de tecnologías de producción, prácticas comerciales y de mercadeo (Luzardo, 2017).

En consecuencia, la publicidad constituye un área estratégica para las empresas y para el desarrollo de proyectos de investigación en el área de la comunicación, al facilitar la generación de valor dentro de las organizaciones, fomentar la innovación y la construcción de vínculos efectivos con los consumidores.

Comportamiento y psicología del consumidor

En Latinoamérica y en particular en Colombia, los consumidores presentan una serie de costumbres, actitudes y creencias que moldean comportamientos distintos, así como las decisiones de compra y consumo de los clientes. El consumidor colombiano posee características que lo diferencian sustancialmente de los consumidores estadounidenses o europeos, regiones en donde se

han desarrollado, en mayor medida, las áreas de investigación en psicología y comportamiento del consumidor. Por eso, resulta necesario adelantar proyectos de investigación que permitan identificar estos patrones de comportamiento del consumidor colombiano y que lo distinguen de otro tipo de consumidores.

El área de comportamiento del consumidor es, desde el ejercicio empresarial, “el arma más eficaz para enfocar los esfuerzos de una empresa en la satisfacción de necesidades específicas, por lo cual las empresas deben tomar en cuenta que el consumidor es un individuo con fuerzas psicológicas y en un contexto social y cultural tan diverso que debe ser estudiado de forma permanente”. (Schiffman y Kanuk, 2010, pág. 34).

El estudio de la toma de decisiones del consumidor permite identificar el conjunto de procesos psicológicos significativos en cada una de las etapas de compra. Este ejercicio permite a la empresa reconstruir e identificar los puntos claves del proceso de compra del cliente desde que presenta una necesidad (motivación) hasta cuando evalúa toda su experiencia de compra (aprendizaje). Saber qué quiere, qué necesita y cómo piensa el cliente, ayuda a la estrategia de comunicación para influenciar y lograr la meta dorada de la empresa: la consecución de una venta (Belch y Belch, 2006). La investigación en esta área es indispensable para mejorar y hacer más efectivos los procesos de compra y los esfuerzos de mercadeo que realiza la empresa.

Plan de comunicaciones

La comunicación es inherente al ser humano y por tanto es vital para la adecuada interacción entre los distintos sectores de la economía. Los procesos de comunicación en sintonía y trabajo conjunto con las distintas partes involucradas en el proceso productivo permiten construir sinergias de CO-creación y fortalecimiento de las comunicaciones entre los actores, con el fin de gerenciar estratégicamente los canales de comunicación y hacer llegar los mensajes adecuados en la forma correcta.

Así pues, esta línea de acción ofrece múltiples posibilidades en cuanto a la formación, la investigación y el desarrollo de proyectos de comunicación. Entre estos cabe destacar, el fortalecimiento

de estrategias de comunicación interna y externa, el reforzamiento de la imagen de la marca ante los clientes y consumidores, la creación de espacios colaborativos y de comunicación colaborativa, entre otros proyectos que, en conjunto, fortalecen el desarrollo empresarial y social del país.

BPO

Colombia presenta un alto desarrollo en el campo de la industria de Subcontratación o Externalización de Procesos de Negocio, en inglés *Business Process Outsourcing* (BPO por su sigla en inglés). El país cuenta con ventajas competitivas tales como la ubicación geográfica, el idioma español sin acentos marcados y una economía en crecimiento, factores que generan confianza e incentivos a la industria para desarrollarse en el mercado nacional. Tal panorama es particularmente positivo para el área de mercadeo puesto que “el servicio al cliente ha girado hacia la apertura de nuevos canales. El cliente está más informado, es más dinámico, tiene más conocimiento de los productos y sabe muy bien lo que quiere.” (Quevedo, 2020, párr. 3). Tal realidad hace que el sector deba evolucionar de manera rápida, teniendo en cuenta los cambios en las tendencias de consumo y experiencia. Esto ha llevado a una transformación de los antiguos call centers a centros de contacto que tienen omnicanalidad en diversos formatos y que va mucho más allá del canal telefónico. (Revista Dinero, 2019).

Por lo anterior, el Business Process Outsourcing (BPO) se convierte en una herramienta de negocio y, a su vez, en un gremio incluyente y dinámico que evoluciona de la mano de la tecnología, motivos por los cuales requiere de un desarrollo permanente a través de la investigación. El trabajo en esta área temática permite ejecutar estrategias globales y unificadas, promover el desarrollo del marketing holístico y los procesos de exploración, creación y entrega de valor con el objetivo de conocer mejor a los clientes y aumentar el valor que ellos perciben de las empresas.

Negociación internacional

La sublínea de *Negociación internacional* está conformada por todas las actividades encaminadas al desarrollo y facilitación de procesos de intercambio y comercio en mercados globales.

Los negocios internacionales son todas las transacciones comerciales, incluyendo comercio, inversiones y transporte, que tienen lugar entre dos o más países (Daniels, Radebaugh y Sullivan, 2013). Las áreas temáticas de esta sublínea se presentan en la Figura 3.

Figura 3: Sublínea Negociación internacional - Áreas temáticas



Fuente: Elaboración propia

Esta sublínea se compone de las áreas de acuerdos, tratados y oportunidades comerciales y la gestión estratégica de la oferta exportable, las cuales se describen a continuación:

Acuerdos, tratados y oportunidades comerciales

El comercio mundial permite a los países establecer una relación comercial, cubrir sus necesidades en bienes y servicios y especializarse en la exportación de productos en los que presentan ventajas comparativas (Smit, 2010). Sin embargo, para poder explotar los beneficios del comercio internacional resulta necesario identificar las oportunidades comerciales y la construcción de acuerdos que reflejan las oportunidades y capacidades de cada mercado nacional, con el fin de lograr intercambios equilibrados entre países (Gupta, 2015). Los mercados exteriores potencian la innovación y el desarrollo empresarial al requerir la satisfacción de nuevos consumidores, y adaptar la oferta de productos y servicios a las necesidades locales del país al cual se exporta (Albizu, 2015).

Sin embargo, en el intercambio comercial internacional interactúan una serie de factores adicionales al comercio en los mercados locales. Entre los más importantes están: la distancia, el precio,

los costes de importación y las barreras de protección que poseen algunos países en sus bienes (Rivadeneira, s.f). Estos factores representan retos que se manifiestan de forma diferenciada de país a país y, por tanto, requieren una gerencia estratégica de las decisiones de exportación y de una elección pormenorizada del conjunto de bienes y servicios con que cuenta la empresa y que tienen la posibilidad de producir intercambios con márgenes de ganancias positivas en el mercado exportador. Para ello la gestión estratégica de la oferta exportable resulta indispensable.

Gestión estratégica de la oferta exportable

Para llevar a cabo una gestión estratégica de la oferta exportable es importante el marketing internacional. Este permite identificar las necesidades y deseos de los consumidores globales por medio de la investigación de mercados en el marco de la formulación de un plan estratégico (Guerra, 2018). Así mismo, permite determinar el conjunto de productos e industrias que tienen mejores posibilidades exportadoras, y, de esta manera, garantizar una balanza comercial positiva en donde las exportaciones de bienes y servicios superen a las importaciones.

En el caso de Colombia, para marzo de 2019, se presentó un déficit de 19.85% en su balanza comercial, que pasó de US\$762,4 millones a US\$636,1 millones de dólares (DANE, 2019), tendencia que se ha mantenido en el tiempo debido a la tasa creciente de importaciones de productos extranjeros por parte del país. Colombia, en el informe de Competitividad Global (RCG) 2017- 2018 del Foro Económico Mundial, se ubicó en el puesto 62 entre 140 países; las principales debilidades se presentaron en las áreas de desarrollo del capital humano y en innovación (Clavijo, 2019). Por lo tanto, resulta indispensable promover el desarrollo de procesos de investigación que permitan cubrir las necesidades de capital humano en estas áreas, así como las de especialización y tecnificación del sector por medio de la investigación, con el fin de fortalecer la competitividad del sector exportador colombiano, la posición del país dentro del marco y el ambiente de negociación y los acuerdos internacionales.

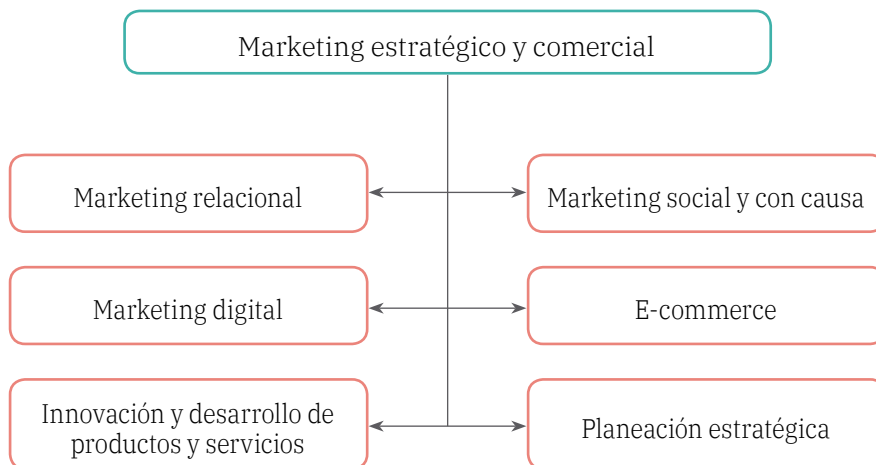
Marketing estratégico y comercial

El marketing estratégico es “el conjunto integrado de decisiones por parte de una organización que determinan sus elecciones sobre productos, mercados, actividades y recursos de mercadeo para la creación, comunicación y/o entrega de productos que ofrecen valor para el consumidor y le permite a la organización alcanzar objetivos específicos” (Varadarajan, 2010, pág.110). Para lograr dichos objetivos, las organizaciones se basan en el marketing estratégico. como uno de sus pasos, se define un plan operativo con el fin de generar valor, de manera tal que les permita superar a otros competidores del mercado. Las

acciones allí establecidas se traducen simultáneamente en una **estrategia comercial** orientada a entregar al cliente la propuesta de valor definida por la empresa.

Este campo de acción del mercadeo, por su tamaño e importancia, permite delimitar unas áreas específicas de investigación que son claves en el área del **marketing estratégico y comercial**: la planeación estratégica, el marketing relacional, el marketing digital, el marketing social y con causa, el **e-commerce** y la innovación y desarrollo de productos y servicios. Estas áreas se presentan en la Figura 4:

Figura 4: Sublínea Marketing estratégico y comercial - Áreas temáticas



Fuente: Elaboración propia

Planeación estratégica

La planeación estratégica representa el plan que integra las principales metas y políticas de una organización y las acciones necesarias para ejecutar adecuadamente la estrategia (Mintzberg et. al, 2003). Este proceso facilita el logro de los objetivos empresariales a través de una planeación proactiva, y no reactiva, del futuro de la empresa y sus decisiones de corto, mediano y largo plazo (Drucker, 1999). Al ser un elemento paralelo que define el accionar de la empresa, la estrategia delimita el alcance del producto o mercado, las oportunidades de crecimiento de una empresa (Ansoff,1965), su ventaja competitiva y la forma como la empresa se desenvuelve en el contexto de mercado (Porter, 2008).

Así pues, dada la importancia de la planeación para definir el camino y la acción de las empre-

sas, la investigación se tiene que constituir en un pilar fundamental del área. Ella debe identificar las herramientas de mercadeo que estén a la vanguardia y sean concordantes con la realidad de los mercados modernos. Además, debe orientar el diseño de estrategias lo suficientemente flexibles que ayuden a la gestión del gerente de mercadeo durante el direccionamiento, el diagnóstico y la formulación del plan de acción de su área, componentes fundamentales, según Serna (2014), en el proceso de la planeación estratégica.

E-commerce

El **e-commerce**, la distribución, la venta y la comercialización de productos por medios digitales, sobre todo por internet, constituyen en la actualidad uno de los canales más grandes y en

constante crecimiento en el mercado colombiano y global.

Este crecimiento es resultado, principalmente, de la fuerte expansión del comercio al por mayor y al por menor en los últimos años. Para el año 2018, del total de producción bruta colombiana (\$58.4 billones de pesos) el comercio al por mayor representó un 56,8% del total facturado, aproximadamente \$33.1 billones de pesos, y el comercio al por menor un 32,8%, es decir, \$19.1 billones de pesos (DANE, 2018). En los últimos años, y particularmente dada la coyuntura actual de aislamiento social por la pandemia COVID – 19 y la restricción a las ventas en locales físicos, el canal de *e-commerce* ha aumentado, aún más, su participación en el total de transacciones por ventas comerciales. En el primer día sin IVA en Colombia, el 19 de junio del 2020, el crecimiento del tráfico en páginas de comercio online aumentó más de 20 veces al de un día normal y se registraron 969.814 transacciones en línea, un 110% superior a un día normal (Cámara Colombiana de Comercio Electrónico, 2020). Tal panorama demuestra la importancia que el comercio tiene en la economía colombiana, y más importante aún, el alcance y las posibilidades que el desarrollo de los canales electrónicos o de *e-commerce* tienen para la competitividad del sector comercial colombiano, motivo por el cual la investigación y desarrollo de esta área disciplinar es fundamental para los objetivos estratégicos y comerciales del país.

Innovación y desarrollo de productos

La innovación y el desarrollo son fundamentales para las empresas ya que les permite incursionar en nuevos mercados a través de bienes y servicios novedosos. Sin embargo, este proceso no es espontáneo y requiere pasar por distintas etapas (Kilberg y Ardila, 2005). Primero, es necesaria la creación y generación de muchas ideas que puedan transformarse en nuevos conceptos o diseños de producto. Segunda, se requiere la estructuración de un proceso de innovación que permita, de forma ordenada, la creación de nuevos productos y servicios a través de herramientas diseñadas para fomentar la innovación. Para lograr esto, es fundamental el desarrollo de un sistema de gestión del conocimiento y la innovación, que tenga como objetivo administrar estratégicamente todo el proceso innovador. Para ello, es esencial esti-

mular la construcción y fortalecimiento de una cultura innovadora dentro de las organizaciones.

Colombia tiene un bajo nivel de desarrollo en el área de la innovación. La Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT) de 2017, reportó que un total de 75.4% de empresas son *no innovadoras*; el sector de comercio al por menor representó una fuerte proporción de estas empresas con un 89.2%, siendo un área fundamental en el ejercicio del mercadeo. (DANE, 2018). Según el Índice de Innovación Global 2019 de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), Colombia está en el puesto 67 entre 129 países, muy por debajo de Suiza, el líder en esta clasificación (Dutta, Lanvin y Wunsch-Vincent, 2019). Tal panorama reduce la competitividad del sector frente al mundo y, así, las oportunidades de las empresas en los mercados internacionales, por lo cual es prioritario fortalecer la investigación en el ejercicio del mercadeo y el desarrollo de productos.

El marketing digital

El marketing digital es el “conjunto de estrategias de mercadeo que ocurren en la web (en el mundo online) y que buscan algún tipo de conversión por parte del usuario” (Selman, 2017, pág. 4). En esa medida, el marketing digital es el encargado de ejecutar y desarrollar las estrategias de mercadeo de la empresa por medio de la aplicación de herramientas digitales (Barredo, 2008) con el propósito de comunicar un mensaje y vender un producto o servicio.

Con un porcentaje aproximado de 53.6% de la población mundial utilizando Internet a finales del año 2019, el mercado actual está orientado fuertemente a los medios digitales. (ITU, 2019). En esa medida, el diseño y la investigación para el uso de nuevos medios digitales resulta imprescindible, para lo cual, hoy en día han surgido nuevas herramientas para la optimización de los esfuerzos empresariales en estos medios digitales, tales como: el Search Engine Marketing (SEM) y el Search Engine Optimization (SEO), la optimización de la marca en los motores de búsqueda en internet, la analítica web, el uso y sistematización de grandes volúmenes de información para la toma de decisiones, entre otras áreas de especialización que resultan indispensables para posicionar a las empresas en entor-

nos de mercado cada vez más digitales (Estrade, Jordán, y Hernández, 2013).

El marketing relacional

El marketing relacional es el conjunto de actividades dirigidas al establecimiento, desarrollo y mantenimiento de relaciones de intercambio exitosas (Barroso y Martin, 2015). Este enfoque permite la construcción de relaciones redituables y de largo plazo con los distintos *stakeholders* al centrar el proceso de creación de valor, no exclusivamente en el producto, sino desde la construcción de relaciones con el cliente, buscando siempre superar sus expectativas (Kotler & Armstrong, 2012). La inversión en el marketing relacional permite que los consumidores se mantengan leales a la marca, la representen y la sugieran y, de esa manera contribuyan a la atracción de nuevos clientes potenciales a través de sus recomendaciones (Kotler & Armstrong, 2012).

En mercados cada vez más competidos, la inversión y la investigación en el desarrollo de una estrategia de marketing relacional facilita la creación de ventajas competitivas. El marketing relacional aporta valor para todas las partes involucradas, valor que se genera a través de un proceso de interacción entre clientes, proveedores, competidores y aún más importante, con los mismos empleados de la organización (Sarmiento, 2015). Visto así, la investigación y el desarrollo de nuevas estrategias en la construcción de relaciones permite a las empresas colombianas mejorar su competitividad en los mercados globalizados.

El marketing social y con causa

El marketing y la actividad económica de las empresas se ha basado, durante la mayor parte de la historia, en la construcción de valor económico, principalmente para los accionistas de las empresas. Sin embargo, las operaciones de las empresas suelen generar problemas y ciertas contradicciones, sobre todo cuando la creación de valor económico genera, simultáneamente, impactos negativos en el consumidor y la sociedad, un uso indiscriminado de los recursos sociales y naturales, o una afectación en el bienestar y calidad de vida de la población.

Así pues, en los últimos años ha surgido como respuesta a este fenómeno el concepto de Responsabilidad Social Empresarial (RSE) con el fin de equilibrar la creación de valor económico, social y ambiental. La RSE es “la integración voluntaria, por parte de las empresas, de las preocupaciones sociales y medioambientales en sus operaciones comerciales y sus relaciones con sus interlocutores” (Comisión de las Comunidades Europeas, 2001, pág. 7). Para lograr esto desde el marketing, las empresas utilizan dos enfoques: el Marketing Social (MS) y el Marketing con causa Social (MCC). El MS es “la aplicación de tecnologías de marketing para el análisis, planificación, ejecución y evaluación de programas para influir en el comportamiento voluntario de destinatarios a fin de mejorar su bienestar personal y el de la sociedad” (Gordon, McDermott, Stead, y Angus, 2006, pág. 1134). Asimismo, el MCC es una actividad comercial basada en una relación de colaboración entre la empresa, la organización no lucrativa y/o la causa, con el fin de promocionar una imagen, un producto o un servicio, en beneficio mutuo” (Adkins, 1999, pág. 18). De forma conjunta, estas estrategias contribuyen a la generación de valor social y ambiental por parte de la empresa.

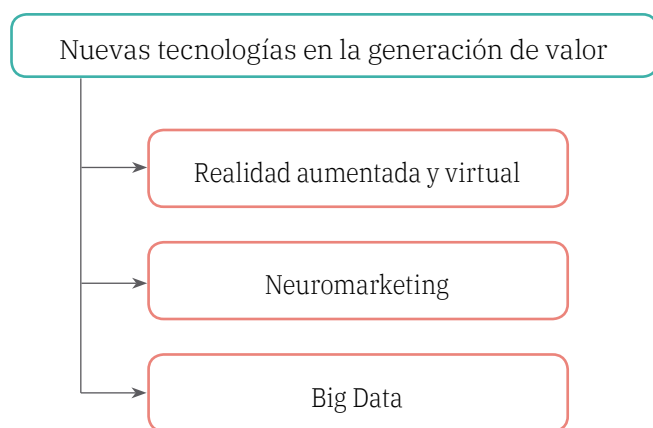
Entonces, más que una incursión en costos adicionales, estas actividades representan estrategias de generación de valor que posicionan a la empresa como socialmente responsable. Esto lleva a la mejora en la reputación de las organizaciones, así como en la satisfacción de consumidores que, en la actualidad, demandan una mayor responsabilidad y tienen preferencia por productos y servicios socialmente amigables. Por consiguiente, la investigación en el desarrollo e implementación de procesos de MCC y MS son primordiales en la actualidad para brindar a las empresas colombianas una posición competitiva más favorable, acceder a oportunidades y beneficios crecientes del gobierno para empresas socialmente responsables y promover el cumplimiento de los objetivos globales y nacionales en sostenibilidad y desarrollo.

Nuevas tecnologías en la generación de valor

La sublínea de *Nuevas tecnologías en la generación de valor* comprende todas aquellas áreas de investigación y disciplinas en el área del marke-

ting que han surgido en los últimos años, y que hacen uso de los recientes avances tecnológicos y de gestión de la información, o constituyen nuevas áreas de especialización para mejorar la comprensión, el análisis y la generación de conocimiento en marketing. Esta sublínea está conformada por tres nuevas áreas de trabajo en el campo del mercadeo: la realidad aumentada y virtual, big data y el neuromarketing. Se presentan en la figura 5:

Figura 5: Sublínea Nuevas tecnologías en la generación de valor - Áreas temáticas



Fuente: Elaboración propia

La realidad aumentada y virtual

La realidad aumentada consiste en “combinar el mundo real con el virtual mediante un proceso informático, enriqueciendo la experiencia visual y mejorando la calidad de la comunicación” (Rigueros, 2017, pág. 258). Es una nueva forma de mejorar y transformar la experiencia del consumidor y su interacción con el producto o servicio ofrecido por la empresa. A través de un proceso de registro de señales reales y el procesamiento de información virtual por medio de un activador, los sistemas de realidad aumentada hacen corresponder objetos reales con objetos gráficos “para construir nuevos mundos coherentes, complementados y enriquecidos y hacer coexistir objetos del mundo real y objetos del mundo virtual en el ciberespacio”. (Lara y Benitez, 2007, pág. 4)

Estas nuevas tecnologías ofrecen múltiples beneficios en las áreas de marketing y de ventas. Mediante la construcción de mundos virtuales, estas tecnologías permiten al consumidor expe-

rimantar de primera mano las bondades y ventajas de sus productos y, a la vez, reducir costos en el diseño, en la preparación de productos previos de muestra y en la exhibición para capturar las apreciaciones del cliente (García, 2019). Igualmente, estas tecnologías constituyen una herramienta comunicacional que, a través de la explotación de sensaciones neuronales influyen y contribuyen a la generación de deseos o motivaciones para incitar a la compra de productos por parte del consumidor. Es decir que, estas tecnologías ofrecen nuevas oportunidades para modernizar la forma de comercializar productos y así, constituyen áreas importantes de avance en términos investigativos.

El Neuromarketing

El Neuromarketing constituye la aplicación de los principios de la Neurociencia al área del mercadeo, ciencia que analiza las estructuras, desarrollo y funciones del sistema nervioso. El neuromarketing hace uso de distintas tecnologías de medición de las funciones cerebrales, tales como las imágenes y escáneres especializados para analizar la respuesta que tiene un consumidor ante determinados productos o servicios. Así pues, el neuromarketing es particularmente útil para medir la respuesta neuronal del cliente a determinados estímulos, y más específicamente, a características del producto tales como, el empaque, la forma de presentación, el diseño y la respuesta a mensajes publicitarios específicos, entre otros.

La neurociencia es beneficiosa en el campo del marketing pues las respuestas de los consumidores a determinados productos suelen originarse de forma automática en las redes neuronales del cerebro, como respuesta a estímulos visuales, auditivos y sonoros (Fernández et. al, 2012). De esa forma, estos instrumentos de medición reducen los sesgos propios de instrumentos de recolección de información, tales como encuestas a los clientes o grupos focales de consumidores, en donde el cliente puede omitir información relevante para el desarrollador de productos y servicios.

Big Data

Big Data se refiere al gran activo de la información que, debido a su gran volumen, velocidad

de generación y variedad requiere de la tecnología y de métodos analíticos para transformarse en valor (De Mauro, Greco y Grimaldi 2016). En esa medida, este término derivado del inglés se utiliza genéricamente para referirse a las grandes cantidades de información que están disponibles por medios electrónicos y digitales y que, bajo la limpieza, la discriminación y la manipulación adecuada de la información relevante, le permite al estratega tomar decisiones empresariales mejor informadas.

El uso intensivo de información en el área empresarial es particularmente útil en la mejora de la toma de decisiones empresariales bien informadas, área conocida normalmente como *Business Intelligence*. El mercadeo ha adaptado estas herramientas de forma exclusiva para contar con información de mejor valor y actualizada sobre los comportamientos del consumidor; ellas se reflejan actualmente en el desarrollo de la Analítica y específicamente del *Marketing Analytics*. La analítica en mercadeo, a través de la definición de indicadores clave de gestión (KPIs), utiliza técnicas econométricas, estadísticas y el uso de modelos de simulación y de predicción para capturar las decisiones del consumidor, analizar y predecir futuros patrones de comportamiento y de consumo por parte del cliente.

En el mercado actual colombiano y a nivel mundial, donde la digitalización y el uso de herramientas tecnológicas e informáticas están tan extendidas, la investigación en el área de *big data* se constituye en algo, prácticamente, determinante en la competitividad de las empresas. De esta manera, desarrollar procesos, herramientas y modelos de gestión que faciliten la adopción y la utilización de estos avances, tecnologías y herramientas en Colombia es fundamental, en tanto aporta a los esfuerzos investigativos del futuro en el campo del mercadeo.

Conclusiones

El anterior trabajo determina la línea de investigación de mercadeo e identifica al conjunto de sublíneas y áreas temáticas propias en el ejercicio del mercadeo en la actualidad, las cuales constituyen áreas de investigación primordiales para el desarrollo del mercadeo en Colombia y la mejora en la competitividad de las empresas del

país. El desarrollo y la investigación en cada una de estas áreas facilitará y promoverá la modernización de la disciplina en Colombia, así como el cumplimiento de los objetivos estratégicos contemplados en la construcción de la línea de investigación del SENA, en particular, en la concepción del marketing como una disciplina holística cuyo objetivo más importante es la generación de valor en empresas que se desenvuelven en mercados cada vez más globalizados. El SENA, como entidad estatal encargada del desarrollo de las competencias y la formación profesional integral de los trabajadores colombianos y como agente importante dentro del mercado laboral, requiere potenciar los procesos de investigación orientados a temas estratégicos para fortalecer el desarrollo y la modernización del sector productivo. El ejercicio hecho de manera conjunta entre la Mesa Sectorial de Mercadeo y los instructores del Centro de Gestión de Mercados, Logística y Tecnologías de la Información ofrece una estrategia metodológica, basada en esta experiencia, para la construcción de futuras líneas de investigación en otras disciplinas, que promueva la interacción entre profesionales de las diferentes áreas de formación y el sector productivo. ●

Agradecimientos

Agradecemos la contribución de todas las personas que participaron en esta caracterización en particular a los instructores SENA Juan Carlos Saavedra, Viviana del Mar, Martha Patricia Mila y Claudia Patricia Ramírez y a los profesionales de la Mesa Sectorial Andrés Julián Triana y Lina Garzón quienes, desde su experticia y conocimiento del sector, dieron su asesoría para la caracterización de esta línea de investigación y facilitaron la organización de los talleres de diseño de la línea.

Referencias

- Adkins, S. (1999). *Cause Related Marketing: who cares wins*. Obtenido de <https://vuthedudotorg.files.wordpress.com/2017/08/caused-related-marketing.pdf>
- Agudelo, N. C. (2004). Las líneas de investigación y la formación de investigadores: una mirada desde la administración y sus procesos formativos. *Revista ieRed: revista electrónica de la red de investigación educativa*, 1(1), 11.
- Albizu, B. (2015). Innovar, generar valor e internacionalización. ¿Valores incluidos en ¡la marca? Disponible en: <http://www.fai.com.es/innovar-generar-valor-e-internacionalizacion/>
- Ansoff, H. I. (1965). *Corporate strategy: An analytic approach to business policy for growth and expansion*. McGraw-Hill Companies.
- Barredo, I. (2018). *Marketing digital: Mide, analiza y mejora*. ESIC Editorial.
- Barroso, C., & Martín, E. (2015). *Marketing Relacional*. Madrid: ESIC.
- Belch, G., & Belch, M. (2004). *Publicidad y promoción: perspectiva conjunta de las comunicaciones del mercadeo* (6ta edición). México.
- Cámara Colombiana de Comercio Electrónico (2020). Informe del impacto del primer día sin Iva en el comercio electrónico. Disponible en: <https://www.ccce.org.co/noticias/informe-impacto-dia-sin-iva-comercio-electronico/>
- Clavijo, S. (2019). Colombia: resultados del Reporte de Competitividad Global 2017-2018 *La Republica LR*. Disponible en <https://www.larepublica.co/analisis/sergio-clavijo-500041/colombia-resultados-del-report-de-competitividad-global-2017-2018-2830012>
- Comisión de las Comunidades Europeas. (2001). *Libro Verde: Fomentar un marco para la responsabilidad social de las empresas*. Obtenido de [http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/committees/deve/20020122/com\(2001\)366_es.pdf](http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/committees/deve/20020122/com(2001)366_es.pdf)
- Cronin, P., Ryan, F., y Coughlan, M. Undertaking a literature review: a step-by-step approach. *British journal of nursing* 17.1 (2008): 38-43.
- DANE (2017). Diseño DSO – Dirección de Síntesis y Cuentas Nacionales /DSCN. Metodología General Cuenta Satélite de Cultura. Conceptos generales – Publicidad, Disponible en: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/sateli_cultura/DSO-CSC-MET-001-V2.pdf
- DANE (2018). Encuesta Anual de Comercio (EAC). Información 2018. Disponible en: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/comercio-interno/encuesta-anual-de-comercio-eac>
- DANE (2019). Balanza comercial. Disponible en: <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/comercio-internacional/balanza-comercial>
- Daniels, J. D., Radebaugh, L. H., & Sullivan, D. P. (2013). *Negocios internacionales: ambientes y operaciones*: decimocuarta edición. Pearson Educación de México.
- De Mauro, A., Greco, M., & Grimaldi, M. (2016). A formal definition of Big Data based on its essential features. *Library Review*.
- Drucker, P. (1999). *Planeación Estratégica*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Gerencie.com. Analisis horizontal. Obtenido de <http://www.gerencie.com/analisis-horizontal.html>.
- Dutta, Lanvin y Wunsch-Vincent (2019). Global Innovation Index 2019. 12th edition. Creating Healthy Lives-The Future of Medical Innovation. Disponible en: https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2019.pdf
- Esquivas, M. T. (2004). Creatividad. Definiciones, antecedentes y apotaciones. *Revista Digital Universitaria*, 16. Disponible en: https://www.revista.unam.mx/vol.5/num1/art4/ene_art4.pdf
- Estrade, J., Jordán, d., & Hernández, M. (2013). *Marketing Digital - Marketing Móvil, SEO y analítica web*. España: Anaya Multimedia.
- Fernández, N. O., Gómez, L. J., Litterio, M., Di Croce, N., Volpe, A. C., Fernández Blanco, M., & Pereyra Huertas, C. (2012). Neurociencia aplicada al estudio del comportamiento del consumidor.
- García, A. N. (2019). *El video 360 y de realidad virtual desde el punto de vista publicitario* (Doctoral dissertation, Universidad de Murcia).
- Gordon, R., McDermott, L., Stead, M., & Angus, K. (2006). The effectiveness of social marketing interventions for health improvement: What's the evidence? *Elsevier*, 1133-1139.
- Guerra, S. H. (2018). *Marketing Internacional, un enfoque practico*. Alfa y Omega entrepreneur. MARKETING Cómo crear valor en tu empresa. Disponible en: <https://www.entrepreneur.com/article/264990>
- Gupta, S. D. (2015). Comparative advantage and competitive advantage: an economics perspective and a synthesis. *Athens Journal of Business and Economics*, 1(1), 9-22.
- International Telecommunication Unit ITU (2019). Statistics – Individual using the Internet 2005 – 2019. Disponible en: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/stat/default.aspx>
- Kirberg, A. S., & Ardila, A. J. (2005). *Desarrollo de nuevos productos: cómo crear y lanzar con éxito nuevos productos y servicios al mercado*. McGraw-Hill Interamericana.
- Kotler, P., & Armstrong, G. (2012). *Principles of marketing* 14th edition. New Jearsey: Pearson Education Inc.
- Luzardo (2017). Economía naranja: innovaciones que no sabías que eran de América Latina y el Caribe. *Publicaciones Banco Interamericano de Desarrollo (BID)*. Washington, Estados Unidos
- Mintzberg, H., Ghoshal, S., Lampel, J., & Quinn, J. B. (2003). The strategy process: concepts, contexts, cases. *Pearson education*. Vol 1.
- Pfeffer, J. (2005). Why do bad management theories persist? A comment on Ghoshal. *Academy of Management Learning & Education*, 4(1), 96-100.
- Porter, M. E. (2008). The five competitive forces that shape strategy. *Harvard business review*, 86(1), 25-40.
- Quevedo. (2020). La era omnical. Obtenido de PYM: <https://revista-pym.com.co/comunicaci%C3%B3n/la-era-omnical-del-servicio-al-cliente>
- Revista Dinero (2019). La nueva vida de los call centers: ¿desaparecerán o evolucionarán?. Disponible en: <https://www.dinero.com/edicion-impresa/negocios/articulo/cifras-del-sector-bpo-en-colombia/269231>
- Rigueros, C. (2017). La realidad aumentada: lo que debemos conocer. *TIA*, 5(2), pp. 257-261.
- Rivadeneira, C. (s.f.). Economía y finanzas Internacionales. Recuperado el 15 de junio de 2019, de Lectura de Krugman capítulo 2: <http://puceae.puce.edu.ec/efi/index.php/economia-internacional/12-teoria-clasica>
- Sarmiento, J. (2015). *Marketing de Relaciones, aproximación a las relaciones virtuales*. Madrid: DYKINSON, S.L.
- Schiffman, L. G., y Kanuk, L. L. (2005). *Comportamiento del consumidor*. Pearson educación. Editorial Ibukkuu. Primera edición.
- Selman, H. (2017). *Marketing digital*. Editorial Ibikku. Primera Edición, Mexico
- Serna, H. (2014). *Gerencia estratégica: teoría, metodología, mapas estratégicos, índices de gestión, alineamiento, ejecución estratégica*. Panamericana Editorial. Bogotá-Colombia.
- Smit, A. J. (2010). The competitive advantage of nations: is Porter's Diamond Framework a new theory that explains the international competitiveness of countries?. *Southern African Business Review*, 14(1).
- Winer, R. S., & Neslin, S. A. (Eds.). (2014). *The history of marketing science*. New York, NY: World Scientific.
- Varadarajan, R. (2010). Strategic marketing and marketing strategy: Domain, definition, fundamental issues and foundational premises. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 38(2), 119-140.

Revisión del potencial de antenas reconfigurables en frecuencia para sistemas de radio cognitiva

Review of the Potential of Frequency Reconfigurable Antennas for Cognitive Radio Systems

Jhon Jairo Saboyá Romero, Sergio Nicolás Chaparro Vega, Miguel Ángel Saavedra Melo*

Resumen

En este artículo se presentan brevemente los antecedentes del estudio de los sistemas de radio cognitiva (CR, por sus siglas en inglés) así como del uso de antenas reconfigurables para este tipo de sistemas, en particular las antenas eléctricamente reconfigurables en frecuencia y los métodos de reconfiguración más utilizados resaltando sus ventajas y desventajas. Adicionalmente, se presentan y describen algunas herramientas de *hardware* y software como lo son las SDR (Software Defined Radio) y GNU Radio, los cuales tienen una creciente popularidad en el ámbito de la investigación; aplicado a la evaluación del desempeño de estas antenas, dado que al ser de bajo costo y reconfigurables permiten tener una fácil implementación de diferentes esquemas de comunicaciones en donde pueden variarse desde software los parámetros del sistema.

Palabras clave:

Radio cognitiva (CR), optimización del espectro, antena reconfigurable, antena eléctricamente reconfigurable, SDR, GNU Radio.

Abstract

This article briefly presents the background of the study of cognitive radio systems (RC), as well as the use of reconfigurable antennas for this type of system, in particular the electrically frequency reconfigurable antennas and the most used reconfiguration methods highlighting their advantages and disadvantages. In addition, some *hardware* and software tools such as SDR (Software Defined Radio) and GNU Radio are presented and described, which have a growing popularity in the field of research applied to the evaluation of the performance of these antennas, given that being low cost and reconfigurable they allow an easy implementation of different communication schemes where the parameters of the system can vary from the software.

Keywords:

Cognitive radio (CR), spectrum optimization, reconfigurable antenna, electrically reconfigurable antenna, SDR, GNU Radio.

* Fecha de recibido: 26/10/2020 Fecha de aceptación: 23/12/2020

Correo electrónico: 67162513@unitec.edu.co, 67161515@unitec.edu.co, miguelasaavedra@unitec.edu.co

Citar como: Saboyá Romero, J. J., Chaparro Vega, S. N., & Saavedra Melo, M. Á. (2020). Revisión del potencial de antenas reconfigurables en frecuencia para sistemas de radio cognitiva. *Revista RETO*, 8.

Introducción

El crecimiento exponencial de los servicios de comunicaciones inalámbricas ha generado una alta tasa de transmisión de datos en una variedad de servicios que incluye, entre otros, llamadas de audio/video de alta calidad, transmisiones de video en línea en directo, videoconferencias y juegos en línea. Dichos servicios utilizan el espectro en bandas fijas atendiendo a diferentes estándares establecidos, lo que ha generado un uso dinámico pero ineficiente de recursos altamente subutilizados; ello ocurre ya que la ocupación entre las varias aplicaciones inalámbricas no está adecuadamente distribuida: algunas partes están usadas en exceso, mientras otras raramente son empleadas, lo cual ha conducido a un problema de uso desbalanceado (Tawk, Costantine, & Christodoulou, 2014a). Así pues, es evidente la necesidad de lograr un sistema inalámbrico inteligente que consiga una utilización eficaz del espectro disponible, reconociendo y adaptándose apropiadamente al comportamiento espectral de su entorno. Para lograrlo se debe hacer frente a grandes desafíos en distintos niveles, incluyendo la búsqueda de las técnicas más apropiadas para elegir la mejor opción entre un grupo de bandas de frecuencias a través del aprendizaje de experiencias previas; la elección o la creación de un protocolo que permita la correcta comunicación entre dispositivos; o la obtención de las antenas adecuadas (para observar el espectro o para establecer el canal de comunicaciones), lo cual es uno de los mayores retos.

Metodología

La presente revisión sistemática de literatura tiene un enfoque cualitativo y descriptivo acerca del estado del arte de antenas reconfigurables en frecuencia para radio cognitiva. Se decide realizar una búsqueda de antecedentes en el cual se utiliza principalmente el portal IEEE Xplore, portal dedicado a recopilar publicaciones por parte de la IEEE, y usado para encontrar investigaciones de vanguardia y confiables eligiendo palabras clave en el motor de búsqueda tales como: cognitive radio, reconfigurable antenna, SDR y software defined radio; se repite este ejercicio en otras plataformas como Google Academic para complementar la información buscada. Enten-

diendo las dificultades para la construcción de antenas, se decide hacer énfasis en la búsqueda de antenas eléctricamente reconfigurables en frecuencia construidas con diodos PIN (comparativamente más sencillas de fabricar). Teniendo en cuenta los textos encontrados se empiezan a estructurar detalles relacionados con la historia de la radio cognitiva, y también se validan la razón y motivaciones de su desarrollo para después entender cómo se desempeñan en un sistema de radio cognitiva. A partir de las conclusiones presentadas en los artículos se comprueban las intenciones, dificultades y logros obtenidos. Finalmente, se buscan herramientas de *hardware* y software capaces de permitir la validación del desempeño de las antenas al lograr reproducir escenarios reales de comunicación inalámbrica en los cuales se pueda realizar reconfiguración del frente de radio en tiempo real, y que además sean económicas, de fácil uso y asequibles.

Sistemas de radio cognitiva

Un sistema de radio cognitiva (CR) presenta una solución potencial para los sistemas de comunicaciones inalámbricas del futuro, ya que permite mejorar el uso del espectro al interactuar con el entorno operante, haciéndolo eficiente y, más importante aún, minimizando el problema del espectro saturado (Tawk, Costantine, & Christodoulou, 2014a). Este sistema tiene la habilidad de ser consciente del uso del espectro (identificando alguna parte que no esté ocupada) y, además, posee la capacidad de conmutar para operar entre diferentes bandas de frecuencia desocupadas, logrando un modelo óptimo de comunicaciones al asignar los canales apropiados para ser usados (Mitola, 2009). La interfaz de un sistema CR consiste en dos tipos de antenas: una antena de observación (típicamente de Ultra Wide-Band (UWB)) y una antena de comunicaciones (típicamente reconfigurable). La función de la antena de observación es la de identificar bandas libres en todo el espectro de interés, mientras la antena de comunicaciones cambia dinámicamente su frecuencia de operación para establecer canales de comunicación en dichas bandas y así utilizar eficientemente el ancho de banda disponible (Hussain & Sharawi, 2014). La capacidad de la Radio Cognitiva (CR) permite

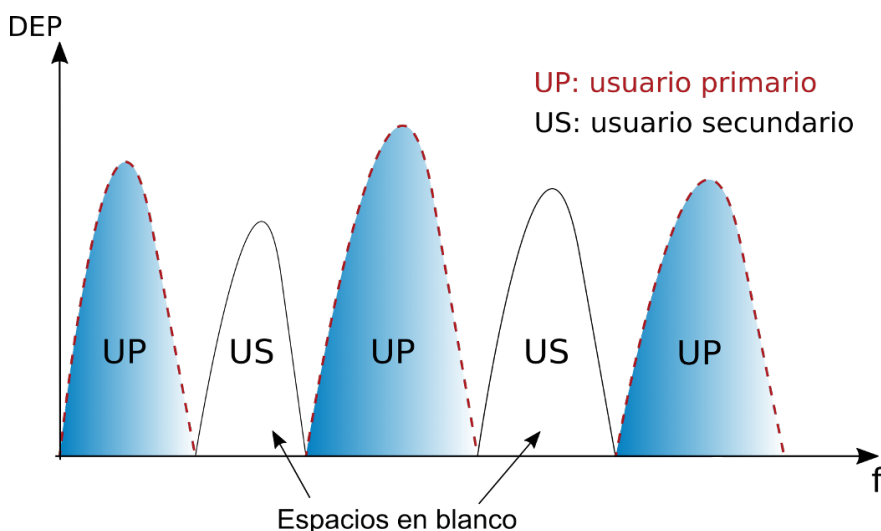
que una radio coexista con otras tomando decisiones de mitigación de interferencias. Cada radio decide repetidamente su frecuencia, forma de onda, dirección de la antena, patrón de salto, etc. Estas decisiones dependen en la situación actual del espectro, como el número y ubicación de dispositivos presentes y el canal de propagación entre cada dispositivo. (Omotere, Fuller & Qian, 2018).

En un sistema CR se deben identificar dos tipos de usuarios: primarios y secundarios. Los usuarios primarios ya están asignados en partes específicas del canal y tienen derecho al libre acceso a este en algún tiempo dado; sin embargo, no están activos todo el tiempo y no necesariamente ocupan todo el canal, por lo que el sistema puede alojar a los usuarios secundarios, a los cuales se les permitirá usar partes del canal que no están ocupadas por los usuarios primarios o partes en las que sean tolerados por estos (dependiendo el nivel de interferencia que generen). Es decir, en un sistema CR los usuarios secundarios son dinámicamente asignados para ocupar partes específicas del espectro, dependiendo de la actividad de los usuarios primarios (Jayaweera & Christodoulou, 2011; Tawk, Jayaweera, Christodoulou, & Costantine, 2011).

Un sistema CR puede operar en dos modos di-

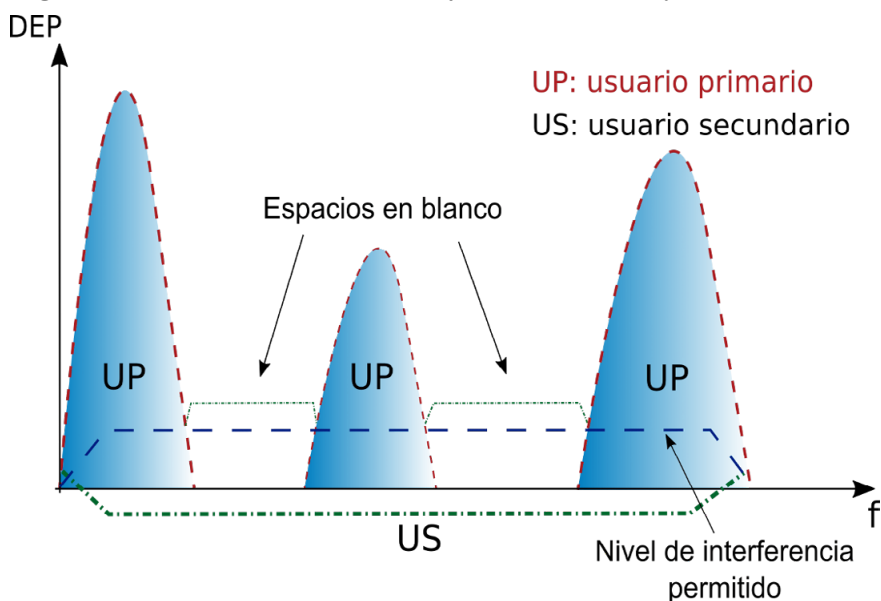
ferentes, como se muestran en las figuras 1 y 2: modos *interweave* y *underlay*.

Figura 1. Modo de operación entretejido (*interweave*)



Fuente: Tawk, Costantine, & Christodoulou (2014a).

Figura 2. Modo de operación subyacente (*underlay*)



Fuente: Tawk, Costantine, & Christodoulou (2014a).

En el primer caso, los usuarios primarios no comparten su canal con usuarios secundarios, así que la función principal del sistema consiste en encontrar espacios del espectro que no estén ocupados (espacios en blanco) y, en función de esto, decidir qué espacio de los encontrados será asignado al usuario secundario que lo solicite, el cual podrá utilizarlo sin ninguna restricción de potencia. En el segundo caso, los usuarios primarios pueden compartir canal con algún o algunos usuarios secundarios, pero hay restricciones de potencia

para los usuarios secundarios que compartan canal y, además, si algún usuario primario no tolera compartir su canal, los usuarios secundarios son forzados a transmitir en todas las bandas excepto en las que se ubican dichos usuarios primarios (Cai, Guo, & Bird, 2012; Mansour, Hall, Gardner, & Rahim, 2012).

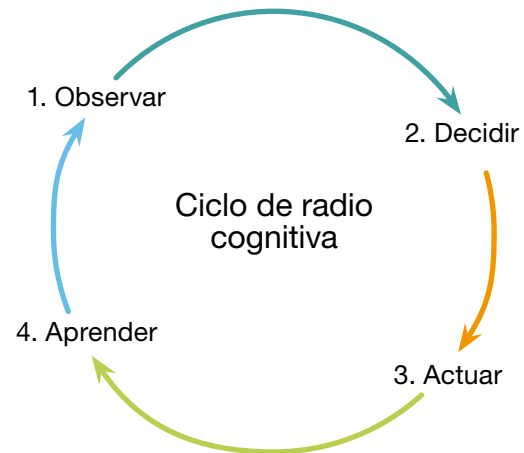
Para ambos escenarios se sigue un ciclo básico de cuatro etapas: observación, decisión, acción y aprendizaje, como se muestra en la figura 3. La observación consiste en revisar la actividad de la banda de interés: en el modo *interweave* se puede hacer observación de banda ancha (se registra toda la banda al mismo tiempo) o angosta (se hace un barrido consecutivo en secciones de la banda), y en el modo *underlay* solo se hace observación de banda ultra ancha. En la decisión se utilizan los datos adquiridos en la etapa previa para determinar los espacios en blanco o clasificar a los usuarios presentes en función de su tolerancia a los niveles de interferencia (dependiendo del modo de operación), para escoger la parte del espectro que será asignada al usuario secundario que la solicitó. En la etapa de acción se realiza la adecuación (reconfiguración) del sistema, dependiendo de la decisión tomada para que la transmisión en el canal escogido se pueda realizar. Finalmente, en la etapa de aprendizaje, se generan registros acerca de la actividad del canal para ser tenidos en cuenta posteriormente y así predecir resultados futuros (Jayaweera & Christodoulou, 2011).

El motor CR (*spectrum manager*) es considerado el cerebro del sistema y es el responsable de “manejar” e integrar esas cuatro etapas, procesando todos los algoritmos que incluyen la detección, el análisis y la clasificación, la reconfiguración de *hardware*, el manejo de niveles de potencia (según el caso) y el aprendizaje (Tawk, Costantine, Avery, & Christodoulou, 2011; Tawk, Costantine, & Christodoulou, 2014b).

Recientemente incluso ya se está hablando de la interacción de la Radio Cognitiva con otros tipos de tecnología de vanguardia. Está demostrando que con la propuesta de aprendizaje profundo los modelos son capaces de predecir el tipo, forma y número de usuarios presentes en una banda de frecuencia cuando la convivencia es complicada, escenarios que los sistemas de ingeniería con-

vencional no pueden manejar (Omotere, Fuller & Qian, 2018). Por otro lado, para un sistema OFDM cognitivo, la banda ancha licenciada se resuelve en una serie de subportadoras contiguas, donde la tarea de la detección de espectro de banda ancha es categorizar las subportadoras en un conjunto de subportadoras ocupadas de PU y un conjunto de carencias inactivas, mediante prueba de subportadora individual o multiportadora. (Qing, Chen, Ali & Shen, 2019).

Figura 3. Ciclo cerrado de un sistema CR



Fuente: Tawk, Costantine, & Christodoulou (2014a).

Antenas reconfigurables

La primera referencia en la literatura acerca de antenas reconfigurables fue publicada por Schaubert (1983), y paulatinamente se han empezado a estudiar su potencial uso en una variedad de aplicaciones entre las que se encuentran sistemas Multiple In - Multiple Out (MIMO), aplicaciones satelitales y, por supuesto, los sistemas de radio cognitiva.

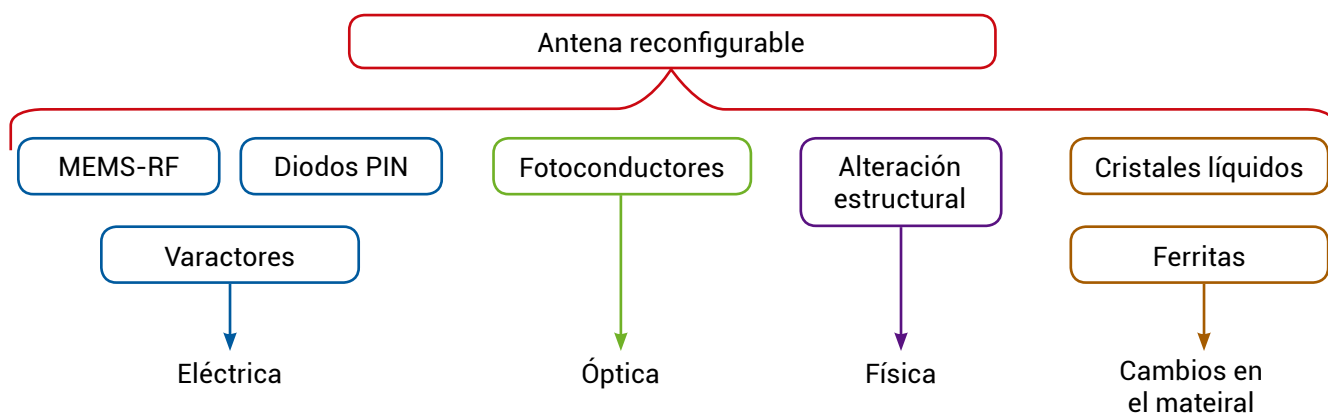
Al hablar de la reconfiguración de una antena se puede hacer referencia a cambios en su frecuencia de operación, su polarización o incluso a sus características de radiación. Existen varias ventajas al usar antenas reconfigurables: la posibilidad de soportar varios estándares para comunicaciones inalámbricas, el excelente desempeño en sistemas SDR (*Software Defined Radio*) y su *multifuncionalidad* (operar en banda angosta o ancha, operar como elemento único o como

parte de un arreglo, etc.). Por su parte, los principales costos al utilizar este tipo de antenas están relacionados con el incremento en la complejidad de su estructura y en el consumo de potencia, al incorporar elementos activos para lograr la reconfiguración deseada; asimismo, la generación de armónicos y la necesidad de una sintonización más rápida en la antena para que el sistema

funcione adecuadamente (Christodoulou, Tawk, Lane, & Erwin, 2012).

Para lograr los cambios en la antena que la hacen reconfigurable se pueden utilizar varias técnicas. Las principales son la eléctrica, la óptica, la física y el uso de materiales inteligentes, como se observa en la figura 4.

Figura 4. Principales técnicas de reconfiguración de antenas



Fuente: Christodoulou, Tawk, Lane, & Erwin (2012).

En términos generales, cualquiera de las técnicas conduce a modificar las corrientes que fluyen a través de la antena y, de esta manera, modifican también los campos electromagnéticos que esta genera para así poder adaptarse a los cambios en las condiciones de su entorno o a los requerimientos de su sistema (Christodoulou, Tawk, Lane, & Erwin, 2012). Sin importar la técnica escogida, cuando se procede a diseñar la antena reconfigurable siempre existirán tres preguntas principales que se deben responder:

1. ¿Qué característica de la antena debe ser modificada (su patrón de radiación, su frecuencia de operación, su polarización)?
2. ¿Cómo se pueden reconfigurar los elementos radiantes de la antena para lograr la modificación de la característica requerida?
3. ¿Cuál es la técnica de reconfiguración que menos afecta las características de radiación o de impedancia de la antena?

Así pues, la elección de la mejor alternativa para el diseño de las antenas dependerá de la

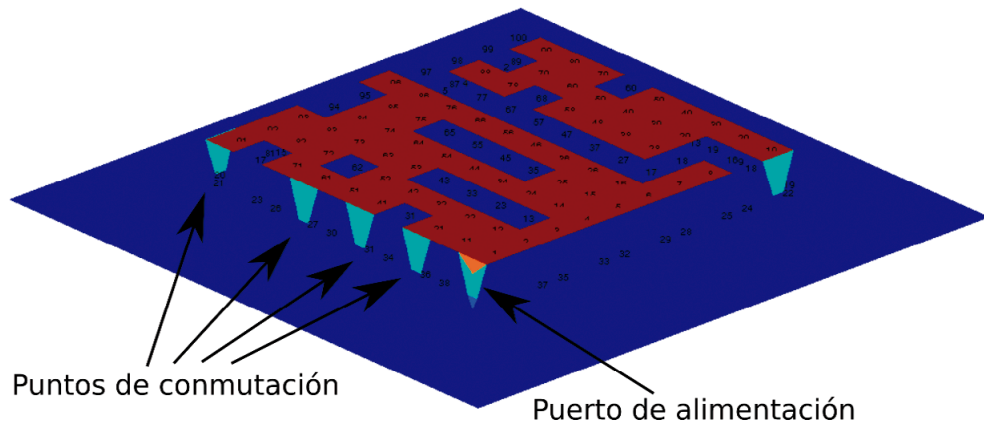
respuesta a estas preguntas (y de otras consideraciones técnicas y económicas). Para la reconfiguración en frecuencia de antenas compactas para su uso en un sistema CR, que es la aplicación objeto de interés en este artículo, la mejor opción es la reconfiguración eléctrica.

Antenas eléctricamente reconfigurables

La reconfiguración en este tipo de antenas depende de componentes electrónicos como diodos PIN, varactores, RF-MEMS (Radio Frequency Microelectromechanical System) y otros tipos de interruptores que se encargan de redistribuir las corrientes superficiales de la estructura. Esta es una de las alternativas más fáciles de implementar para reconfigurar antenas, a pesar de los problemas asociados como la interferencia, las pérdidas de señal, los efectos indeseados de las líneas de transmisión para controlar los interruptores y la no linealidad de los interruptores (Christodoulou, Tawk, Lane, & Erwin, 2012).

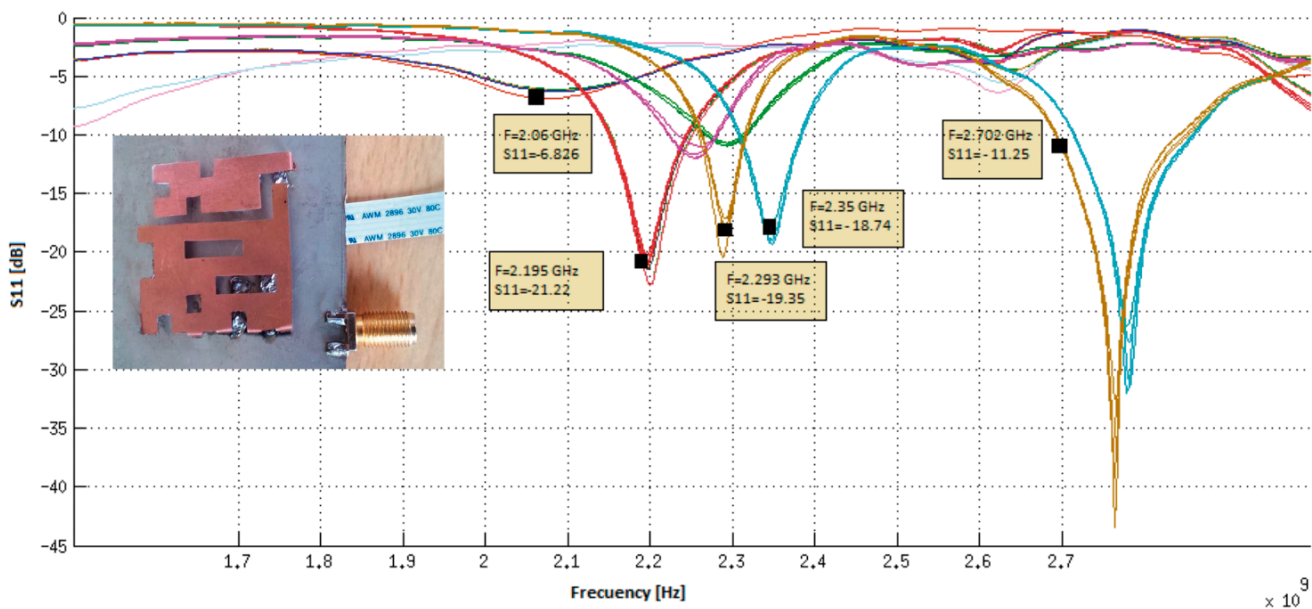
Un ejemplo de este tipo de antena se presenta en Rodríguez, Saavedra, Ramírez y Araque (2014). En este trabajo se describen el diseño, la fabricación y la validación experimental de una antena compacta reconfigurable en frecuencia usando diodos PIN como interruptores: la antena se reconfigura en la banda de 1.7 a 2.7 GHz y para su diseño se utilizaron técnicas de optimización evolutiva. En las figuras 5 y 6 se presentan el diseño final obtenido y el comportamiento medido de la antena, que demuestra la validación del concepto que integra la metodología del diseño, la optimización y la fabricación.

Figura 5. Geometría final de radiador



Fuente: Rodríguez, Saavedra, Ramírez, & Araque (2014).

Figura 6. Parámetro de reflexión medido en la antena



Fuente: Rodríguez, Saavedra, Ramírez, & Araque (2014).

Antecedentes sobre antenas eléctricamente reconfigurables

Dado que el diseño de antenas para aplicaciones de CR es un tema de gran interés en la implementación de este tipo de sistemas, el énfasis se ha centrado en el diseño de una antena de comunicaciones reconfigurable, utilizando interruptores de microondas con una antena de detección UWB en la banda de interés; no obstante, continúan siendo extensos los esfuerzos pendientes relacionados con la obtención de sistemas con antenas más compactas, integradas, en los que ambas puedan reconfigurarse, y que cuenten con una cantidad significativa de estados.

Los estudios de Cai, Guo y Bird (2012) y Mansour, Hall, Gardner y Rahim (2012), por ejemplo, muestran antenas reconfigurables de comunicaciones, pero no las antenas de detección; en los de Tawk y Christodoulou (2009) y Tawk, Costantine, Avery y Christodoulou (2011) se presentan antenas reconfigurables de comunicación embebidas en las de detección, sin embargo, no son suficientemente compactas y los estados reconfigurables son escasos. Por su parte, Tawk, Costantine y Christodoulou (2014b) presentan antenas MIMO para los dos modos de operación de CR, aunque de nuevo con antena de detección de banda ancha en modo *interweave* y con una antena de comunicación embebida en la de detección (que es de nueva cuenta UWB) en modo *underlay*, las cuales, al ser MIMO, adquieren un gran tamaño (70*80 mm).

Construir las dos antenas eléctricamente reconfigurables en frecuencia permite corregir en tiempo real errores de transmisión y recepción de la información y, además, logra una significativa reducción del tamaño, el peso y el volumen finales del sistema, lo que se traduce en una disminución de costos de fabricación y en una adaptabilidad a mayor número de aplicaciones. Además, el modo *interweave* permite una administración adecuada del espectro sin la necesidad de hacer análisis de protocolo para respetar las especificaciones particulares de cada sistema de comunicación primario encontrado en la banda; ello ya que no siempre es necesario, como se puede leer por ejemplo en Pedraza, Forero y Páez (2014), donde se justifica el despliegue de tecnologías como los sistemas CR en

algunas zonas urbanas como la de Bogotá; así se demuestra que dentro del rango de frecuencias de 54 MHz a 6 GHz el espectro está altamente subutilizado por parte de los usuarios primarios y también que existen vastos espacios en blanco en el mismo rango. Por todo lo anterior, es viable la propuesta de diseñar y fabricar antenas eléctricamente reconfigurables en frecuencia, integradas (esto es, que el elemento radiante sea común a ambas antenas), con un tamaño comparativamente pequeño y con una cantidad importante de estados reconfigurables (estimados en seis, los cuales dependerán del tamaño de la antena) y evaluar su desempeño en un sistema CR en modo *interweave*.

Por otro lado, también se están desarrollando antenas reconfigurables con la intención de ampliar el rango de frecuencias aceptadas y observadas, esto puede verse en la antena reconfigurable diseñada por Cleetus. R y Bala. G (2019), trabajando en la banda de UWB entre las frecuencias de 3.14 GHz a 10.6 GHz, la antena reconfigurable aquí propuesta trabaja con seis interruptores que funcionan con diodos PIN conectados a la alimentación y que permiten reemplazar una configuración preliminar propuesta que trabaja en UWB y recibe todo el rango disponible, las seis configuraciones conmutan por tanto en una serie de bandas estrechas dividiendo el rango de UWB anteriormente mencionado. Aunque este caso se limita a un diseño y análisis por medio de un simulador, es posible concluir y ver su compatibilidad con CR.

Finalmente, están diseños como el propuesto por Zhao. X, Riaz. S y Geng. S (2019) el cual fue construido y evaluado para verificar su desempeño, en este caso se logró un sistema MIMO de UWB, la estructura de la antena contiene dos elementos, la antena monopolar impresa de forma triangular plana que trabaja en conjunto con un varactor y con diodos PIN, de esta manera logra cubrir un espectro de 1GHz a 4.5GHz y tiene un amplio rango de reconocimiento del espectro entre 0.9GHz a 2.6GHz usando el ajuste del diodo varactor. Además, se logró tener un sistema de tamaño compacto midiendo tan solo 27 x 56mm², dando como conclusión un sistema eficiente, con pocas pérdidas, compacto y funcional, este es el primer prototipo del sistema, pero se puede decir que luce prometedor.

Herramientas de hardware y software para validación de antenas

El paso final después del diseño, simulación y fabricación de antenas es la evaluación de su desempeño a través de la medición de sus parámetros electromagnéticos. Para lograr esto existen varias alternativas como contar con un analizador de espectros, un analizador vectorial de redes (VNA) e incluso herramientas más sofisticadas como una cámara anecoica (incluyendo analizador). Sin embargo, estas alternativas suponen una inversión importante de dinero que en ocasiones no está al alcance, así que una alternativa para verificar indirectamente el desempeño de las antenas puede ser a través del uso de equipos de bajo costo y de software libre como lo son los SDR y GNU Radio.

Respecto a la herramienta de software, GNU Radio es un programa informático gratuito y de código abierto el cual trabaja con bloques para el procesamiento de señales para la implementación de esquemas de radio por medio de software, es compatible con varios tipos de *hardware* externo de RF para transmisión y recepción, o sin *hardware*, en escenarios de simulación, por lo que es ampliamente utilizado por la academia a nivel mundial para apoyar investigaciones que tengan relación con comunicaciones principalmente inalámbricas, según informa su fabricante en la página web. Este software cuenta con bloques predefinidos para demoduladores, decodificadores, filtros, modelos de canal, elementos de sincronización, ecualizadores entre muchos otros tipos de bloques de procesamiento de señales. Además, esta herramienta también administra el flujo de información entre los bloques con ayuda de un método de conexión que tiene en cuenta el tipo y tamaño de los datos, e igualmente se pueden programar e incluir fácilmente bloques personalizados si son necesarios que se pueden escribir en lenguaje de programación Python. Los bloques de procesamiento de señales son realizados en C++, pero Python es usado como lenguaje de scripts para interconectarlos y generar así el diagrama de flujo. El generador de interfaz SWIG (Simplified Wrapper and Interface Generator) se utiliza como el compilador de in-

terfaz que permite la integración entre lenguaje C++ y Python (GNURadio, 2020:Online).

Por otro lado, respecto a los dispositivos SDR, estos son tarjetas de desarrollo que hacen parte de un paradigma de diseño para comunicaciones inalámbricas. Este concepto fue ideado por Joseph Mitola en 1992, quien precisó la expresión para una variedad de radios que ejecutan el procesamiento de señales en el software sin utilizar circuitos integrados dedicados en el *hardware* (Arslan, 2017). En otras palabras, un SDR puede ser reprogramado y reconfigurado haciendo uso de herramientas de software para permitir así que el mismo *hardware* sea utilizado en la implementación de gran variedad de radios para diferentes estándares de comunicación, permitiendo con esto el uso del SDR para gran cantidad de aplicaciones. El modelo de SDR ideal presentado por Mitola incluye una antena y un convertidor digital analógico (ADC) en la recepción, y un convertidor analógico digital (DAC) y otra antena en la transmisión, dejando el mando de las demás funciones a los procesadores reprogramables, que se encargan de implementar los filtros, mezcladores, demodulador y demás elementos necesarios (Mitola, 2009).

Así pues, dado que los recursos mencionados anteriormente tienen la particularidad de ser de fácil acceso y manejo, y sobre todo útiles para el estudio de las antenas y la transmisión/recepción de las señales, observando de manera gráfica o numérica el comportamiento del sistema, se convierten, junto con un equipo de cómputo de gama media, en una alternativa valiosa para la etapa de validación de las antenas.

Conclusiones y futuro de la reconfiguración de antenas para radio cognitiva

Es indiscutible el creciente interés en la investigación de sistemas CR debido al enorme potencial que ofrecen en la solución de problemas de comunicaciones inalámbricas; relacionados con la congestión en los canales y la administración inadecuada del espectro. Parte fundamental de estos sistemas es la reconfiguración de sus ante-

nas para la adaptación a su entorno, aspecto en el cual, a pesar de presentar algunas desventajas.

La opción de utilizar interruptores de microondas como elementos de conmutación es la de mayor acogida debido a la facilidad en la implementación que estos ofrecen, además de tener una relativa facilidad en la obtención y accesibilidad de los materiales y una construcción más orgánica el cual es posible de realizar en el laboratorio de la Universidad.

Asimismo, el desarrollo de herramientas como GNU Radio y los SDR han facilitado e incentivado este tipo de investigaciones, dando pie a un desarrollo constante y un estudio e implementación cada vez más accesible a este tipo de sistemas ya que reducen significativamente los costos asociados a los equipos de alta gama, al tiempo que permiten estimar indirectamente el desempeño del sistema completo y de las antenas en particular con la ejecución de esquemas de comunicaciones de muchos tipos en los cuales puedan manipularse parámetros como la frecuencia de operación, ancho de banda, tipo de modulación, operaciones de filtrado, etc., y se puedan también establecer algunas métricas de desempeño del sistema relacionadas con calidad del servicio como BER, retardos e incluso comportamiento de ruido. ●

Agradecimientos

Deseamos mostrar nuestra gratitud a la Corporación Universitaria Unitec por el apoyo presentado al semillero de investigación EmSyT, por su constante acompañamiento y ayuda en la realización del presente artículo de investigación.

Referencias

Autores, Varios: gnruradio. url: <https://www.gnuradio.org/about/>. 2020. – Accedido 01-07-2020

Arsilan, H., (2017), *Cognitive Radio, Software Defined Radio, and Adaptive Wireless Systems (Signals and Communication Technology)*. Berlin, Heidelberg : Springer-Verlag. – ISBN 1402055412

Cai, Y., Guo, Y. J., & Bird, T. (2012). A frequency reconfigurable printed yagiuda dipole antenna for cognitive radio applications. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 60(6), 2905-2912.

Christodoulou, C., Tawk, Y., Lane, S., & Erwin, S. (2012, Jul). Reconfigurable antennas for wireless and space applications. *Proceedings of the IEEE*, 100(7), 2250-2261.

Cleetus, R. & Bala, G. (2019). Design and Analysis of a Frequency Reconfigurable Antenna for Ultra-wide band and Cognitive Radio Applica-

tions. *2019 International Conference on Signal Processing and Communication (ICSPC)*, INDIA: IEEE Xplore 2019, pp 1-4.

Easterbrook, S., Singer, J., Storey, M.-A., & Damian, D. (2008). Selecting empirical methods for software engineering research. En Shull, F., Singer, J. & Sjøberg, D.I.K. (Eds.), *Guide to advanced empirical software engineering* (pp. 285-311). Londres: Springer.

Hussain, R. & Sharawi, M. S. (2014). A cognitive radio reconfigurable MIMO and sensing antenna system. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 15, 257-260.

Jayaweera, S. K. & Christodoulou, C. G. (2011, Mar). *Radiobots: Architecture, algorithms and real-time reconfigurable antenna designs for autonomous, self-learning future cognitive radios*. The University of New Mexico, Technical Report EECE-TR-11-0001. Recuperado de http://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1035&context=ece_rpts

Mansour, G., Hall, P. S., Gardner, P., & Rahim, M. K. A. (2012). Tunable slot-loaded patch antenna for cognitive radio. *Antennas and Propagation Conference (LAPC)*, Loughborough, pp. 1-4. DOI: 10.1109/LAPC.2012.6403069

Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC), República de Colombia. (2004). *Resolución 689 de 2004*. Bogotá, 21 de abril de 2004. Recuperado de https://www.redjurista.com/Documents/resolucion_689_de_2004_ministerio_de_comunicaciones.aspx#/

Mitola, J. (2009). Cognitive radio architecture evolution. *Proceedings of the IEEE*, 97(4), 626-641.

Omotere, O., Fuller, J. & Qian, L. (2018). Spectrum Occupancy Prediction in Coexisting Wireless Systems using Deep Learning. *IEEE 88th Vehicular Technology Conference (VTC-Fall)*. USA: IEEE Xplore 2018, pp 1-7.

Pedraza, L., Forero, F., & Páez, I. (2014, Jan). Evaluación de ocupación del espectro radioeléctrico en Bogotá-Colombia. *Ingeniería y Ciencia*, 10(20), 127-143.

Qing, H., Chen, S., Ali, M. & Shen, B. (2019). Signal Assemblage Based Wideband Spectrum Sensing for OFDM Cognitive Radios. *2019 21st International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT)*. China: IEEE Xplore 2019, pp. 1.

Rodríguez, D., Saavedra, M., Ramírez, G., & Araque, J. (2014). Realization of a compact reconfigurable antenna for mobile communications. *IEEE-APS Topical Conference on Antennas and Propagation in Wireless Communications (APWC)*, pp. 284-287. DOI: 10.1109/APWC.2014.6905549

Schaubert, D. (1983, Jan). *Frequency-agile polarization diversity microstrip antennas and frequency scanned arrays*. U.S. Patent 4 367 474. The United States Of America representado por The Secretary Of The Army.

Tawk, Y., Costantine, J., Avery, K., & Christodoulou, C. (2011). Implementation of a cognitive radio front-end using rotatable controlled reconfigurable antennas. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 59(5), 1773-1778.

Tawk, Y., Costantine, J., & Christodoulou, C. (2014a, Feb). Cognitive-radio and antenna functionalities: A tutorial. *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, 56(1), 231-243.

Tawk, Y., Costantine, J., & Christodoulou, C. (2014b). Reconfigurable filtennas and mimo in cognitive radio applications. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 62(3), 1074-1084.

Tawk, Y., Jayaweera, S. K., Christodoulou, C. G., & Costantine, J. (2011, Dec). A Comparison between different cognitive radio antenna systems. *International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems (ISPACS)*, pp. 1-5.

Tawk, Y. & Christodoulou, C. (2009). A new reconfigurable antenna design for cognitive radio. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 8, 1378-1381.

Zhao, X., Riaz, S., & Geng, S. (2019). A Reconfigurable MIMO/UWB MIMO Antenna for Cognitive Radio Applications. National Nature Science Foundation of China (NSFC). *China: IEEE Access* 2019, pp. 1-9

La *IoT* una nueva ventana de oportunidad para pymes latinoamericanas en tiempos de la covid-19

IoT a new window of opportunity for Latin American SMEs in times of covid-19

Julián Ricardo Romero Garibello, Lugo Manuel Barbosa Guerrero, Wilson Martínez Amado*

Resumen

Una búsqueda por modelos, soluciones y respuestas han enmarcado la historia económica y empresarial de América Latina, una región que ha navegado en un mar de incertidumbres de indicadores volátiles y escasa sostenibilidad en el tiempo. Ahora un nuevo desafío como, quizás ningún otro en la historia, la COVID-19, aparece para retar a las organizaciones, para este caso particular retando a cerca de 99% de las empresas en estos países. No obstante, esta situación no debe ser necesariamente el relato de una muerte anunciada, empero sí un nuevo foco de oportunidades que pueden ser el potencial comienzo de una transformación digital y de desarrollo para esta área del mundo. Por tal razón, las industrias 4.0, la IA (Inteligencia Artificial), el *IoT* (Internet de las Cosas), la economía naranja y la transformación digital constituyen un nuevo paradigma global que no margina a la región, y en el que por supuesto las pymes tienen un papel que desempeñar para alcanzar el deseado desarrollo económico de estas naciones en pro del bienestar general de sus pueblos. En materia de tecnología y de empleo es muy importante este nuevo papel, teniendo en cuenta todas las dificultades que están y deberán enfrentar por la pandemia mundial. Por ello, tendrán que tener

una gran efectividad en las medidas que se tomen, las cuales podrán ser las correctas con el uso de las *IoT* (*internet of things*). Desde la perspectiva metodológica el presente documento se circunscribe a una revisión de literatura basada en manera concreta en la consulta de bases de datos, motores de búsqueda y palabras clave, en este sentido, lo que se pretende es arrojar información valiosa que integra en un mismo escenario elementos valiosos que previamente pueden carecer de investigación conjunta y es en este sentido, justamente en el que se concluye con un fuerte soporte académico y real que si bien es cierto la covid-19 ha traído una serie de dificultades y retos para las pymes, el aporte de la tecnología puede acortar brechas que permitan obtener ventajas y oportunidades de mercado, elementos que son valiosos para el contexto interno y el entorno de las pymes en América Latina.

Palabras clave

Transformación Digital, Industrias 4.0, Pymes, Economía Naranja, *IoT*, Inteligencia artificial

Abstract

A search for models, solutions and answers have framed the economic and business history of Latin America, a region that has navigated in a

* Fecha de recibido: 07/10/2020 Fecha de aceptación: 29/12/2020

Correo electrónico: jrromero@unicolmayor.edu.co, lmbarbosa@unicolmayor.edu.co, wenriquemartinez@unicolmayor.edu.co

Citar como: Romero Garibello, J. R., Barbosa Guerrero, L. M., & Martínez Amado, W. enrique. (2020). Las *IoT* una nueva ventana de oportunidad para pymes latinoamericanas en tiempos de la covid-19. *Revista RETO*, 8.

sea of uncertainties of volatile indicators and little sustainability over time. Now a new challenge like, perhaps no other in history, COVID-19, appears to challenge organizations, for this particular case challenging about 99% of companies in these countries. However, this situation should not necessarily be the story of an announced death, but rather a new focus of opportunities that could be the potential beginning of a digital transformation and development for this area of the world. For this reason, industries 4.0, AI (Artificial Intelligence), *IoT* (Internet of Things), the orange economy and digital transformation constitute a new global paradigm that does not marginalize the region, and in which of course the SMEs have a role to play in achieving the desired economic development of these nations for the general welfare of their peoples. In terms of technology and employment, this new role is very important, taking into account all the difficulties that they are and will have to face due to the global pandemic. Therefore, they will have to be highly effective in the measures that are taken, which may be the correct ones with the use of *IoT* (*internet of things*). From the methodological perspective, this document is limited to a literature review based in a concrete way on the query of databases, search engines and keywords, in this sense, what is intended is to throw valuable information that integrates in the same valuable elements that previously may lack joint research and it is in this sense, precisely in which it is concluded with a strong academic and real support that although it is true that covid-19 has brought a series of difficulties and challenges for SMEs, The contribution of technology can reduce gaps that allow obtaining advantages and market opportunities, those elements that are valuable for the internal context and the environment of SMEs in Latin America.

Keywords

Digital Transformation, Industry 4.0, SMEs, Orange Economy, *IoT*, Artificial intelligence

Introducción

Diversos textos e investigaciones apuntan a los potenciales beneficios provenientes del *IoT*, así como la aparición de las industrias 4.0 y la econo-

mía naranja. De manera particular, instituciones como el Banco de Desarrollo de América Latina (CAF), la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) han sido coherentes para señalar las implicaciones de la pandemia por la COVID-19 para la región de Latinoamérica en 2020 y en los próximos años.

Sin embargo, también han orientado sus investigaciones y esfuerzos para identificar las implicaciones en forma de beneficios para tendencias como las industrias 4.0, la economía naranja, la transformación digital, el aumento en el uso de las TIC, la Inteligencia artificial, la CeI (ciencia e innovación) y el *IoT* (Internet of the Things) que es justamente lo que concierne a este artículo, en que confluyen diversos elementos que podrían añadir valor a la actividad económica de una región del mundo tradicionalmente rezagada en materia de competitividad e innovación.

Las pymes, como principales generadores de empleo y agentes económicos de la región deben asumir las carencias en la dotación de factores, Tierra, Trabajo y Capital aunado a la Tecnología como elemento de cohesión para los tres anteriores, como es el caso de capital que tradicionalmente les han marginado de un papel protagónico en el escenario internacional y que, en el marco de la coyuntura actual, luchan por el simple hecho de sobrevivir. Sin embargo, en el marco tradicional de la resiliencia característica de estos pueblos pueden hallar en estos elementos un resurgir para migrar a nuevos escenarios de crecimiento y distribución para sus habitantes.

No se pretende ser una panacea de múltiples soluciones para los males que padecen estas economías y de manera escalada las Pymes en la escena de la COVID-19; sin embargo, sí se teje la expectativa alrededor de proporcionar un panorama alentador en el que herramientas y estrategias concretas contribuyan a la supervivencia, mejora y el aumento del desarrollo económico de la región.

Antecedentes teóricos

Latinoamérica se encuentra inmersa en un escenario que diversos expertos han denominado *enanismo en el emprendimiento*, que conlleva

un aparato empresarial incipiente de alto riesgo de supervivencia y de bajo nivel tecnológico que ofrecer al mercado externo. En este orden, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico OCDE (2019) y la Comisión Económica para América Latina CEPAL (2019) ya registraban que las PYMES representan el 99,5% del total de las compañías en la región y generan el 60% del empleo. Estos hechos resultan relevantes a luz de buscar nuevas oportunidades que permitan finalmente abarcar metas tan ambiciosas como el desarrollo, la industrialización, la internacionalización y la búsqueda de participación representativa en la economía global. Sin embargo, teniendo en cuenta el nivel de rezago de esta parte del mundo respecto a las demás, el nivel de I+D (Inversión y Desarrollo) implica una gran inversión de recursos y tiempo que escasean en la actualidad.

Entonces: ¿Cómo alcanzar la convergencia con el mundo y desarrollar nuestras empresas?

La literatura económica neoclásica apunta hacia un acuerdo que permite alcanzar la convergencia entre naciones, en este punto, Cárdenas (2010) presenta dos supuestos:

1. La existencia de rendimientos decrecientes en el uso del capital y
2. La dinámica de progreso tecnológico

Desde el enfoque de este documento resulta conveniente centrarse en el segundo elemento que implica un desarrollo tecnológico que no necesariamente está ligado a la I+D (Inversión y Desarrollo) y que nace desde cero. Este progreso vendría dado por la adquisición de conocimiento, herramientas y *software* que ya se encuentra disponible en el mercado. Buena cuenta de esto, darían los sistemas operativos que hoy funcionan en todo el mundo y que solo representaron un proceso total de investigación para una nación, de manera más concreta, para una organización.

Considerando lo anterior, vale la pena preguntarse cómo se encuentra la región y más específicamente las pymes respecto a la inclusión de la tecnología en sus dinámicas de gestión y producción. La Corporación Andina de Fomento CAF (2020) afirma que el 40% de las PYMES en América Latina no cuenta ni siquiera con un correo electrónico; adicionalmente, Forbes (2019) indica que

el 70% de las pymes de la región usan efectivo y la conectividad, todavía es precaria pero creciente. Si bien es cierto existen rezagos asociados con el desempeño de estas organizaciones, las oportunidades también aumentan de la mano de la inclusión del elemento tecnológico en las pymes, más si se involucra en este análisis el efecto de la COVID-19, que por sí solo ya ofrece un panorama de incertidumbre, al que la Corporación Andina de Fomento CAF (2020) refiere:

En el día internacional de las Microempresas y las Pequeñas y Medianas Empresas (mipymes), que se celebra el 27 de junio, Corporación Andina de Fomento CAF resaltó la importancia de promover la productividad y competitividad para impulsar su recuperación y su sostenibilidad en el largo plazo a través de su internacionalización, integración productiva en cadenas y clústeres y mucha innovación. Además, reitera su apoyo en esta coyuntura mediante una facilidad regional de apoyo anticíclico para los bancos de desarrollo locales por los efectos de la COVID-19 con la disposición de recursos financieros de hasta USD 1.600 millones y no financieros, como apoyo a los esfuerzos de los gobiernos de la región en favor de la recuperación productiva a través de las MIPYMES. Corporación Andina de Fomento CAF (2020)

Esto lleva la discusión a la articulación de esfuerzos conjuntos de instituciones y organizaciones que promuevan la inclusión de políticas y de forma más concreta de tecnología entendida como conocimiento, buenas prácticas, *software*, *hardware*, maquinaria y mejores procesos. Este hecho lleva, de manera inexorable, a considerar lo que en la actualidad se usa como internet, es decir, la idea superficial del somero empleo de correo electrónico, *software* o aplicaciones. No obstante, existe un concepto al que algunas personas y unas pocas organizaciones han brindado su atención, *IoT* o internet de las cosas. Es en este punto donde surgen interrogantes como:

1. ¿Qué es *IoT* - ¿Es ahora lo que debería ser?
2. ¿Estamos atrapados en el término *IoT*?
3. ¿Qué representa hoy en día *IoT* para las empresas, particularmente para las PYMES?

4. ¿Cómo podemos llevar las innovaciones de la nueva *IoT* a las PYMES?

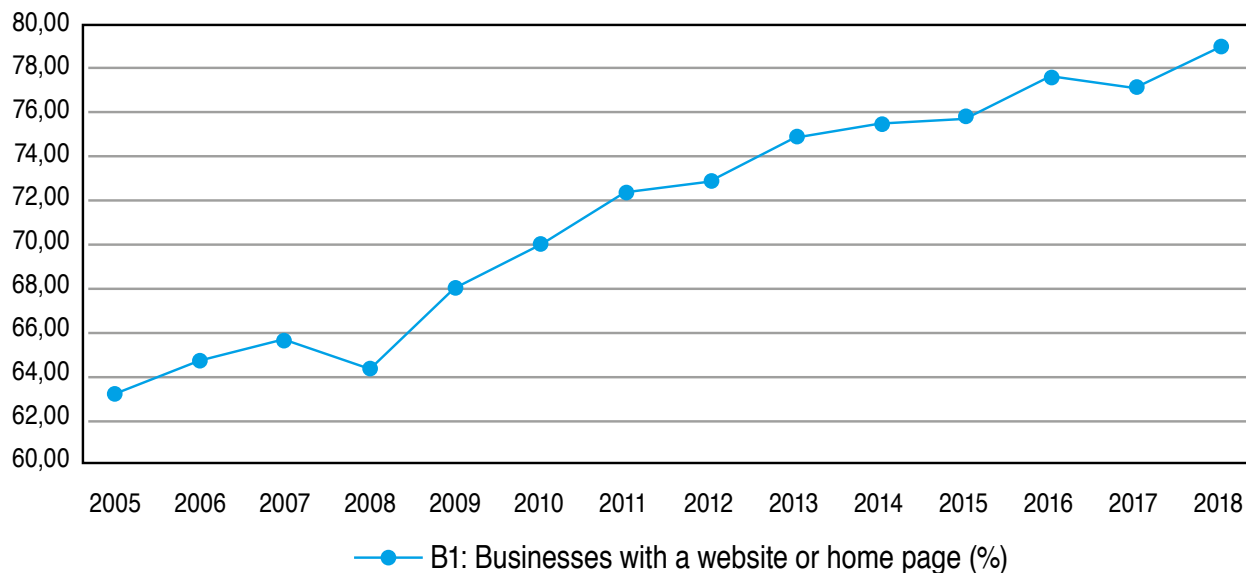
Estos interrogantes dan pie a iniciar una revisión de la literatura en lo que respecta a los términos o indagaciones similares en esta materia. por tanto, se procede a establecer una metodología basada en búsqueda en bases de datos, motores de búsqueda y palabras clave.

Inicialmente el sentido común indicaría moverse hacia el concepto de *IoT* y su referenciación preferiblemente de manera teórica, es aquí donde la acepción generalmente aceptada de este término es “Sensores y actuadores integrados en objetos físicos que están vinculados a través de redes cableadas e inalámbricas” Tauro (2019). Además, De Cremer, Nguyen y Simkin (2017) quienes plantean que *IoT* se está convirtiendo en una dinámica incontrolable involucrando de esta forma las impli-

caciones éticas en este campo, argumentando que a pesar del sentimiento positivo general sobre el desarrollo del *IoT*, y si bien el *IoT* trae considerables beneficios cuando funciona, esto no está garantizado en absoluto.

No obstante, sería inevitable para el lector preguntarse ¿qué papel podría desempeñar las pymes en este contexto? En este sentido, Newswire (2019) plantea que se espera que el mercado mundial de *middleware IoT* crezca de 6.9 mil millones de 2018 a USD 19.5 mil millones en 2023, a una tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) del 23.0% durante el período de pronóstico. Por otro lado, la OCDE (2020) muestra un importante crecimiento en los datos para el acceso y uso de las TIC por parte de las empresas, señalando el aumento continuo de sitios web, comunicaciones, teléfonos inteligentes y conectividad. Ver figura 1.

Figura 1. Businesses with a website or home page (2005 – 2018)



Fuente: Tomado de OCDE (2020)

El Banco Mundial (2020) da validez a esta tendencia a través del informe sobre suscripciones de banda ancha fija que concuerda con las estadísticas de la OCDE, que muestran un crecimiento exponencial en un marco de cobertura rápida en personas y organizaciones que apoyan el uso creciente de las TIC. Ver Figura 2.

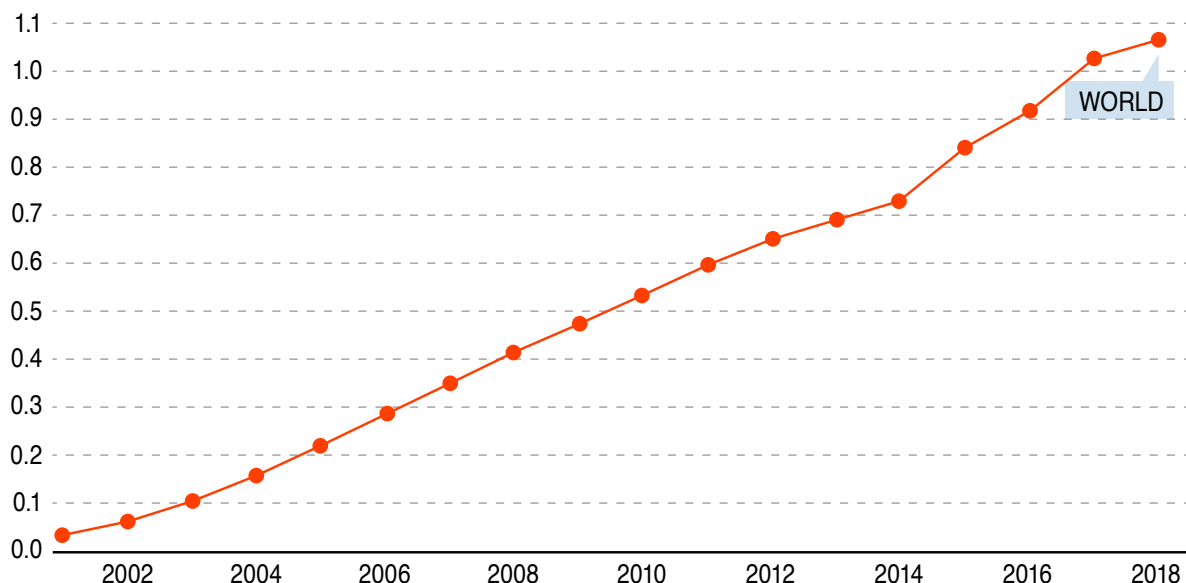
Las cifras arrojan un panorama global favorable para el crecimiento de las organizaciones que apalanca su actividad con el apoyo de las TIC inclu-

so han llegado al nivel de incluir estos elementos dentro de la estrategia de la empresa y particularmente de las Pymes como lo expresado por Romero (2020) en *IoT as Potential Instrument in the Knowledge Management Strategy For SMEs* quien concluye que el término *IoT* se queda corto en la realidad y sus potenciales beneficios si se aplica a la estrategia de la gestión del conocimiento en las pymes. Esta particularidad encuentra soporte en la Guía de un estrategia para Internet de las cosas,

en el que Frank Burkitt plantea que para 2020, se estima que 50 mil millones de dispositivos en todo el mundo estarán conectados a Internet. Quizás un tercio de ellos serán computadoras, teléfonos inteligentes, tabletas y televisores. Los dos tercios

restantes serán otros tipos de “*cosas*”: sensores, actuadores y dispositivos inteligentes recién inventados que monitorean, controlan, analizan y optimizan nuestro mundo. (Burkitt, 2014).

Figura 2. Fixed broadband subscriptions



Fuente: Tomado de World Bank (2020) Fixed broadband subscriptions

A estas alturas, *IoT* tiene el potencial de representar un salto para la humanidad aún mayor que la invención de la computadora o la red de internet, en este punto Burkitt afirma que estas posibilidades pueden clasificarse en tres categorías:

1. “Habilitadores” - que desarrollan e implementan la tecnología subyacente
2. “Participantes” - que diseñan, crean, integran y brindan servicios de *IoT* a los clientes
3. “Potenciadores” - que diseñan sus propios servicios de valor agregado, además de los servicios proporcionados por *engagers*, que son exclusivos del internet de las cosas.

En este sentido, Pérez, et al, (2019) apuntan hacia una revolución digital en Latinoamérica, y que haciendo un ejercicio de conciencia aplica a una transformación de nuevas industrias como las 4.0, que obtienen sus cimientos en tres pilares. A saber:

1. Conectividad a internet, a través de sus diversas velocidades, rangos, medios de transmisión, tecnologías y estándares asociados.

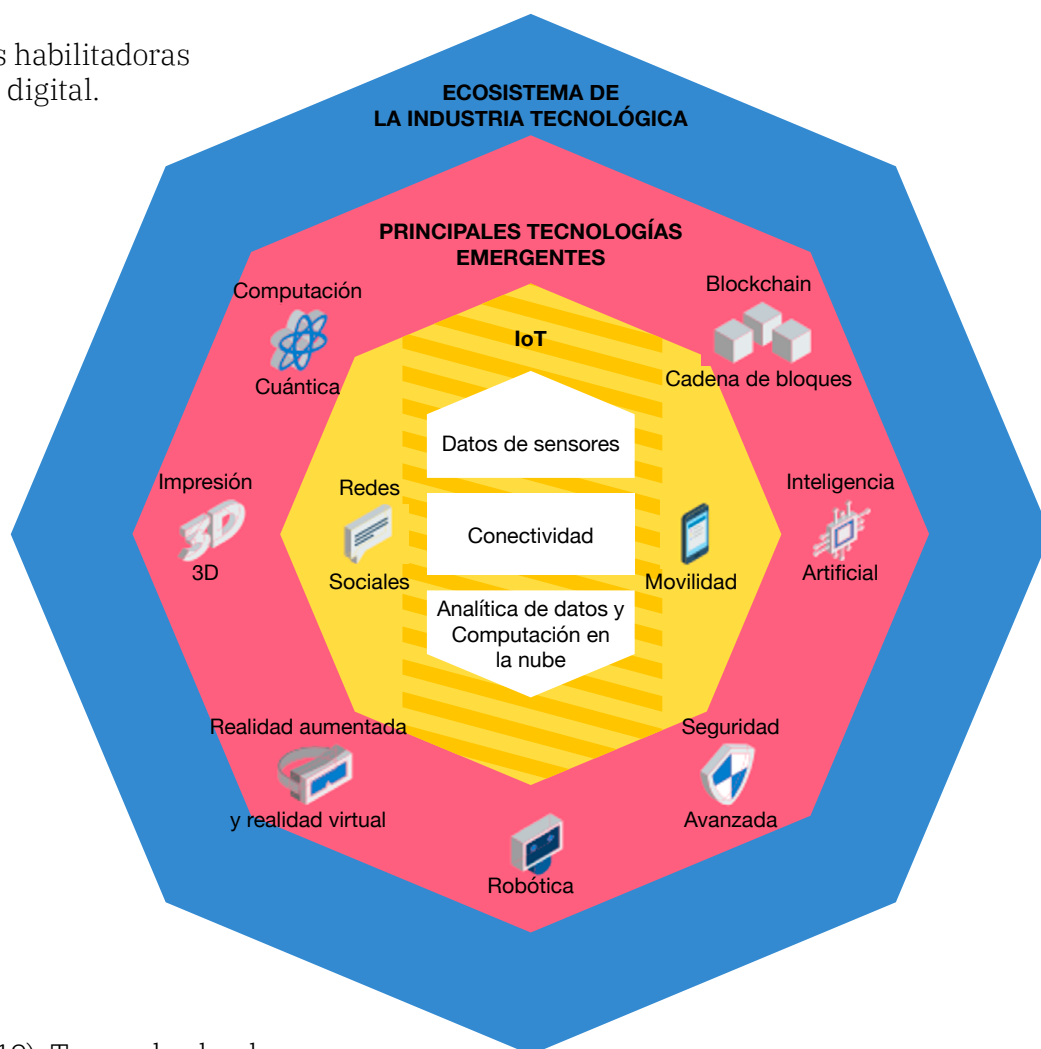
2. Sensores y datos, se incorporan ahora los datos digitalizados que provienen de objetos, a los datos tradicionales que provienen de personas y procesos.

3. Analítica de datos y computación en nube, a medida que aumenta el volumen de datos, es necesario un almacenamiento de gran volumen, analítica de datos masivos y las capacidades proporcionadas por la computación en nube.

De estos tres componentes surgen la inteligencia artificial, la realidad virtual y la cadena de bloques que, en conjunto, constituyen la capa de tecnologías habilitadoras de los procesos de transformación digital. Ver figura 3

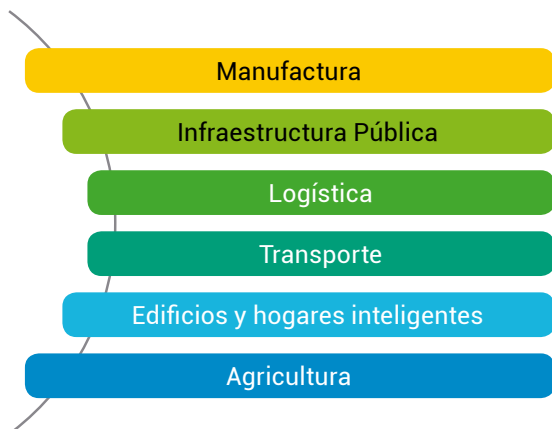
El informe del BID. IOT EN ALC 2019: Tomando el pulso al Internet de las Cosas en América Latina y el Caribe destaca los beneficios potenciales para el mundo proveniente del *IoT*: Ver figura 4:

Figura 3. Tecnologías habilitadoras de la transformación digital.



Fuente:
 BID. IOT EN ALC (2019): Tomando el pulso
 al Internet de las Cosas en América Latina y el Caribe.

Figura 4. Beneficios potenciales de *IoT* para el mundo.

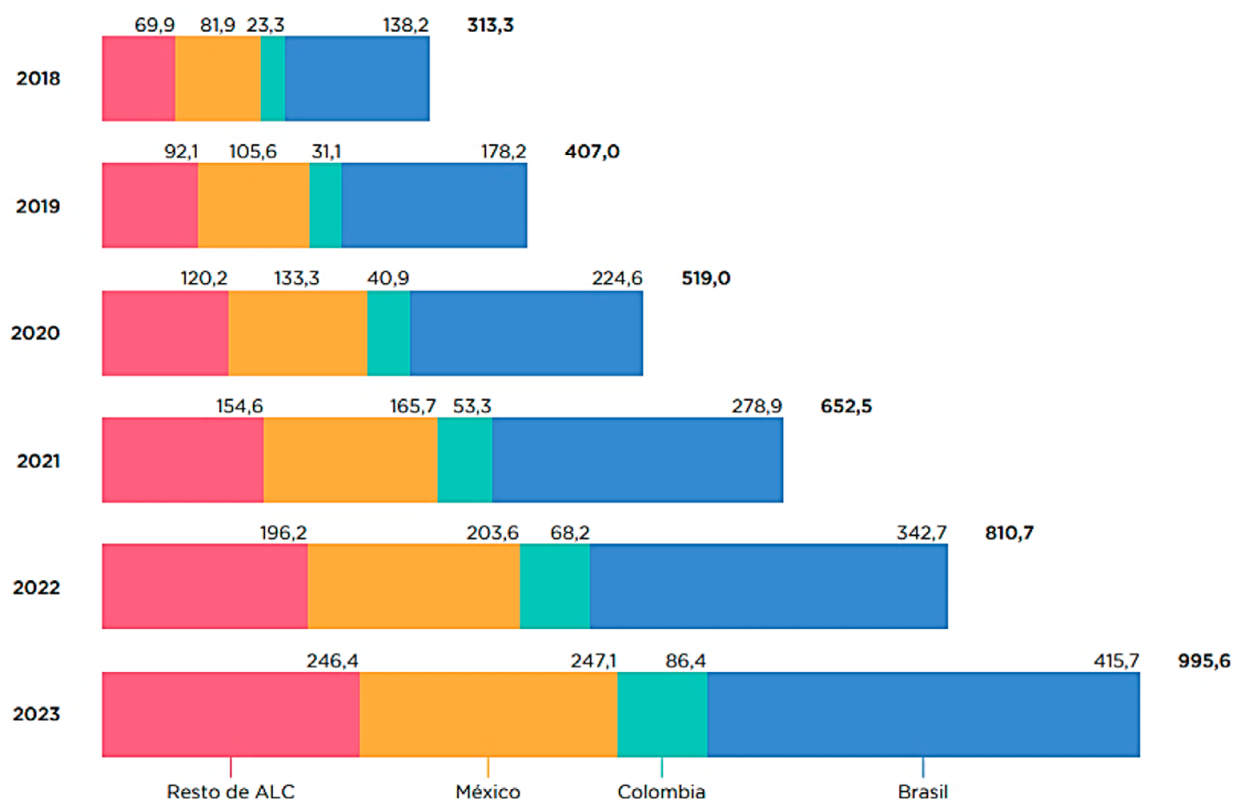


Fuente: adaptado de Banco Interamericano de
 Desarrollo BID (2018)

Estos elementos de categoría global sin duda representan una excelente prospectiva en un mundo que depende cada vez más de la tecnología. Incluso el aislamiento social da la antesala a la gran pregunta por la ejecución de tareas que por un lado involucran alta presencia de factor humano y que son de naturaleza eminentemente física que al ser conectada a la red puede suplir estas labores redefiniendo empleos de cara al futuro.

Por lo anterior y considerando a los pronósticos del BID la región experimentará un gran crecimiento en países como Brasil, México y Colombia. Estas oportunidades aportarán a sus esquemas y políticas en materia de crecimiento y Comunicaciones. Ver figura 5

Figura 5. Pronóstico de número de dispositivos *IoT* en ALC (millones de unidades).



Fuente: Tomado de Banco Interamericano de Desarrollo BID (2018)

Figura 6. Escenario de aplicación, nivel de madurez y expectativa de crecimiento. (CAGR 2018-2021).



Fuente: Adaptado de Banco Interamericano de Desarrollo BID (2018)

En este escenario, la publicación continua hacia el reconocimiento del uso para el *IoT* en los próximos años en la región en los siguientes frentes:

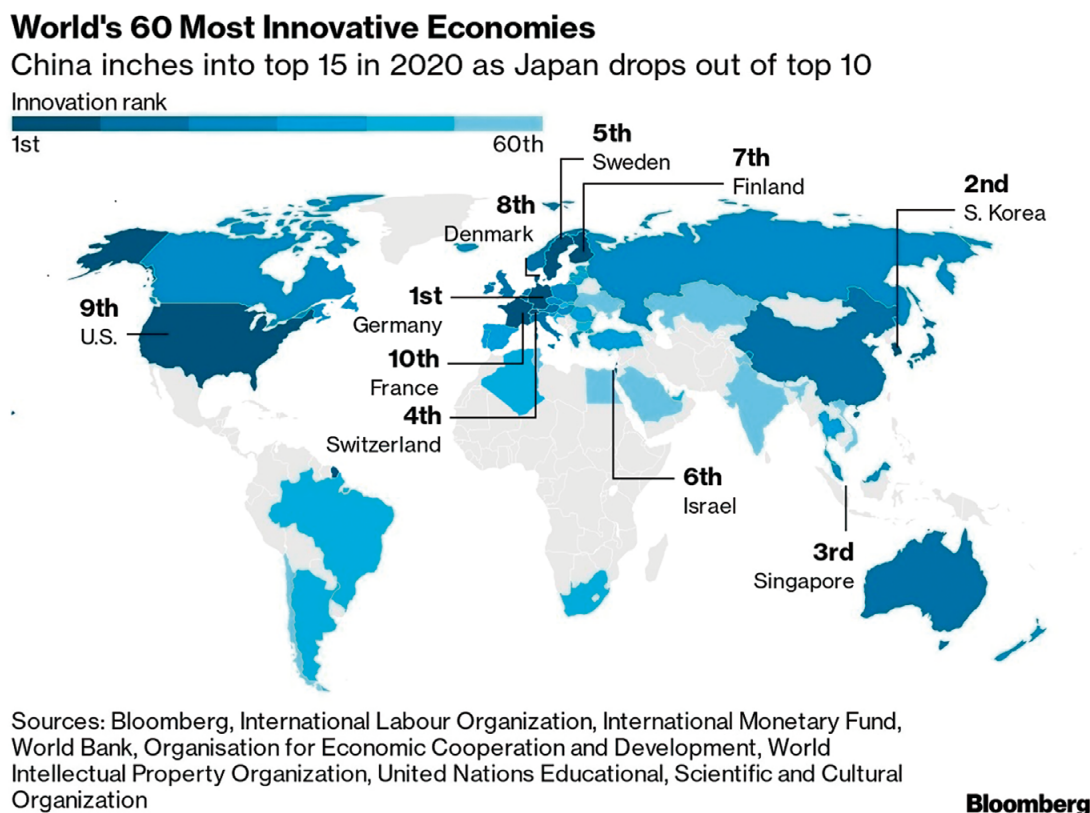
1. Mejora de los servicios y satisfacción del cliente
2. Recopilación de datos de utilización
3. Automatización de procesos manuales

Un buen ejemplo de esto es el caso de la ciudad de Tigre en el área metropolitana de Buenos Aires Argentina que proyecta lo siguiente:

Blockchain y DLT, de la mano con *IoT*

Reflexionando alrededor de *IoT*, no se puede pretender que este concepto funcione de una forma mágica o absolutamente independiente, para tal fin, es pertinente considerar las tecnologías que soportan y le acompañan, este es el caso de *blockchain*, término altamente relacionado con las nacientes criptomonedas y la seguridad que ofrece este soporte. No obstante, ¿qué es realmente *blockchain*?, en palabras de Dolader (2009), *Blockchain* (Tecnología de cadena de bloques) proporciona

Figura 7. Sesenta economías más Innovadoras en el mundo (2020)



Fuente: Tomado de Bloomberg (2020)

una base de datos distribuida inmutable basada en una secuencia creciente de bloques que al ser públicos, conforman un sistema abierto que potencia la confianza basada en la transparencia y solidez de la técnica de construcción de la *blockchain*. A esta situación no se han mantenido al margen las instituciones quienes ya se han manifestado al respecto, tal es el caso de la OCDE que ya ha orientado su interés a los beneficios que la implementación de estas tecnologías puede ofrecer:

Para la OCDE (2020) “Las tecnologías Ledger distribuidas (DLT), y *blockchain*¹ en particular, tienen el potencial de transformar el funcionamiento de una amplia gama de industrias. Las pymes y los empresarios deben competir en un entorno tecnológico en rápida evolución, en el que los DLT tecnologías de contabilidad distribuida (DLT, en inglés) probablemente desempeñarán un papel cada vez más importante en el futuro.

Los formuladores de políticas tienen interés en aumentar la conciencia y mejorar la adopción de esta tecnología por parte de las PYME y los empresarios, ya que puede conducir a superar las restricciones de larga data relacionadas con el tamaño para acceder a los mercados y las finanzas, una mayor productividad y competitividad”.

Una oportunidad para Latinoamérica y el Caribe

El reporte global *GEM Global Entrepreneurship Monitor* es un informe a manera de indicador en el que se da seguimiento a la actividad de emprendimiento desde las siguientes perspectivas:

- Finanzas para emprendimiento
- Normas sociales y culturales

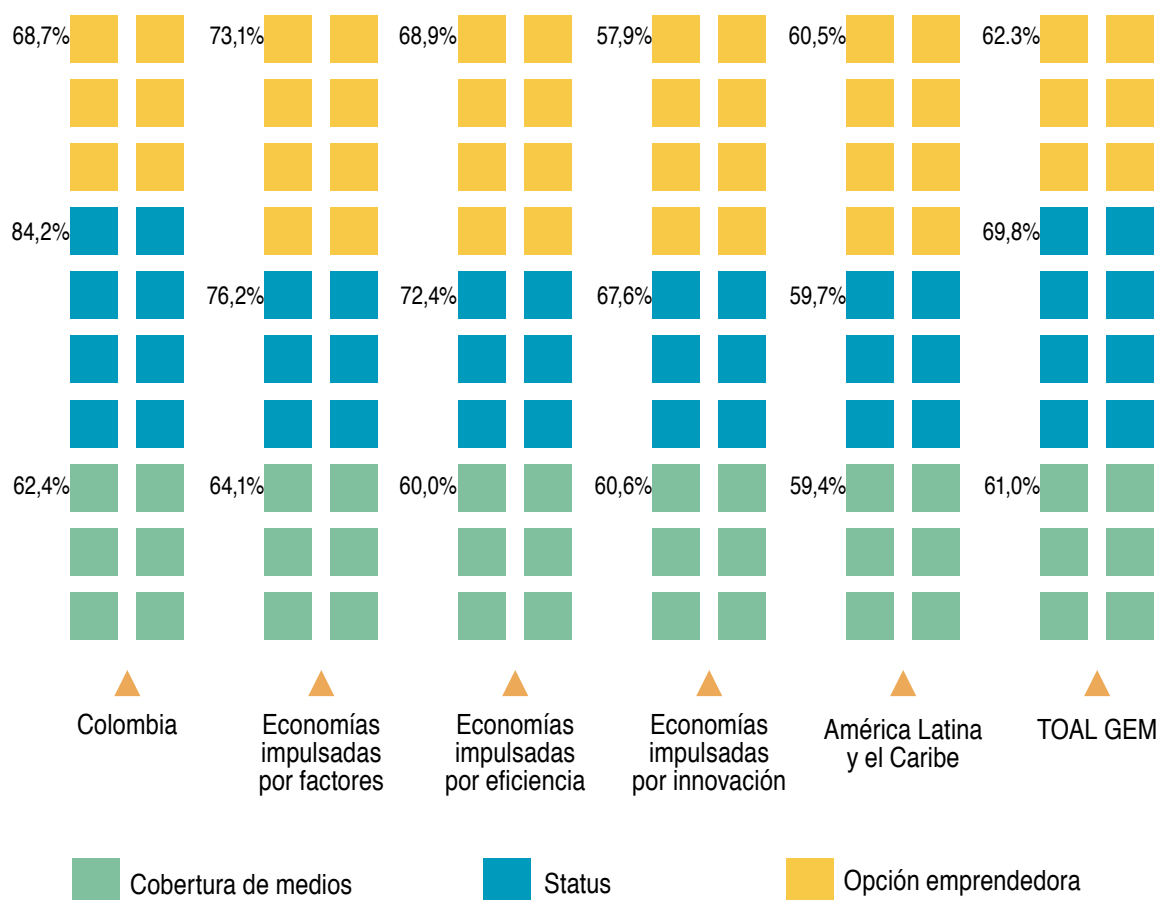
1 Traducido del inglés de: *Blockchain* for SMEs and entrepreneurs. OCDE (2020)

- Infraestructura física
- Cargas internas del mercado para entrada o salida
- Dinámicas internas del mercado
- Aparato comercial y legal
- Transferencia de I&D
- Educación escolar para el emprendimiento
- Educación superior para el emprendimiento
- Programas de emprendimiento gubernamentales
- Políticas gubernamentales: impuestos y burocracia
- Políticas gubernamentales: apoyo y relevancia

Si bien es cierto que el panorama en materia de emprendimiento no es el más alentador para la región, existen ciertas excepciones que aparecen en el reporte. Es el caso de México, Argentina y Brasil cuyo nivel de emprendimiento e innovación, al igual que el de sus economías, se ve reflejado también en índices como el ranking de innovación del Banco Mundial:

Adicional a lo anterior, otras naciones de la región del pacífico como Chile y Perú, se destacan por sus puntajes. Además, Colombia para el 2019 reportó un puntaje de 57,5% en emprendedores potenciales, al comparar esta cifra con las demás de América Latina desde el promedio de todos los tipos de economía y del total GEM se evidencia un desempeño superior, razón de impacto en el escenario del emprendimiento. Ver figura 8.

Figura 8. Percepción de oportunidades sobre el emprendimiento entre los diferentes tipos de economía, 2018-2019

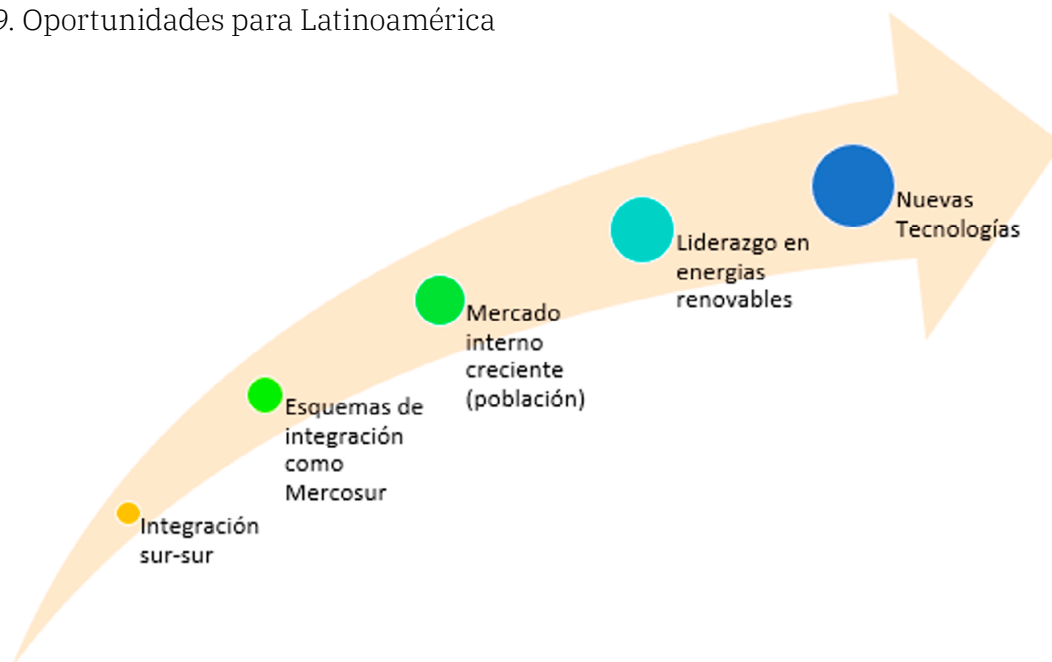


Fuente: Reporte GEM Colombia (2020)

Esta situación en medio de la coyuntura de la covid-19 que ha afectado de manera significativas a las pymes de cara a la nueva realidad y de los duros pronósticos para la región que según cifras de la CEPAL será de un -5,3%, esto es importante si se considera que la tecnología surge como una alternativa de supervivencia e incluso de oportunidad para obtener nuevos mercados bien sea existentes o nacientes que redibujan al mercado global hacia los negocios electrónicos y cada escenario descrito en este documento y posible que el potencial de esta tecnología pueda ofrecer. En Este sentido, la OCDE (2020) en su artículo titulado The impact of COVID-19 international travel restrictions on services-trade costs enfatiza en la disminución de costos asociados a trámites electrónicos y servicios de teletrabajo, en este contexto el artículo asegura que existen reducciones que van desde -3,5%.

Al momento de mencionar los mercados, es importante listar las oportunidades potenciales a las que Latinoamérica podría acceder, al retomar elementos propositivos que organizaciones gubernamentales y no gubernamentales concluyen:

Figura 9. Oportunidades para Latinoamérica



Fuente: Elaboración propia (2020)

En la secuencia de la búsqueda de oportunidades para América Latina, Interamerican dialogue menciona una serie de oportunidades para la región entre las que cita lo siguiente:

Éxito latinoamericano². Forbes (2020) En el mejor de los casos, los indicadores económicos, sociales y políticos seguirán mejorando y América Latina convergerá gradualmente con los países desarrollados. En el lado positivo, este escenario predice un aumento del 50 por ciento en el PIB per cápita, un aumento en la disponibilidad y co-

nexión a Internet, más turismo y una mayor producción de biocombustibles en la región.

¿Es suficiente el término IoT?

Quizás resulte un poco atrevido o prematura cuestionar la concepción existente respecto a este término, sin embargo, Fleishman, (2020), en su artículo “Dejemos de decir “IoT” en la revista Forbes, llama a una reevaluación del concepto de IoT, para que trascienda a la definición actual que lo sitúa alrededor de aquello basado en dispositivos

2 Traducido del inglés de: The World of 2030: Risks and Opportunities for Latin America

3 Traducido al español de: Let's Stop Saying "IoT." In Forbes (2020)

simples conectados a Internet para reconceptualizar hacia una forma que no tiene nombre hasta el momento, pero que sí debe involucrar su propósito y flujo: conectar los mundos físico y digital, dar sentido a lo que está sucediendo y tomar acciones que beneficien al mundo físico. Es nada menos que llamativa la afirmación del mismo Fleishman (2020) quien literalmente asegura: “Hasta que se me ocurra un nuevo término que describa este flujo, creo que estamos atrapados con *“IoT”*”.

En esta entretenida pero relevante diatriba será de inaplazable consideración atraer el nuevo significado de *IoT* asociado con un nuevo y amplio panorama de aplicación en el que lo comercial desempeñe un papel definitivo para las pymes de la región.

Redefiniendo *IoT*

En el Desarrollo de este documento basado en la subutilización del potencial de internet, se vislumbra como evidente la insuficiencia del término *IoT* como se le concibe en la actualidad en la que se debe reorientar su incidencia a un paradigma más amplio, este es el caso de CUIPAŁ, M., SZELAĞ-SIKORA, A., SIKORA, J., RORAT, J., y NIEMIEC, M. (2018) quien sostiene que, en general, se puede afirmar que las herramientas de las TIC (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones) para la gestión del conocimiento pertenecen a los tres grupos básicos: herramientas en línea, sistemas de TI (aplicaciones informáticas) y recursos de datos junto con el *software* relevante que administra el acceso a ellos. De esta manera y de forma específica, estas herramientas son:

- Sistemas de groupware y KM 2.0.
- La intranet y extranet.
- Almacenamiento de datos, minería de datos y OLAP.
- Sistemas de Soporte a la decisión.
- Sistemas de gestión de contenidos.
- Sistemas de gestión de documentos.
- Herramientas de inteligencia artificial.
- Herramientas de simulación.
- Redes semánticas.

Esta perspectiva implica una nueva realidad, en que el trabajo con teleservicios se convierte en un nuevo escenario en las industrias, que vieron la obligación a migrar al acceso remoto bien sea por responsabilidad social o por normativa de las naciones en la que una rápida adaptación determinará el éxito de las organizaciones, que al amalgamar clústeres altamente integrados obtengan una mayor participación en el mercado basada en la competitividad y la innovación. En este orden, y con ocasión de redefinir *IoT* en términos de relaciones inteligentes que Fleishman. H. (2020) llamó a los objetos ciber físicos que se refieren a dispositivos autónomos que pueden operar máquinas, objetos y entornos completos sin ninguna conectividad.

IoT en las Pymes

Un documento complete en esta materia debe incluir por su naturaleza, un método sugerido para su aplicación, por lo que en esta ocasión se referencia el modelo de Romero (2020,) quien presenta cuatro dimensiones en las que *IoT* puede beneficiar una pyme. Adicionalmente, propone objetivos para elaborar una estrategia concreta. Este modelo contempla las bondades de la administración del conocimiento aplicado a las pymes abarcando la reducción de costos, el incremento en la productividad, las posibilidades en nuevos mercados y las ventajas devenidas de los recursos humanos. Ver figuras 10 y 11.

Finalmente presenta un mapa estratégico en el que propone enmarcar la toma de decisiones a través de las perspectivas y áreas de las pymes que aporten los beneficios esperados de este proceso con la *IoT*. Ver figura 12.

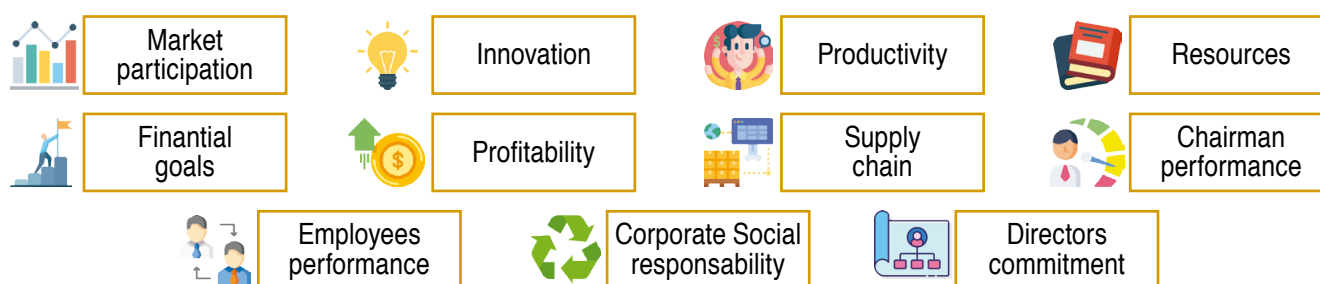
En resumen, las Pymes y de manera particular las de América Latina pueden encontrar en la implementación de las herramientas *IoT* un insumo para la estrategia, que permita alcanzar resultados superiores a los que de otro modo sería imposible integrar.

Figura 10. Dimensiones principales (beneficios) para la gestión del conocimiento en las PYME



Fuente: Romero (2020). *IoT* as potential instrument in the knowledge management strategy for SMEs

Figura 11. Objetivos estratégicos



Fuente: Romero (2020). *IoT* as potential instrument in the knowledge management strategy for SMEs

Conclusiones

Al final del artículo la discusión arroja como resultado los beneficios indiscutibles de la adopción de esquemas de transformación digital basados, para esta ocasión, en *IoT*, que aporta a la estabilidad y crecimiento de las pymes en la región de Latinoamérica. La literatura, aunque incipiente a la fecha, muestra un interesante crecimiento que se vislumbra en una escena plena de incertidumbre, expectativas, proyecciones y retos que apuntan hacia nuevos modelos de Sociedad y su integración en la que elementos como el consumo y la toma de decisiones por parte de los individuos configuran futuras realidades que corrijan inequidades y aporten a un desarrollo humano y económico que obre como ejemplo en el mundo.

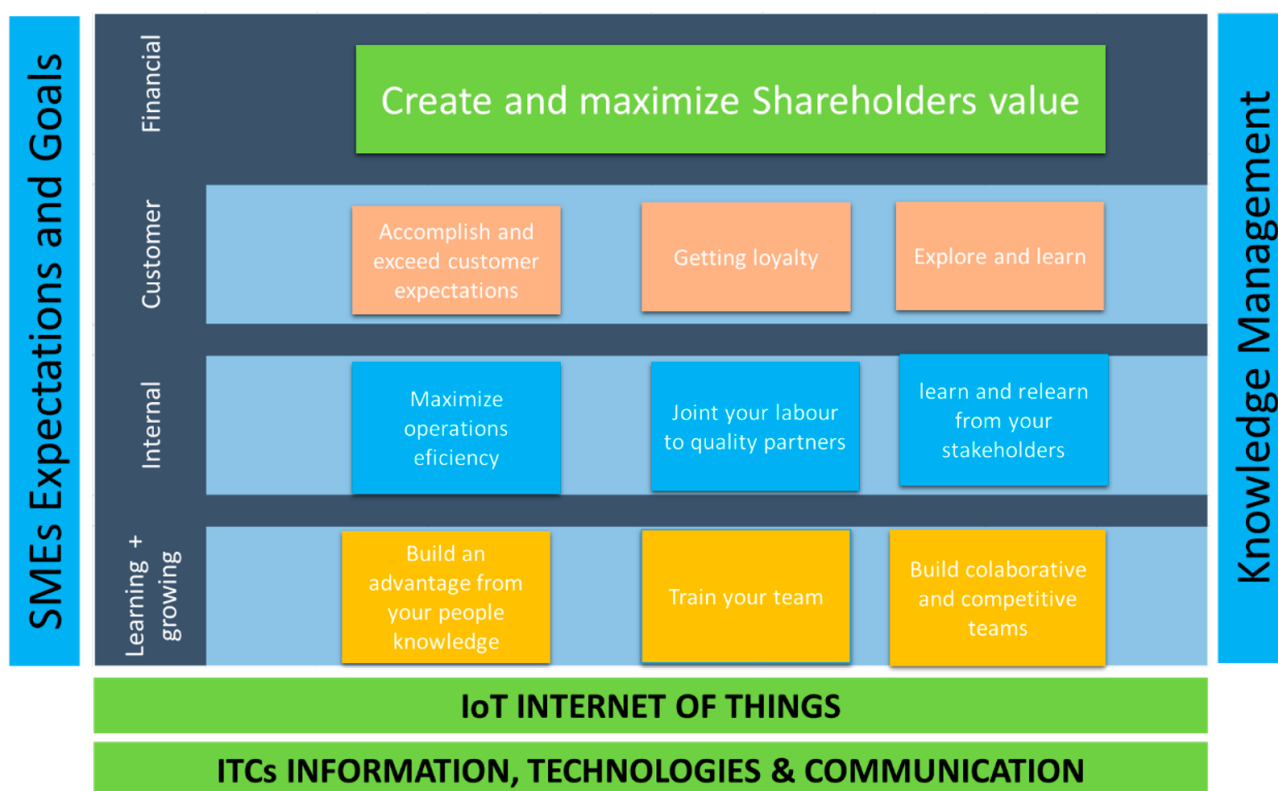
Son diversos los efectos que las tecnologías, como *IoT*, pueden generar en una amplia gama de sectores económicos para la región. En este orden, el documento alcanza varias dimensiones como es el caso del mercadeo, la logística, las nuevas industrias y todo esto en el marco de la naciente revolución digital que sin lugar a dudas

ha llegado para quedarse prometiendo una senda de mejora continua para las organizaciones a nivel mundial.

Los proyectos empresariales, gremiales, gubernamentales y supranacionales apuntan al fomento de industrias creativas y de la cuarta revolución industrial como un determinante de desarrollo para la región de América Latina. Las tecnologías soportadas en *blockchain* como es el caso del Internet de las cosas *IoT* permiten dar un mayor alcance a las labores cotidianas en sectores tradicionales que requieren de una alta confluencia de personas por su naturaleza física creando nuevas formas de empleo y manteniendo actividades que en el marco de la pandemia del Covid-19 serían impensables y que potencialmente serían replicables en una amplia gama de clusters y países de Latinoamérica.

Las cadenas de suministros se redibujan en el auge necesario a raíz de la coyuntura originada por la pandemia, de esta forma, las plataformas de comercio actual han evidenciado falencias en cuanto al soporte y desempeño para garantizar una experiencia virtual completa a sus clientes,

Figura 12. Mapa estratégico para PYME basado en IoT-ITC con gestión del conocimiento



Fuente: Romero (2020). IoT as potential instrument in the knowledge management strategy for SMEs

hallando en este nicho oportunidades para quienes robustezcan su actividad en el mundo digital máxime si amplían su administración logística y sus redes de conectividad a la operación apalancada en *IoT*.

Al final del artículo la discusión arroja como resultado los beneficios indiscutibles de la adopción de esquemas de transformación digital basados para esta ocasión en *IoT*, que aporta a la estabilidad y crecimiento de las pymes en la región de Latinoamérica. La literatura, aunque incipiente a la fecha, muestra un interesante crecimiento que se vislumbra en una escena plena de incertidumbre, expectativas, proyecciones y retos que apuntan hacia nuevos modelos de sociedad y su integración en la que elementos como el consume y la toma de decisiones por parte de los individuos configuran futuras realidades que corrijan inequidades y aporten a un Desarrollo humano y económico que obre como ejemplo a nivel global. ●

Referencias

- Banco Interamericano de Desarrollo BID (2018). Escenario de aplicación, nivel de madurez y expectativa de crecimiento. Recuperado de: https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/IoT_en_ALC_2019_Tomando_el_pulso_al_Internet_de_las_Cosas_en_Am%C3%A9rica_Latina_y_el_Caribe_es.pdf
- Banco Interamericano de Desarrollo (2020). El futuro del trabajo en América Latina y el Caribe. Recuperado de: <https://www.iadb.org/es/trabajo-y-pensiones/el-futuro-del-trabajo-en-america-latina-y-el-caribe>
- Banco Mundial (2020). Suscripciones a banda ancha fija (por cada 100 personas). Datos. Recuperado de: <https://datos.bancomundial.org/indicador/>
- Burkitt, F. (2014). A strategist's guide to the Internet of Things. *Strategy+Business*, 4 pág. 2-12
- CAF (2020). Claves para repensar el presente y futuro de América Latina. Recuperado de: <https://www.caf.com/es/actualidad/eventos/2020/06/claves-para-repensar-el-presente-y-futuro-de-america-latina/>
- Cárdenas M., (2010). Introducción a la economía colombiana. Ed Alfaméga, Bogotá. 3 edición, Bogotá.
- CEPAL (2019). Panorama Social de América Latina 2019. LC/PUB.2019/22-P/ Rev.1 ISBN: 9789211220292. Editorial Cepal. Recuperado de: <https://www.cepal.org/es/publicaciones>
- Colón, et al. (2020). BID. IOT EN ALC 2019: Tomando el pulso al Internet de las Cosas en América Latina y el Caribe. Recuperado de: https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/IoT_en_ALC_2019_Tomando_el_pulso_al_Internet_de_las_Cosas_en_Am%C3%A9rica_Latina_y_el_Caribe_es.pdf

- Corporación Andina de Fomento CAF (2020)., Mipymes: motor para superar la crisis del COVID-19 en América Latina, recuperado de: <https://www.caf.com/es/actualidad/noticias/2020/06/mipymes-motor-para-superar-la-crisis-del-covid-19-en-america-latina/>
- Cupial, M., Szelag-Sikora, A., Sikora, J., Rorat, J. y Niemiec, M. (2018). Information technology tools in corporate knowledge management. *Ekonomia i Prawo*, 17(1), 5–15. <https://bdbiblioteka.universidadean.edu.co:2120/10.12775/EiP.2018.001>
- David, F. (2008). *Conceptos de Administración Estratégica*, decimoprimera edición. PEARSON
- De Cremer, D., Nguyen, B. y Simkin, L. (2017). The integrity challenge of the Internet-of-Things (*IoT*): on understanding its dark side. *Journal of Marketing Management*, 33(1/2), 145–158. <https://ezproxy.unicolmayor.edu.co:2162/10.1080/0267257X.2016.1247517>
- Dolader (2009). La **blockchain**: fundamentos, aplicaciones y relación con otras tecnologías disruptivas. Recuperado de: <https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/405/DOLADER,%20BEL%20Y%20MU%C3%91OZ.pdf>
- Fleishman, H. (2020). It's 2020. Let's Stop Saying "*IoT*." In Forbes. Retrieved from: <https://www.forbes.com/sites/hodfleishman/2020/01/07/its-2020-lets-stop-saying-iot/#3ed9ec2173dd>
- Forbes (2019). 70% de las pymes usan efectivos en Latinoamérica. Recuperado de: <https://forbescentroamerica.com/2019/07/22/70-de-las-pymes-usan-efectivos-en-latinoamerica/>
- Galeano, O. y Fernando, A. Limitaciones de los indicadores tradicionales de análisis Financiero en las Pymes del Sector Metalmecánico De Manizales. Estudio de Caso Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de Magister en Administración de Negocios. Recuperado de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/3803/1/andresfernandogaleanoosorio.2011.pdf>
- Inter-American Dialogue (2013). The World of 2030: Risks and Opportunities for Latin America. Retrieved from: https://espas.secure.europarl.europa.eu/orbis/sites/default/files/generated/document/en/The%20World%20of%202030_risks%20and%20opportunities%20for%20Latin%20America.pdf
- Lombana, J. (2016). *Negocios internacionales*. (2a. ed.) Ecoe Ediciones. Página: 297. Tomado de <http://bdbiblioteka.universidadean.edu.co:2071/?il=5172&pg=313>
- OCDE (2019). América Latina y el Caribe 2019 Políticas para PYMEs competitivas en la Alianza del Pacífico y países participantes de América del Sur. Recuperado de: <http://www.oecd.org/publications/america-latina-y-el-caribe-2019-60745031-es.htm>
- OCDE (2020) for ICT access and usage by business. Retrieved from: https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=ICT_BUS
- OCDE (2020). **Blockchain** for SMEs and entrepreneurs. Retrieved from: <https://www.oecd.org/cfe/smes/blockchainsmes.htm>
- OECD. (2 de Julio de 2020). Organisation for Economic Co-operation and Development. Obtenido de The impact of COVID-19 international travel restrictions on services-trade costs: [http://www.oecd.org/official-documents/publicdisplaydocumentpdf/?cote=TAD/TC/WP\(2020\)3/FINAL&docLanguage=En](http://www.oecd.org/official-documents/publicdisplaydocumentpdf/?cote=TAD/TC/WP(2020)3/FINAL&docLanguage=En)
- Pérez, R., Navajas, S. y Terry, E. (2019). Tomando el pulso al Internet de las Cosas en América Latina y el Caribe. Banco Interamericano de Desarrollo. Recuperado de: <https://publications.iadb.org/es/iot-en-alc-2019-tomando-el-pulso-al-internet-de-las-cosas-en-america-latina-y-el-caribe>
- Newswire, P. (2019). Bn *IoT* Middleware Market - Global Forecast to 2023: Increasing Shift Toward Outcome and Pull Economies & Rising Adoption of *IoT* in SMEs. PR Newswire US.
- Robledo, J., Donado Beltrán, R. S., Lozano Borrero, J., & Batista Ochoa, I. E. (2017).
- Facilitadores de la generación de conocimiento organizacional: Una aproximación desde la teoría de las representaciones sociales, caso COTECMAR -empresa de construcciones navales-. *Saber, Ciencia y Libertas*, 12(2), 122–136. <https://ezproxy.unicolmayor.edu.co:2162/10.18041/2382-3240/saber.2017v12n2.1580>
- Romero, J. (2020). *IoT* AS. Potential instrument in the knowledge management strategy for smes. Recuperado de: https://issuu.com/agenda-decalidad2020-1/docs/revista_agenda_calidad-baja/84
- Vidal, A. (2005). *Diagnóstico Organizacional, Evaluación Sistémica del Desempeño Empresarial en la Era Digital*. ECOE Ediciones.
- World Bank (2020). Fixed broadband subscriptions. Retrieved from: <https://data.worldbank.org/indicator/IT.NET.BBND>

Diagnóstico de los grupos de investigación del servicio nacional de aprendizaje, Sena

Diagnosis of the research groups of the national learning service, Sena

Carlos Andrés Rivera, Camila Espitia Duarte*

Resumen

Los grupos de investigación son las piezas angulares para el desarrollo de los procesos de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTeI). Estos grupos, en su mayoría, pertenecen a instituciones de educación superior (IES), instituciones de nivel técnico y tecnológico (ITT) y centros de investigación (CI). En Colombia, la entidad que tiene a cargo los lineamientos, el registro y la evaluación de los grupos de investigación es el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (Minciencias), antiguamente, Colciencias. Desde el año 2013, Minciencias ha venido desarrollando los procesos de reconocimiento y categorización de los grupos de investigación de todo el país. Dichos procesos permiten determinar las fortalezas y debilidades a nivel de CTeI en el país, así como las futuras estrategias y políticas necesarias para el fortalecimiento y la disminución de las brechas que se presentan, actualmente, en estos campos. El SENA, como una de las principales entidades técnicas y tecnológicas en educación para el trabajo, a través de sus múltiples centros de formación, tecno-parques y tecno-academias, también desarrolla actividades

de CTeI y, dado que estas deben estar enfocadas a la mejora y el avance de los múltiples sectores productivos del país, el reto para el SENA es mayor. Este documento presenta los avances de los grupos de investigación del SENA, a partir de los cinco procesos de medición realizados por Minciencias durante los años 2013 al 2019.

Palabras Clave

Grupos de investigación, evaluación, medición, categorización, tipologías

Abstract

The research groups are the cornerstones for the development of the processes of Science, Technology and Innovation (STI). These groups, mostly, belong to higher education institutions (HEI), technical and technological level institutions (TTI), and research centers (RC). In Colombia, the entity in charge of the guidelines, registration and evaluation of research groups is the Ministry of Science, Technology and Innovation (Minciencias), formerly Colciencias. Since 2013, Minciencias has been developing the processes

* Fecha de recibido: 24/09/2020 Fecha de aceptación: 03/11/2020

Correo electrónico: cariverag@sena.edu.co, jcespitiad@sena.edu.co

Citar como: Rivera, C. A., & Espitia Duarte, C. (2020). Diagnóstico de los grupos de investigación del servicio nacional de aprendizaje, Sena. *Revista RETO*, 8.

of recognition and categorization of research groups throughout the country. These processes allow to determine the strengths and weaknesses at the level of STI in the country, as well as the future strategies and necessary policies to the strengthening and the reduction of the current gaps in these fields. SENA, as one of the main technical and technological entities in education for work, through its multiple training centers, techno-parks, and techno-academies, also develops STI activities and, due to these must be focused on the improvement and advance of the country's multiple productive sectors, the challenge for SENA is greater. This document presents the progress of the SENA research groups, based on the five measurement processes carried out by Minciencias during the years 2013 to 2019.

Keywords

Research groups, evaluation, measurement, categorization, typologies

Introducción

Minciencias es la entidad encargada de generar las políticas a corto, mediano y largo plazo en ciencia, tecnología e innovación en el país. Estas políticas están enfocadas a la formación de capacidades humanas y de infraestructura, que permitan consolidar una sociedad basada en el conocimiento, el desarrollo tecnológico, la innovación y la competitividad (Minciencias, 2013), las cuales aporten a la construcción social, y a todos los sectores productivos. Entre las múltiples funciones de Minciencias, está la de obtener las métricas de los principales indicadores y factores que impactan en el desarrollo del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTel) en Colombia. Uno de esos factores de impacto corresponde a los grupos de investigación, considerados como las unidades fundamentales para la generación de procesos de CTel, así como de Investigación, Desarrollo e Innovación (IDI). Estos grupos, mayoritariamente, pertenecen a IES, pero también se encuentran en entidades técnicas o tecnológicas y, finalmente, en centros de investigación, que pueden ser de tipo público o privado.

Para los procesos de reconocimiento, medición y categorización de los grupos de investigación,

Minciencias ha venido realizando, desde el año 2013, convocatorias periódicas para la medición y reconocimiento de los grupos de investigación colombianos (Minciencias, 2013-2019). Su objetivo primordial es obtener información actualizada de sus actividades en CTel, enfocada en la realización de procesos diagnósticos y evaluativos de las capacidades en ciencia y tecnología en el país, con el objeto de realizar mejoras y formular nuevas estrategias y políticas, que permitan fortalecer las actividades del SNCTel del país. Estos procesos permiten disminuir las brechas científicas y tecnológicas que presenta la nación, así como orientar los recursos dispuestos por el Estado en CTel e I+D+i, de manera que repercutan en el desarrollo de los sectores productivos del país y la competitividad a nivel internacional, sin descuidar el progreso con equidad a nivel social y educativo. El SENA, como la principal entidad estatal que brinda educación técnica y tecnológica en el país, también aporta a las actividades de CTel e I+D+i, a través de sus centros de formación, TecnoParqués y TecnoAcademias, así como de sus programas y convocatorias de emprendimiento y apoyo a los sectores productivos. El presente documento muestra el diagnóstico de los grupos de investigación del SENA, durante los cuatro procesos de categorización, medición y reconocimiento realizados por parte de Minciencias, en el periodo comprendido entre los años 2013 y 2019. Se inicia con una descripción de las cuatro tipologías evaluadas por el ministerio, se describen las fuentes de información y su procesamiento, se muestran los resultados obtenidos, se presenta el análisis de los resultados y, finalmente, se presentan algunas conclusiones y recomendaciones para lograr mayor número de productos de investigación y su reconocimiento ante Minciencias.

Marco teórico

Minciencias utiliza un modelo cienciométrico para el proceso de categorización, medición y reconocimiento de los grupos de investigación del país. La implementación de este modelo inició a partir del año 2013 con la convocatoria 640, donde se reconocieron 4304 grupos y 260.617 productos de investigación. En el año 2014 con la convocatoria 693, donde se reconocieron 3970

grupos y 355.181 productos de investigación, para el 2015 con la convocatoria 737, donde se reconocieron 4638 grupos y 397.363 productos de investigación. En el año 2017, se realizó la convocatoria 781, en la que se reconocieron 5207 grupos y 552.991 productos de investigación. Finalmente para el año 2018, se realizó la convocatoria 833, en la cual se reconoció a 5772 grupos y 802.539 productos de investigación. El modelo cienciométrico usado en estas convocatorias (Minciencias, 2013-2019), utiliza cuatro tipologías para la evaluación y clasificación de los productos de investigación generado por los grupos.

De acuerdo al número de productos logrados, la calidad que estos tengan (Productos categoría A1 o Top, o productos categoría C) se reconoce y clasifica a los grupos de investigación, a su vez este modelo cienciométrico sirve de insumo para determinar las capacidades, las fortalezas, las debilidades y las potencialidades de quienes integran el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTel) del país.

A continuación, se realiza una descripción de las tipologías establecidas por Minciencias, para la clasificación de los productos generados por los grupos de investigación que participan en

sus convocatorias de medición y categorización de grupos.

Tipologías establecidas por Minciencias

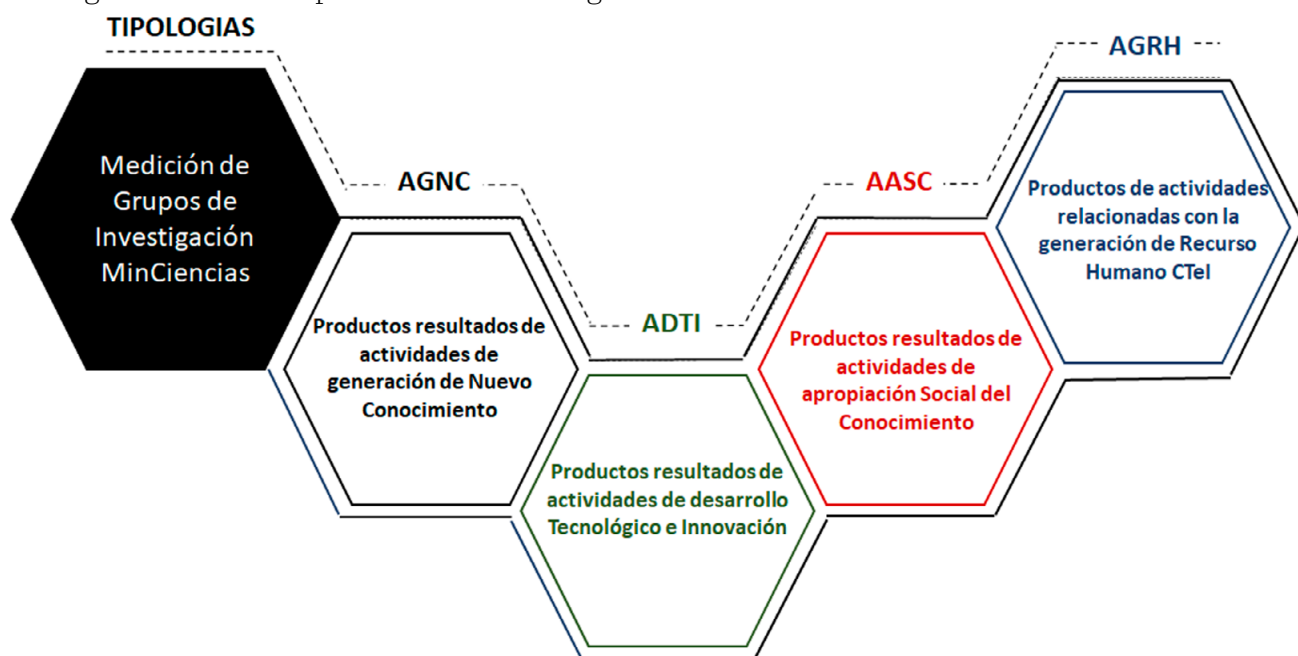
Minciencias realiza la evaluación de los grupos de investigación mediante la valoración de sus productos, los cuales son clasificados dentro de cuatro tipologías, enfocadas en las seis áreas propuestas por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), a saber:

- Ciencias Agrícolas
- Ciencias Médicas y de la Salud
- Ciencias Naturales
- Ciencias Sociales
- Humanidades
- Ingeniería y Tecnología

De cada uno de estos campos se desprenden líneas específicas (sublínea), las cuales definen las tipologías de evaluación de los productos de investigación.

En la Figura 1, se muestran las cuatro tipologías en las que se enmarcan los productos desarrollados por los grupos de investigación.

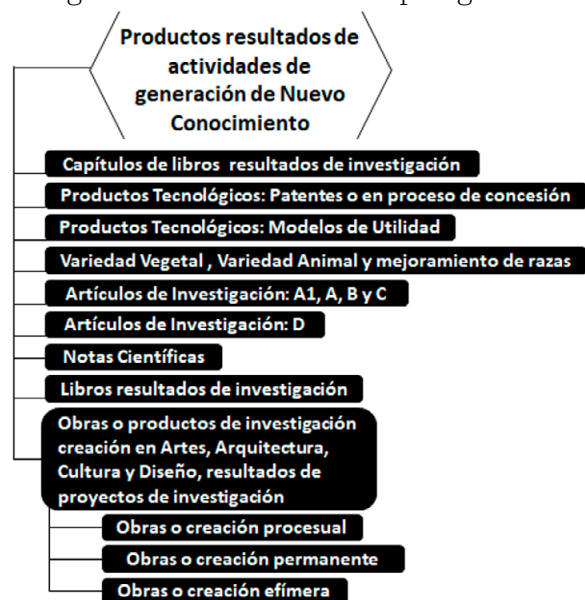
Figura 1. Tipologías establecidas por Minciencias para la categorización de los productos de investigación.



Actividades de generación de Nuevo Conocimiento (AGNC):

En esta tipología, se relacionan los artículos, capítulos de libros y libros que presenten resultados investigación, los cuales fueron sometidos a revisión con pares evaluadores reconocidos o entidades reconocidas en el campo científico determinado; además, productos tecnológicos, variedades animales y vegetales, y productos relacionados con artes, arquitectura y diseño. En la Figura 2, se muestran los productos que evalúa esta tipología.

Figura 2. Productos de la tipología AGNC



Actividades de Desarrollo Tecnológico e Innovación (ADTI):

En esta tipología, se evalúan los productos de tipo tecnológico, empresarial, los relacionados con normas y legislaciones, así como consultorías científico-tecnológicas. En las Figuras 3 y 4 se relacionan los productos que evalúa esta tipología.

Figura 3. Productos de la tipología ADTI (Parte 1).



Figura 4. Productos de la tipología ADTI (Parte 2).



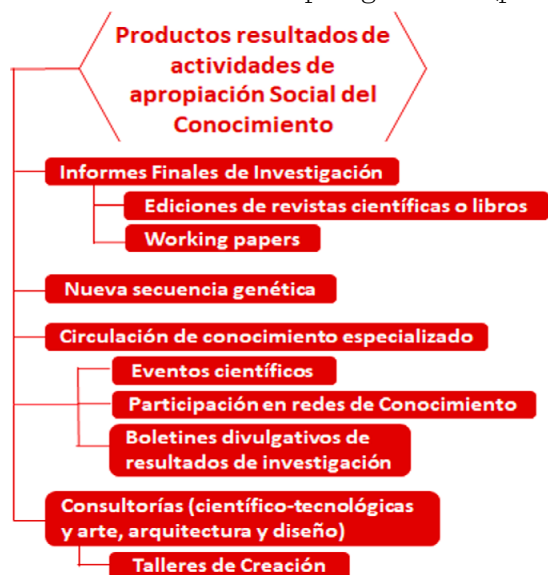
Actividades de Apropiación Social del Conocimiento (AASC):

En esta tipología, se relacionan todos los productos de participación de la ciudadanía y comunidades en CTel, lo relacionado a las estrategias pedagógicas para la apropiación en CTel por parte de la ciudadanía, las estrategias de comunicación del conocimiento, el uso de múltiples medios para la realización y aplicación de estas estrategias. En las Figuras 5 y 6, se muestran los productos relacionados con esta tipología.

Figura 5. Productos de la tipología AASC (parte 1).



Figura 6. Productos de la tipología AASC (parte 2).



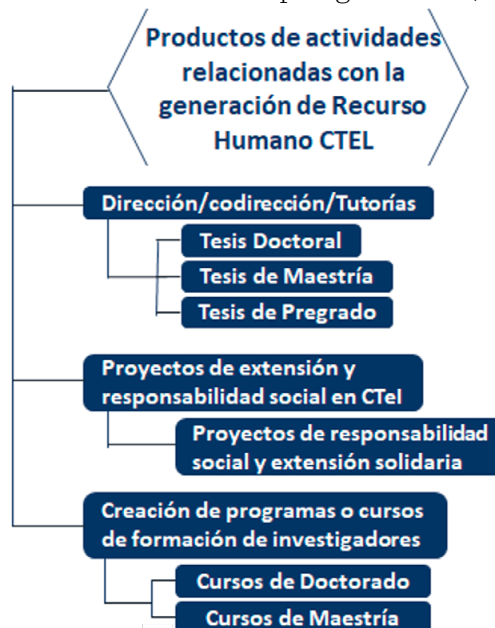
Actividades Relacionadas con la generación de Recurso Humano CTel (AGRH):

En esta tipología, se evalúan los productos que propician el desarrollo de recurso humano en CTel, como las tesis, desde el nivel de pregrado, hasta el nivel de doctorado, así como los cursos que permiten este tipo de formación. También se evalúan los proyectos de investigación que, en el marco de sus actividades, generen este recurso humano. En las Figuras 7 y 8, se muestran los productos asociados a esta tipología.

Figura 7. Productos de la tipología AGRH (Parte 1).



Figura 8. Productos de la tipología AGRH (Parte 2).



SENNOVA como impulsor de las políticas de CTel en el SENA

En octubre del año 2013 se crea el Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación del SENA (SENNOVA), como una necesidad de articular los procesos de CTel a los procesos de Formación Profesional e Integral (FPI) que desarrolla la institución, tomando como referente los lineamientos impuestos por Colciencias (Actualmente Minciencias) en relación a estas políticas. Así como el de fortalecer los estándares de calidad de la institución. Desde su formación hasta la fecha, el sistema SENNOVA ha adaptado e implementado los procesos de generación de nuevo conocimiento, promoción de la Innovación y el desarrollo tecnológico, tomando como unidad base a sus aprendices e instructores, por medio de actividades de difusión en CTel y el apoyo con talento humano especializado y recursos, a las actividades de investigación. Por medio de tres programas pilares, los cuales se desarrollan en diez líneas programáticas (CPC, 2018) en los 117 centros de las 33 regionales con las que cuenta la institución.

Programas de Innovación:

Apropiación de ciencia y tecnología y cultura de la innovación; Fomento a la Innovación y Desarrollo Productivo en alianza con las Empresas y centros de Formación

Programa de Investigación:

Investigación Aplicada y Semilleros de Investigación en Centros de Formación Grupos y Semilleros, Gestión del Conocimiento a través de la Investigación en Formación Profesional

Programa de Desarrollo Tecnológico:

Línea de TecnoParque; Línea de TecnoAcademia; Fortalecimiento de la Oferta de Servicios Tecnológicos para las Empresas; Línea de Actualización y Modernización Tecnológica de los Centros de Formación; Extensionismo Tecnológico; Fortalecimiento de la calidad de la formación mediante competencias nacionales e internacionales

La formulación de estas estrategias han potencializado el desarrollo de producción en CTel de la institución, con el valor agregado de que los productos alcanzados están estrechamente relacionados con los sectores productivos y económicos del país.

Metodología

Para el desarrollo de la investigación se usaron técnicas descriptivas (Bernal, 2010), como la revisión documental de los informes entregados por Minciencias durante sus cinco convocatorias, las cuales fueron realizadas en el periodo 2013-2019, y se obtuvo información complementaria de su

página de datos abiertos La Ciencia en Cifras (Minciencias, 2020).

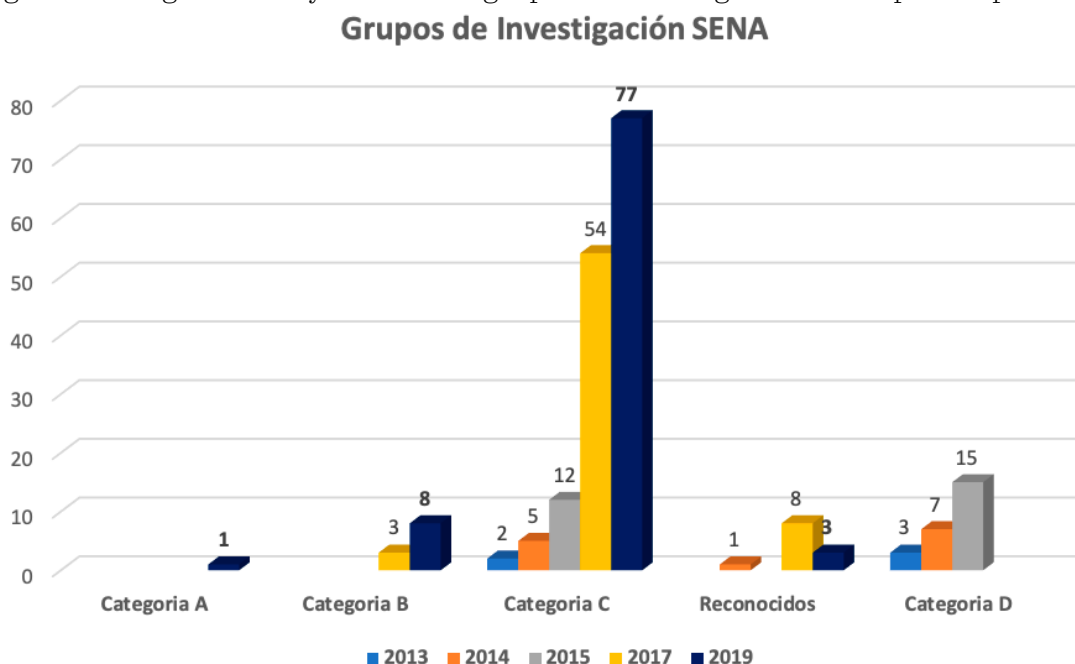
La cual totaliza todos los productos de investigación obtenidos en cada convocatoria, de acuerdo a diferentes perspectivas y filtros de clasificación, como son: Grupos de Investigación reconocidos; Instituciones que avalan Grupos de Investigación; Investigadores Reconocidos; Producción de investigadores reconocidos; Comparativo resultados (Investigadores, Grupos, Producción Científica), de acuerdo a los campos de la investigación y el desarrollo definidos por la OCDE.

Posteriormente, se realizó el proceso de organización, clasificación y procesamiento de los datos obtenidos, para los cinco procesos de medición, en relación a los grupos de investigación SENA. Se debe aclarar que la información obtenida no está concentrada como una sola entidad, como sucede con los IES o los centros de investigación, para el SENA, esta información se encuentra distribuida en centros de las diferentes sedes del país. Finalmente se realiza un análisis de los resultados obtenidos.

Resultados

En la Figura 9, se muestra el progreso que han tenido los grupos de investigación SENA du-

Figura 9. Categorización y número de grupos de investigación SENA para el periodo 2013-2019.



rante el periodo 2013-2019; la categoría D para grupos de investigación desapareció después del año 2015. Es de gran relevancia que, para el año 2019, uno de los grupos de investigación del SENA es categorizado como A, y también que 8

grupos subieron su categorización a B. En la Tabla 1, se muestran los grupos que lograron un reconocimiento representativo durante el proceso de medición de la convocatoria 833 del año 2018.

Tabla 1. Grupos SENA que lograron subir en su categorización para el último proceso de medición (833)

Identificación	Nombre del Grupo	Director del Grupo	Clasificación (833-2018)	Clasificación (781-2017)
COL0102695	Electrónica, Automatización Y Energías Renovables	José Fernando Murillo Arango	A	C
COL0148246	CNCA	Freddy Sanjuán Salcedo	B	C
COL0106783	Grupo De Investigación En Innovación Y Agroindustria (GIIA)	Eliana María Estrada Mesa	B	B
COL0129797	Grupo De Investigación En Biotecnología, Seguridad Alimentaria Y Nutricional	Dyro Alexis Giraldo Bustamante	B	B
COL0148273	Grupo De Investigación Del Centro Industrial Y De Aviación (GICI)	Mildred Yarov Rolon Nieto	B	B
COL0149468	Grupo De Investigación Agroindustrial La Angostura	Claudia Mercedes Ordoñez Espinosa	B	C
COL0150745	Grupo De Investigación E Innovación En Biotecnología	Constanza Montalvo Rodríguez	B	C
COL0153193	Grupo De Investigación, Diseño Y Desarrollo Aplicado (GRINDDA)	Adriana Rodríguez Morales	B	C
COL0165784	Tecnologías Para La Innovación En Construcción (TPIC)	Isabel Muñoz	B	C

En las Figuras 10 a 14, se muestra el porcentaje de productos de cada una de las tipologías evaluadas, para los años: 2019, 2017, 2015, 2014 y 2013. Para el año 2013, la tipología ADTI se asociaba a la tipología AGRH. En las Figuras 10 a 14 también se observa que las tipologías AGNC y AGRH han tenido una disminución durante los cinco periodos de medición, caso contrario a las tipologías ADTI y AASC, que han mantenido un crecimiento durante estos periodos de medición. En la Figura 15, se presentan los productos representativos para la tipología AGNC. Se destacan los artículos de investigación y los capítulos de libro de investigación, los cuales han tenido un crecimiento que se ha duplicado en cada proceso de medición; el producto de libros

de investigación se ha mantenido constante, En la Figura 16, se presentan los productos representativos para la tipología ADTI. Se destaca el producto de prototipo industrial y el de empresas de base tecnológica (Spin-off), seguidos por los informes técnicos finales. En las Figuras 17 y 18, se presentan los productos representativos para la tipología AASC. El producto de mayor impacto durante el periodo de medición 2013-2019 es el relacionado al de eventos científicos, seguido por el producto de estrategias pedagógicas para el fomento a la CTel. En relación con los libros y capítulos de libros, se hace referencia a los libros con carácter no científico, pero de interés relevante en las actividades de apropiación social del conocimiento. Finalmente, en la Figura 19, se

presentan los productos representativos para la tipología AGRH.. Los productos de mayor impacto corresponden a los proyectos de investigación y desarrollo, con un crecimiento sostenido durante el periodo de medición 2013-2019, así como el producto de proyectos I+D+I con formación. Es de interés observar que el producto de tesis de pregrado también presenta un crecimiento representativo, teniendo en cuenta que el SENA es una institución de formación técnica-tecnológica.

Figura 10. Porcentaje de productos en todas las tipologías para el año 2019.

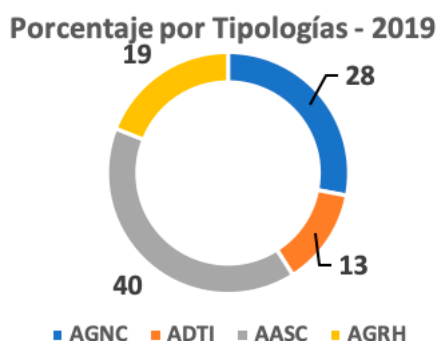


Figura 11. Porcentaje de productos en todas las tipologías para el año 2017.

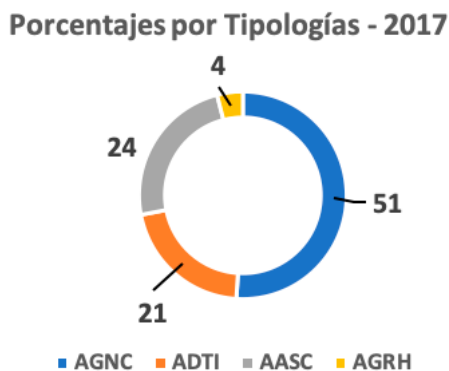


Figura 12. Porcentaje de productos en todas las tipologías para el año 2015.

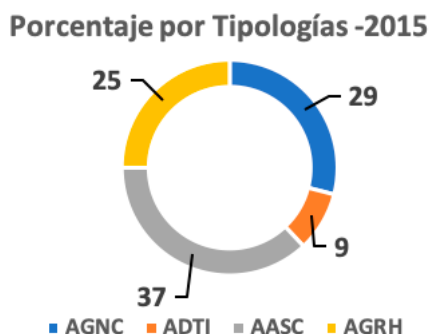


Figura 13. Porcentaje de productos en todas las tipologías para el año 2014.

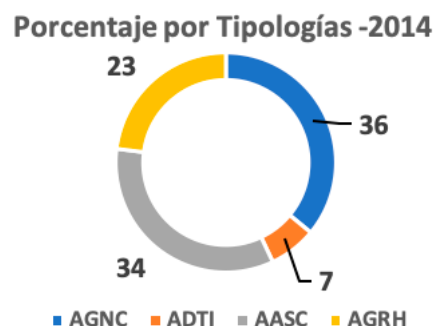


Figura 14. Porcentaje de productos en todas las tipologías para el año 2013.

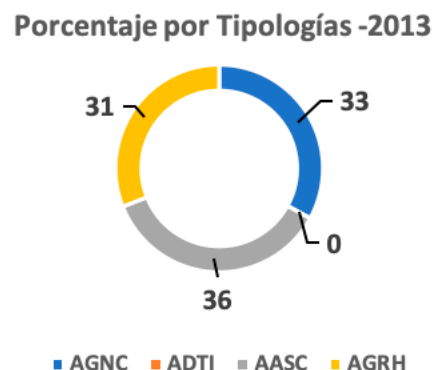


Figura 15. Productos representativos de la tipología AGNC, para el periodo 2013 al 2019.

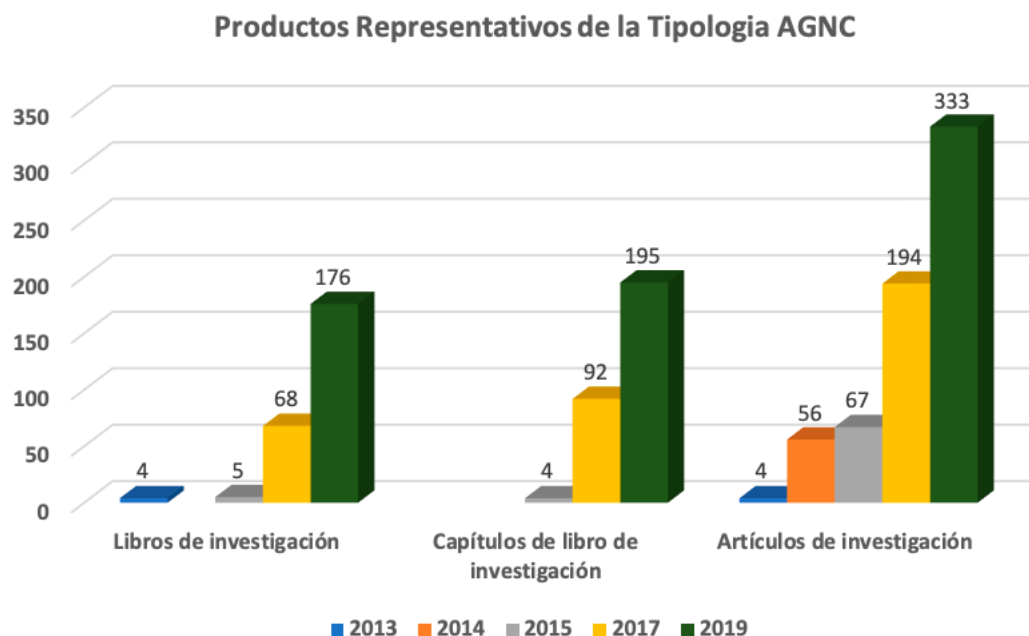


Figura 16. Productos representativos de la tipología ADTI, para el periodo 2015 al 2019.

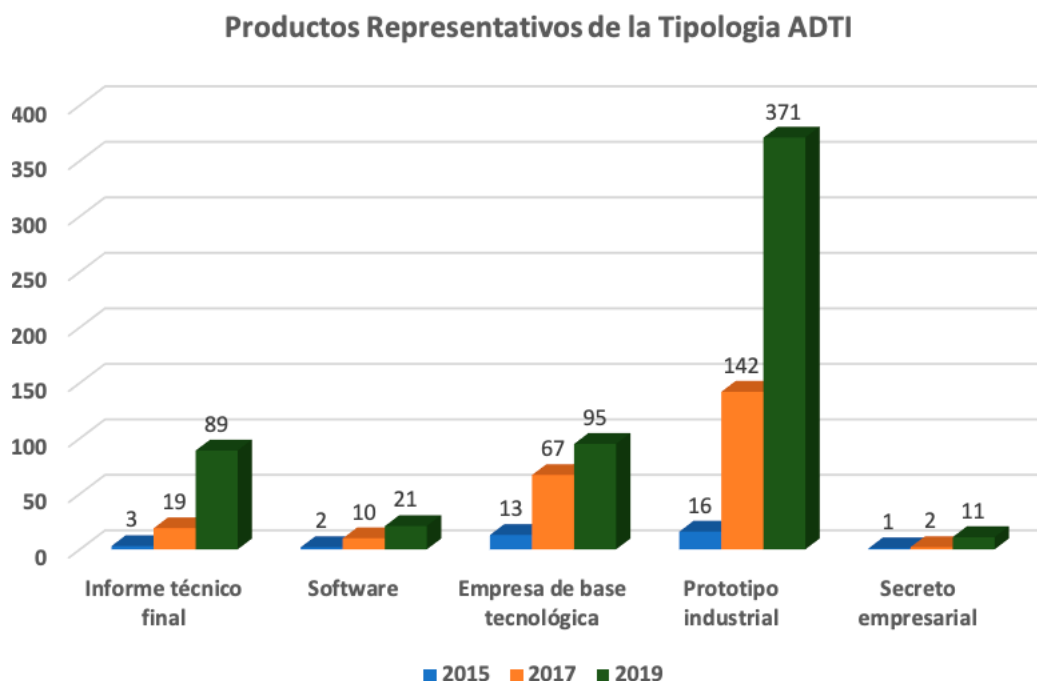


Figura 17. Productos representativos de la tipología AASC, para el periodo 2013 al 2019.

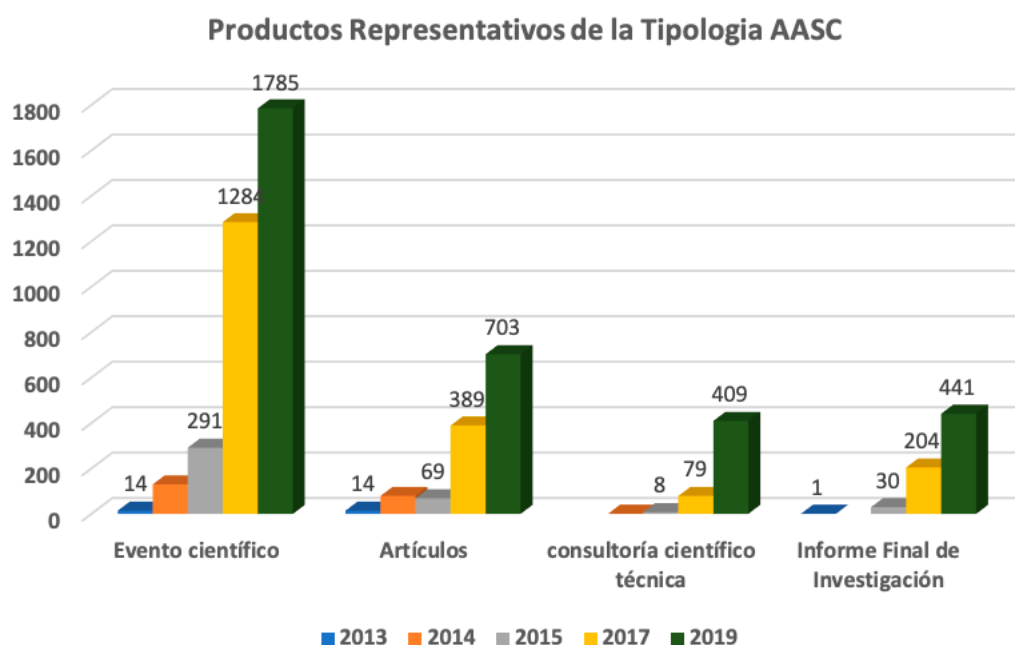


Figura 18. Productos representativos de la tipología AASC, para el periodo 2013 al 2019.

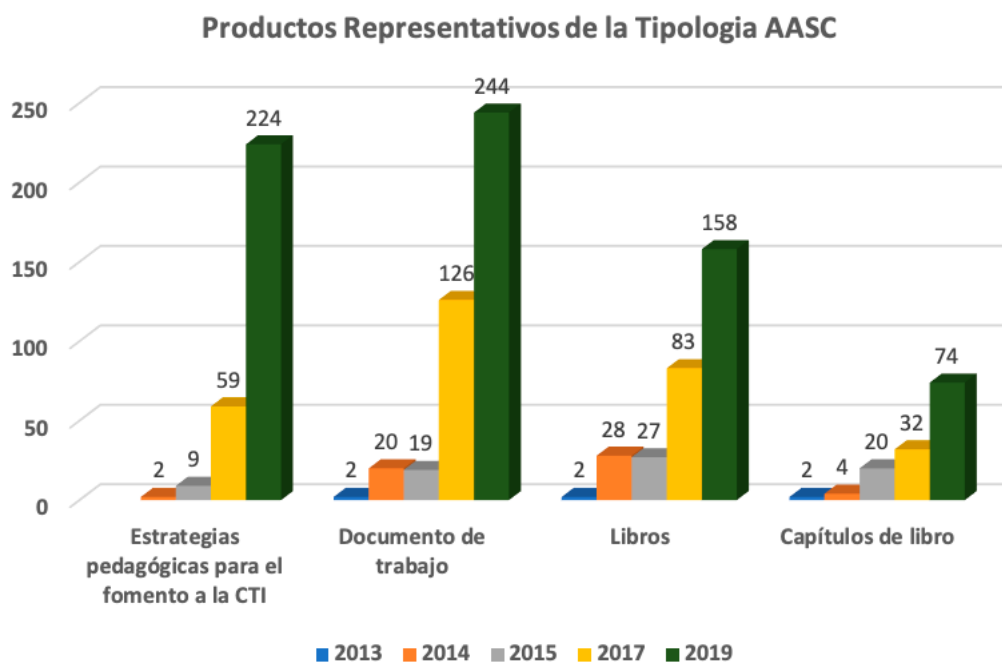
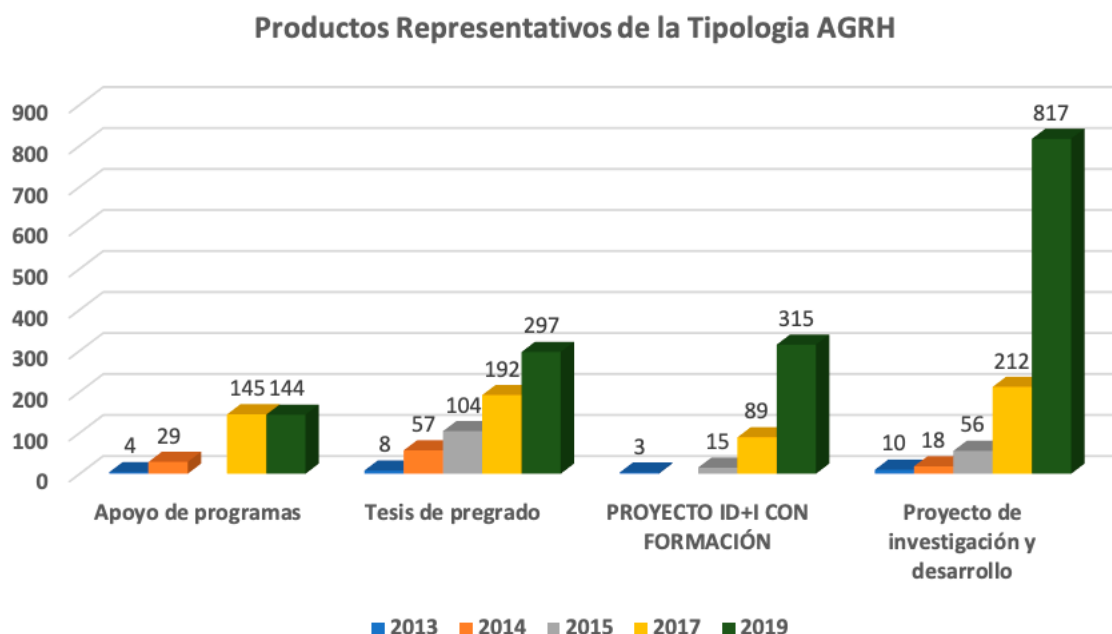


Figura 19. Productos representativo de la tipología AFRH, para el periodo 2013 al 2019.



Discusión

Durante el periodo 2013-2019, los grupos de investigación del SENA han presentado un crecimiento de 5 en el año 2013 a 89 en el año 2019, donde el mayor número de grupos se concentra en la categoría C. Sin embargo, es importante resaltar que, para el año 2019, el SENA cuenta con un grupo de investigación categorizado en A, y 8 grupos de investigación en categoría B.

Productos de la tipología AGNC

Para los libros de investigación, se tuvo un crecimiento representativo a partir del año 2017 (convocatoria 781), de 4 en el año 2013 a 176 en el año 2019 (convocatoria 833), de igual forma para los capítulos de libros y artículos de investigación, se presentó un crecimiento importante a partir de los años 2017 y 2019, se debe tener en cuenta que para estos años los grupos de investigación, también presentaron un crecimiento, donde para el año 2013 se contaba con cinco grupos reconocidos por el ministerio.

Productos de la tipología ADTI

Se destacan los productos como informes técnicos y prototipos industriales, los cuales han presentado un crecimiento constante durante los periodos de medición, es de resaltar el pro-

ducto de empresas de base tecnológica, con un incremento de 13 para el año 2013 a 95 para el año 2019 (convocatoria 833).

Productos de la tipología AASC

El producto de mayor crecimiento para esta tipología es la relacionada a los eventos de carácter científico, se pasó de 14 en el año 2013 (convocatoria 640) a 1785 para el año 2019 (convocatoria 833), de igual forma las consultorías científico técnicas e informes de investigación final, tuvieron crecimientos considerables durante los dos últimos periodos de medición (convocatorias 781 y 833). En relación a los libros y capítulos de libros, los cuales también presentan un crecimiento importante durante los dos últimos periodos de medición (convocatorias 781 y 833), se debe tener en cuenta que no se hace relación a libros o artículos de carácter científico, si no a publicaciones de carácter divulgativo importantes en relación a la apropiación de conocimiento.

Productos de la tipología AGRH

Para esta tipología se debe destacar el crecimiento de productos como los Proyectos de I+D+i y de Investigación, han tenido durante los dos últimos periodos de medición (convocatorias 781 y 833), lo cual muestra la creciente participación de los grupos de investigación del SENA en las

convocatorias internas (Proyectos SENNOVA), así como en convocatorias externas (Minciencias, Sistema General de Regalías, UPME, convocatorias internacionales, etc.).

Finalmente se destaca que durante los cinco periodos de medición se tienen 7 registros de patentes para la institución.

Conclusiones

- El SENA, como la principal institución en educación técnica y tecnológica del país, ha presentado un incremento en la participación en el SNCTel de la nación, durante el periodo 2013-2019, pues inició con 5 grupos de investigación para el año 2013 y cuenta con 89 grupos de investigación para el año 2019.
- El tener una entidad externa en el proceso de evaluación de los grupos de investigación como Minciencias permite transparencia y equidad en el proceso.
- El sistema SENNOVA y sus convocatorias de proyectos han contribuido al incremento de los productos de investigación evaluados por Minciencias.
- Como se mencionó al inicio del artículo, el reto en generación de productos de CTel, para el SENA, implica mayor complejidad, ya que deben generar impacto social, además del que provoquen en ciencia y tecnología, compromisos que no siempre son fáciles de alcanzar.
- Es necesario generar estrategias para lograr que los grupos de categoría C puedan subir su nivel en la escala. Para lo anterior, se debe tener en cuenta que una de las mayores barreras es la de lograr productos que generen capital humano, como es el caso de tesis de pregrado, maestría y doctorado. El SENA, al ser un organismo de educación técnica y tecnológica, no podría generar estos productos. Sin embargo, es necesaria la realización de alianzas con IES, que permitan la generación conjunta de estos productos, acatando las directrices en materia de propiedad intelectual y derechos de autor que generen. ●

Referencias

- Minciencias. (2013). Anexo 1 Resolución 1584 de 2013 modelo de medición de grupos 2013. pp. 5-113, Recuperado de <https://legadoweb.minciencias.gov.co/convocatoria/convocatoria-nacional-para-el-reconocimiento-y-medicion-de-grupos-de-investigacion-desarrollada>
- Minciencias. (2014). Documento Conceptual de la Convocatoria 693 de 2014, pp. 10-297, Recuperado de <https://minciencias.gov.co/convocatorias/2014/convocatoria-nacional-para-el-reconocimiento-y-medicion-grupos-investigacion>
- Minciencias. (2013). Documento Conceptual de la Convocatoria 640 de 2013, pp. 12 - 242, Recuperado de <https://legadoweb.minciencias.gov.co/convocatoria/convocatoria-nacional-para-el-reconocimiento-y-medicion-de-grupos-de-investigacion-desarrollada>
- Minciencias. (2017). Documento Conceptual de la Convocatoria 781 de 2017, pp. 10-351, Recuperado de <https://minciencias.gov.co/convocatorias/investigacion/convocatoria-nacional-para-el-reconocimiento-y-medicion-grupos>
- Minciencias. (2019). Documento Conceptual de la Convocatoria 833 de 2019, pp. 10-433, Recuperado de <https://minciencias.gov.co/convocatorias/2014/convocatoria-nacional-para-el-reconocimiento-y-medicion-grupos-investigacion>
- Minciencias. (2020). La Ciencia en Cifras, Recuperado de <https://minciencias.gov.co/la-ciencia-en-cifras>
- Berna, C. (2010). Metodología de la investigación Para Administración, economía, humanidades y ciencias sociales, México. Pearson Education
- Consejo Privado de Competitividad (CPC) (2018). Informe Nacional del Competitividad 2018-2019. Recuperado el 15 de diciembre de 2018 de: https://compite.com.co/wp-content/uploads/2018/10/CPC_INC_2018-2019_Web.pdf

Guía para autores/as

1. *Reto* es una revista especializada en tecnologías transversales de la organización. Es una publicación anual que se propone contribuir a la construcción del conocimiento alrededor de las áreas de mercadeo, logística, teleinformática e industrias creativas. Hace parte del ecosistema Sennova y pertenece al Centro de Gestión de Mercados, Logística y Tecnologías de la Información, del Sena. Sus contribuciones son originales y relacionadas con las áreas mencionadas. Los juicios emitidos por los autores no comprometen las políticas del Sena ni las del Comité Editorial.
2. Los artículos deben ser inéditos, originales, escritos en español o en inglés (con su respectiva traducción) y no haber sido publicados en otras oportunidades o simultáneamente en revistas o en medios digitales.
3. La recepción de los artículos es permanente, aunque para cada número se establece una fecha límite para la recepción de artículos. Solo pueden ser enviados a través del Portal de Revistas del SENA. El autor debe registrarse en el portal. Una vez registrado podrá ingresar para subir el artículo.
4. Los autores indicarán si su artículo es producto o desarrollo de una investigación en curso o concluida. Se debe incluir en una nota al pie de página el nombre del proyecto, las fechas en que se inició y terminó, la entidad que lo financió y ejecutó, así como todas las personas que participaron en él.
5. El Comité Editorial de la revista RETO sigue las pautas de Colciencias para las publicaciones seriadas, y da preferencia a los artículos de:
 - **Investigación científica y teconológica:** documento que presenta de manera detallada los resultados originales de un proyecto de investigación terminado. La estructura general contiene: título, resumen (español e inglés), introducción, metodología, resultados, discusión, conclusiones y referencias bibliográficas.
 - **Revisión:** documento que surge de una investigación en la que se analizan, sistematizan e integran resultados de investigaciones, publicadas o no, sobre un campo un ciencia o tecnología; con el fin de dar cuenta de los avances y las tendencias de desarrollo. Presenta una cuidadosa revisión bibliográfica, de por lo menos, cincuenta (50) referencias.
 - **Reflexión:** documento que presenta resultados de investigación desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del

autor, sobre un tema específico, recurriendo a fuentes originales.

6. Además de los anteriores, RETO puede tener en cuenta los siguientes tipos de artículos: artículo corto, reporte de caso, revisión de tema, cartas al editor, traducciones, documentos de reflexión que no son producto de una investigación (ensayos de opinión) y reseñas bibliográficas.
7. Los artículos avalados por el Comité Editor se envían a dos pares evaluadores anónimos, calificados y externos al Comité.
8. Los autores deben adjuntar una carta de presentación en la que se especificará:
 - que el manuscrito ha sido revisado y convalidado por todos los autores, y que se aprueba su publicación en formato físico y digital.
 - si el artículo corresponde a una Investigación o una Reflexión.
 - dentro de cuál línea se enmarca: mercadeo, logística, teleinformática o industrias creativas.
 - en un párrafo, ¿cuál es el aporte, novedad e innovación que generó el estudio?
 - Además, recomendará dos (2) posibles revisores nacionales y/o internacionales. Deben ser especialistas en el tema, preferiblemente con Maestría, haber publicado en revistas especializadas, y no haber formado parte del equipo investigador de donde provenga el artículo.
9. Los artículos de la revista Reto utilizarán el sistema de referenciación de APA en su última versión. Se debe tener en cuenta que la escritura debe ajustarse a las reglas gramaticales y ortográficas de la lengua española y a los términos técnicos y científicos correctos. Se deben usar únicamente abreviaturas internacionalmente reconocidas, y se debe evitar su uso en el título y en el resumen. El significado completo de la abreviatura de aceptación internacional debe preceder su primera aparición en el texto con el fin de ilustrar a los lectores de la revista y facilitar su comprensión, a menos que sea una unidad estándar de medida. Cualquier cifra que aparezca en el manuscrito debe ceñirse al sistema internacional de unidades.
10. Las tablas y las figuras deben registrarse al sistema de referenciación de APA. Por lo tanto, es absolutamente necesario que cuenten con su respectivo nombre y nota, para así, cumplir con el objetivo de visualizar los datos presentados.
11. Las tablas y las figuras se deben numerar de manera consecutiva de acuerdo con el orden de aparición en el texto. Se deben presentar en archivos separados, cada una con su correspondiente nombre y nota. Las tablas deben venir en Excel. Las figuras se deben adjuntar en archivos separados. En caso de tener gráficas o fórmulas que estén desarrolladas en programas especializados, deben exportarse en formato pdf o jpg con un mínimo de 300 dpi.
12. Las tablas y figuras deben ser preferiblemente de elaboración propia. En el caso de que no sea así, se debe contar con la correspondiente autorización para su publicación.
13. Los autores se encargarán de someter su texto a un corrector profesional de estilo antes de enviarlo para publicación. Esto con el objetivo de cumplir con los estándares exigidos por la revista.
14. El artículo evaluado por los pares evaluadores es enviado a los autores para que realicen las modificaciones que consideren pertinentes antes de autorizar su publicación. Una vez aprobado por el Comité se remite a los autores para la aprobación de la versión final. Las publicaciones para autores afiliados al Sena no superarán el 50% por número.
15. El proceso editorial de diagramación iniciará cuando los artículos cumplan con las características de entrega y presentación de documentos incluidas en esta guía.
16. La extensión de los artículos no debe exceder las 6000 palabras (20 páginas aproximadamente). Se debe usar el programa Microsoft Word para el texto y para las tablas. El texto debe estar escrito en tamaño carta, letra Times New Roman de 12 puntos, a espacio 1,5, justificado, con márgenes de 2,4 cm por cada lado, y paginado.
17. La estructura del manuscrito debe contener los siguientes elementos:

- **Título en español:** debe ser preciso y no debe exceder las 14 palabras.
 - **Título en inglés**
 - **Autores:** nombres completos, filiación institucional de cada uno y correo electrónico (de preferencia institucional). El orden de aparición estará dado por los aportes intelectuales al desarrollo del escrito. El autor de contacto debe estar resaltado por un asterisco (*). Las comunicaciones se harán a través de dicho autor.
 - **Resumen:** en español, estructurado con las siguientes secciones: introducción, materiales y métodos, resultados y discusión. No debe exceder las 250 palabras, ni usar abreviaturas ni referencias. (También debe venir en inglés —abstract—)
 - **Palabras clave:** Deben ser alusivas al contenido principal del artículo. Se admiten un mínimo de cinco y un máximo de ocho palabras claves. (También deben venir en inglés)
 - **Introducción**
 - **Marco teórico o Estado de la técnica**
 - **Metodología**
 - **Resultados y discusión**
 - **Conclusiones**
 - **Agradecimientos:** Se incluyen las instituciones o personas que han colaborado en el desarrollo del artículo o el trabajo objeto de análisis en el mismo (opcional).
 - **Referencias:** Cada una de las referencias bibliográficas (artículos, libros, normas, patentes, etc.) que se especifiquen a lo largo del documento, deben aparecer en esta sección en orden estrictamente alfabético según la Normas APA 2016 sexta edición. No referenciar informes técnicos internos o de resultados no publicados. El artículo debe contener como mínimo 10 referencias bibliográficas.
18. La aceptación o el rechazo para la publicación del artículo será notificado a los autores, por correo electrónico. Se les dará a conocer el concepto de los árbitros que los evaluaron.
 19. En caso de ser aceptado, el autor o los autores deberán firmar un formato de cesión de derechos patrimoniales. 

En esta edición

- Editorial: El 2020 un año de retos y aprendizajes
- Revisión sobre hacking ético y su relación con la inteligencia artificial
- Evolución de la gestión de la cadena de suministro y la logística, desde una visión tecnológica y sostenible
- Caracterización de la línea de investigación en Mercadeo - Centro de Gestión de Mercados, Logística y TI
- Revisión del potencial de antenas reconfigurables en frecuencia para sistemas de radio cognitiva
- La **IoT** una nueva ventana de oportunidad para pymes latinoamericanas en tiempos de la covid-19
- Diagnóstico de los grupos de investigación del servicio nacional de aprendizaje, Sena

