

## INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LAS ADMINISTRACIONES TRIBUTARIAS: OPORTUNIDADES Y DESAFÍOS

**Francisco Ossandón Cerda**

Magíster en Tributación, Universidad de Chile  
Abogado, Universidad Diego Portales  
Abogado en Servicio de Impuestos Internos  
Colaborador CET, Universidad de Chile

**Resumen:** Las tecnologías disruptivas como la inteligencia artificial están siendo utilizadas con mayor frecuencia por las administraciones tributarias para el desarrollo de sus actividades. Muchos países están introduciendo estas técnicas en cuestiones como el análisis de riesgos y en la lucha contra la evasión, o en la prestación de servicios a los contribuyentes mediante nuevos canales de comunicación. El objetivo del presente artículo es mostrar cómo se están usando estas herramientas por parte de las autoridades tributarias, destacando sus beneficios, pero también levantar algunos desafíos que ello implica.

**Palabras claves:** inteligencia artificial, machine learning, administración tributaria, big data, impuestos

### 1. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años hemos sido testigos de un creciente desarrollo de las tecnologías disruptivas tales como como la inteligencia artificial (en adelante “IA), el blockchain o el ‘internet de las cosas’, así como de su rápida adopción en la sociedad. Muchos países están interesados en el desarrollo de este tipo de tecnologías por cuanto les permitiría obtener un mayor crecimiento económico en el largo plazo. Según un reporte de la consultora McKinsey Global Institute (2018), la IA podría agregar un 16% o 13 billones de dólares a la producción económica mundial para el año 2030. Por esa razón, muchas organizaciones públicas y privadas han comenzado a utilizarlas con mayor frecuencia.

Las nuevas tecnologías posibilitan que los gobiernos presten mejores servicios públicos a través de la reducción de costos, procedimientos más rápidos, el aumento de los canales atención, mayores coberturas y mejores experiencias en las interacciones de los usuarios. Por ejemplo, en Argentina la Fiscalía de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires desarrolló Prometea, un sistema que aplica inteligencia artificial para preparar automáticamente dictámenes judiciales. Entre los beneficios de su uso, destaca la reducción de hasta un 99% en el tiempo que tomaba realizar algunas actuaciones en forma manual (Estevez et al., 2020). En Chile, la Corte Suprema recientemente anunció un proyecto para modernizar la base de datos de jurisprudencia del Poder Judicial a través de buscador de sentencias, al cual se le aplicará inteligencia artificial con el objeto de que identifique, analice y clasifique el contenido de las sentencias pronunciadas por el máximo tribunal.<sup>1</sup>

Por su parte, las administraciones tributarias (en adelante “AATT”) han incorporado tecnologías disruptivas para llevar a cabo mejores procedimientos de fiscalización, para optimizar sus procesos internos y para asistir a los contribuyentes en sus obligaciones tributarias. En particular, gracias al creciente volumen de datos obtenidos desde los contribuyentes, se han creado algoritmos<sup>2</sup> para procesar la información mediante el desarrollo de herramientas de inteligencia artificial (Serrano, 2020). De hecho, en la actualidad más de 40 administraciones tributarias en el mundo ya utilizan o planean utilizar aplicaciones de IA para el cumplimiento de sus objetivos (OCDE, 2019).

Los usos principales de esta tecnología en las AATT se dan en el ámbito de la lucha contra el fraude y la evasión, en la clasificación de riesgos y en la asistencia a los contribuyentes. Para este propósito se han desarrollado softwares con IA que clasifican a los contribuyentes mediante una serie de atributos, que detectan transacciones anómalas, o que funcionan como verdaderos asistentes virtuales a la hora de cumplir con las obligaciones tributarias. Todo esto supone una gran ventaja para el cumplimiento de los objetivos de las administraciones tributarias.

No obstante, así como la IA entrega oportunidades, también presenta una serie de desafíos, incluso riesgos, a los que vale la pena prestar atención. Algunos autores<sup>3</sup> han

---

1 Cinthya Carvajal. “Corte Suprema tendrá buscador de jurisprudencia en el que colaborarán 10 universidades”, *El Mercurio Legal*, 27 de agosto, 2012. En línea: <<https://www.elmercurio.com/Legal/Noticias/Noticias-y-reportajes/2020/08/27/Corte-Suprema-tendra-buscador-de-jurisprudencia-en-el-que-colaboraran-10-universidades.aspx>> Consultado en septiembre de 2020.

2 En términos sencillos, un algoritmo es una secuencia de instrucciones o un conjunto de reglas diseñadas para completar una tarea o resolver un problema.

3 En este sentido, a nivel iberoamericano es posible nombrar a los autores españoles Fernando Serrano, Cristina García-Herrera y Ubaldo González de Frutos. En Chile destaca especialmente el trabajo de Antonio Faúndez, Rafael Mellado y Eduardo Aldunate.

expuesto que el uso de la IA en la administración tributaria debe abordarse con detenimiento, sobre todo en consideración a los derechos de los contribuyentes y sus posibles vulneraciones en el proceso. Por ejemplo, existe la preocupación de que, al elaborar algoritmos, se traspasen sesgos humanos al programa, y que ello pueda generar algún tipo de discriminación a la hora de escoger qué contribuyentes serán sometidos a una auditoría. La posible falta de transparencia, de información e, incluso de competencia en las decisiones automatizadas, también ha sido objeto de cuestionamiento.

Debido a que la literatura sobre la inteligencia artificial en las administraciones tributarias es todavía una cuestión incipiente, el presente artículo busca abordar el tópico desde una mirada comprehensiva e introductoria. De esta manera, como objetivo principal, señalaremos cómo se están utilizando estas herramientas en la actualidad en las AATT y las oportunidades que ello podría traer en el futuro próximo. Pero también, como segundo objetivo, describiremos los desafíos y riesgos a los cuales hay que poner atención en el uso de esta tecnología.

En consecuencia, en el próximo capítulo mencionaremos brevemente qué es la inteligencia artificial, cuáles son sus características y sus principales desarrollos a lo largo de los años. En el tercer capítulo abordaremos cómo los datos han ayudado en las funciones de las administraciones tributarias, y también como han permitido la utilización de tecnologías disruptivas como la inteligencia artificial. En el cuarto capítulo mencionaremos cuáles son los ámbitos de aplicación de la IA en las autoridades tributarias; en qué áreas se está usando principalmente. Luego, en el quinto capítulo mencionaremos, a través de ejemplos, experiencias concretas de algunas jurisdicciones en las que se ha incorporado esta tecnología. En la sexta parte nos referiremos a algunos desafíos y riesgos que implica la utilización de IA en las administraciones tributarias. Finalmente, en el capítulo séptimo haremos referencia a algunas posibles soluciones para los problemas planteados.

## 2. ¿QUÉ ES LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL?

Definir la inteligencia artificial es una cuestión difícil. La razón está en que no existe un consenso generalizado sobre qué significa exactamente el término ‘inteligencia’, coexistiendo distintas visiones influidas por disciplinas como la filosofía, la psicología, las neurociencias, las matemáticas, y la informática. Como explica el jurista británico Jacob Turner (2018), la palabra ‘artificial’ es relativamente incontrovertida; significa algo sintético y que no ocurre en la naturaleza. La verdadera dificultad está en la palabra ‘inteligencia’, que puede describir en principio un rango de atributos o de habilidades.

En términos generales, la mayor parte de las definiciones relacionadas a la IA suelen ser de dos tipos: o centradas en las facultades y capacidades de los seres humanos o; racionalistas, en el sentido de que vinculan la inteligencia a una cierta capacidad de actuar racionalmente (Amunátegui, 2020). Adicionalmente, pareciera ser que la IA es un concepto dinámico y comprehensivo, que engloba una serie de otras técnicas y procedimientos. Conceptos como machine learning, data mining, deep learning y big data, que han tenido un notable desarrollo durante los últimos años, suelen ir asociados a la IA, y muchas veces no resulta sencillo establecer un límite claro entre ellos al existir una suerte de interdependencia.

Para efectos de establecer un marco conceptual introductorio adecuado y tratar de sortear en parte esta dificultad, comenzaremos por relatar brevemente algunos de los principales hitos que han ocurrido a lo largo de los años en este campo.

## 2.1 Breve historia moderna de la inteligencia artificial

En 1950, Alan Turing publicó un artículo titulado *'Computer Machinery and Intelligence'* que comenzaba con la siguiente pregunta: “¿Pueden las máquinas pensar?”. Para responder a esta pregunta, Turing propuso una prueba —hoy conocida como test de Turing— que en términos generales implica que un computador pasa la prueba —es decir, “piensa” en los términos propuestos por el autor— si un interrogador humano, luego de plantear ciertas preguntas por escrito, no puede discernir si las respuestas escritas provienen de una persona o de una máquina, debiendo ser engañado al menos un 30% del tiempo.<sup>4</sup>

Menos de una década después, en el verano de 1956, un grupo de cuatro académicos estadounidenses liderados por John McCarty organizaron una conferencia de dos meses en el Dartmouth College a la cual asistieron diez personas. Tenían la creencia de que cada aspecto del aprendizaje o de la inteligencia podía ser simulado por una máquina, por lo que el objetivo del encuentro era realizar avances significativos en la materia. De hecho, el concepto ‘inteligencia artificial’ fue inventado por el propio McCarty (Susskind, 2020). Si bien no se logró ningún avance particularmente relevante en esa oportunidad, la conferencia es comúnmente señalada como el hito que marca el inicio de

---

4 Como dato curioso, en el año 2014 tres informáticos, Vladimir Veselov y Sergey Ulasen, de origen ruso, y Eugene Demchenko, ucraniano, crearon un chatbot al que llamaron Eugene Goostman. El programa fue capaz de convencer al 33% de los jueces que participaron en la prueba en la Royal Society —sociedad científica más antigua y prestigiosa del Reino Unido— de que estaban chateando con un niño ucraniano de 13 años. Es decir, técnicamente ‘aprobaron’ el test de Turing.

la IA como disciplina, y sus asistentes las personas quienes la dotaron de una estructura teórica y computacional apropiada y la desarrollaron en distintos ámbitos (Navas, 2017).

Durante todo este periodo existió una gran expectación por lo que podrían lograr o no las máquinas, y paulatinamente comenzaron a construirse las primeras computadoras y programas del mundo. La UNIVAC I, desarrollada en 1951, fue la primera computadora comercial en Estados Unidos. En 1952 apareció la IBM 701, computadora de la compañía IBM que fue usada por Arthur L. Samuel durante la década del 50 para lograr avances significativos en programación relacionada a los juegos. Uno de sus éxitos fue con el juego de tablero ‘damas’. El programa creado por Samuel aprendió rápidamente a jugar mejor que su creador, refutando la idea que los computadores sólo pueden hacer lo que les dicen que hagan. Todos estos resultados fueron descritos por el autor en un artículo de 1959, en el cual popularizó el término machine learning.

En los años 60 se produjo un esfuerzo por formalizar matemáticamente los métodos utilizados por los sistemas de IA. También durante esta época surgieron los incipientes programas de procesamiento de lenguaje natural o NLP, por sus siglas en inglés (Navas, 2017). El NLP es un subcampo de la IA que utiliza la lingüística para estudiar las interacciones entre las computadoras y el lenguaje humano, generalmente por medio de programas que ejecuten o simulen la comunicación entre ambos. Uno de los primeros fue ELIZA, una suerte de chatbot primitivo nacido en el laboratorio de Inteligencia Artificial del MIT entre 1964 y 1966, y que simulaba ser un psiquiatra y se comunicaba por escrito con pacientes en lenguaje natural a través de respuestas prefabricadas.

A partir de la década del 70 surgieron los denominados sistemas expertos, consistentes en sistemas computacionales que emulan la capacidad de tomar decisiones o la forma de solucionar problemas complejos mediante la deducción lógica de conclusiones, tal como si se tratara de un humano. En términos generales, los sistemas expertos son de dos tipos: basados en reglas predefinidas que aplican la heurística; o basados en casos, donde la solución obtenida de un problema anterior es aplicada a nuevos problemas. Edward Feigenbaum, junto a otros especialistas de Standford, desarrollaron uno de los primeros sistemas expertos, DENDRAL, utilizado para deducir la estructura molecular a partir de la información proveída por un espectrómetro de masas (Russell y Norvig, 2020). Dicho programa tuvo un relativo éxito entre científicos durante algunos años.

Gracias a las nuevas posibilidades de procesamiento de datos y medios más simples para programar, los sistemas expertos proliferaron comercialmente durante los años 80s con la finalidad de transferir a medios informáticos las capacidades de los profesionales más peritos en determinadas disciplinas (Amunátegui, 2020). No obstante, si bien hubo avances en esta época, las predicciones que se realizaban en los años 50 y 60 sobre la inteligencia artificial no se materializaron. Las maquinas parecían ser buenas en actividades muy específicas, pero para todos lo demás eran inútiles —incluso los sistemas expertos—, careciendo de cuestiones propias de los humanos como el sentido común<sup>5</sup>. Hacia mediados de los 80s, los investigadores se encontraron en un callejón sin salida; el financiamiento disminuyó, así como el interés en el campo, por lo que este periodo se conoce como el ‘invierno de la IA’ (Susskind, 2020).

La fragilidad de los sistemas expertos condujo a un nuevo enfoque más científico a partir de los años 90s, incorporando la probabilidad en lugar de la lógica Booleana, el machine learning en lugar de la programación manual, y los resultados experimentales en lugar de cuestiones filosóficas (Russell y Norvig, 2020). Comenzaron así a converger en la IA distintas disciplinas como la estadística, la investigación de operaciones, la teoría de la decisión y la teoría del control.

El machine learning o aprendizaje automático, como se ha señalado, resurgió con fuerza durante esta época y actualmente es el área de la inteligencia artificial con mayores avances. Podemos definirlo como el ‘campo de estudio que le da a las computadoras la habilidad de aprender sin ser programadas explícitamente’ (Samuel, 1959). Los algoritmos aprenden a través del entrenamiento. Un algoritmo recibe inicialmente ejemplos cuyos outputs o salidas son conocidos, anota la diferencia entre sus predicciones y las salidas correctas, y ajusta las ponderaciones de los inputs o entradas para mejorar la exactitud de sus predicciones hasta que se optimizan. La característica definitoria de los algoritmos de aprendizaje automático, por lo tanto, es que la calidad de sus predicciones mejora con la experiencia (Kelnar, 2016).

A partir del año 2000, producto de la masificación de los computadores portátiles, smartphones, de la internet y de los avances en software y hardware, el crecimiento de los datos ha sido exponencial. Según un estudio de International Data Corporation (“IDC”) del año 2017, se esperaba que el volumen de datos

---

5 Quizás habría que precisar esta afirmación en el sentido de que la vasta mayoría de los humanos tenemos el potencial de usar el ‘sentido común’, aunque como ha quedado demostrado una y otra vez en la historia, no siempre se ejerce este atributo.

mundiales creciera de 4,4 zettabytes<sup>6</sup> a 44 zettabytes entre 2013 y 2020. Para el año 2025, la IDC predice que habrá 163 zettabytes de datos (Reinsel et al., 2017). Debido a gran cantidad de datos disponibles, durante los últimos años ha cobrado fuerza el término big data, que en términos sencillos busca hacerse cargo del problema de analizar o extraer sistemáticamente información de datos que son demasiado grandes o complejos para ser tratados por un software de procesamiento tradicional. Así es como los datos, los modelos estadísticos, la optimización y el machine learning, fueron la receta para la reunificación gradual de campos de la IA antes separados, como son la visión artificial, la robótica, el reconocimiento automático de voz, los sistemas multiagentes y el procesamiento del lenguaje natural (Russell y Norvig, 2020).

Finalmente, durante la última década se han logrado avances significativos en deep learning o aprendizaje profundo, uno de los tantos subcampos del machine learning, y el cual se encuentra inspirado en la funcionalidad de nuestras neuronas (Kelnar, 2016). Puede definirse el deep learning como ‘aquel conjunto de algoritmos que forman redes de distintas capas capaces de aprender sin supervisión a partir de datos no estructurados o no etiquetados’. Técnicamente, corresponden a calculadoras artificiales basadas en software que se aproximan a la función de las neuronas en un cerebro, conectadas entre sí. Forman una ‘red neuronal artificial’ que recibe un input; lo analiza; toma una determinación sobre él y lo informa si su determinación es correcta. Si el output es incorrecto, las conexiones entre las neuronas son ajustadas por el algoritmo, lo que cambiará las predicciones futuras. Inicialmente la red se equivocará muchas veces. Pero a medida que se alimenta por medio de millones de ejemplos, las conexiones entre las neuronas se ajustarán para que la red neuronal haga determinaciones correctas en casi todas las ocasiones (Kelnar, 2016).

El deep learning es útil porque evita que el programador tenga que realizar las tareas de especificación de características —definir las características a analizar a partir de los datos— u optimización —cómo sopesar los datos para ofrecer una predicción precisa—; el algoritmo hace ambas cosas por sí mismo a partir del entrenamiento (Singh, 2018).

---

6 Un zettabyte es una unidad de almacenamiento de información equivalente a 1021 bytes, o un 1 seguido de 21 ceros.



## 2.2 Clasificación de la inteligencia artificial

Decíamos que la mayor parte de las definiciones de la inteligencia artificial parten de la base humanista o racionalista. Por lo tanto, más que entregar una definición en particular, mencionaremos las grandes clasificaciones que hay sobre la IA.

A este respecto, los académicos Stuart Russell y Peter Norvig (2020), autores de probablemente el libro más completo sobre la inteligencia artificial en la actualidad, *'Artificial Intelligence: A Modern Approach'*, clasifican en cuatro grandes grupos a los tipos de IA:

- i. Sistemas que piensan como humanos: Estos sistemas tratan de emular el pensamiento humano mediante la automatización de actividades que vinculamos con procesos de pensamiento humano, i.e. la toma de decisiones y el aprendizaje. Un ejemplo de ello serían las redes neuronales artificiales.
- ii. Sistemas que actúan como humanos: Estos sistemas tratan de actuar como humanos; es decir, imitan el comportamiento humano, mediante el estudio de cómo lograr que los computadores realicen tareas que los humanos hoy realizan. Un ejemplo sería la robótica.
- iii. Sistemas que piensan racionalmente: Mediante la lógica tratan de imitar el pensamiento racional del ser humano; por ejemplo, los sistemas expertos.
- iv. Sistemas que actúan racionalmente: Tratan de emular de forma racional el comportamiento humano; está relacionado con conductas inteligentes en artefactos. Por ejemplo, los agentes inteligentes.

## 3. DE LOS DATOS A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LAS ADMINISTRACIONES TRIBUTARIAS

Como señalamos, durante los últimos años el mundo ha experimentado un profundo proceso de digitalización, el cual abarca prácticamente todos los aspectos de la vida. Debido a que los organismos tributarios cumplen un rol fundamental en la sociedad, se espera de ellos que se adapten rápidamente a estos cambios (OCDE, 2019). Por esta razón, gracias a distintos procesos de digitalización del sector público las administraciones tributarias han incorporado la tecnología digital a sus actividades con el objeto de mejorar la eficiencia en sus procesos internos y aquellos de cara a los contribuyentes. La tecnología crea oportunidades y ofrece soluciones para reducir las cargas



administrativas, facilitar la colaboración entre las autoridades fiscales y combatir la evasión fiscal (Comisión Europea, 2018). También mejoran la experiencia de los contribuyentes y facilitan el cumplimiento voluntario mediante servicios más rápidos y la creación de más canales de atención.

Entre los avances más significativos que la tecnología ha permitido para que las administraciones tributarias cumplan con sus objetivos, es posible nombrar los siguientes:

- i. Mejoras en los sitios web de las administraciones tributarias, prestando distintos servicios 24/7 de forma remota
- ii. Obligación para las personas de registrarse como contribuyentes a través de internet
- iii. Obligación de presentar declaraciones de impuestos por internet
- iv. Obligación de emitir documentos tributarios, como facturas o boletas, en formato electrónico
- v. Obligación de llevar libros contables y tributarios digitales
- vi. Desarrollo de aplicaciones para teléfonos inteligentes que permiten realizar diversos trámites
- vii. Expedientes electrónicos de los contribuyentes

Producto de este nuevo escenario, hoy en día las administraciones tributarias cuentan con una gran cantidad de datos disponibles en formato digital. Esto supone una gran ventaja en el desempeño de sus metas. Cuando el cumplimiento tributario era efectuado en papel (e.g. la emisión de documentos tributarios o la presentación de declaraciones de impuestos), existía el inconveniente de la poca visibilidad y control de las operaciones que realizaban los contribuyentes, dificultando la labor fiscalizadora. Este problema se ha visto disminuido notablemente debido a la digitalización; ahora los organismos tributarios poseen información de los contribuyentes de manera digital y centralizada.

Con todo, la creciente disponibilidad de datos presenta una serie de otros retos de carácter técnico, relacionado, por un lado, con la disparidad de formatos y fuentes y, por otro lado, con su almacenamiento (Serrano, 2020). A modo de ejemplo, el siguiente cuadro muestra la cantidad de documentos emitidos a mayo de 2018 por algunas administraciones tributarias seleccionadas de Latinoamérica.

### Cuadro N° 1 Cantidad total de facturas electrónicas a mayo de 2018

País	Total de documentos
Argentina	7,160,939,584
Brasil	31,292,720,000
Chile	3,068,043,039
Ecuador	4,647,491,441
México	28,114,610,859
Perú	3,468,894,145
Colombia	2,660,444
<b>Total</b>	<b>100%</b>

*Fuente: 'Las TIC como herramienta estratégica para potencial la eficiencia de las administraciones tributarias' – CIAT. Disponible en <http://www.ciat.org>.*

Las cifras que se muestran son importantes. Implican que algunos organismos están obteniendo un promedio de unos cientos de documentos por segundo. En el transcurso de unos pocos días, la cantidad de documentos recibidos es mayor a la cantidad de declaraciones impositivas que las administraciones solían recibir en un año completo (Díaz de Sarralde y Zambrano, 2020). Así, en la actualidad las autoridades fiscales manejan enormes bases de datos provenientes distintas fuentes. Estas fuentes pueden ser internas (e.g. declaraciones de impuestos de los contribuyentes o de terceros a su nombre; documentos tributarios electrónicos) o externas (e.g. bancos; otros servicios públicos; intercambio de información con administraciones tributarias de otros países).

Los datos, decíamos, también imponen una serie de desafíos para los organismos fiscalizadores. Uno de ellos corresponde al problema de disparidad de formatos. Para superar esto, la OCDE propuso la adopción de un estándar de fichero en formato XML denominado SAF-T (Standard Audit File for Tax Purposes) que permite el intercambio electrónico de datos contables entre contribuyentes y las

AATT. Este formato ya ha sido adoptado por la mayoría de los países miembros. Por otro lado, en cuanto al problema del almacenamiento de datos, resulta complejo acumular y procesar una gran cantidad de datos por medios tradicionales —el mencionado problema big data— (Serrano, 2020). Por ejemplo, el volumen de datos almacenados en las bases informáticas del Internal Revenue Service de Estados Unidos se multiplicó por 100 en la década transcurrió entre 2007 y 2017 (Gonzalez de Frutos, 2020). Debido a lo anterior, muchas administraciones tributarias han optado por usar herramientas Cloud para almacenar la información (Serrano, 2020).

No obstante, quizás el mayor reto del big data tributario —pero que en estricto rigor supone también una gran oportunidad— es el desarrollo de softwares que permitan procesar el gran volumen de datos que administran las AATT. Como indica la OCDE (2016), la recopilación y almacenamiento es sólo una parte de la problemática; lo realmente importante será el tratamiento que se haga de los datos. El verdadero valor de los datos reside en la información que se obtiene a partir de éstos. Por tanto, es aquí donde las tecnologías disruptivas como la inteligencia artificial tienen un rol fundamental, ya que no sólo facilitan en la recolección de los datos, sino que también permiten a las administraciones tributarias dejar de invertir en técnicas tradicionales de cruce de datos para pasar a invertir en herramientas más avanzadas (Seco y Zambrano, 2020).

Durante los últimos años ha existido un aumento significativo en la aplicación de IA y de técnicas de análisis avanzado de datos para gestionar el riesgo en las administraciones tributarias. Para el periodo entre 2014 y 2017, un total de 35 instituciones reportaron contar con especialistas en ciencia de datos entre sus equipos de trabajo (OCDE, 2019). Asimismo, según da cuenta un estudio elaborado ISORA, el 62,7% de las entidades fiscalizadoras de los países más desarrollados han implementado, están implementando o están planeando implementar soluciones de inteligencia artificial para sus funciones (Sarralde y Zambrano, 2020).

En el documento titulado *'Advanced Analytics for Better Tax Administration'* del año 2016, la OCDE insta a las administraciones tributarias a evaluar el uso de la analítica avanzada para el cumplimiento de sus objetivos, y lo define como 'el proceso de aplicar técnicas de estadística y machine learning para revelar información a partir de los datos y, en última instancia, para tomar mejores decisiones sobre cómo desplegar los recursos para el mejor efecto posible'. Así, entre las técnicas de inteligencia artificial y análisis avanzado de datos que han sido utilizadas por los entes fiscalizadores se encuentran el data mining, el machine learning, la comparación de patrones, el forecasting, la visualización, el análisis semántico, el clustering, las estadísticas multivariadas, el análisis gráfico, la simulación, el procesamiento de eventos complejos y las redes neuronales, entre otras (Faúndez et. al, 2020).

En general, las técnicas de análisis avanzado se dividen en dos categorías. En primer lugar, los análisis predictivos, que buscan anticipar problemas para que las AATT puedan considerar de mejor manera qué acciones deberían tomarse y en qué momento. Y los análisis prescriptivos, en segundo lugar, que buscan ayudar a los organismos fiscalizadores a entender el impacto de sus acciones en el comportamiento de los contribuyentes, para efectos de seleccionar el mejor curso de acción sobre un determinado contribuyente o grupo de contribuyentes (Serrano, 2020). Los últimos progresos están viniendo de aplicar la IA a este modelo dual, de suerte que, aunando predicción y prescripción, las actuaciones de cada contribuyente se adecúen mucho mejor al tamaño y características de cada contribuyente (Gonzalez de Frutos, 2020).

Con todo, como explica la OCDE (2016), las tareas en unos u otros análisis difieren. En el caso de los modelos predictivos, se usan técnicas que, a través proceso de ajuste de patrones y de ensayo y error, buscan descubrir regularidades en los datos históricos. Luego, estas son usadas como base para la predicción. Entre las técnicas predictivas empleadas destacan las regresiones múltiples, la regresión logística, los árboles de decisión y las redes neuronales. Por contrario, los modelos prescriptivos buscan hacerse cargo del problema de las múltiples variables que influyen el comportamiento de los contribuyentes, lo que torna difícil la distinción entre nuestras acciones de aquellos otros factores. Estas técnicas incluyen ensayos de control aleatorio, diseño de discontinuidad de regresión y análisis de variables instrumentales, y buscan básicamente responder la pregunta acerca de qué pasaría si ninguna acción o una acción distinta se hubiese llevado a cabo.

En el próximo capítulo profundizaremos en los ámbitos en los cuales las administraciones tributarias están aplicando estas tecnologías disruptivas.

#### **4. ÁMBITOS DE APLICACIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA ADMINISTRACIÓN TRIBUTARIA**

Uno de los usos más comunes que se le da a la inteligencia artificial es en el campo de la lucha contra el fraude y la evasión, mediante el análisis de riesgos. Pero no es el único. También se está utilizando la IA automatizar procesos y decisiones, y para la función de asistir, informar y guiar a los contribuyentes en el cumplimiento de sus obligaciones tributarias. En este último caso, por ejemplo, mediante iniciativas como los asistentes virtuales inteligentes. A continuación, mencionaremos los principales ámbitos de aplicación de la IA en las administraciones tributarias.

## 4.1 Análisis de riesgos

Una de las labores principales de las administraciones tributarias corresponde a la gestión de los riesgos tributarios, entendidos como la probabilidad de incumplimiento de las obligaciones por parte de los contribuyentes. Inicialmente las AATT crearon modelos de gestión de riesgos limitados, por ejemplo, enfocados en la selección de casos que serán sometidos a auditoría o en determinados impuestos. Sin embargo, en la actualidad estos modelos han transitado hacia un alcance integral, con el objetivo de gestionar los niveles estructurales de cumplimiento tributario de los contribuyentes con base en diferentes acciones o medidas, y con una mirada comprehensiva a través del ciclo de vida de éste.

Hoy, gracias a la tecnología, es posible realizar este examen de riesgos fiscales con mucha mayor precisión. Por ejemplo, la segmentación de contribuyentes a través herramientas tecnológicas avanzadas permite clasificar a los contribuyentes en función de la probabilidad de incumplimiento, iniciándose los controles en los supuestos de mayor de probabilidad de ocurrencia y, en consecuencia, en los casos más graves (García-Herrera, 2020).

Existen una serie de técnicas de data mining para medir este riesgo y la probabilidad de incumplimiento. A continuación, describiremos brevemente algunas de las más comunes: las redes neuronales artificiales y los árboles de decisión, usados para la caracterización e identificación de patrones, y las redes bayesianas, para la predicción.

Los sistemas neuronales artificiales imitan la estructura hardware del sistema nervioso, con la intención de construir sistemas de procesamiento de la información paralelos, distribuidos y adaptativos, que puedan presentar un cierto comportamiento inteligente (CIAT, 2020). Los *Self-Organizing Maps* (“SOM”) es uno de los modelos de redes neuronales artificiales más utilizado para el análisis y visualización de datos de alta dimensión, y se encuentra basado en aprendizaje competitivo no supervisado (Castellón y Velásquez, 2011).

Los árboles de decisión, por su parte, son técnicas de minería de datos que permiten inferir o clasificar observaciones de una variable dependiente por medio de algoritmos que utilizan atributos de un conjunto de observaciones mediante la construcción de reglas de decisión. Se caracterizan por su simplicidad al momento de interpretarlos, porque las reglas de decisión son explícitas; permitiendo ellas verificar si los resultados tienen coherencia con el problema real a modelar (CIAT, 2020)

Finalmente, una red bayesiana es grafo dirigido acíclico, utilizado para predecir la probabilidad de ocurrencia de diferentes resultados, sobre la base de un conjunto

de hechos. La red consta de un conjunto de nodos que representan las variables del problema que se desea resolver, y de arcos dirigidos, que conectan los nodos e indican una relación de dependencia existente entre los atributos de los datos (Castellón, 2012).

Decíamos que un uso común de estos métodos es determinar contra qué contribuyentes se ejercerán acciones de fiscalización y qué de qué tipo. De hecho, 15 de 16 administraciones tributarias seleccionadas de la OCDE respondieron precisamente que emplean las técnicas de analítica avanzada para seleccionar a los contribuyentes que serán sometidos a procesos de auditoría (OCDE, 2016).

Un ejemplo de la utilidad de estos modelos sería el siguiente: si un individuo tiene un historial de no pagar a tiempo, pero sus datos financieros dicen que sí tiene capacidad, entonces se crea un modelo especialmente diseñado que dice que ‘X tiene una capacidad de pago, pero no una propensión a pagar’. En ese caso, en lugar de empezar con una carta tipo, podrían comenzar con una acción más firme directamente, como una auditoría por parte de un funcionario (Centre for Public Impact, 2019). Y, al revés, si existen contribuyentes con una clasificación de riesgo bajo —i.e., es probable que paguen y su impacto en la recaudación es menor—, bastaría con enviar un correo electrónico o un mensaje de texto automático recordando sus obligaciones. La IA permite hacer esta distinción para un uso eficiente de los recursos.

Otro ejemplo recurrente respecto del uso de esta tecnología se da en la lucha contra la evasión en el IVA. Supóngase que se quiere construir —entrenar— un modelo predictivo que ayude a seleccionar facturas para auditar ante la sospecha de que sean facturas falsas. Habrá que utilizar casos positivos: relaciones comerciales emisor-receptor en las que el ente fiscalizador haya calificado la factura como falsa, y también casos negativos, que serían facturas previamente calificadas como correctas o sin fraude. Con estos subconjuntos se podrá entrenar un modelo que prediga con un índice de verosimilitud si una factura es falsa o no la es. Algunos ejemplos de tecnologías de modelos de decisión, entrenados a partir de casos, son precisamente las redes neuronales y los árboles de decisión (Segarra, 2020).

#### **4.2 Asistencia y servicios al contribuyente**

El área estratégica más importante de las administraciones tributarias en la actualidad es el de apoyo y asistencia a los contribuyentes. La gran mayoría de las personas busca cumplir con sus obligaciones tributarias de manera correcta. Sin embargo, muchas veces ocurre que, por desconocimiento, falta de experiencia o error, ello no ocurre. Conscientes de esta realidad, las autoridades fiscales modernas

buscan hacerse cargo de este problema mediante la asistencia y facilitación del cumplimiento tributario a los contribuyentes. Este enfoque es importante, porque la vasta mayoría de los ingresos tributarios se obtiene precisamente por medio del pago voluntario de los impuestos, y una parte muy menor a través de acciones de fiscalización tradicionales.

El modelo tradicional de atención presentaba algunos inconvenientes, como la baja cobertura (número de contribuyentes que pueden ser atendidos); los largos tiempos de espera (presenciales o por teléfono); los altos costos del personal asignado, incluida su capacitación permanente, y la limitada efectividad de las respuestas a las consultas, lo que genera frustración y desconfianza en la mayoría de los contribuyentes (Seco y Muñoz, 2019). Actualmente, gracias a la tecnología, las AATT cuentan con varias vías para prestar servicio al contribuyente como los centros de atención telefónica, el canal presencial sin listas de espera ni colas, la página web de las administraciones tributarias, los servicios de oficina virtual 24/7, las aplicaciones de telefonía móvil, buzones electrónicos, los asistentes virtuales, y sistemas actualizados de preguntas frecuentes. (Gascón y Redondo, 2020)

A continuación, nos referiremos a una aplicación de inteligencia artificial que puede ayudar a las administraciones tributarias en su búsqueda de una mejor atención a los contribuyentes: los asistentes virtuales inteligentes.

Podemos definir a los asistentes virtuales como un software que busca simular la forma de comunicación de los humanos mediante el lenguaje natural, ofreciendo respuestas y preguntas generalmente por escrito a los usuarios, para efectos de guiar a las personas en sus consultas y que éstos obtengan información de calidad. En el caso de las administraciones tributarias, se han implementado algunas de estas herramientas con relativo éxito, en países como España y Brasil. En el caso español, por ejemplo, la Agencia Estatal de Administración Tributaria (“AEAT”) se asoció con la empresa IBM para crear un asistente virtual que usa inteligencia artificial para asistir a los contribuyentes en relación con el nuevo sistema de suministro de información inmediata, relacionado con la administración del IVA. De estos casos en particular nos referiremos en el próximo capítulo.

En general, los asistentes virtuales mejoran la calidad de la información y permiten también a las AATT en ahorrar en recursos humanos. A diferencia de los servicios de información digitales tradicionales, que ofrecen la información en repositorios estáticos (por ejemplo, preguntas frecuentes o instrucciones generales) los asistentes virtuales son dinámicos, y como son capaces de interpretar el lenguaje natural y comprender la pregunta del contribuyente, ofrecen la respuesta pertinente de forma rápida y segura, mejorando la experiencia del usuario (González de Frutos, 2020).



En particular, un asistente virtual permite entender la expresión que utiliza un usuario para preguntar una cuestión o, también, para realizar un trámite. Asimismo, permite requerir, vía conversación, las precisiones que sean necesarias para responder a la pregunta u ofrecer el servicio solicitado. El conocimiento en el que se basa un asistente virtual para comprender lo que se solicita consta de una serie de ‘intenciones’ (cuestiones o servicios) y una serie de expresiones para cada intención. La introducción de estas expresiones es el entrenamiento del asistente virtual. Obviamente, si un usuario utiliza algunas de estas expresiones, el asistente virtual podrá entender otras expresiones que se “parezcan” a las expresiones entrenadas. Este proceso de ampliación de la capacidad de comprensión se llama “expansión” (Segarra, 2020).

Un ejemplo de lo anterior, según explica Santiago Segarra, sería como sigue. Supongamos que se ha entrenado un asistente virtual para que responda preguntas de IVA. Existen tres ‘intenciones’ entrenadas: (i) ¿la operación lleva IVA?; (ii) ¿quién está obligado al IVA?; (iii) ¿Qué tipo de IVA hay que aplicar? Cada una de estas tres ‘intenciones’ ha sido entrenada con cuatro expresiones distintas.

Luego, en el evento que una persona haga una consulta ¿Qué IVA lleva una obra?, el asistente virtual realizará un análisis de afinidad con cada ‘intención’, identificando, por ejemplo, que la consulta tiene un nivel de afinidad de 85% con la tercera ‘intención’, y un 12% y 5% respectivamente, con el resto. A partir de este análisis, el asistente decide que la más apropiada es la tercera. Pero luego el diálogo continúa, y el asistente puede seguir preguntando cuestiones como ¿qué tipo de obra es?, hasta finalmente llegar a un resultado final óptimo.

### 4.3 Decisiones automatizadas

Un número creciente de administraciones tributarias se encuentra utilizando herramientas automatizadas mediante el uso de enfoques basados en reglas para adoptar determinadas decisiones de forma automática. Estas acciones se han usado, por ejemplo, para denegar automáticamente una petición realizada por los contribuyentes, para la confección cartas o para asignar información dudosa de un contribuyente en particular (OCDE, 2019).

En efecto, pensemos en todas aquellas declaraciones en las cuales se solicita una devolución de impuestos por los contribuyentes y ésta es retenida por parte de las administraciones tributarias, por existir alguna inconsistencia u otra situación irregular. Si cada año se reciben millones de declaraciones, y de esas una buena parte corresponde a solicitudes de devolución, si no se usaran sistemas tecnológicos capaces de analizar dicha información respecto de cada contribuyente —con

parámetros previamente establecidos por funcionarios del ente fiscalizador— sería imposible realizar esa tarea de comprobación de forma manual. Podrían hacerlo, claro está, pero el universo de casos revisados sería ínfimo y el proceso inútil. En consecuencia, se utilizan programas que realizan esta tarea de forma automática.

Estas actuaciones ‘robóticas’ ocurren en tiempo real o cuasi-real y están sustituyendo a actuaciones previamente realizada por funcionarios, logrando gestionar la información de manera masiva, temporánea y segura, evitando el error humano, de suerte que en muchos aspectos suponen actuaciones más efectivas y eficiente que la tradicional ‘comprobación de mesón’ (González de Frutos, 2020). Ello implica una reducción sustancial de costos, además una ganancia en términos de eficiencia y tiempo.

La automatización de procesos ha existido desde hace muchos años dentro de las organizaciones, incluso dentro de las administraciones tributarias.<sup>7</sup> Sin embargo, la diferencia es que hoy en día el proceso de automatización incluye también el uso de inteligencia artificial o machine learning para toma de decisiones. Este tipo de herramientas se está utilizando cada vez con mayor frecuencia y en más procesos. Con el tiempo, incluso es posible pensar en que estos programas pueden ser capaces de llevar adelante procedimientos completos de forma cuasi-autónoma, y llegar a todo ámbito de aplicación; sobre todo, en consideración a que la mayoría de los procedimientos en la actualidad se desarrollan de manera digital.

El siguiente es un ejemplo hipotético que perfectamente podría darse en el futuro cercano. Supongamos que un software desarrollado por la administración tributaria detecta que una declaración presenta irregularidades. Luego, el sistema emite una carta que es confeccionada por éste y es enviada automáticamente por correo electrónico al contribuyente indicándole cuál es la inconsistencia, y, en el mismo acto, le indicará qué documentos necesita acompañar para solucionar estas diferencias. Luego, el contribuyente acompaña en su expediente electrónico la documentación solicitada. El software, al revisar esta documentación<sup>8</sup>, le indica al contribuyente que ella no es suficiente para subsanar las anomalías. Consecuentemente, el sistema

---

7 Véase, por ejemplo, el artículo del año 1969 escrito por William H. Smith, *Deputy Commissioner* del *Internal Revenue Service* de Estados Unidos, ‘Automation in Tax Administración’, disponible en <<https://scholarship.law.duke.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3267&context=lcp>> Consultado en diciembre de 2020.

8 Un software que utilice técnicas de procesamiento de lenguaje natural y/o machine learning para la revisión de esta documentación. Ya existen programas que podrían desarrollar esa labor. Por ejemplo, Ross Intelligence era un software entrenado que utilizaba la tecnología de Watson de IBM para la búsqueda y clasificación de documentos legales como jurisprudencia.

emite un acto que determina diferencias de impuestos y lo notifica vía correo electrónico al contribuyente. En todo el proceso no hubo intervención directa de algún funcionario.

Este ejemplo hipotético, que pudiera parecer exagerado o de ciencia ficción, no estaría tan lejos de la realidad tratándose de situaciones o procedimiento que son más sencillos de fiscalizar o que involucran revisiones más rutinarias. Máxime, algunos de los pasos de este tipo de procedimientos ya se realizan de forma automática.

La automatización de procesos también ha traído cambios en las labores de los funcionarios. Anteriormente los funcionarios gastaban mucho tiempo realizando tareas rutinarias de ‘atenciones de mesón’ (e.g. verificando datos, nombres, números, o introduciendo esta misma información en los sistemas de manera manual). Hoy en día estas labores pueden ser realizadas por un programa. De esta manera, el funcionario respectivo puede ser derivado en la atención directa de público, donde llegan personas con consultas más específicas o que necesitan la guía y asistencia de un humano para la solución de su problema; o puede ser derivado a la resolución de problemas que requieren una mayor complejidad y análisis.

## **5. ALGUNOS EJEMPLOS DEL USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LAS ADMINISTRACIONES TRIBUTARIAS**

En el presente capítulos ahondaremos en cómo las distintas jurisdicciones han utilizado o se encuentran utilizando herramientas de IA, machine learning, analítica avanzada y NLP, entre otras. Para ello, nos enfocaremos principalmente en los casos de Chile, Brasil y España, sin perjuicio de mencionar otros ejemplos.

### **5.1 Chile**

En el caso de Chile, la primera experiencia en el uso de herramientas de analítica avanzada fue en el año 2007, mediante herramientas SOM y K-means para segmentar contribuyentes de IVA (Castellón y Velásquez, 2011). Con esto, se logró validar un modelo de comportamiento de los contribuyentes. Los datos que sirvieron de base para tales herramientas provienen de dos declaraciones presentadas por los propios contribuyentes: el Formulario 29, sobre declaración de impuestos mensuales, y el Formulario 4415, sobre declaración de inicio de actividades (Faúndez et. al, 2020).

Siguiendo la tendencia internacional, en el año 2009 se construyen modelos de riesgos en distintas etapas del ciclo de vida del contribuyente, en los que se aplican

técnicas de redes neuronales, arboles de decisión y regresión logística. Como destacan los autores Castellón y Velásquez (2011), en el año 2009 también se desarrolla la primera experiencia para detectar potenciales usuarios de facturas falsas a través de redes neuronales artificiales y arboles de decisión, utilizando principalmente información de su declaración de IVA y Renta en micro y pequeñas empresas.

Estos mismos autores realizaron un estudio en el año 2011 que complementa el realizado anteriormente, pero con variables adicionales relacionadas como el comportamiento histórico de los contribuyentes y el año en análisis, la inclusión de personas relacionadas y la inclusión de un modelo para medianas y grandes empresas. Para efectos de la caracterización e identificación de patrones, se aplicaron tres técnicas de data mining: *Self-Organizing Maps* (SOM), gas neuronal (NG) y árboles de decisión. Posteriormente para la predicción se utiliza redes neuronales con *backpropagation* y redes bayesianas.

Entre las conclusiones, destacan por ejemplo que los árboles de decisión eran una buena técnica para detectar variables que permiten distinguir entre casos de fraude y no fraude. En relación a los modelos predictivos, los que tuvieron mejor desempeño fueron los modelos de red neuronal de perceptrón multicapa, donde el fraude asignado a las micro y pequeñas empresas fue correcto en un 92 %, mientras que, en las medianas y grandes empresas, este porcentaje fue de 84 %.

Como hemos podido apreciar, uno de los principales problemas detectados en la gestión del IVA es el uso irregular de los créditos fiscales por parte de los contribuyentes. En el caso de Chile, el IVA es el principal impuesto recaudador, por lo que su importancia es aún mayor para las arcas fiscales.

De hecho, el SII reveló en noviembre del año 2020 que han logrado recaudar más de \$20 mil millones de pesos controlando el uso de facturas falsas mediante la aplicación de diversas herramientas tecnológicas como big data, técnicas de analítica avanzada, machine learning, clusterización y visualización. Así, se han identificado más de 3.200 emisores de facturas realizando una clasificación de todos los contribuyentes, de acuerdo a características comunes y, para cada conjunto, se han desarrollado modelos predictivos de detección de potenciales contribuyentes de comportamiento tributario agresivo en base a su conducta. Estos modelos permiten alertar situaciones de riesgos que activan protocolos de revisión de todos los contribuyentes.<sup>9</sup>

---

9 Servicio de Impuestos Internos, 'Más de \$20 mil millones ha recaudado el SII en el control del uso de facturas para defraudar al fisco'. En línea: < <https://www.sii.cl/noticias/2020/091120noti01er.htm> > Consultado en noviembre de 2020.

Por otro lado, como da cuenta los autores Seco y Zambrano (2020), en abril del año 2019 la administración tributaria chilena implementó un sistema a modo de prueba de concepto utilizando herramientas de inteligencia artificial —especialmente machine learning— cuya fuente principal son las facturas electrónicas presentadas por los contribuyentes, para la identificación de transacciones anómalas y de irregularidades.<sup>10</sup>

Las etapas principales del sistema son las siguientes:

- i. Catalogar productos a partir de glosarios.
- ii. Determinar la relación entre productos y actividades económicas.
- iii. Identificar operaciones que no se correspondan con la actividad económica específica del comprador.
- iv. Generar notificaciones y visualizaciones.

El sistema se desarrolló con soporte de una empresa privada local y utilizando herramientas en la nube de Azure AI (Microsoft), además de los lenguajes de programación Python y ‘R’.

El proceso de desarrollo del sistema siguió las siguientes etapas:

- i. Comprensión de la actividad: Entender cómo funcionan las actividades de la administración tributaria desde la perspectiva de los contribuyentes y la misma administración.
- ii. Fuentes de datos: Definir las fuentes de datos a utilizar.
- iii. Datos utilizados: Identificar los datos a utilizar a partir de cada fuente definida y sus posibles relaciones.
- iv. Creación del diccionario de datos: Se crea mediante un proceso de recuento de la frecuencia de las palabras utilizadas dentro de los campos “nombre” y “descripción del ítem”, y un proceso de agrupamiento de las palabras más frecuentes.
- v. Para mejorar la calidad de este recuento, se deben limpiar los campos mencionados de las palabras vacías estándar en español.
- vi. Se utilizó el lenguaje de R y Azure Machine Learning Studio para realizar las tareas de recuento y limpieza.

---

10 Desde 2018 es obligatorio en Chile la emisión de facturas electrónicas para todos los contribuyentes.

- vii. Proceso de clasificación: Clasificación de los ítems identificados en el diccionario. Se utilizó el “bloc de notas” en Python.
- viii. Proceso de identificación de irregularidades: Se utilizaron distintos métodos estadísticos para seleccionar facturas rechazadas o sospechosas y mostrarlas a los usuarios en pantallas de visualización (implementado en Power BI).

A partir de estas interacciones, el sistema aprende y se vuelve más criterioso en el proceso final de formulación de propuestas de sospecha y rechazo. Los resultados preliminares están disponibles para los equipos internos, a fin de permitirles evaluar de forma continua el grado de aprendizaje del sistema y realizar los ajustes necesarios. Sin duda que en el futuro estas herramientas cada vez más inteligentes se utilizarán con mayor frecuencia.

## 5.2 España

España es otro de los países en los cuales su administración tributaria ha sido pionera en la incorporación de tecnologías como la IA para el cumplimiento de sus funciones. Anteriormente señalamos que la Agencia Tributaria española introdujo un asistente virtual que utiliza tecnología desarrollada por la compañía IBM, precursora en el campo de la inteligencia artificial. Ello, con el objeto de dar soporte a los contribuyentes incluidos en el nuevo régimen de suministro inmediato de información del IVA (Bilbao, 2019).

En efecto, en el año 2017, la AEAT determinó que la información incluida en las facturas emitidas por ciertos contribuyentes era enviada a la agencia tributaria hasta cuatro días después de su emisión. Por eso, decidió crear el suministro inmediato de información para más de 63.000 contribuyentes. Dado que la normativa emitida por las administraciones tributarias suele sufrir modificaciones, cumplir con las obligaciones tributarias puede resultar un proceso complejo para muchos profesionales del área contable y financiera. A fin de encontrar una solución innovadora para ayudar a los profesionales a resolver sus dudas, se desarrolló un asistente virtual utilizando la plataforma Watson de IBM con tecnología en la nube, que es capaz de contestar las preguntas que puedan surgir al respecto (Seco y Zambrano, 2020).

Pero ¿por qué se llegó a la creación del asistente virtual? Cuando se inició la campaña del suministro inmediato de información en enero de 2017, las preguntas diarias vía correo electrónico no excedían de 50, lo que permitía responderlas en el plazo de una semana. Sin embargo, para el mes de julio, una vez que entró en vigencia el nuevo régimen, el número de consultas aumentó a 200 en promedio,

un número elevado teniendo en consideración que sólo afectaba inicialmente a 62.000 contribuyentes. Este gran número de preguntas y la poca cantidad de funcionarios que pudieran hacerles frente, llevaron a la AEAT a buscar la solución en la inteligencia artificial, para efectos de que los funcionarios pudieran ser asignados a tareas más complejas y menos rutinarias, automatizando las respuestas a los contribuyentes (OCDE, 2019).

En términos generales, el asistente virtual de la Agencia Tributaria funciona con tecnología cognitiva de IA, caracterizada por ‘entender’ el lenguaje natural de las personas —NLP— y por la habilidad de aprender a partir de la información que captura —machine learning—. Para su creación se necesitaron 5 pasos o fases en términos generales: (i) Diseño, que es la compilación de todas las posibles preguntas y sus respuestas mediante árboles de decisión. Un insumo importante fueron las preguntas frecuentes que eran enviadas por correo electrónico; (ii) Desarrollo, que es el entrenamiento del asistente virtual, y que se efectúa mediante preguntas formuladas por los programadores y funcionarios; (iii) Pruebas, que las realizan personas externas que no participaron en la creación del programa; (iv) Lanzamiento, etapa en la cual es accesible a los contribuyentes en general, y; (v) Revisión de la conversación, puesto que permite identificar posibles fallas y mejorar la calidad del servicio.

Es así como mediante el bot creado por la AEAT se pueden resolver de forma automatizada dudas técnicas durante 24 horas al día, 7 días a la semana, reduciendo los efectivos dedicados a su resolución y mejorando la productividad y eficacia tanto de los contribuyentes como de la administración (Bilbao, 2019). También permite otorgar respuestas dinámicas y no estáticas, lo cual mejora la experiencia de los usuarios. Finalmente, presenta la ventaja de otorgar seguridad jurídica al tener respuestas estandarizadas y no particulares.

Según el diario español Expansión, desde la implementación del asistente, el departamento de gestión tributaria de la AEAT registró una reducción del 80 % en la cantidad de correos electrónicos recibidos: de 900 mensajes por semana, a 165. Por su parte, las consultas a través del asistente virtual se multiplicaron por diez: de 200 solicitudes en la primera semana de uso, a un máximo de 2000 en noviembre de 2018 (Seco y Zambrano, 2020).

### 5.3 Brasil

Brasil es otro de los casos en la utilización de tecnologías disruptivas dentro de las administraciones tributarias.



En el ámbito de la fiscalización, La Receita Federal do Brasil —la autoridad tributaria de dicho país— desarrolló de manera conjunta con universidades nacionales el proyecto HARPIA (Risk Analysis and Applied Artificial Intelligence). Este proyecto consiste en desarrollar un sistema de detección de puntos atípicos que ayude a los fiscalizadores a identificar operaciones sospechosas basado en la visualización gráfica de información de importaciones y exportaciones históricas, y un sistema de información de exportación de productos, apoyado en cadenas de markov, para ayudar a los importadores en el registro y clasificación de sus productos, evitar duplicidades y calcular para la probabilidad de que una cadena es validada en un determinado dominio (Castellón y Velásquez, 2011).

En este caso, el procesamiento automatizado se deriva del registro y clasificación de los productos y sus respectivos exportadores, un mecanismo que debe estar disponible para los contribuyentes que están interesados en el acto de administración fiscal. Se trata de procesos complejos que pueden generar cruces de información con los llamados ‘archivos digitales’, que son solicitados por el auditor fiscal de la Secretaría de Ingresos Federales —SRF— a través del sistema de validación y autenticación de archivos digitales —SVA—. A partir del año 2016, Brasil también comenzó a aplicar la inspección selectiva inteligente basada en big data y análisis de datos, destinada a controlar el IVA (ICMS) y el impuesto sobre los vehículos (Faúndez et. al, 2020).

Por otro lado, en el ámbito de la asistencia a los contribuyentes, la Secretaría de Finanzas del Estado de Piauí comenzó a utilizar en el año 2019 un asistente virtual al que llamaron ‘Teresa’, que tiene por misión mejorar la relación de la administración con los contribuyentes, aumentar la recaudación, incrementar la eficiencia del proceso de créditos tributarios, obtener mejores datos de los contribuyentes con miras a combatir la evasión, entre otros. En Brasil, los estados, a través de sus secretarías de finanzas estatales (SEFAZ, por su sigla en portugués) son responsables de la administración de algunos impuestos, como el impuesto a la circulación de mercaderías y servicios (ICMS) —similar al IVA—, el impuesto sobre la propiedad de vehículos automotores (IPVA) y el impuesto sobre transmisión causa mortis y donación de cualquier bien o derecho (ITCMD).

El asistente virtual recibió capacitación cognitiva para brindar información sobre el ICMS y asuntos relacionados —como declaraciones con información económica y tributaria y el tránsito de bienes—, documentos impositivos electrónicos, el impuesto sobre automotores —IPVA— y la Nota Piauiense —sistema de sorteos para consumidores finales—. Al igual que en el caso español, Teresa utiliza tecnología de IBM Watson en la nube, con un máximo de 500 ‘intenciones’ (Seco y Zambrano, 2020).

Inicialmente, el proveedor entrenó al asistente virtual para que refinara su vocabulario y uso de regionalismos, con la colaboración de técnicos de la SEFAZ-PI. En una segunda fase, la Secretaría de Finanzas se encargará del monitoreo sistemático del rendimiento y la efectividad. Se calcula que alcanzará con dos técnicos en dos turnos para cubrir esta tarea. Teresa comenzó con un modelo de prueba para los funcionarios del gobierno estadual, y a partir del segundo trimestre de 2019 se lo puso a disposición de la ciudadanía (Seco y Zambrano, 2020).

#### 5.4 Otros casos

Perú fue uno de los primeros países a nivel latinoamericano en aplicar técnicas avanzadas para detectar la evasión tributaria, incorporando al sistema de selección en la Aduana Marítima del Callao una herramienta de inteligencia artificial basada en redes neuronales. Durante el año 2004, este modelo fue mejorado a través de la aplicación de reglas difusas y de asociación para el preprocesamiento de las variables y árboles de clasificación y regresión (CART) para seleccionar las variables más relevantes (Castellón y Velásquez, 2011).

En Estados Unidos se ha usado el machine learning por parte del Internal Revenue Service para crear un modelo de reyes bayesianas que permite identificar el riesgo leve, medio o elevado de las grandes empresas, e incluso se está pensando en ampliarlo a otro tipo de contribuyentes (García-Herrera, 2020).

Un proyecto interesante es el que realiza la autoridad tributaria de Singapur, donde se utilizan técnicas de text-mining para clasificar, analizar y obtener información acerca de las consultas realizadas por los contribuyentes vía e-mail. Dicha información luego se procesa y ello permite priorizar iniciativas como campañas informativas a tiempo sobre determinados asuntos (OCDE, 2016b).

Otras administraciones como las de Canadá, Irlanda, Noruega y Reino Unido, usan una mezcla de modelos predictivos y prescriptivos para administrar qué canales de atención usan más los contribuyentes para sus comunicaciones. En general, se usa la analítica para fomentar un mayor uso de canales digitales, lo que les permite así obtener más información sobre ellos —más datos procesables, en definitiva—.

Finalmente, la administración tributaria de Finlandia, como comentan los autores Faúndez et. al (2020), ha introducido la tecnología *Robotic Process Automation* (“RPA”) que permite la configuración de programas informáticos de comunicación para capturar e interpretar las aplicaciones existentes para procesar una transacción, manipular datos, activar respuestas y comunicarse con otros sistemas digitales. El uso de RPA para estas actividades ofreció a la administración tributaria finlandesa

la posibilidad de reducir la carga de trabajo en 52 años de esfuerzo por persona, así como una mejora en la calidad del trabajo y una reducción de los errores. También, dicha AATT ha completado el desarrollo de sus primeros robots de demostración utilizando procesos en el trabajo de auditoría. Así, las aplicaciones de los robots se están utilizando para llevar a cabo controles de calidad de los datos y para reunir datos de diferentes fuentes, lo que permite a la autoridad fiscal recopilar datos de fuentes que son útiles pero que en la actualidad tardan demasiado tiempo en ser recopilados por sus funcionarios.

## **6. DESAFÍOS DEL USO DE LA IA EN LA ADMINISTRACIÓN TRIBUTARIA**

Los desafíos que impone el uso de tecnologías disruptivas como la inteligencia no son sólo aplicables a la administración tributaria, sino que a la sociedad en su conjunto. Por eso es que muchos países y organizaciones internacionales están implementando políticas o estrategias que buscan evaluar la incorporación de estas tecnologías en nuestra cotidianidad, principalmente, mediante la prescripción de reglas o principios que hagan de su utilización algo seguro y que vaya en beneficio de todos, tanto por parte de las empresas como de los gobiernos.

Varios actores relacionados con la IA, incluyendo científicos, académicos y empresarios, de la talla de Elon Musk, Bill Gates o Stuart Russell, han reparado en algunos de los peligros que esta tecnología puede tener en el futuro próximo (Tegmark, 2017); sobre todo, cuando se llegue a un nivel de superinteligencia artificial, tal como describió Nick Bostrom en un libro homónimo. Si bien los posibles peligros futuros son importantes, en el desarrollo actual en el cual se encuentra la IA también es posible identificar algunos riesgos que merecen nuestra atención. Estos riesgos, a su vez, pueden ser replicados en el ámbito de las administraciones tributarias al usar dicha tecnología, por lo que resulta relevante su estudio.

A continuación, mencionamos algunos de los principales desafíos que implica el uso de IA por parte de las autoridades tributarias.

### **6.1 Discriminación algorítmica**

La discriminación es el trato diferente y perjudicial que da a una persona debido a categorizaciones arbitrarias o irrelevantes. Es una discriminación algorítmica cuando se produce en un entorno de datos automatizado. En realidad, de modo consciente o inconsciente, las AATT siempre han discriminado. Cuando potenciamos la función

de la administrativa mediante la IA estamos acelerando esas discriminaciones (González de Frutos, 2020). Pensemos, por ejemplo, en el caso de contribuyentes cuyas actividades son más propensas a presentar fraudes o irregularidades. En Chile diríamos que la actividad de la ‘chatarra’ es una de esas situaciones. O también, cuando observamos que una determinada transacción de un contribuyente que está siendo auditado incluye un país considerado como paraíso fiscal.

No es que las administraciones tributarias sean intrínsecamente malvadas. Lo que ocurre es que, como todo sistema humano, las aplicaciones de la IA para estimar el riesgo fiscal, por ejemplo, son imperfectas. Dado que no es posible captar la realidad en toda su complejidad, los algoritmos utilizan indicadores en cuyas ideas intervienen personas (González de Frutos, 2020). Estas personas, a su vez, tienen sus propios sesgos, errores y opiniones, que pueden influenciar la creación de los algoritmos, lo que perjudicaría la validez de los resultados obtenidos.

Pero no sólo eso, sino que también los sistemas como machine learning se alimentan de datos históricos. El problema de predecir el futuro en base a hechos del pasado es que el algoritmo va a interiorizarlo y hacerlo suyo. Y si, por ejemplo, tengo un grupo de contribuyentes que durante los últimos años han sido investigados por la autoridad tributaria, probablemente seguirán siéndolo en el futuro (González de Frutos, 2020).

Lo anterior puede lesionar derechos como la igualdad o equidad. Pensemos, por ejemplo, en el caso del Reino Unido que, aunque no es estrictamente una situación tributaria, puede servir para ilustrar el punto. Debido a la pandemia, al igual que ocurrió en la mayoría de los países, muchos colegios debieron cerrar en ese país. El Gobierno decidió que los adolescentes no serían examinados, sino que, para entregarles sus calificaciones, se elaboraría un algoritmo para que decidiera cuales serían estas. Ese algoritmo tenía más en cuenta los antecedentes académicos de las escuelas en el pasado y su área geográfica —zoma humilde o acomodada— en vez de darle más peso a las recomendaciones de los profesores y las calificaciones que éstos consideraban que sus alumnos debían recibir. ¿El resultado? Para muchos jóvenes, las notas concedidas por el programa eran más bajas que las propuestas por los profesores, no reflejaban el rendimiento en clase y no tenían en cuenta, por ejemplo, el esfuerzo personal del alumno, aunque procediera de una escuela con nivel académico en general bajo. Los alumnos de colegios privados, en cambio, parecían más beneficiados. El Gobierno tuvo que dar marcha atrás en su propuesta<sup>11</sup>.

---

11 Ramón Jara. “La profunda diferencia social en la educación británica que dejó en evidencia la pandemia de covid-19”, *Emol*, 18 de agosto, 2020. En línea: <<https://www.emol.com/noticias/Internacional/2020/08/18/995355/Reino-Unido-coronavirus-educacion.html>> Consultado en septiembre de 2020.

Con todo, en el contexto de las administraciones tributarias se conocen ya casos de discriminación algorítmica. En el Internal Revenue Service de Estados Unidos se emplearon criterios inapropiados —como posiciones políticas— en la selección de contribuyentes que iban a ser sometidos a un procedimiento de auditoría (Herrera-Blanco, 2020).

Como se puede apreciar, no es que los programas hayan fallado porque son intrínsecamente malvados o imperfectos; al contrario, probablemente funcionaron a la perfección y cumplieron sus objetivos. El problema es que los parámetros usados por las personas que elaboraron dichos algoritmos no fueron los más adecuados. En consecuencia, el uso de tecnología avanzada como la IA no asegura siempre que los resultados sean óptimos desde una perspectiva de justicia material, por ejemplo.

## 6.2 Falta de transparencia

El problema de la falta de transparencia en el uso de IA en la administración tributaria se puede resumir en la siguiente pregunta: ¿tiene derecho el contribuyente que ha sido caracterizado como quien tiene riesgo de incumplimiento de las obligaciones tributarias a conocer los sistemas tecnológicos que han procesado dicha información? (Faúndez et. al, 2020). O en forma más específica, ¿deben las administraciones tributarias revelar el código del algoritmo que genera la información?

La respuesta no es sencilla puesto que, por un lado, los derechos de los contribuyentes hoy en día abogan por el principio de la transparencia; es decir, la revelación a los contribuyentes de toda clase de información no reservada. En el caso chileno, pensemos por ejemplo en la ampliación por parte de la Ley N° 21.210 de 2020 del catálogo de los derechos de los contribuyentes del artículo 8 bis del Código Tributario. Sin embargo, por otro lado, el exceso de transparencia podría entregar información a los contribuyentes sobre los parámetros utilizados y, por consiguiente, sobre qué acciones pudiera tomar en el futuro para no caer dentro de los parámetros para ser investigados.

En opinión de García-Herrera (2020), desde la óptica de los contribuyentes, existe la necesidad de garantizar los derechos ante los riesgos que se derivan de esta opacidad, y ello llevaría a la adopción de medidas de transparencia que permitan a los contribuyentes conocer cómo se ha tomado una decisión automatizada o a través de la IA, dándoles la posibilidad de defenderse si la decisión ha sido arbitraria, esto es, la explicabilidad de los algoritmos.

Con todo, todavía puede existir falta de transparencia cuando el algoritmo incorpora un componente de deep learning, pues en tal caso las reglas de decisión son dinámicas

y en cualquier momento difieren de las que introdujo el programador, llegando a convertirse en un mecanismo de *black box*, donde se conocen los insumos y los resultados, pero se ignora lo que ocurre en el proceso de decisión (González de Frutos, 2020). Este problema no se arreglaría de forma tan fácil con mayor transparencia.

### 6.3 Falta de competencia en decisiones automatizadas

Como tercera cuestión, cabe plantearse el papel de la inteligencia artificial en relación con la toma de decisiones administrativo-tributarias, puesto que la interrogante surge cuando esta robotización de las actuaciones puede ser considerada bien como una ayuda de carácter técnico a la toma de la decisión o, como un supuesto de decisión automatizada. El tipo de potestades administrativas en que la robótica podría incidir y la clase de actos administrativos que podrían generarse es objeto de un incipiente debate (Serrano, 2020).

¿Pueden los ‘robots’ tomar las decisiones y llevar adelante procesos por sí mismos? Diríamos que en la mayoría de los ordenamientos jurídicos la respuesta es negativa, por cuanto éstos contemplan que las resoluciones sean dictadas por funcionarios competentes para ello —funcionarios humanos, claro está. Por lo tanto, de existir la posibilidad que los programas realicen estas actividades, deberán dictarse leyes especiales que así lo permitan.

Sin embargo, todavía podría ocurrir una situación límite. Supongamos que sea crea un sistema capaz de realizar cada una las actuaciones que implica una auditoría tributaria para ciertas revisiones sencillas de comprobar —como el ejemplo que mencionamos en el capítulo cuarto—. Este sistema, el cual aplica inteligencia artificial y otras tecnologías avanzadas, si bien sería capaz de actuar ‘por sí mismo’, la legislación no lo permite y requiere en toda intervención la validación de un funcionario humano. Si fuese una tarea mecánica y sencilla, la intervención de este funcionario humano quizás se limitaría a aceptar sin más todo lo concluido por el programa inteligente, sin siquiera mirar el fondo e incluso la forma. En este caso, ¿quién está tomando realmente la decisión? ¿el programa o el funcionario? ¿no hay acaso ya algo de esto ocurriendo actualmente?

## 7. ¿HACIA UNA ADOPCIÓN DE PRINCIPIOS EN EL USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LAS ADMINISTRACIONES TRIBUTARIAS?

En el capítulo anterior mencionamos algunos de los problemas que puede crear el uso de la inteligencia artificial por parte de las administraciones tributarias. Si

bien estas alegaciones son importantes, no puede desconocerse que el uso creciente de este tipo de tecnologías disruptivas es un camino sin retorno. El mundo se encuentra avanzando hacia su utilización masiva, por lo tanto, la vía, como en muchos ámbitos, más que la prohibición, parece ser el de la regulación.

Algunos autores, como Cristina Herrera-Blanco (2020), han planteado algunas soluciones para las problemáticas revisadas. En concreto, la jurista propone la adopción de cinco principios que deben guiar la acción tributaria por parte de los organismos fiscalizadores, los cuales revisaremos a continuación:

- i. Principio de la prudencia: la aplicación de técnicas de IA modernas es reciente, por tanto, ello supone prudencia en su adopción. Esto se manifiesta evitando la elaboración de algoritmos excesivamente complejos y mediante la utilización de programas piloto para evaluar resultados de forma cautelosa. Asimismo, este principio de prudencia debe estar presente a la hora de otorgar validez a las conclusiones que derivan de programas desarrollados con IA.
- ii. Principio de no discriminación: este principio implica el evitar el hecho de que, al elaborar algoritmos, se traspasen los sesgos de los programadores humanos al programa. O, al menos, ser conscientes de que ello puede ocurrir.
- iii. Principio de proporcionalidad: lo que se busca con este principio es discernir entre aquellas acciones en las cuales se involucra la IA que pudieran ser más invasivas (e.g. un programa que señala a qué contribuyente es necesario revisar en una auditoría), de aquellas menos invasivas y con otros fines (e.g. el envío de cartas a contribuyentes para asistirlos en el proceso de declaraciones de impuestos). Esto supone que podría existir una eventual mayor vulneración a los derechos de los contribuyentes en el primer caso, por lo tanto, su uso debe ser ponderado.
- iv. Principio de transparencia: conforme a este principio, existe la necesidad de adoptar medidas de transparencia que permitan a los contribuyentes conocer cómo se ha tomado una decisión automatizada o mediante IA, dándoles la posibilidad de defenderse si la decisión ha sido arbitraria.
- v. Principio de la gobernanza de datos: velar por la seguridad de los datos de la que son responsables las administraciones fiscales (i.e. acceso por parte de funcionarios), así como de respetar la privacidad y confidencialidad.

A estos principios, quizás podrían añadirse uno más, el principio de la supervisión humana. El principio de la supervisión humana implica que cada actuación realizada por la administración en la que un programa haya servido como ayuda



para la toma de decisiones y/o análisis, sea supervisado por una persona. En otras palabras, que en todas las actuaciones siempre exista una persona de carne y hueso como el último responsable; una persona que pueda cuestionar las conclusiones a las que ha llegado un sistema, por ejemplo.

En términos generales, podríamos decir que la mayoría de las administraciones tributarias aplican estos principios y, aunque quizás no están orientados específicamente a la inteligencia artificial, sí podríamos decir que se encuentran parcialmente incluidos como parte de un todo. La pregunta que surge es, ¿debe existir una consagración específica de estos u otros principios en algún instrumento formal que regula las acciones de las administraciones, cuando éstas utilizan herramientas tecnológicas avanzadas? Quizás en un futuro cercano sí exista esta necesidad.

En cualquier caso, desde la perspectiva de los derechos de los contribuyentes, en muchas legislaciones ya existe una amplia gama de derechos reconocidos que podrían evitar una eventual vulneración, incluso al utilizar IA. Sin ir más lejos, pensemos en el amplio catálogo de derechos consagrados en nuestro Código Tributario en su artículo 8 bis, sobre todo a partir de la entrada en vigencia de la Ley N° 21.210. ¿Debe existir una gama aún mayor y específica de derechos derivados del uso de la IA por las administraciones tributaria? Por las razones señaladas, en este momento al menos, ello no parece ser una urgencia inmediata, aunque esta situación podría cambiar durante los próximos años.

## 8. CONCLUSIONES

Muchas tecnologías disruptivas como la inteligencia artificial, el machine learning, el procesamiento de lenguaje de natural, la analítica avanzada y los sistemas expertos, fueron creadas hace años, incluso décadas. Sin embargo, gracias a los avances de los últimos años en cuestiones como los transistores, los microprocesadores, el hardware, el software y la capacidad de almacenamiento de la información, entre otros, junto con la expansión del internet y la masificación de computadores portátiles y de teléfonos inteligentes, ha generado una avalancha de datos. Esta creciente disponibilidad datos —big data—, a su vez, ha permitido el perfeccionamiento de las técnicas de IA mediante el entrenamiento de programas que tienen la capacidad de ‘aprender’ por sí mismos sin tener que ser haber sido programados explícitamente para cada una de las cuestiones que se van suscitando.

Producto de estas mejoras en la tecnología, las administraciones tributarias han visto el potencial que presentan y las han incorporado en sus actividades, teniendo en especial consideración la gran cantidad de datos que los contribuyentes producen en la actualidad.

Observamos que las áreas donde más se utiliza la IA es al momento de ponderar los riesgos de incumplimiento tributario, puesto que ello permite clasificar a los contribuyentes y segmentarlos de una manera más eficiente, ayudando a prevenir el fraude y la evasión tributaria por medio de acciones eficaces. En el IVA, gracias a la facturación electrónica, esto ha tenido particular relevancia a la hora de seleccionar contribuyentes que serán fiscalizados. Asimismo, técnicas como la analítica avanzada, RPA o NLP se están utilizando para realizar labores automatizadas, que implican decisiones automáticas o ‘robóticas’ que ayudan a descargar tareas rutinarias de los funcionarios; y también para la importante función de asistencia a los contribuyentes. En este último caso, destacan iniciativas como los asistentes virtuales inteligentes, que proveen guía e información dinámica y de calidad a las personas mediante la interacción en lenguaje natural.

A lo largo de este trabajo mencionamos varios ejemplos de cómo los países se encuentran actualmente usando estas herramientas. Con todo, estudiamos especialmente los casos de Chile, Brasil y España; los procesos y los resultados que han traído para dichos territorios.

Luego, también hicimos referencia a algunos de los retos que impone el uso de la IA por parte de las administraciones tributarias, donde destacan riesgos como la discriminación algorítmica, la falta de transparencia y la falta de competencia para tomar decisiones automatizadas.

Finalmente, mostramos una de las posibles soluciones para la problemática planteada, la cual implica la adopción de principios por parte de la administración tributaria al momento de utilizar tecnologías disruptivas.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

Alink, M. y van Kommer, V. (2000). *Manual para las Administraciones Tributarias*, Centro Interamericano de Administraciones Tributarias.

Amunategui, Carlos (2020). *Arcana Technicae. El derecho y la Inteligencia Artificial*. Tirant Lo Blanche. Valencia, España.

Arias, Isaác, et. al (2020). *Auditing Taxpayers, Chapter 5* en “ICT as a Strategic Tool to Leapfrog the Efficiency of Tax Administrations”, Centro Interamericano de Administraciones Tributarias.

Castellón, Pamela y Juan D. Velásquez (2011). *Caracterización de Contribuyentes que Presentan Facturas Falsas al SII Mediante Técnicas de Data Mining*. Tesis para optar al grado de Magister en Gestión de Operaciones. Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil Industrial, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Castellón, Pamela (2012). *Caracterización de Contribuyentes que Presentan Facturas Falsas al SII Mediante Técnicas de Data Mining*. Revista Ingeniería de Sistemas, Volumen XXV, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Centro Interamericano de Administraciones Tributarias (2020). *Manual sobre Gestión de Riesgos de Incumplimiento para Administraciones Tributarias*.

Comisión Europea (2018). *Propuesta de Directiva del Consejo relativa al sistema común del impuesto sobre los servicios digitales que grava los ingresos procedentes de la prestación de determinados servicios digitales*. Bruselas, Bélgica.

Díaz de Sarralde, Santiago y Zambrano, Raúl (2020). *Why Improve the Tax Administration's Efficiency and the Role of Information and Communications Technology, Chapter 1* en "ICT as a Strategic Tool to Leapfrog the Efficiency of Tax Administrations", Centro Interamericano de Administraciones Tributarias.

Estevez, Elsa, Linares, Sebastián y Fillottrani, Pablo. *Prometea. Transformando la Administración de Justicia con Herramientas de Inteligencia Artificial*. Banco Interamericano de Desarrollo. Washington, Estados Unidos.

Faúndez, Antonio, Mellado, Rafael y Aldunate, Eduardo (2020). *Use of artificial intelligence by tax administrations: An analysis regarding taxpayers' rights in Latin American countries*. Computer Law & Security Review, Volume 38.

García-Herrera, Cristina (2020). *El uso del Big Data y la Inteligencia Artificial por las Administraciones Tributarias en la lucha contra el fraude fiscal. Particular referencia a los principios que han de regirla u a los derechos de los contribuyentes en Fiscalidad e Inteligencia Artificial: Administración Tributaria y Contribuyentes en la Era Digital*. Thomson Reuters, Aranzadi. España.

Gascón, Jesus y Redondo, Juan (2020). *Conceptual Framework: The Tax Administration Functions, Chapter 2* en "ICT as a Strategic Tool to Leapfrog the Efficiency of Tax Administrations", Centro Interamericano de Administraciones Tributarias.

Kelnar, David (2016). *The fourth industrial revolution: a primer on Artificial Intelligence (AI)*. Medium.

Navas, Susana (2017). *Derecho e Inteligencia Artificial desde el diseño. Aproximaciones, Capítulo 1* en "Inteligencia Artificial: Tecnología y Derecho", Tirant Lo Blanche. Valencia, España.

McKinsey Global Institute (2018). *Notes from The AI Frontier. Modeling the Impact of AI on The World Economy*.

OCDE (2016). *Advanced Analytics for Better Tax Administration: Putting data to work*. Paris, Francia.

OCDE (2016b). *Technologies for Better Tax Administration: A Practical Guide for Revenue Bodies*. Paris, Francia.

OCDE (2019). *Tax Administration 2019: Comparative Information on OECD and other Advanced and Emerging Economies*. Paris, Francia.

Russell, Stuart y Norvig, Peter (2020). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Fourth Edition. Pearson, Estados Unidos.

Samuel, Arthur L. (1956). *Some Studies in Machine Learning Using the Game of Checkers*.

Seco, Antonio y Muñoz, Andrés (2029). *Asistentes conversacionales virtuales en las administraciones tributarias*. Banco Interamericano de Desarrollo.

Seco, Antonio y Zambrano, Raúl (2020). *New Disruptive Digital Technologies and Services – Opportunities and Challenges, Chapter 15* en “ICT as a Strategic Tool to Leapfrog the Efficiency of Tax Administrations”, Centro Interamericano de Administraciones Tributarias.

Segarra, Santiago (2020). *Algunas aplicaciones de la Inteligencia Artificial en la Administración Tributaria en Fiscalidad e Inteligencia Artificial: Administración Tributaria y Contribuyentes en la Era Digital*. Thomson Reuters, Aranzadi. España.

Serrano, Fernando (2020). *Fiscalidad y Robótica: Funcionalidades disruptivas en el Derecho Tributario en Fiscalidad e Inteligencia Artificial: Administración Tributaria y Contribuyentes en la Era Digital*. Thomson Reuters, Aranzadi. España.

Singh, Seema (2018). *Cousins of Artificial Intelligence*. Medium.

Susskind, Daniel (2020). *A World Without Work*. Metropolitan Books. Nueva York, Estados Unidos.

Tegmark, Max (2017). *Life 3.0: Being Human in The Age of Artificial Intelligence*. Vintage Books, Nueva York, Estados Unidos.

Turner, Jacob (2018). *Robot Rules. Regulating Artificial Intelligence*. Springer International Publishing. Nueva York, Estados Unidos.

Ubaldo, González de Frutos (2020). *Inteligencia Artificial y Administración Tributaria en Fiscalidad e Inteligencia Artificial: Administración Tributaria y Contribuyentes en la Era Digital*. Thomson Reuters, Aranzadi. España.