

RegTech: monitoreo y seguimiento de la actividad financiera en la era digital



Universidad del
Rosario





RegTech: monitoreo y seguimiento de la actividad financiera en la era digital

Alejandro J. Useche, DBA
Juan Fernando Pérez, PhD
José Luis Alayón, MSc



Universidad del
Rosario

Disclaimer. Las opiniones contenidas en el presente documento son responsabilidad exclusiva de los autores y no comprometen al Autorregulador del Mercado de Valores ni a su Consejo Directivo.

Alejandro J. Useche, DBA. Profesor asociado, Escuela de Administración, Universidad del Rosario. Correo: alejandro.useche@urosario.edu.co

Juan Fernando Pérez, PhD. Profesional distinguido, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de los Andes. Correo: jf.perez33@uniandes.edu.co

José Luis Alayón, MSc. Catedrático, Escuela de Administración, Universidad del Rosario. Correo: jose.alayon@urosario.edu.co

ISBN: 978-958-784-944-8

<https://doi.org/10.12804/pe9789587849448>

© 2022

© Universidad del Rosario

© Autorregulador del Mercado de Valores de Colombia

© Alejandro J. Useche, Juan Fernando Pérez, José Luis Alayón

Useche, Alejandro J.

RegTech: monitoreo y seguimiento de la actividad financiera en la era digital / Alejandro J. Useche, Juan Fernando Pérez, José Luis Alayón. – Bogotá: Universidad del Rosario, Autorregulador del Mercado de Valores, 2022.

47 páginas: ilustraciones.

Incluye referencias bibliográficas.

1. Finanzas – Innovaciones tecnológicas. 2. Industria de servicios financieros – Innovaciones tecnológicas. 3. Industria de servicios financieros – Legislación. 4. Instituciones financieras – Supervisión estatal. 5. Tecnología y derecho. I. Useche, Alejandro J. II. Pérez, Juan Fernando. III. Alayón, José Luis.

343.0285

SCDD 20

Catalogación en la fuente – Universidad del Rosario. CRAI

Hecho en Colombia
Made in Colombia

Contenido

<i>Presentación</i>	8
1. Monitoreo y seguimiento en la era digital	10
1.1. <i>RegTech</i> : cumplimiento normativo automatizado	11
1.2. Aplicaciones de la tecnología en el mercado de valores	13
1.2.1. Monitoreo de transacciones	13
1.2.2. Prevención del fraude y la manipulación	15
1.2.3. Cumplimiento (<i>compliance</i>)	17
1.2.4. Administración de riesgos	18
1.2.5. Reportes regulatorios	20
1.2.6. Asesoría automatizada	21
2. Avances en el cumplimiento normativo automatizado	24
2.1. <i>RegTech</i> en el contexto regulatorio internacional	25
2.2. Experiencias en el caso colombiano	28
3. Ventajas y retos emergentes para el mercado de valores colombiano	33
3.1. Ventajas	34
3.2. Retos emergentes	36
<i>Conclusiones</i>	39
<i>Referencias</i>	41

Glosario de términos

Algoritmo: sucesión de pasos que permite transformar unas entradas en unas salidas o resultados, con el objetivo de que una máquina resuelva un problema siguiendo una sucesión de instrucciones.

Análítica de datos: conjunto de herramientas usadas para extraer información de los datos disponibles. La *analítica descriptiva* explica el comportamiento de los datos y captura patrones no evidentes, la *analítica predictiva* determina el comportamiento esperado de una o varias variables observadas en diferentes escenarios y la *analítica prescriptiva* permite que los modelos sugieran acciones que se vayan a realizar, optimizando una función objetivo.

Aprendizaje automático (*machine learning*): técnicas algorítmicas que buscan que una máquina aprenda a reconocer patrones de manera automática a partir de un conjunto de datos, para que construyan un modelo que represente la información a la que son expuestos.

Aprendizaje profundo (*deep learning*): modelos de redes neuronales en los que interactúan capas de neuronas, permitiendo capturar comportamientos altamente complejos.

Computación en la nube: gran número de centros de datos, cada uno con una inmensa cantidad de equipos de procesamiento interconectados, cuyo uso puede ser alquilado solo por el tiempo en que es usado (*pay-as-you-go*).

Interfaces de programación de aplicación o API (*application programming interface*): *software* que permite la interacción automática de múltiples aplicaciones y componentes, lo cual permite incorporar servicios desplegados por terceros, lo cual facilita el desarrollo de nuevas funcionalidades a partir de unas ya existentes.

Macrodatos o *big data*: enormes y complejos conjuntos de datos, cuya administración y análisis requieren sistemas distribuidos, compuestos de múltiples piezas de *software* que residen en diversos dispositivos y ubicaciones.

Procesamiento de lenguaje natural o NLP (*natural language processing*): programación de algoritmos para reconocer y analizar contenidos de las comunicaciones humanas, escritas o verbales, lo que permite conversaciones “naturales” entre personas y computadores.

Red neuronal: conjunto de modelos computacionales inspirados en neuronas reales, en el que se dispara una salida (variable objetivo) con base en unas entradas (variables predictoras).



Presentación

En los últimos años, los requerimientos legales y técnicos para administrar la información han aumentado de manera exponencial y, junto con ellos, también las necesidades de monitoreo y seguimiento de la actividad financiera. La tecnología ha sido una aliada para facilitar el cumplimiento de los requisitos regulatorios de manera más ágil, efectiva y costo-eficiente, y ello ha dado lugar a que nazca un campo denominado *tecnología regulatoria* o *RegTech*, subdivisión del sector *FinTech*, orientado a la aplicación de procesos automatizados con fines de monitoreo, seguimiento, detección de fraude, reporte y cumplimiento normativo. A su vez, dichos procesos se basan en importantes avances tecnológicos como el *big data*, la inteligencia artificial y el *machine learning*, los cuales han habilitado la transición hacia un ecosistema financiero digital con nuevos participantes y modelos de negocio, que generan beneficios y oportunidades tanto a las instituciones reguladas como a los usuarios y las autoridades.

Con el ánimo de aportar a la difusión y al avance de la aplicación de las nuevas tecnologías a la actividad de los mercados de valores y divisas, el Autorregulador del Mercado de Valores (AMV) y la Universidad del Rosario presentan este documento de investigación, el cual se compone de cuatro secciones. En la primera se describen los principales aspectos de las tecnologías de aprendizaje automático; en la segunda se analiza el campo del *RegTech*, o cumplimiento normativo automatizado, identificando sus aplicaciones más relevantes en las actividades de monitoreo y seguimiento en la industria financiera, al tiempo que se exponen experiencias internacionales y locales; en la tercera se reflexiona sobre las ventajas y los retos para los intermediarios de valores y divisas que implica la implementación del *machine learning* y la inteligencia artificial para la supervisión y el cumplimiento, y, finalmente, se plantean algunas consideraciones, a manera de conclusión.



1 Monitoreo y seguimiento en la era digital

En los últimos años se ha presentado un importante crecimiento en los requerimientos de generación, administración, reporte y seguimiento de información en las actividades financieras, hecho que ha coincidido con la aceleración de los procesos propios de la transformación digital (Anagnostopoulos, 2018; Useche & Juárez, 2020). Los intermediarios de valores se enfrentan entonces a responsabilidades crecientes, en cuanto al manejo y monitoreo de la información, la rendición de cuentas ante los diferentes grupos de interés y el cumplimiento de la normatividad, en un entorno cada vez más digital, en el que los datos generados se caracterizan por presentar intensivamente las denominadas *tres V*: velocidad, variedad y volumen (Toronto Centre, 2017).

En este entorno, el seguimiento y el cumplimiento en las organizaciones de los mercados de valores son hoy parte de sus funciones estratégicas, generadoras de valor agregado y ventajas competitivas (Freij, 2020). Las soluciones tecnológicas se han convertido en valiosas herramientas para monitorear una amplia gama de actividades en tiempo real, agilizar el cumplimiento de normativas, apoyar las buenas prácticas y promover altos estándares de gobierno corporativo, entre ellas: el aprendizaje automático (*machine learning*), el análisis de macrodatos (*big data*) y el uso de interfaces de programación de aplicaciones (*application programming interface* [API]) (Brancatelli, 2018; Brand, 2020; Deloitte, 2016), como se ve en la figura 1.

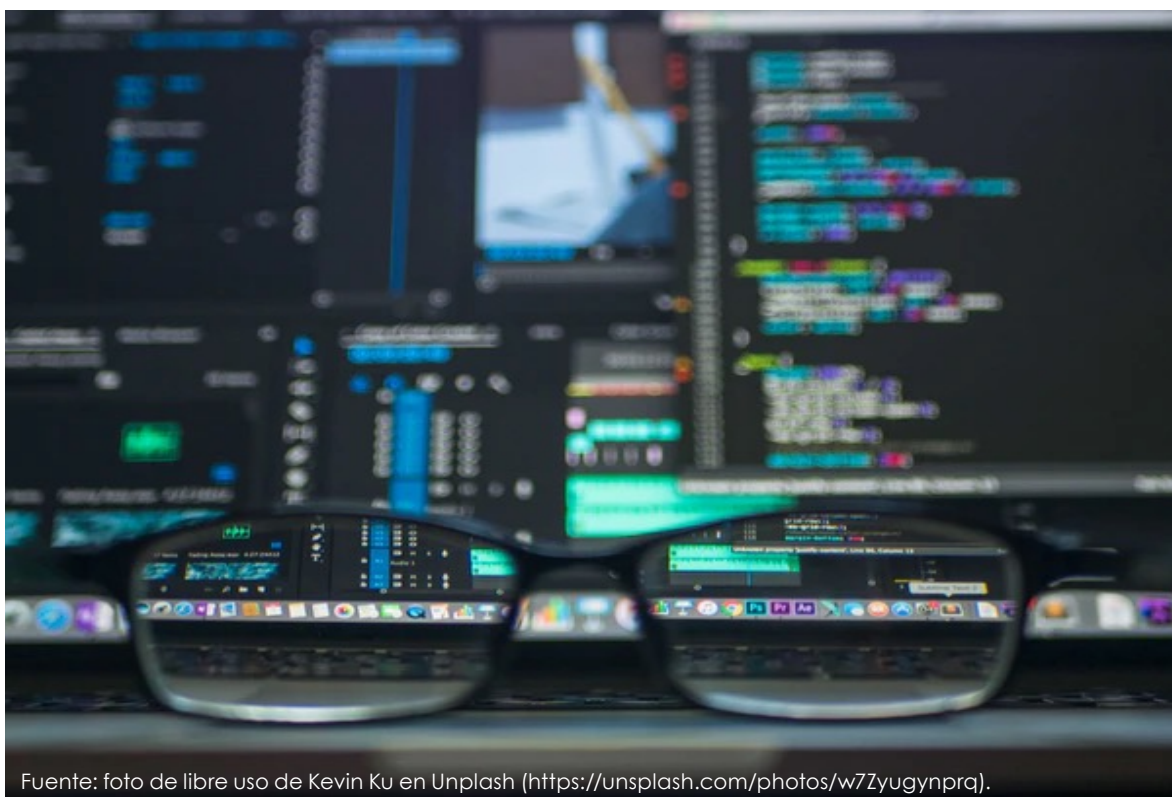
1.1. RegTech: cumplimiento normativo automatizado

La tecnología regulatoria o RegTech (*regulation technology*) es una subdivisión del sector FinTech orientada a aplicar procesos automatizados con fines de monitoreo, seguimiento, detección de fraude, reporte y cumplimiento normativo (Arner et al., 2016; Becker et al., 2020) que permite un manejo más efectivo y costo-eficiente de grandes cantidades de información, la realización de análisis sofisticados de datos y su procesamiento autónomo. Ello fortalece la capacidad de comunicación entre organizaciones de los mercados de valores y de ellas con los entes de supervisión (Arner et al., 2020). A 2021, la inversión global en RegTech alcanzó los 18,9 billones de dólares, esto es, aumentó un 142% solamente

en 2021, con un crecimiento total acumulado del 1160% frente a 2017 (Fintech Global, 2022).

Las herramientas *RegTech* han traído beneficios a las instituciones que las aplican, al tiempo que han generado retos para reguladores y entes de control en las economías desarrolladas, en la medida en que en entornos altamente tecnificados no solo se requiere la supervisión del comportamiento humano, sino también la de algoritmos y procesos computarizados. Esto ha llevado a reflexionar sobre el posible desarrollo de lo que se ha llamado *regulación inteligente* (Ernst & Young, 2016; Zetzsche et al., 2017).

Algunas de las funciones de *RegTech* en el contexto de las entidades financieras se relacionan con campos emergentes de aplicación, por ejemplo, el uso de tecnología en las áreas de cumplimiento (*ComplyTech*), supervisión (*SupTech*), operaciones (*operations RegTech*), legislación (*PolicyTech*), entre otros (di Castri et al., 2019; Enriques, 2017; Gasparri, 2019; Packin, 2018; Valkanov, 2020).



Fuente: foto de libre uso de Kevin Ku en Unplash (<https://unsplash.com/photos/w7Zyugynprq>).

1.2. RegTech y el aprendizaje automático en el mercado de valores

Se analizan a continuación, como se muestra en la figura 1, seis aplicaciones particulares del aprendizaje automático en el mercado de valores: 1) monitoreo de transacciones en actividades de intermediación y negociación (*trading*), 2) prevención de fraude y manipulación, 3) apoyo a procesos de cumplimiento (*compliance*), 4) administración de riesgos, 5) generación automatizada de reportes regulatorios y 6) asesoría automatizada.

Figura 1. Aplicaciones de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático para el monitoreo y el seguimiento en el sector financiero



Fuente: elaboración propia.

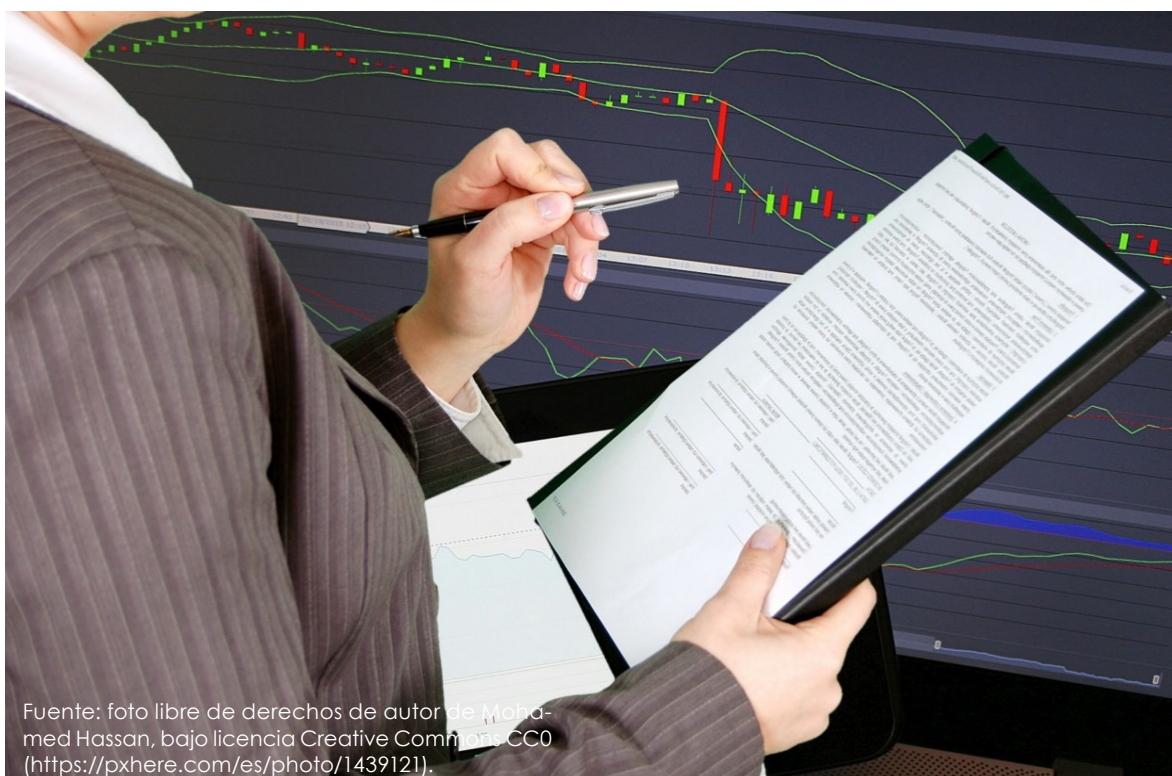
1.2.1. Monitoreo de transacciones

El monitoreo de transacciones consiste en la supervisión y la auditoría en tiempo real de las actividades de intermediación y negociación (*trading*) en el mercado de valores, mediante una validación que incluye procesos propios del *back-office*, como trámites de registro y cierre. Esta área, gracias al uso del aprendizaje automático, contribuye además a mejorar la calidad de los datos relacionados con las transacciones, pues da la posibilidad de identificar y reportar errores de digitación, vacíos e inconsistencias.

La ciencia de datos es hoy en día de uso prácticamente obligado para lograr un monitoreo eficiente de las transacciones en tiempo real, en mercados en los que el *trading* algorítmico y de alta frecuencia es

cada vez más extendido. En el caso de Estados Unidos, la regla 15C3-5 de la Securities and Exchange Commission (2010) hace obligatorios los estándares de administración de riesgo a los *traders* de alta frecuencia, a fin de prevenir la ejecución de órdenes que excedan los límites de crédito o de capital, a menos que se demuestre que cumplen con las regulaciones vigentes, tarea que se lleva a cabo gracias al *machine learning*.

Así mismo, la aplicación de la inteligencia artificial viene cobrando una mayor trascendencia en la supervisión de transacciones internacionales, en las que los pagos suelen ser conducidos por diversos sistemas electrónicos que, en ocasiones, no son 100% compatibles y, por lo tanto, aumentan la dificultad de hacer un seguimiento preciso y oportuno. Como lo reconoce el Instituto de Finanzas Internacionales, la ausencia de una plataforma única de pagos globales lleva a que en la práctica se usen diversos sistemas que difieren en sus características y capacidades; ello hace de la interpretación de metadatos una labor muy compleja, que puede ser resuelta gracias a la inteligencia artificial (Institute of International Finance, 2016).



Fuente: foto libre de derechos de autor de Mohamed Hassan, bajo licencia Creative Commons CC0 (<https://pxhere.com/es/photo/1439121>).

profundo desempeña un papel fundamental: la tecnología “de voz a texto” cumple esta misión y permite aumentar la transparencia de los requisitos regulatorios para transacciones que se realicen vía telefónica (Financial Stability Board [FSB], 2017).

Ahora bien, la posibilidad de acceder a información proveniente de conversaciones telefónicas, mensajes de texto, correos electrónicos y demás formas de comunicación abre un debate muy importante acerca de los límites de la supervisión, de manera que no se vulnere el derecho a la privacidad de los agentes del mercado.

1.2.2. Prevención del fraude y la manipulación

Con el uso de técnicas algorítmicas que combinan la información reportada con el *big data* se encuentran tendencias anormales de comportamiento en las transacciones en el mercado de valores (Barefoot, 2020), como negociación deshonesta y uso indebido de información privilegiada. Los métodos de aprendizaje automático son de una utilidad particular para la detección del fraude, ya que “aprenden” a descubrir patrones anómalos no evidentes dentro de amplios y complejos conjuntos de información, así como a pronosticar posibles variaciones mediante la técnica de agrupación de datos (*clustering*), con la cual se identifican transacciones que no presentan una relación fuerte con las características de los conjuntos de transacciones normales (van Liebergen, 2017).

Las herramientas digitales se orientan en este campo no solamente a verificar si se ha dado o no cumplimiento de las normas o a identificar actuaciones ilegales ya cometidas, sino también a generar señales sobre posibles faltas a la ética o debilidades en la cultura institucional, y así se convierten en un valioso sistema de alerta temprana.

De acuerdo con Ernst & Young (2019), las actividades tradicionales de prevención del fraude presentan ineficiencias y generan muchas falsas alarmas, que llevan a múltiples revisiones que se reflejan en altas cargas de trabajo operacional, demoras en tiempo y aumento de los costos de seguimiento. Los mecanismos de inteligencia artificial permiten aumentar su eficiencia, reduciendo costos operativos y aumentando la efectividad de los controles realizados. Particularmente, es posible usar tecnología de



Fuente: foto de libre uso disponible en Pixabay (<https://pixabay.com/es/illustrations/cerebro-viruta-neuronas-6010961/>).

aprendizaje profundo y biométrica para generar soluciones de seguridad orientadas a la verificación de la identidad de los participantes en las transacciones, al tiempo que el *big data* y el *machine learning* contribuyen con los procesos requeridos para la administración y el análisis de datos, a efectos de alcanzar una más eficiente detección automática de conductas anómalas (Institute of International Finance, 2017).

Dada la sensibilidad de los temas de fraude y manipulación, así como la dificultad de descubrir transacciones que son hábilmente ocultas por agentes inescrupulosos, en este campo se requiere la intervención humana para valorar las alertas generadas por los algoritmos. En el caso de Estados Unidos, como anotó la revista *Forbes* (2019), la preocupación por la prevención del fraude, la manipulación y otras conductas contrarias a la integridad ha llevado a la creación de cargos

como el *chief ethics officer*, quien dentro de sus labores tiene la responsabilidad de desarrollar estrategias para el adecuado uso técnico y humano de la tecnología, incluyendo la supervisión de los procesos basados en aprendizaje automático, inteligencia artificial y analítica predictiva, para que los algoritmos actúen en cumplimiento de la regulación, de manera insesgada, y den un manejo ético de la administración y la protección de los datos.

Cabe mencionar que el monitoreo, la supervisión y la auditoría mediante sistemas de *RegTech* son una parte importante del control en los mercados de valores y divisas (centrado en los datos), por lo que su exitoso funcionamiento requiere claridad y precisión tanto en el registro como en la ejecución de las órdenes de compra o venta, aspecto que en algunas ocasiones no cuenta con plena protección en los sistemas automatizados.

1.2.3. Cumplimiento (*compliance*)

Las actividades de *compliance* tienen que ver, además de la evaluación del estado de conformidad con las normas vigentes, con el seguimiento a actualizaciones normativas locales o globales, con la debida diligencia y con el grado de ciberseguridad con que se cuenta (Hugé et al., 2017). La aplicación de herramientas digitales permite contar con el denominado *compliance dinámico*, que consiste en que los requisitos normativos se incluyen en los protocolos tecnológicos para asegurar su seguimiento y cumplimiento continuos, al mismo tiempo que se evalúa en tiempo real si la información reportada a los organismos de supervisión es precisa y relevante (Toronto Centre, 2017).

Las tecnologías de procesamiento de lenguaje natural pueden ayudar a las instituciones de los mercados de valores a interpretar las regulaciones a las cuales están sujetas, para traducir a códigos algorítmicos las diferentes normas en un sistema integrado de información, evaluación de riesgo, seguimiento y reporte, lo cual a su vez se refleja en menores costos e inversión de recursos necesarios en el proceso de cumplimiento y en las labores requeridas para actualizarse ante ajustes en la normatividad.

Desde el punto de vista de las autoridades financieras, la inteligencia artificial y el aprendizaje automático se convierten en herramientas poderosas para fortalecer las tareas de supervisión macroprudencial. En la medida en que la información reportada por las instituciones aumenta en volumen, detalle y velocidad, los mecanismos tradicionales de evaluación de cumplimiento se vuelven menos eficientes; adicionalmente, errores u omisiones humanos en el diligenciamiento de formularios dificultan aún más la labor de los supervisores, tarea que puede ser mejorada por la inteligencia artificial, mediante la identificación automática de anomalías y el requerimiento de ajustes en tiempo real.

Es importante mencionar que los intermediarios de valores y divisas no requieren necesariamente desarrollar tecnologías *RegTech* internamente, sino que generalmente las contratan de terceros, que en algunas ocasiones son *start-ups* tecnológicas, con las obligaciones y responsabilidades que tal tercerización implica.

1.2.4. Administración de riesgos

La administración de riesgos consiste en la realización de valoraciones de lo que podría suceder en escenarios de alta volatilidad con variables cuantitativas, como la liquidez, el riesgo crediticio y las cuentas del estado de situación financiera, pero también con variables cualitativas relacionadas con los procedimientos de planeación de capital, el riesgo operacional y la sostenibilidad esperada de los modelos de negocio (European Banking Authority, 2018).

El aprendizaje automático y la inteligencia artificial se usan en el análisis de escenarios, el cálculo de exposición, la determinación de provisiones y las pruebas de esfuerzo financiero o *stress-testing*, en las que los algoritmos evalúan las posibles pérdidas y la probabilidad de cese de pagos o *default* a partir del análisis de múltiples variables, proceso en el que, además de realizar rápidamente millones de complejos cálculos, se evalúan posibles sesgos humanos en la selección de variables, lo que fomenta la objetividad y la transparencia (Leo et al., 2019).

En el mismo sentido, la validación de modelos predictivos a partir de datos históricos o *backtesting* es una de las áreas en las que el uso de



la inteligencia artificial empieza a incrementarse en la industria financiera, gracias a lo cual es posible organizar y analizar bases de datos semiestructuradas. Dicha tarea es de utilidad para evaluar el grado de desempeño de los modelos de riesgo en la banca (FSB, 2017). Con la aplicación del *backtesting* mediante inteligencia artificial se analizan tendencias y se evalúan posibles cambios en el comportamiento de las variables clave en los mercados; ello reduce la probabilidad de subestimar el riesgo en eventuales escenarios adversos.

La administración de riesgos se ve fortalecida, entonces, gracias al uso del *machine learning* y de la inteligencia artificial, tecnologías que proveen herramientas para fortalecer la valoración del riesgo, aumentar la eficiencia de la agregación de datos sobre el riesgo, automatizar los reportes internos de factores de riesgo según metodologías propias o

estándares regulatorios, así como crear sistemas de alerta que se disparan al alcanzar niveles predeterminados de indicadores seleccionados de riesgo.

1.2.5. Reportes regulatorios

Para que las instituciones del mercado de valores garanticen el cumplimiento, es esencial que se generen reportes oportunos y precisos, pues, a la vez, estos son requisito para que las agencias supervisoras desarrollen su tarea de forma adecuada. Las soluciones *RegTech* dan la posibilidad de administrar automáticamente datos y de generar reportes regulatorios integrados en tiempo real. Dicha posibilidad cobra mayor importancia en el medio actual, en el que los reguladores solicitan reportes con datos más detallados y con mayor frecuencia. Estos datos, que permiten hacer monitoreo y evaluar el cumplimiento, se denominan *datos de riesgo (risk data)*, que, por lo general, son de naturaleza cuantitativa, estructurados, precisos y completos (Office of Financial Research, 2015).

Un caso de interés a este respecto es el de la Financial Conduct Authority (FCA, 2018a, 2018b), del Reino Unido. La entidad afirma que su interés es supervisar el resultado del cumplimiento regulatorio, más que el proceso. Tal afirmación implica que este regulador asume una postura neutral ante el tipo de tecnología usada por las instituciones reguladas, pues su interés es que sus reportes cumplan con los requisitos legales y que tal cumplimiento fortalezca la protección del consumidor, la integridad de las conductas y la competitividad de los mercados.

Como afirman Micheler y Whaley (2020), cada día más, el uso de la tecnología de aprendizaje automático facilitará los procesos de generación de reportes regulatorios. Para ello, a futuro, las normas no solamente deberán estar escritas con palabras en documentos tradicionales, sino también en códigos, algoritmos y aplicaciones legibles por computadores, de manera que se facilite el proceso de reporte y se minimice la posibilidad de interpretaciones imprecisas.

Se prevé que la concepción tradicional de lo que es el reporte cambiará de forma: pasará de la preparación y envío periódicos de un



Fuente: foto de libre uso de Pixabay (<https://pixabay.com/es/illustrations/banner-encabezado-monitor-binaria-909710/>).

documento de rendición de cuentas, a un sistema en que los supervisores tendrán además acceso a toda la información en tiempo real, en plataformas con código abierto. Con ello habrá un seguimiento permanente tanto de un conjunto de indicadores centrales como de información complementaria de alta utilidad para analizar patrones y tendencias de la industria, en un entorno de computación en la nube mediante interfaces de aplicaciones de bajo costo y rápida accesibilidad —aquí el uso de cadena de bloques será otra posible opción tecnológica pertinente—. En tal entorno, el monitoreo continuo permitirá obtener indicadores inmediatos de riesgos, de manera que la supervisión implicará prevenir la ocurrencia de hechos no deseados en los mercados financieros (Barefoot, 2020).

1.2.6. Asesoría automatizada

El *robo-advising* consiste en un conjunto de servicios digitales en línea orientados a brindar asesoría financiera y administración de portafolios de manera personalizada, con una mínima intervención humana,

mediante algoritmos computacionales e inteligencia artificial (Gold & Kursh, 2017; Useche & Cano, 2019).

A pesar de las ventajas de la asesoría financiera automatizada, los inversionistas cuentan con una capacidad relativamente baja de evaluar la precisión de las recomendaciones hechas por el algoritmo, pues ellas provienen de una especie de caja negra, cuyos procesos internos no son evidentes. Es posible, entonces, que en algunos casos el *robo-advisor* haya sido programado para considerar unas pocas categorías de perfiles de inversionistas, de manera que arrojará unas recomendaciones muy genéricas, que no necesariamente corresponden con los intereses específicos de cada cliente o incluso sus recomendaciones pueden ser sesgadas hacia la compra de activos que una determinada institución está interesada en negociar, y da lugar a conflictos de interés (Boreiko & Massarotti, 2020).



Fuente: foto de libre uso de Agence Olloweb, en Unplash (<https://unsplash.com/photos/d9ilr-dbEdg>).

En este campo, el aprendizaje automático tiene el potencial de desempeñar dos importantes tareas: una de carácter interno, que es apoyar los procesos de perfilamiento del cliente y de recomendación de activos, y otra de tipo externo, que es monitorear el desempeño de los *robo-advisors*, promoviendo su calidad en relación con la atención personalizada de los clientes.

Ahora bien, el uso de *machine learning*, inteligencia artificial y redes neuronales permitiría cumplir con el deber de perfilamiento detallado de cada cliente, así como de una comprensión integral de sus intereses, para generar recomendaciones realmente personalizadas y relevantes en relación con las metas individuales. En este caso, los algoritmos pueden evaluar —con una amplia gama de indicadores— diversos objetivos de inversión, endeudamiento, ahorro para la jubilación, pago de impuestos, entre otros, así como definir de manera más precisa su grado de aversión al riesgo, analizando en un proceso de aprendizaje automático el efecto que sobre los portafolios recomendados tendrían las fluctuaciones de corto plazo de los mercados, junto con las implicaciones de largo plazo de diversos escenarios macroeconómicos (Semko, 2019).

2 Avances en el cumplimiento normativo automatizado

2.1. RegTech en el contexto regulatorio internacional

La experiencia en diversos países está mostrando cómo la aplicación de la tecnología a las labores de monitoreo y seguimiento en las instituciones de valores y divisas es una de las diversas aristas de un proceso de reflexión conjunta que incluye aspectos más amplios, como la naturaleza misma de la actividad financiera en medio de una economía cada vez más digitalizada, el papel que cumplen los datos y la evolución de la regulación para hacerla acorde con las necesidades de una sociedad en continuo avance.

Tal debate se ha vivido en Estados Unidos, país donde se han presentado tensiones entre los requisitos impuestos por la regulación sobre el manejo de datos y la normatividad financiera, como lo reflejan las iniciativas de política de la U.S. Federal Trade Commission. Mientras tanto, la Unión Europea ha implementado uno de los sistemas pioneros para regular simultáneamente los datos y las finanzas, tanto en el interior de la Unión como de manera extensiva a quienes interactúan con ella (Arner et al., 2020, p. 247).

Por su parte, la FCA, del Reino Unido, uno de los líderes globales en la aplicación de la tecnología al seguimiento regulatorio, ha desarrollado esta labor en conjunto con el Banco de Inglaterra, mediante iniciativas como el programa Project Innovative de 2015, orientado a evaluar las posibles alternativas de regulación de la actividad *FinTech*, el cual fue el pionero en la creación de un *sandbox*, espacio en el cual los innovadores pueden realizar experimentos y simulaciones sobre el impacto de cambios regulatorios, figura que se ha replicado posteriormente en diversos países (Barefoot, 2020).

En 2016, la FCA agregó una unidad *RegTech* a este programa, que incluyó la figura de *carrera tecnológica (tech sprint)*, una competencia o *hackathon* en la que equipos conformados por expertos en regulación y profesionales en tecnología trabajan para generar soluciones innovadoras a un determinado problema regulatorio mediante la programación de códigos computacionales automatizados. La FCA, a partir de sus experiencias pioneras, lanzó en 2019 la Global Financial Innovation Network, con el objetivo de construir una red de cooperación

y coordinación internacional en lo relacionado con *FinTech* y particularmente *RegTech* (FCA, 2019). Un año después, la FCA (2020) publicó un documento denominado *Digital Regulatory Reporting*, en el cual analizó el papel de la tecnología para automatizar los reportes regulatorios y, en general, los procesos de supervisión, con el ánimo de hacer de este un proyecto a escala global.

En Estados Unidos, la Securities and Exchange Commission ha usado la inteligencia artificial para el monitoreo de la actividad de los mercados financieros, al mismo tiempo que la Financial Industry Regulatory Authority (FINRA) ha analizado mediante aprendizaje automático y computación en la nube cantidades masivas de información para detectar señales de conductas inapropiadas por parte de los agentes del mercado de valores. Con ello ha hecho importantes esfuerzos para realizar supervisión y detección en tiempo real (FINRA, 2018).

Simultáneamente, la FINRA (2021) cuenta con un centro para el desarrollo de interfaces de programación de aplicaciones, denominado *FINRA API*, una vez considerada una de sus iniciativas estratégicas para apoyar la automatización de los procesos de control y cumplimiento, a fin de promover la innovación orientada a mejorar la administración del riesgo y la reducción de los costos de seguimiento y *compliance*.

También en ese país, la Commodity Futures Trading Commission (2021) ha sido pionera de la figura de laboratorios de *FinTech* y *RegTech*, con su LabCFTC, espacio orientado a “promover la innovación tecnológica financiera responsable y la sana competencia para el beneficio del público”, a manera de un *hub* en el que la agencia interactúe con la comunidad de la innovación financiera. En cuanto a la implementación del aprendizaje automático en actividades de monitoreo y cumplimiento de la normatividad, resaltan los siguientes casos en el contexto internacional:

- *Markets in Financial Instruments Directive 2014/65/EU* o MiFID II, cuyo cumplimiento implica la administración y el reporte de gran cantidad de información relacionada con los requisitos de transparencia de las operaciones, incluyendo el deber de un

adecuado conocimiento del cliente, junto con el manejo de la cadena de suministro de datos (European Parliament, 2014).

- Cuarta Directiva Antilavado de Dinero (*Fourth Anti-Money Laundering Directive EU 2015/849*), conocida como AMLD4, emitida en la Unión Europea con el fin de combatir las prácticas fraudulentas, el lavado de dinero y la financiación del terrorismo (European Parliament, 2015). A fin de dar cumplimiento a estas directrices, los intermediarios del mercado de valores pueden administrar y verificar información sobre personas, organizaciones y transacciones mediante técnicas de aprendizaje automático (Freij, 2020), empleando incluso herramientas de procesamiento de lenguaje natural para la obtención de mejores evidencias. Tal proceso lo emplea la Australian Securities and Investments Commission (FSB, 2017).
- Reglamentación General sobre Protección de Datos (*General Data Protection Regulation [GDPR]*), que determina la manera en que la información personal de los clientes debe ser usada, transferida y analizada, caso en el que es posible realizar una debida administración y anonimización mediante técnicas de *big data*, que permiten no solamente analizar los datos, sino también cumplir la normatividad al respecto, incluyendo el "derecho de ser olvidados" que tienen los clientes (Laybats & Davies, 2018).
- Estándar 239 del Comité de Supervisión Bancaria de Basilea (BCBS239), que define los principios para una correcta administración de datos en instituciones bancarias orientado a robustecer los análisis de riesgo, para lo cual se hace necesario contar con una integración de todas las bases de datos que esas organizaciones manejan, tarea que sería casi imposible sin soluciones que automaticen los análisis respectivos (Prorokowski & Prorokowski, 2015).

Finalmente, vale la pena anotar que las diferentes aplicaciones tecnológicas aquí mencionadas pueden ser puestas a prueba en espacios denominados *sandbox*, en los cuales los algoritmos toman condiciones

reales de mercado. Dicho esquema se está desarrollando en la Unión Europea en áreas como la asesoría robotizada (European Banking Institute, 2019).

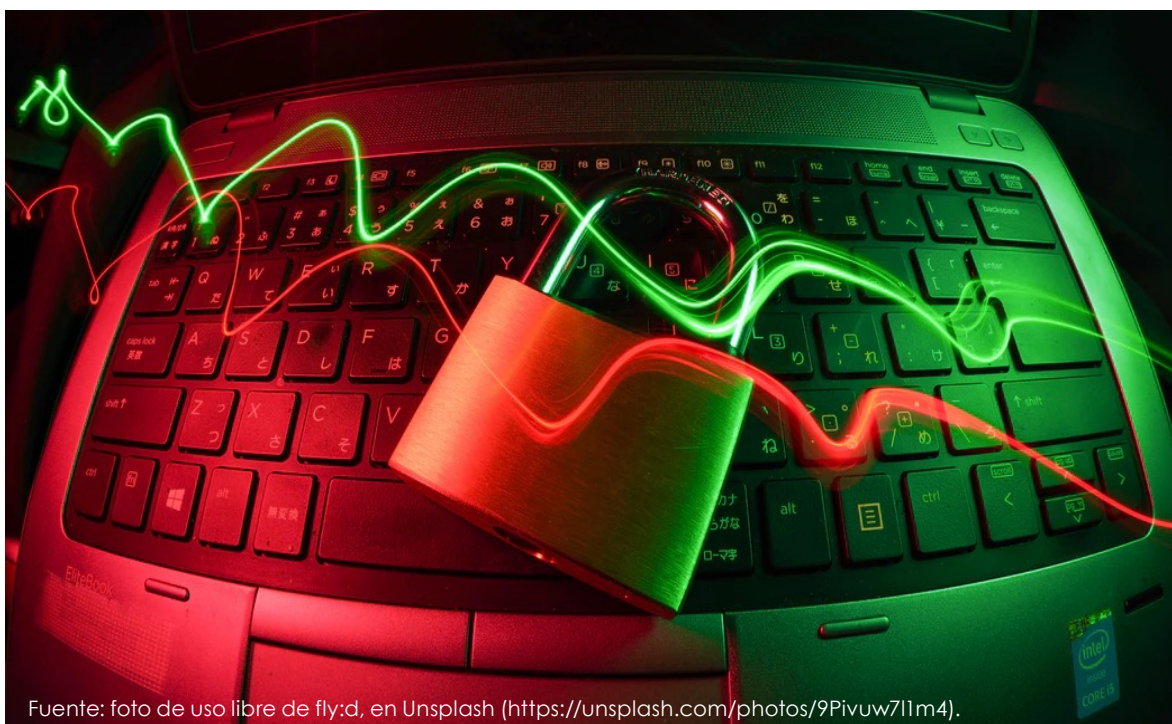
2.2. Experiencias en el caso colombiano

La industria *FinTech* ha crecido a un ritmo acelerado en los últimos años en Colombia; no obstante, el segmento *RegTech* local se encuentra hasta ahora en una fase inicial, aunque con unas perspectivas de gran crecimiento a corto y mediano plazo, en un entorno en que las organizaciones financieras, así como las autoridades de supervisión, perciben la necesidad y las ventajas de su aplicación. En la actualidad, los servicios ofrecidos por firmas *FinTech* en el campo de supervisión regulatoria se concentra en el país en dos principales servicios: la administración del riesgo y la prevención del fraude (Finnovista, 2020).

La Superintendencia Financiera de Colombia (2014), a partir de la *Circular Básica Jurídica* o *Circular Externa* 029 de 2014, ha prestado atenta vigilancia a la evolución tecnológica del sistema financiero, definiendo que la banca digital está en la obligación de cumplir con los mismos estándares en materia de seguridad, calidad, documentación y divulgación de la información que la banca tradicional. La misma Superintendencia Financiera de Colombia trabaja en el denominado *Proyecto RegTech*, iniciativa orientada a promover el desarrollo de aplicaciones digitales que apoyen el cumplimiento normativo, con miras a optimizar la transmisión de información de las entidades vigiladas (Colombia Fintech, 2021).

Cabe anotar que, en el caso colombiano, se emitió el Decreto 1234 de 2020, con el fin de dar un marco normativo al *sandbox*, arenera o espacio controlado en el que se prueben innovaciones tecnológicas para el desarrollo de actividades propias de las entidades bajo supervisión de la Superfinanciera.

En lo relacionado con el *monitoreo de transacciones*, la creciente velocidad a la que se mueven los mercados en el país ha evidenciado la necesidad de incorporar tecnologías que fortalezcan las labores de seguimiento en tiempo real. Para tal fin, diversas empresas en el mercado



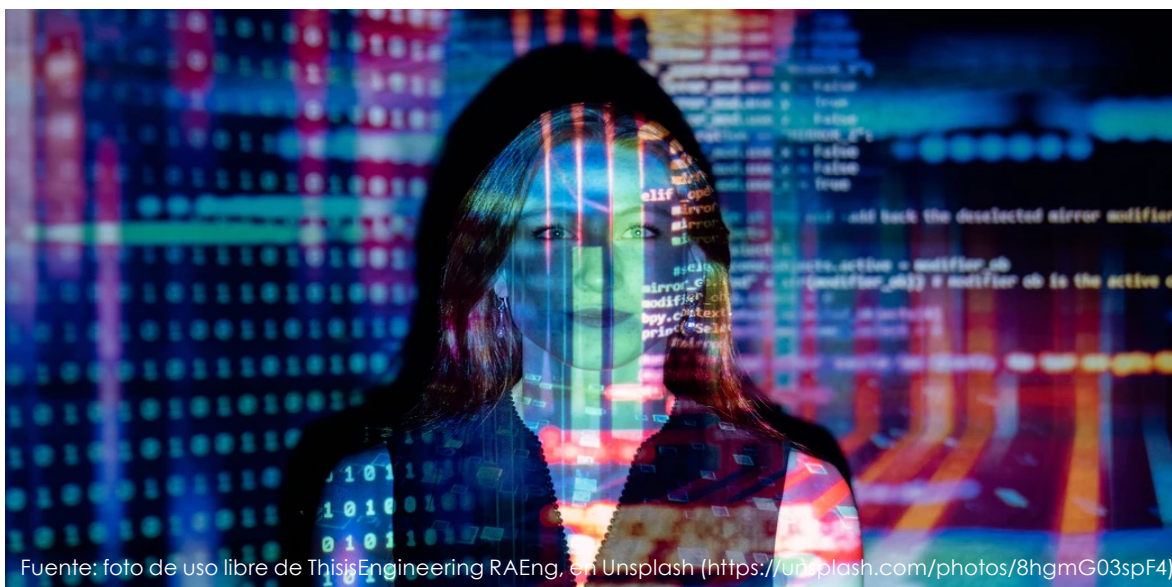
Fuente: foto de uso libre de fly:d, en Unsplash (<https://unsplash.com/photos/9Pivuw7IIm4>).

colombiano ofrecen soluciones digitales para el monitoreo en línea, las cuales cuentan con un sistema de alertas tempranas ante operaciones sospechosas.

Adicionalmente, las entidades que participan en el mercado de valores deben hacer seguimiento a través de su *back office* de las operaciones realizadas por sus empleados y sus clientes. Dicha necesidad se torna cada vez más relevante en un entorno en el que las personas pueden acceder directamente a las cotizaciones del mercado por medio de plataformas en línea.

Para cumplir con estos requerimientos, diversas entidades financieras en el país han optado por desarrollos tecnológicos internos o por la tercerización de una parte del proceso de riesgos, lo que les permite elevar su eficiencia y eficacia.

Por otra parte, es común encontrar en Colombia empresas dedicadas exclusivamente a prestar servicios electrónicos de apoyo a la *prevención del fraude*, bajo la modalidad de *outsourcing*, en la medida en que es posible desarrollar productos homogéneos que le sirven a una amplia gama de entidades con actividades similares y que deben



Fuente: foto de uso libre de ThisisEngineering RAEng, en Unsplash (<https://unsplash.com/photos/8hgmG03spF4>)

cumplir con una misma normativa. Ello hace que este segmento sea muy atractivo para empresas *FinTech* que buscan generar economías de escala.

A partir de una revisión de la información presentada por Colombia Fintech (2021), se encontró que entre los más de 3400 miembros de esta asociación gremial, 19 forman parte del segmento *RegTech*, de los cuales 12 están claramente enfocados en la prevención del fraude mediante servicios de identificación, tecnologías de reconocimiento facial y de voz, y validación de correos y firmas electrónicas, con el fin de evitar la suplantación de identidad en el uso de servicios financieros.

En cuanto al *cumplimiento regulatorio*, las principales entidades encargadas de la regulación y la autorregulación del mercado de valores en Colombia están atentas al desarrollo de las nuevas tendencias en los mercados mundiales, sus prácticas y la integración de las tecnologías asociadas, incluyendo el *RegTech*, a fin de impulsar proyectos enfocados en mejorar las buenas prácticas y aumentar la seguridad de los usuarios.

Como una forma de acompañar y apoyar el desarrollo de tecnologías que le permitan a las entidades financieras abrir nuevos mercados y dar cumplimiento a la normatividad aplicable, la Superintendencia

Financiera de Colombia lanzó en 2017 el programa InnovaSFC, que incluye servicios orientados a promover sistemas más robustos de reporte de información por parte de las entidades financieras, así como a apoyar la comprensión de bases de datos de gran magnitud (Superintendencia Financiera de Colombia, 2021).

A 2022, la *administración de riesgos* es uno de los segmentos que cuenta con más soluciones tecnológicas en el mercado colombiano, en el que empresas *FinTech* se han enfocado en brindarles a los mercados de valores y divisas herramientas sofisticadas para controlar diversos tipos de riesgo.

Dentro de este segmento sobresale la actividad de estimar y monitorear el riesgo de crédito: muestra de esto es que 12 organizaciones afiliadas a Fintech Colombia (2021) se dedican a ofrecer soluciones en la administración de riesgos y tres exponen de forma clara su especialidad en riesgo de crédito.

Es posible encontrar en el mercado local simuladores capaces de estimar los riesgos de crédito, operativo, de mercado, de liquidez, entre otros, de forma muy eficiente para cada línea de negocio o producto, proceso que contribuye simultáneamente a establecer y cuantificar digitalmente matrices de riesgo cada vez más precisas.

En relación con la generación de *reportes regulatorios*, la tendencia en el país es que las organizaciones financieras desarrollen soluciones propias o contraten a terceros para que diseñen herramientas a la medida, que se adapten a sus sistemas de información, sus necesidades y, en general, a las características particulares de sus actividades.

La generación de reportes es uno de los principales aspectos del *RegTech* que las organizaciones financieras identifican como prioritarios; por ende, se concentran importantes esfuerzos en la actualidad para mejorar los sistemas de bases de datos y el tratamiento de la información, lo que permite reportes precisos y en tiempos cada vez más cortos, como lo demanda la industria.

Ahora bien, algunas entidades financieras no solo están en la obligación de hacer reportes periódicos a los entes de control locales, sino



también a sus casas matrices fuera del país. Deben cumplir con varias regulaciones simultáneamente, por lo que es característico que ellas cuenten con soluciones automatizadas globales, que combinan aspectos locales e internacionales.

Finalmente, la *asesoría automatizada*, a pesar de ser uno de los servicios que más desarrollo requiere para su puesta en marcha, es una de las aplicaciones tecnológicas más atractivas para la industria financiera local.

La pandemia —y con ella el crecimiento exponencial de las actividades en línea— ha generado una expansión significativa mundial de la labor de asesoría automatizada; adicionalmente, la evidencia indica que si bien es cierto que los desarrollos iniciales implican altas inversiones, las economías de escala y de alcance generan beneficios superiores. Un instrumento que cuenta con especial potencial en el mercado de los *robo-advisors* es el de los *chatbots*, cuyo uso, según Juniper Research (2017), podría generar ahorros en el sector financiero por cerca de ocho billones de dólares, en 2022.

3

Ventajas y retos emergentes para el mercado de valores colombiano



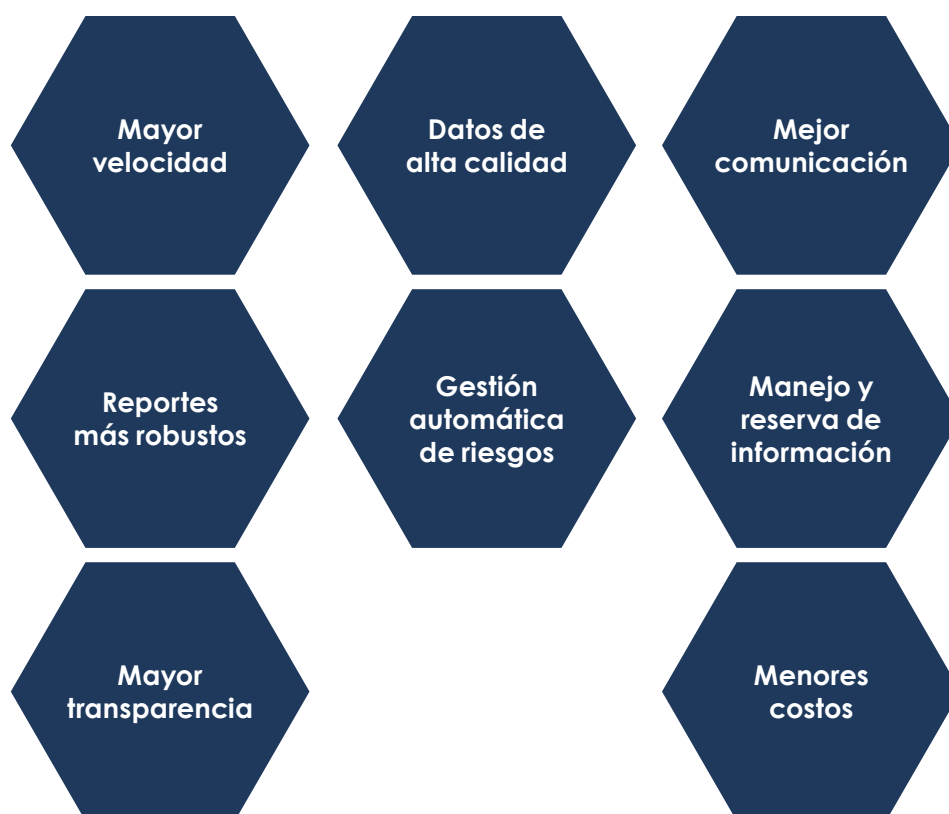
Como se ha mencionado, el *RegTech* se encuentra en el país en una etapa inicial de desarrollo, en la cual se hace necesario evaluar sus oportunidades y beneficios (figura 2), junto con los retos que emergen de su implementación en el contexto local (figura 3), aspectos que se exponen a continuación.

3.1. Ventajas

- El procesamiento automatizado de datos *aumenta la agilidad* de administración y análisis, a la vez que reduce los tiempos de respuesta, de reporte y de gestión tanto para las organizaciones supervisadas como para los entes de supervisión.
- La *información pertinente* que las entidades financieras usan para reportes internos y externos puede administrarse con mayor precisión, porque es posible desagregarla por producto, dependencia, mercado, etc.
- La creación de API permite una interacción eficiente entre programas y algoritmos, fomentando una *mejor comunicación entre las instituciones intermediarias y de ellas con los supervisores*.
- Los procesos automatizados aportan a la generación de *reportes de cumplimiento de alta calidad*, los cuales implican una rendición de cuentas más eficiente y precisa ante los supervisores. Ello disminuye los riesgos de fallas y minimiza la posibilidad de enfrentar penalidades o daño reputacional por el incumplimiento efectivo de la regulación.
- El *machine learning* permite realizar una *gestión automática de riesgos*, así como la ejecución de decisiones a altas velocidades, ya que los sistemas podrán aprender y ajustar métodos para el análisis de información, el modelaje financiero y la generación de pronósticos de forma precisa.

- La tecnología permite un *adecuado manejo de la información y su reserva*, gracias a la aplicación de estrictos protocolos de seguridad, los cuales hoy en día se pueden cumplir gracias al uso de la criptografía avanzada y al almacenamiento de datos en la nube.
- Se contribuye a elevar la *transparencia* con la que operan los mercados, generando más flexibilidad y adaptabilidad a cambios en el negocio y la regulación.
- *Reducción de costos* que se genera al incorporar tecnología en el cumplimiento de la regulación financiera.

Figura 2. Ventajas de la aplicación del RegTech



Fuente: elaboración propia.

3.2. Retos emergentes

El uso de *RegTech*, como sucede con cualquier otra tecnología emergente, implica retos que deben enfrentar las entidades del mercado de valores y los entes de supervisión. En el caso colombiano, es muy valioso construir sobre experiencias de otros países, ya que se cuenta con una ventaja, como es un entorno que promueve los desarrollos *FinTech*, así como una regulación que se adapta a las nuevas tendencias, que procura el desarrollo del mercado, la transparencia y la protección del usuario.

Así, los principales retos que se presentan para la aplicación de aprendizaje automático en labores de control y supervisión son:

- *Legislación actualizada* para el uso de datos, que autorice el uso de tecnologías automatizadas. Buena parte de las medidas regulatorias en el mundo se desarrollaron considerando sistemas y procesos propios de la era predigital. Se requiere información digitalizada, actualizable en tiempo real (Barefoot, 2020).
- *Armonización de datos y interoperabilidad de sistemas*. Se requiere información armonizada y con un grado de precisión suficiente como para consolidar las bases de datos a través de grupos financieros y jurisdicciones. Adicionalmente, es necesario garantizar la interoperabilidad de los programas informáticos internos y externos, para que la comunicación entre ellos sea posible y el sistema funcione de manera eficiente —para evitar además problemas de riesgo legal—.
- *Ciberseguridad*. En cualquier sector, la posibilidad de ataques cibernéticos aumenta junto con la creciente dependencia de la tecnología. El reto está en proteger la seguridad e integridad de los datos, mientras se mejora la eficiencia en el reporte de información a los reguladores.
- *Necesidad del juicio humano*. Si bien es cierto que los algoritmos pueden realizar operaciones complejas a velocidades y escalas inalcanzables por un ser humano, es necesaria su supervisión continua y permitir que la toma de decisiones sobre aspectos



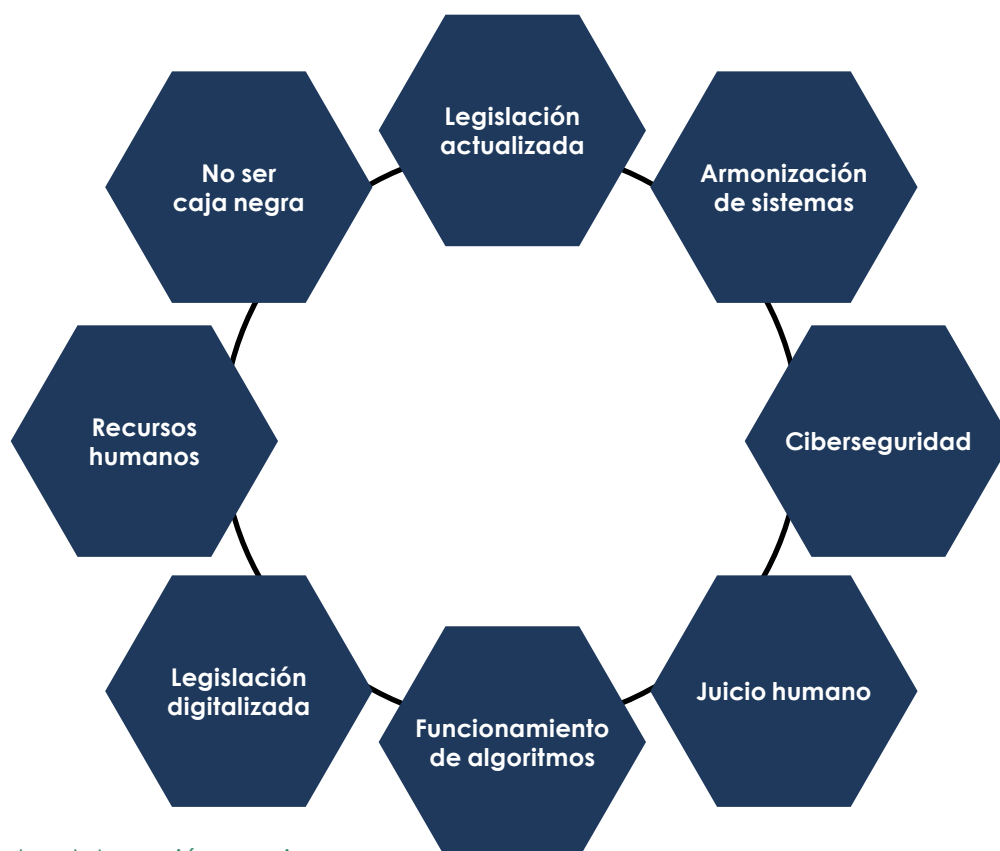
Fuente: foto de uso libre de Christina @ wocintechchat, en Unsplash (<https://unsplash.com/photos/gIRqywjgUeY>).

trascendentales sea hecha por profesionales calificados, quienes aparte de sus conocimientos añaden su lógica y sus criterios (Anagnostopoulos, 2018).

- *Correcto funcionamiento de algoritmos.* Para que las herramientas tecnológicas funcionen de manera eficiente en lo técnico, pero también de forma adecuada en términos del cumplimiento normativo y de la atención de los intereses de los usuarios, es necesario que la programación de los algoritmos se lleve a cabo incorporando criterios éticos y que se garantice que llevan a juicios insesgados (Manyika et al., 2019).
- *Inversión en recursos humanos* calificados para el diseño y la aplicación de la tecnología en la regulación financiera, como pilar de un proceso exitoso de implementación de la tecnología. La transformación digital requiere, ante todo, una transformación educativa y de competencias tecnológicas de la fuerza laboral.

- Las tecnologías no deben ser una caja negra para entidades financieras y supervisores, sino que sus resultados deben ser claros, verificables y comprensibles. La inteligencia artificial en finanzas incrementa las asimetrías de información, aumenta la dependencia de los datos y eleva las interdependencias (Zetsche et al., 2020), lo que resulta en sistemas poco transparentes para tomadores de decisiones y usuarios, fenómeno denominado *problema de caja negra*.
- Traducir legislación a algoritmos. Tradicionalmente, la legislación se expresa en códigos, normas y textos que usan palabras como medios de expresión, orientados a ser leídos e interpretados por humanos. No obstante, tales documentos deben ser traducidos a códigos de programación legibles por algoritmos.

Figura 3. Retos emergentes de la aplicación de RegTech



Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

El avance tecnológico y la actividad de los mercados de valores han tenido un desarrollo conjunto a través del tiempo, tanto que el campo de *Fintech* es su más reciente evidencia. Estas tecnologías son hoy en día poderosas aliadas para la gestión de información a gran escala, que facilitan a su vez el cumplimiento regulatorio de las entidades financieras, que dan lugar a la “tecnología regulatoria” o *RegTech*.

Las soluciones tecnológicas propias del *RegTech* permiten hacer seguimiento en tiempo real en los mercados de valores, evaluar el cumplimiento de la normatividad y las buenas prácticas y promover altos estándares de gobierno corporativo, entre las cuales las más destacadas son el aprendizaje automático (*machine learning*), el análisis de macrodatos (*big data*) y el uso de interfaces de programación de aplicaciones.

En este documento se abordaron seis aplicaciones del aprendizaje automático que cada día toman mayor relevancia en el sistema financiero, en las cuales la tecnología permite hacer un mejor seguimiento y monitoreo, como son: monitoreo de transacciones en actividades de intermediación y negociación, prevención de fraude y manipulación, apoyo a procesos de cumplimiento (*compliance*), administración de riesgos, generación automatizada de reportes regulatorios y asesoría automatizada.

La adopción de procesos de seguimiento y control automatizados trae consigo importantes beneficios, como son la reducción de costos, aumento de la agilidad de los procesos, mayor calidad de la información, mejor comunicación entre las firmas intermediarias y de ellas con los supervisores, generación de reportes de cumplimiento de alta calidad, gestión automática de riesgos, manejo más robusto de la información y mayor transparencia. Así mismo, representa retos emergentes como la actualización de la legislación, la armonización de datos, la compatibilidad de sistemas, el fortalecimiento de la ciberseguridad, una adecuada e insesgada programación de algoritmos, en un entorno

en que el juicio humano sigue siendo esencial para la interpretación de la información y la toma de decisiones.

En el contexto global, la Unión Europea ha sido pionera y referente para el *RegTech*, seguida por Estados Unidos. Si bien Colombia ha presentado avances en la materia, existe un amplio campo de acción para adoptar las mejores prácticas observadas, que contribuya al crecimiento eficiente y de alto impacto del mercado de valores.

A futuro, el desarrollo del *RegTech* en el país requerirá esfuerzos conjuntos por parte de los diferentes actores del ecosistema financiero: primero, las organizaciones del mercado de valores deberán fortalecer sus procesos de monitoreo y seguimiento digitales, lo cual implica ajustes en sus políticas, estrategias y prácticas, así como realización de inversiones y preparación especializada de su talento humano; segundo, las empresas *FinTech* tendrán que continuar avanzando en términos tecnológicos, que permitan contar con sistemas de vanguardia en cuanto al cumplimiento normativo automatizado, capaces de garantizar no solamente eficiencia técnica, sino también transparencia, atención de los intereses de los usuarios y seguridad, con base en el cumplimiento de criterios éticos, y, tercero, los supervisores habrán de realizar ajustes en la normatividad sobre seguimiento y monitoreo, para adaptarla a las nuevas realidades de un entorno digital, traduciendo la legislación a un lenguaje de algoritmos y fomentando su uso en las entidades supervisadas, todo lo anterior tomando como referencia las experiencias y las mejores prácticas internacionales.

Referencias

- Anagnostopoulos, I. (2018). Fintech and RegTech: Impact on regulators and banks. *Journal of Economics and Business*, 100(2018), 7-25.
- Arner, D. W., Barberis, J. N., & Buckley, R. (2016). The evolution of Fintech: A new post-crisis paradigm? *SSRN Electronic Journal*, 47(4), 1271-1319.
- Arner, D. W., Zetsche, D. A., Buckley, R. P., & Weber, R. H. (2020). The future of data-driven finance and RegTech: Lessons from EU big bang II. *Stanford Journal of Law, Business & Finance*, 25(2), 245-288.
- Barefoot, J. A. (2020). *Digitizing financial regulation: RegTech as a solution for regulatory inefficiency and ineffectiveness* [M-RCBG Associate Working Paper Series 150]. Harvard Kennedy School, Mossavar-Rahmani Center for Business & Government. https://www.hks.harvard.edu/sites/default/files/centers/mrcbg/files/AWP_150_final.pdf
- Basel Committee on Banking Supervision. (2018). *Sound practices: Implications of fintech developments for bank and bank supervisors* [white-paper]. Bank for International Settlements. <https://www.bis.org/bcbs/publ/d431.pdf>
- Becker, M., Merz, K., & Buchkremer, R. (2020). RegTech: The application of modern information technology in regulatory affairs. Areas of interest in research and practice. *Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management*, 27(4), 161-167.
- Boreiko, D., & Massarotti, F. (2020). How risk profiles of investors affect robo-advised portfolios. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 3(60). <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frai.2020.00060/full>
- Brancatelli, A. (2018). Fintech, Regtech and impact on in-house legal departments. *International In-house Counsel Journal*, 11(42), 1-8.
- Brand, V. (2020). Corporate whistleblowing, smart regulation and Regtech: The coming of the whistlebot? *UNSW Law Journal*, 43(3), 801-826.
- Colombia Fintech. (2021). *Miembros*. <https://www.colombiafintech.co/miembros#asociados>
- Commodity Futures Trading Commission (CFTC). (2021). *LabCFTC*. <https://www.cftc.gov/LabCFTC/index.htm>

- Deloitte. (2016). *Regtech, el lado B de la innovación* [whitepaper]. https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ar/Documents/financial-services/Reg_Tech_El-Lado_B_de_la_innovaci%C3%B3n.pdf
- Di Castri, S., Hohl, S., Kulenkampff, A., & Prenio, J. (2019). *The suptech generations* [FSI insights on policy implementation 19]. Financial Stability Institute (FSI), Bank for International Settlements (BIS). <https://www.bis.org/fsi/publ/insights19.pdf>
- Enriques, L. (2017). Financial supervisors and Regtech: Four roles and four challenges. *Revue Trimestrielle de Droit Financier*, 53(2017), 1-9.
- Ernst & Young. (2016). UK FinTech census: The voice of FinTech [report]. EY, HM Treasury, Innovate Finance. [http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-UK-FinTech-Census-2017/\\$FILE/EY-UK-FinTech-Census-2017.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-UK-FinTech-Census-2017/$FILE/EY-UK-FinTech-Census-2017.pdf)
- Ernst & Young. (2019). *Cómo confiar en la máquina: Usar inteligencia artificial para combatir el lavado de dinero*. https://www.ey.com/es_co/trust/how-to-trust-the-machine--using-ai-to-combat-money-laundering
- European Banking Authority (EBA). (2018). *Guidelines on institutions' stress testing* [final report]. <https://www.eba.europa.eu/sites/default/documents/files/documents/10180/2282644/2b604bc8-fd08-4b17-ac4a-cd-d5e662b802/Guidelines%20on%20institutions%20stress%20testing%20%28EBA-GL-2018-04%29.pdf?retry=1>
- European Banking Institute. (EBI). (2019). *A regulatory sandbox for robo advice*. EBI Working Paper Series 26. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3188828
- European Parliament. (2014, 15 de mayo). *Directive 2014/65/EU of the European Parliament and of the Council*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX:32014L0065>
- European Parliament. (2015, 20 de mayo). *Directive (EU) 2015/849 of the European Parliament and of the Council*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32015L0849>
- Financial Conduct Authority (FCA). (2018a). *Call for input: Using technology to achieve smarter regulatory reporting* [report]. <https://www.fca.org.uk/publication/call-for-input/call-for-input-smarter-regulatory-reporting.pdf>

- Financial Conduct Authority (FCA). (2018b, abril). *Discussion paper on distributed ledger technology, DP17/3*. <https://www.fca.org.uk/publication/discussion/dp17-03.pdf>
- Financial Conduct Authority (FCA). (2019). *Global Financial Innovation Network (GFIN)*. <https://www.fca.org.uk/firms/innovation/global-financial-innovation-network>
- Financial Conduct Authority (FCA). (2020). *Digital regulatory reporting, phase 2, viability assessment [report]*. <https://www.fca.org.uk/publication/discussion/digital-regulatory-reporting-pilot-phase-2-viability-assessment.pdf>
- Financial Industry Regulatory Authority (FINRA). (2018). *How the cloud has revolutionized FINRA technology*. FINRA Unscripted, Ep. 12. <https://www.finra.org/media-center/finra-unscripted/how-cloud-has-revolutionized-finra-technology>
- Financial Industry Regulatory Authority (FINRA). (2021). *FINRA API Developer Center*. <https://developer.finra.org/>
- Financial Stability Board (FSB). (2017). *Artificial intelligence and machine learning in financial services: Market developments and financial stability implications [report]*. <https://www.fsb.org/wp-content/uploads/P011117.pdf>
- Finnovista. (2020). *Fintech Radar Colombia 2020*. <https://www.finnovista.com/radar/el-numero-de-startups-fintech-crecio-un-26-en-un-ano-en-colombia-hasta-las-200/>
- Fintech Global. (2022). *RegTech funding more than doubled in 2021, led by large cybersecurity deals*. <https://member.fintech.global/2022/01/12/regtech-funding-more-than-doubled-in-2021-led-by-large-cybersecurity-deals/>
- Forbes. (2019). *Rise of the chief ethics officer*. (5). <https://www.forbes.com/sites/insights-intelai/2019/03/27/rise-of-the-chief-ethics-officer/?sh=18e60c015aba>
- Freij, A. (2020). Using technology to support financial services regulatory compliance: Current applications and future prospects of regtech. *Journal of Investment Compliance*, 21(2/3), 181-190.
- Gasparri, G. (2019). Risks and opportunities of RegTech and SupTech developments. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 2(July), 14.

- Gold, N. A., & Kursh, S. R. (2017). Counterrevolutionaries in the financial services industry: Teaching disruption - a case study of RoboAdvisors and incumbent responses. *Business Education Innovation Journal*, 9 (1), 139-146.
- Hugé, F. K., Duprel, C., & Pescatore, G. (2017). The promise of RegTech. Elevating regulatory risk management in the financial industry to an effective business management practice. *Inside Magazine* (European Union Edition), 46-51. <http://www.gaco.gi/images/pdf/2017-june/lu-the-promise-regtech-27032017.pdf>
- Institute of International Finance (IIF). (2016). *RegTech in financial services: Technology solutions for compliance and reporting* [report]. <https://www.iif.com/Publications/ID/1686/Regtech-in-Financial-Services-Solutions-for-Compliance-and-Reporting>
- Institute of International Finance (IIF). (2017). *Deploying Regtech against financial crime* [report]. IIF Regtech Working Group, March. https://www.iif.com/portals/0/Files/private/32370132_aml_final_id.pdf
- Juniper Research. (2017, 24 de julio). *Chatbot conversations to deliver \$8 billion in cost savings by 2022*. <https://www.juniperresearch.com/new-trending/analystxpress/july-2017/chatbot-conversations-to-deliver-8bn-cost-saving>
- Laybats, C., & Davies, J. (2018). GDPR: Implementing the regulations. *Business Information Review*, 35(2), 81-83.
- Leo, M., Sharma, S., & Maddulety, K. (2019). Machine learning in banking risk management: A literature review. *Risks*, 7(29), 1-22.
- Manyika, J., Silberg, J., & Presten, B. (2019, 25 de octubre). What do we do about the biases in AI? *Harvard Business Review*. <https://hbr.org/2019/10/what-do-we-do-about-the-biases-in-ai>
- Micheler, E., & Whaley, A. (2020). Regulatory technology: Replacing law with computer code. *European Business Organization Law Review*, 21, 349-377.
- Office of Financial Research (OFR). (2015). *2015 financial stability report*. <https://www.financialresearch.gov/financial-stability-reports/2015-financial-stability-report/>
- Packin, N. G. (2018). Regtech: Compliance and technology judgement rule. *Chicago-Kent Law Review*, 93(1), 193-218.

- Portafolio. (2020, 5 de agosto). Interacciones con chatbots aumentaron 380%. <https://www.portafolio.co/tendencias/interacciones-con-chatbots-aumentaron-380-543397>
- Prorokowski, L., & Prorokowski, H. (2015). Solutions for risk data compliance under BCBS 239. *Journal of Investment Compliance*, 16(4), 66-77.
- República de Colombia, Ministerio de Hacienda y Crédito Público. (2020). Decreto 1234 de 2020, por medio del cual se adiciona el Decreto 2555 de 2010 en lo relacionado con el espacio controlado de prueba para actividades de innovación financiera. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=142005>
- Securities and Exchange Commission (SEC). (2010). *Rule 15c3-5, risk management controls for brokers or dealers with market access*. <https://www.sec.gov/rules/final/2010/34-63241.pdf>
- Semko, R. (2019). Machine learning for robo-advisors: Testing for neurons specialization. *Investment Management and Financial Innovations*, 16(4), 2015-214.
- Superintendencia Financiera de Colombia. (1995). *Circular Básica Contable y Financiera, Circular Externa 100 de 1995*. <https://www.superfinanciera.gov.co/inicio/normativa/normativa-general/circular-basica-contable-y-financiera-circular-externa--de---15466>
- Superintendencia Financiera de Colombia. (2014). *Circular Básica Jurídica, Circular Externa 029 de 2014*. <https://www.superfinanciera.gov.co/inicio/normativa/normativa-general/circular-basica-juridica-ce----10083443>
- Superintendencia Financiera de Colombia. (2021). *InnovaSFC*. <https://www.superfinanciera.gov.co/jsp/10097165>
- Toronto Centre. (2017, agosto). *FinTech, RegTech and SupTech: What they mean for financial supervision*. <https://res.torontocentre.org/guidedocs/FinTech%20RegTech%20and%20SupTech%20-%20What%20They%20Mean%20for%20Financial%20Supervision%20FINAL.pdf>
- Useche, A. J., & Cano, J. (2019). *Robo-Advisors: Asesoría automatizada en el mercado de valores*. AMV/Editorial Universidad del Rosario. <https://www.amvcolombia.org.co/wp-content/uploads/2019/02/Robo-Advisors-Final.pdf>
- Useche, A. J., & Juárez, F. (2020). La revolución FinTech: Transformación digital del sector financiero y el ecosistema de los negocios. En V. Gauthier-Umaña,

- R. A. Méndez-Romero, & D. Suárez (Eds.), *Voces diversas y disruptivas en tiempos de revolución 4.0* (pp. 39-60). Editorial Universidad del Rosario.
- Valkanov, N. (2020). The symbiosis "Fintech-Regtech-Suptech" or vision for high-tech financial regulation. En *Economic science, education and the real economy: Development and interactions in the digital age* (tomo 1, vol. 1, pp. 173-185). Publishing House Science and Economics Varna.
- van Liebergen, B. (2017). Machine learning: A revolution in risk management and compliance? *Journal of Financial Transformation*, 45(April), 60-67.
- Zetzsche, D. A., Buckley, R. P., Barberis, J. N., & Arner, D. W. (2017). Regulating a revolution: From regulatory sandboxes to smart regulation. *Fordham Journal of Corporate and Financial Law*, 23(1), 31-104.
- Zetzsche, D. A., Arner, D. W., Buckley, R. P., & Tang, B. (2020). *Artificial intelligence in finance: Putting the human in the loop*. Centre for Finance, Technology and Entrepreneurship. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=35317

