

**PRINCIPIOS ÉTICOS Y LEGALES PARA EL USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL
COMO HERRAMIENTA DE APOYO AL SISTEMA DE SALUD COLOMBIANO**

Juan David Tovar Ramos

Trabajo Dirigido

Tutor

D.Sc. Alvaro David Orjuela Cañon.



**UNIVERSIDAD DEL ROSARIO
ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO
PROGRAMA DE INGENIERÍA BIOMÉDICA
BOGOTÁ D.C
2022**

AGRADECIMIENTOS

Infinitas gracias a mi abuela Rosario Mosquera, por ser siempre mi columna vertebral y escucharme siempre que lo necesitaba, además de demostrarme, que ante cualquier adversidad solo importa el valor y la voluntad de nunca rendirse.

A mi mamá Edna Suley Ramos Mosquera, por su apoyo en las múltiples etapas de la vida universitaria.

A mi tutor: D.Sc Alvaro David Orjuela Cañon por su paciencia, comprensión, apoyo y consejos en el desarrollo de este proyecto.

Al Semillero de Inteligencia Artificial en Salud – Semill-IAS y todos los integrantes que semestres atrás me hicieron ver la importante de proyectos como esto.

A Hernán Alfredo Bernal Muñoz “Hernancho”, por su apoyo en montajes y proyectos de electrónica a lo largo del pregrado.

A mis amigos, compañeros y futuros colegas que me han permitido crecer no solo en lo académico, si no, en lo personal.

A la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito y al Colegio Mayor Nuestra Señora del Rosario que me han formado como profesional.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	5
1.1. INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN SALUD	6
1.2. ESTADO DEL ARTE	8
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
2. METODOLOGÍA.....	12
2.1. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	12
2.2. IDENTIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE COMPARACIÓN ÉTICO-LEGAL DEL USO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL	12
2.3. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN ENCONTRADA	13
2.4. CONTEXTO COLOMBIANO	13
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	14
3.1. DOCUMENTOS GUBERNAMENTALES DE ORDEN EXTRANJERO	14
3.2. INTERGUBERNAMENTALES E INTERNACIONALES	20
3.3. COLOMBIA.....	22
3.4. Análisis local vs global.....	25
4. CONCLUSIONES.....	27
5. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS	28
REFERENCIAS.....	29

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1. Marcos éticos o legales del uso de IA*	8
Fig. 2. Comparación búsqueda en Scopus*	9
Fig. 3. Países explorados	14
Fig. 4. Cantidad de criterios que cumple cada país.	15
Fig. 5. Panorama del primer criterio	17
Fig. 6. Panorama del segundo criterio	18
Fig. 7. Principios éticos más reiterados en las estrategias nacionales	18
Fig. 8. Panorama del tercer criterio	19
Fig. 9. Panorama del cuarto criterio	20

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. Resultados búsqueda Bibliográfica*	9
TABLA 2. Agrupación por cantidad de criterios cumplidos	14
TABLA 3. Análisis de Colombia	22

1. INTRODUCCIÓN

“La inteligencia artificial podrá superar a los humanos en algún momento dentro de los próximos 100 años. Cuando eso suceda, debemos asegurarnos de que estas máquinas tengan objetivos alineados con los nuestros. Nuestro futuro es una carrera entre el poder creciente de la tecnología y la sabiduría con la que la usamos”

Stephen Hawking, 30 de marzo de 2015

La historia de la Inteligencia Artificial (IA) inicia en 1950, cuando el matemático inglés Alan Turing publica el artículo *“Computing Machinery and Intelligence”*, cuyo objetivo era analizar la pregunta *“¿puede una máquina pensar?”*, esta cuestión abre una serie de objeciones, ya que “pensar” es una actividad relacionada con la actividad humana, es por esto, que el autor decidió contestar su interrogante inicial con una cuestión que no entrara en discusiones y decide responder *“¿Pueden las máquinas exhibir un comportamiento inteligente similar o indistinguible del de un humano?”* [1]. La respuesta a esta pregunta creo un primer concepto de lo que años más tarde sería denominado como Inteligencia Artificial.

El término IA, se usó por primera vez cuando el informático John McCarthy organiza la conferencia *“The Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence”* en 1956 [2]. Este evento tuvo como objetivo responder la cuestión *“¿Si cada aspecto del aprendizaje y cada característica de la inteligencia pueden ser descritos, se pueden crear máquinas que las simulen estos aspectos?”* [2] [3]. Aunque, en esta conferencia se definió IA como *“La ciencia y la ingeniería para fabricar máquinas inteligentes”* [2], es interesante ver que el concepto de esta tecnología está bastante ligado a una respuesta constante a preguntas relacionadas a *¿qué es pensar y como replicarlo?*, es por esto por lo que, en palabras cortas, IA se refiere a sistemas que permite a las maquinas realizar tareas que requieren inteligencia humana [4].

Esta conferencia fue el punto de inflexión en investigaciones en áreas de IA, posterior a ella, en 1966 surgen dos hitos que hacen historia, el primero de ellos fue “ELIZA” del Massachusetts Institute of Technology, siendo uno de los primeros programas de procesamiento lenguaje natural capaz de conversar a través de una serie de frases programadas [2] [5]. El segundo de estos hitos fue el robot “SHAKY”, de Stanford Research Institute, esta máquina logro interpretar instrucciones y realizar acciones no con una lógica de seguir una paso a paso todas las funciones predeterminadas, si no que, ejecutaba las instrucciones que consideraba necesarias para realizar la tarea propuesta por el usuario [6].

Años más tarde surgen una serie de acontecimientos que caben resaltar como puntos históricos de la IA, como lo fue el proyecto “NavLab” del laboratorio de navegación de la Carnegie Mellon University, que en 1986, le muestra al mundo el primer vehículo autónomo [2]. Seguidamente, el 10 de febrero de 1996, el software “Deep Blue” de IBM, logra vencer en ajedrez al campeón mundial de ese juego, Gary Kaspárov [2]. Por otra parte, tenemos el chatbot “Eugene Goostman” desarrollado en Rusia, que en junio del 2014 se convirtió en el primer algoritmo en superar la prueba de Turing, recordando que este test tiene por objetivo analizar si las personas son capaces de detectar si están hablando con máquinas o seres humanos, este algoritmo paso la evaluación ya que, hace pensar a algunos usuarios que están conversando con un niño de 13 años y no una máquina [7]. Otro hito para

mencionar es el algoritmo “AlphaGo” desarrollado por DeepMind en Reino Unido, quien en marzo de 2016 logra vencer en el juego de mesa GO al segundo mejor jugador de este juego, Lee Sedol [8]. Pudiendo así mencionar un sin fin hitos positivos e históricos de esta tecnología.

Si bien es cierto, hemos mencionado acontecimientos de la historia de la IA, con este primer capítulo se pretende mostrar sucesos que han permitido que la IA permee el sector salud, el estado del arte de investigaciones, regulación y ética de la IA; por último, el planteamiento del problema.

1.1. INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN SALUD

La Inteligencia Artificial en Salud (IAS), es el término que, para efectos de este documento, hace referencia a todos los algoritmos que usan Inteligencia Artificial en el sector salud, es decir, que su uso sea para la detección y diagnóstico de patologías, gestión y creación de la historia clínica, gestión y agendamiento de citas médicas, entre otros usos.

El uso de la IAS ha evolucionado dramáticamente en las últimas décadas, creando así oportunidades para la medicina personalizada, el apoyo para los profesionales de salud y el descubrimiento de nueva información que puede contribuir de diferentes maneras en el campo de la salud [6]. Al realizar una breve búsqueda sobre investigaciones de IAS, se encuentra que algunos de los usos que se le ha dado es ser apoyo para el diagnóstico de enfermedades como COVID-19 [9] [10] [11], tuberculosis [12] [13], retinopatía diabética [14] [15] y cáncer [16] [17], la predicción de la respuesta terapéutica y la medicina potencialmente preventiva en el futuro [6]. Adicionalmente, la IA puede aumentar la eficiencia en el flujo de trabajo del proveedor y las operaciones clínicas, facilitando un mejor seguimiento terapéutico y de la enfermedad, y mejorar la precisión del procedimiento [6].

Ahora bien, si se realiza un recuento cronológico del uso de esta herramienta se evidencia que este se remonta a los años 70's, cuando la Stanford University y la Rutgers University, empezaron a generar proyectos y conferencias. En 1973 Stanford University, decidió generar un macroproyecto que agrupó todas las investigaciones de IAS, el proyecto “SUMEX-AIM”, quien posteriormente llamó el interés de Instituto Nacional de Salud de los Estados Unidos de América y esta entidad inyecta capital público para convertirlo en el proyecto que reunió a todos los centros de investigación de IAS en Estados Unidos [18]. Es por ello, que se puede afirmar que los hitos de la IAS se pueden dividir en época SUMEX, época pos – SUMEX y época COVID.

1.1.1. Época SUMEX (1970 – 1992)

Esta época estuvo fuertemente influenciada por los objetivos de investigación que el proyecto “SUMEX-AIM”. Dentro de esta periodo de tiempo, los investigadores se centraron en el desarrollo de sistemas informáticos que utilizan un enfoque simbólico para representar el conocimiento y simulan el proceso que utilizan los expertos cuando resuelven problemas, mejor conocidos como sistemas expertos [18] [19]. Dentro de sus hitos encontramos que en 1971

el proyecto “CASNET” de la Rutgers University, cuyo objetivo era estudiar y desarrollar estrategias de toma de decisiones asistidas por ordenador basadas en modelos fisiológicos y funcionales para la detención de glaucoma [20]. Así mismo, en 1972, el algoritmo “MYCIN” de la Stanford University, cuyo objetivo fue ser una herramienta especializada en el diagnóstico y selección de terapias para pacientes con enfermedades infecciosas específicas [6] [21]. Seguidamente, aparece el proyecto “INTERNIST” de la Pittsburgh University, el cual fue creado el 1974 con el objetivo de resolver problemas de diagnóstico difíciles en medicina interna mediante la simulación de los procesos de razonamiento utilizados por los médicos humanos [21]. Se encuentra también el proyecto “DXplain” de la Massachusetts University, que en 1986 se convierte en un sistema de soporte para el diagnóstico diferencial, ingresando síntomas del paciente [6].

1.1.2. Época pos - SUMEX (1995 – 2019)

Esta fue la época con mayor desarrollo de técnicas como aprendizaje automático, aprendizaje profundo y procesamiento de lenguaje natural. Es por ello por lo que en esta época vemos muchos hechos interesantes como el dispositivo “PAPNET™”, que en 1995 recibe aprobación de la FDA, siendo el primer instrumento que uso redes neuronales y es usado para el análisis de frotis cervicales convencionales (Papanicolaou) [22]. Otros ejemplo son “AliveCor”, que 2014 recibe aprobación de la FDA, provocando que este algoritmo goce del reconocimiento como el primer algoritmo de detección de fibrilación atrial con uso de IA aprobado por este ente regulador [22] [23]. Y empresas para el análisis de imágenes médicas por técnicas de visión de computadora, como IMEXHS [24].

1.1.3. Época COVID-19 (2020-Actualidad)

“Sólo hay una guerra que puede permitirse el ser humano: la guerra contra su extinción”
Isaac Asimov.

La pandemia actual de COVID-19 ha afectado de forma impactante a toda la población global. Solo en Colombia registra saldo aproximado de 140.000 defunciones según el reporte 30-04-2022 del Instituto Nacional de Salud [25]. En consecuencia, los gobiernos, la academia y en general toda la humanidad, gire en torno a crear instrumentos para ganarle la batalla a este coronavirus. La IA permite analizar grandes volúmenes de datos en un corto tiempo lo que hace que esta tecnología sea atractiva para generar herramientas de apoyo diagnóstico de patologías [26], análisis y desarrollos de medicamentos [27], es por ello, que no es extraño ver proyectos como “Viva-Med” de la universidad EAFIT, el cual brinda un apoyo técnico en la toma de decisiones de pacientes de COVID con el uso de técnicas de IA [28]. También se encuentran proyectos de investigación que usan estas técnicas para el desarrollo de la vacuna contra este virus [29], detección de esta patología con imágenes médicas [30]. Igualmente, hay noticias donde se menciona que algoritmos de IA para la detección de COVID por medio de imágenes médicas, entraron en servicio para los bogotanos en el mes de septiembre del 2020 [31]. Y podemos seguir mencionando una infinidad de proyectos, artículos académicos y de prensa, que

hacen ver como la IAS como un aliado y no, como el remplazo de los actores del sector salud, como se llegó a creer en época pre pandémica [32] [33] [34].

1.2. ESTADO DEL ARTE

En los últimos 50 años la IA ha experimentado un rápido desarrollo y es la fuerza impulsora actual detrás de la Cuarta Revolución Industrial [35]. Es por esto, que vemos está tecnología presente en nuestra cotidianidad, desde Netflix con sus recomendaciones de series o películas por actividad en nuestra cuenta [36], hasta para sugerir la cantidad ideal de propina para los meseros de restaurantes en función del servicio brindado [37]. Sin embargo, la adopción de tecnologías de IA también ha traído algunos desafíos y debates, incluidos problemas de privacidad, violaciones de datos, discriminación algorítmica, sesgos algorítmicos, conjuntos de datos y resultados sesgados, que son barreras potenciales para la aplicación en gran escala de este desarrollo informático [38].

Es por esto, por lo que los gobiernos del mundo, desde el año 2017 [39] han puesto en marcha planes estratégicos con el fin de aprovechar al máximo los algoritmos de IA. A mayo del 2022, si se realiza una consulta en el “Observatorio de Políticas de IA” de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y se revisa los reportes sobre IA del Canadian Institute for Advanced Research (CIFAR), además de también usar el motor de búsqueda de Google para realizar una exploración de noticias y documentos relacionado con las estrategias nacionales o marcos éticos de IA de todos los países, encontramos información que permite afirmar que un total de 49 naciones, estados o republicas, poseen la documentación de interés. Con esta misma información se construyó la Fig. 1, en donde los países de color rojo son aquellos que poseen escritos sobre el uso de IA en su país.



Fig. 1. Marcos éticos o legales del uso de IA*
*Datos Obtenidos a marzo del 2022

Ahora, si se realiza un mapeo sistemático para poder observar el panorama académico [40], encontramos que al explorar en las bases de datos “Scopus”, “IEEE” y “Springer”, temas de IA y IAS vs ética de la IA y ética de la IAS, se evidencia que es bajo el nivel de investigaciones de ética de la IA, aunque en investigaciones de la ética de la IAS es mayor. Los resultados de esta consulta están disponibles en la TABLA 1.

TABLA 1. Resultados búsqueda Bibliográfica*

	# de Documentos sobre IA	# de Documentos sobre IA y ética	# de Documentos sobre IAS	# de Documentos sobre IAS y ética	PORCENTAJE IA y ética / IA	PORCENTAJE IAS y ética / IAS
Scopus	517.946	10.570	38.274	1.272	2,04 %	3,32 %
IEEE	329.449	1.657	22.755	134	0,50 %	0,59 %
Springer	1'766.669	325.560	469.708	105.570	18,43 %	22,48 %
Total	2'614.064	337.787	530.737	106.976	12,92 %	20,16 %

*Datos obtenidos el 9 de mayo del 2022

De esa misma búsqueda se puede construir la Fig. 1, en donde se percibe que en bases de datos como Scopus el punto de inflexión del tema IA es desde los 70's, en el tema ética e IA el punto de inflexión es hasta el 2017, además, de ver gráficamente la gran diferencia entre la investigación de IA y ética de la IA.

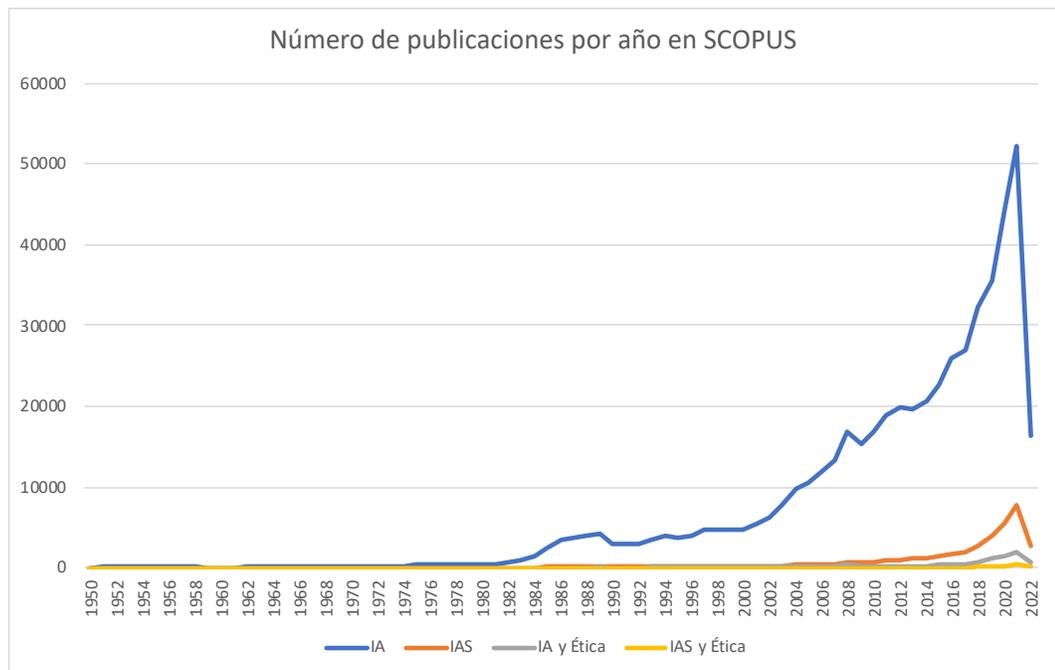


Fig. 2. Comparación búsqueda en Scopus*

*Datos Obtenidos 9 de mayo del 2022

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Si bien la IA está en boom de desarrollo como se evidencia en la Fig. 2, y está inmersa en nuestras vidas como se ejemplificó en los acontecimientos descritos en las secciones anteriores, esta tecnología a la fecha no tiene una definición universal, y es muy común ver que la sociedad en general la define en términos humanos, es decir, piensan que son sistemas que poseen: autoconciencia, capacidad de pensamiento independiente, capacidad de razonar y capacidad de toma de decisiones autónomas [41]. Además, también es evidente con el estado del arte, el poco interés de la comunidad académica de discutir parámetros para un buen uso de esta herramienta, cuando sabemos que esta tecnología no está exenta de reforzar prejuicios sobre género y la raza, e infringir los derechos humanos y generar daños en la humanidad [42] [43].

A lo largo de la historia, han ocurrido acontecimientos que permiten el análisis y el replanteamiento de si estamos dando un buen uso de esta herramienta, como lo fue “Tay” de Microsoft, el cual era un “Chatbot” lanzado en marzo del 2016, cuyo objetivo era mantener en las redes sociales una conversación informal y divertida con una audiencia de entre 18 y 24 años, y aprendía a medida que habla con los humanos. El resultado de este proyecto fue un chatbot xenófobo, malhablado y sexista, por lo que la empresa desarrolladora decidió desactivar a Tay [44] [45] [46]. Un caso más específico de racismo se encuentra en el algoritmo de agrupamiento de Google Photos, que en 2015 etiquetó a las personas afrodescendientes como “gorilas” [47] [48]. Este mismo hecho se repitió en el 2021 en la red social “Facebook” [49]. Otros ejemplos en esta categoría, es el caso de “Beautiful.ai”, que en 2016 se usó como jurado en un concurso de belleza y se evidenció la preferencia por mujeres blancas [50]. Y las denuncias expuestas en el artículo “Diagnosing bias in data-driven algorithms for healthcare”, donde se expone el potencial de los algoritmos para perpetuar los prejuicios raciales existentes en la atención médica [51].

Bien podemos seguir mencionando hechos que han sido difundidos por medio de la prensa o han sido reportados en la literatura técnico-científica, y muestran una oportunidad de mejora, como también se hace evidente la necesidad de ampliar conocimientos de bioética en torno a la IA y hacernos preguntas como: ¿Cuáles son los principios éticos y legales para el uso de la Inteligencia Artificial?, en específico, ¿Cuáles son los principios éticos y legales para el uso de la Inteligencia Artificial en el sector salud para Colombia y del mundo?

1.3.1. Objetivo

1.3.1.1. General

Identificar los principales desafíos legales y los principios éticos que debe tener la inteligencia artificial para integrarse al sistema de salud colombiano.

1.3.1.2. Específicos

- Determinar los parámetros de comparación ético-legal del uso de la Inteligencia Artificial en el sector salud en Colombia.

- Analizar las principales similitudes y diferencias entre los marcos y/o recomendaciones éticos y legales para el sector salud a nivel local con los marcos y recomendaciones en el escenario mundial.
- Generar recomendaciones para la creación de un marco ético y legal de la Inteligencia Artificial, cuya finalidad sea la integración de esta tecnología al sector de la salud en Colombia.

1.3.2. Alcance

El alcance de este proyecto está dirigido a exaltar a partir de la documentación disponible en entidades gubernamentales, intergubernamentales y no gubernamentales, las principales diferencias y similitudes de los marcos éticos o legales del uso Inteligencia Artificial en Colombia, con los del resto del mundo. En específico las principales diferencias y similitudes para el uso de la Inteligencia Artificial en Salud, y las recomendaciones para una futura regulación de esta herramienta en el sector salud colombiano.

2. METODOLOGÍA

Para poder cumplir con el con el objetivo del proyecto, realizo una revisión sistemática con el fin de describir e interpretar el contenido de la normatividad y de las recomendaciones éticas de la IA en Colombia y el mundo, con el fin de identificar los principios ético-legales más importantes que debería tenerse en cuenta en una futura normativa de IA en el sector salud colombiano. Además, se dividirá el desarrollo en las siguientes actividades:

2.1. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Para realizar el análisis de la documentación, es necesario establecer una base documental, es por esto por lo que en el motor de búsqueda de Google se usó la ecuación de búsqueda (“AI” OR “Artificial Intelligence”) AND (“Strategy” OR “Regulations” OR (“Ethics” AND “Recommendations”))” y como criterios de inclusión y exclusión:

2.1.1. Idioma

Como criterio de exclusión se rechazó documentación que no estuviese publicada en idioma inglés o español.

2.1.2. Documentación oficial.

Como criterio de inclusión los documentos se aceptaron de fuentes de información como:

- Entidades gubernamentales: aquellas políticas establecidas, por ciudades, estados o países alrededor del mundo, donde se especifique el cómo se debería implementar la IA ante diferentes problemáticas. Ejemplo de esta documentación son las estrategias nacionales de inteligencia artificial.
- Organizaciones intergubernamentales: aquellas políticas establecidas donde se especifique el uso y regulación de IA en países miembros del tratado. Para este trabajo se revisó la documentación de la Comisión Europea, UNESCO y Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE).
- Organizaciones internacionales: que emitan estudios, análisis y juicios alrededor del uso de la IA. Para este proyecto se revisó los escritos de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

2.2. IDENTIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE COMPARACIÓN ÉTICO-LEGAL DEL USO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Para realizar una comparación exhaustiva de la información recolectada en la etapa anterior, es necesario establecer unos parámetros para la comparación. Debido a esto, se definieron cuatro aspectos que permitieran evidenciar la cercanía o relación de la documentación encontrada. En consecuencia, los parámetros parten desde la definición de IA, pasando por el hallazgo de las temáticas específicas relacionadas con nuestro estudio como el marco ético, el marco legal y el uso de la IA en salud específicamente hablando, que van a ser descritos a continuación:

2.2.1. Definición de Inteligencia Artificial.

Tener una definición universal sobre la IA es igual de complejo que tener un consenso sobre la definición de la Inteligencia Humana [30]. Es por ello por lo que es importante que la documentación mencione a que hacen referencia cuando hablan de IA, para así, entender hasta donde es la aplicación de este término.

2.2.2. Principios éticos de la IA.

Toda tecnología puede ser una herramienta que genera bienestar o molestias para una sociedad, para prevenir esto, es importante tener presente principios éticos. Es por ello, que la documentación debe mencionar los principios éticos que debe tener esta tecnología desde la etapa de desarrollo e implementación.

2.2.3. Marco legal para el uso de IA.

La aplicación de tecnologías no ocurre en el vacío, es decir, necesita de un contexto particular, con condiciones de infraestructura, talento, regulación, entre otras [52]. Es por ello, que la documentación debe mencionar la regulación, políticas o reformas que deben aplicar para desarrollar y aplicar esta tecnología dentro del su territorio.

2.2.4. Uso de IA en el Sector Salud.

Para los intereses del proyecto es importante que la documentación muestre avances o proyectos del uso de IAS, además, que se muestre recomendaciones de principios éticos-legales para el uso de ella.

2.3. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN ENCONTRADA

A partir de la información recopilada y el uso de los parámetros de comparación, se diseñó una matriz que permitió ver cuáles criterios definidos en la sección 2.2 cumple cada país, como también registrar los datos más importantes de la documentación, para así poder identificar con facilidad cuales principios éticos-legales deben tenerse en cuenta para una futura normativa de IA en el sector salud colombiano.

Ahora bien, como este proyecto se centra en específico en Colombia, este país tuvo unas consideraciones adicionales:

2.4. CONTEXTO COLOMBIANO

Nuestro entorno colombiano es importante, por esta razón, se planteó una etapa que tuvo como fin recopilar y analizar el contexto nacional de una forma particular que permitiera ver sus semejanzas y diferencias con el entorno global, es decir, no limitado solamente al documento 3975 de 2019 del Consejo Nacional de Política Económica y Social (COMPES), que plantea la Política Nacional para la Transformación Digital e Inteligencia Artificial en Colombia; y el marco ético colombiano para el uso de la Inteligencia Artificial. También se exploraron los informes desarrollados por el Centro para la Cuarta Revolución Industrial (C4RI), ya que la IA pertenece a esta categoría. La ley sobre la protección de datos personales y los documentos sobre el derecho, regulación y reglamentación de los servicios de salud.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos pretenden mostrar aspectos destacados de toda la documentación analizada. Lo cual permite que en este capítulo genere un ambiente de discusión sobre las similitudes y diferencias de los escritos, y poder comprar el panorama de la situación de la IA en Colombia vs el Mundo.

3.1. DOCUMENTOS GUBERNAMENTALES DE ORDEN EXTRANJERO

Como resultado de la búsqueda de información, se recopilaron 46 documentos entre estrategias nacionales de IA, marcos éticos de IA, planes de digitalización del sector salud, entre otros, de un grupo de 32 países (Fig. 3.), los cuales cumplen el criterio de idioma y con ellos se puede observar cuantos parámetros cumple cada país y el porcentaje de cumplimiento de estos.



Fig. 3. Países explorados.

3.1.1. Revisión de la cantidad de criterios que cumple cada país

Los países son autónomos de determinar qué criterios cumplir y en que documentos expresar los planes para efectuar los parámetros que en este documento usamos para comparación. Siendo así, posible agrupar territorios que cumplen un número determinado de los ítems de comparación, y dentro de ese grupo es posible resaltar alguna nación. Todos resultados los podemos evidencia en la TABLA 2, que muestra el agrupamiento, o la Fig. 4., donde visualmente se puede observar la cantidad ítems que cumplen.

TABLA 2. Agrupación por cantidad de criterios cumplidos

# de criterios	Países
1	Arabia Saudita, Finlandia , Suecia y Uruguay.
2	Egipto y Singapur
3	Alemania, Argentina , Bulgaria, Chile, Hungría, Italia, Lituania, Luxemburgo, México, Noruega, Perú, Portugal y Republica checa
4	Australia, Canadá, Corea del Sur, Dinamarca, Emiratos Árabes Unidos , España, Estados Unidos, Francia, India, Irlanda, Malta, Países Bajos y Reino Unido .

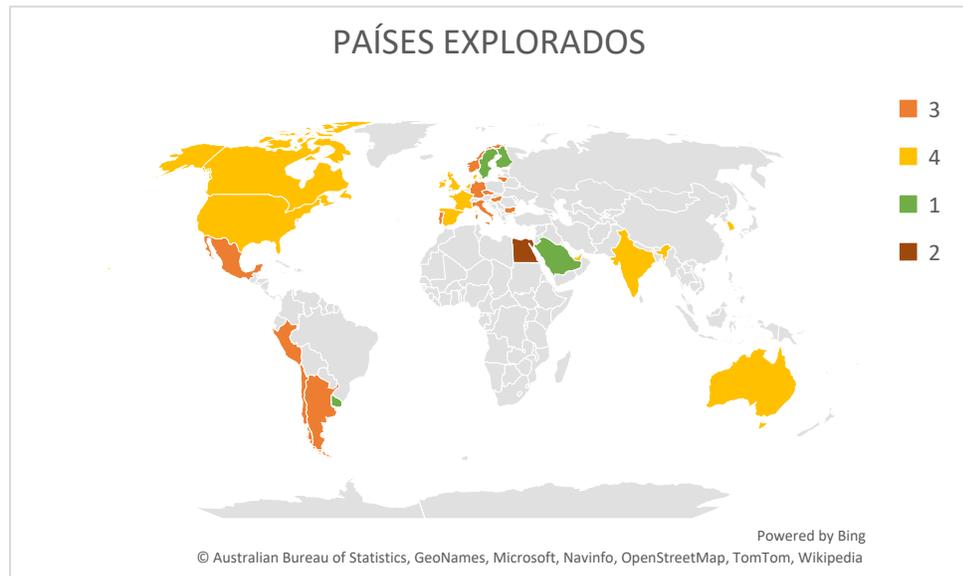


Fig. 4. Cantidad de criterios que cumple cada país.

Si bien podemos analizar los estados que cumplen un solo criterio, evidenciamos que la estrategia **Finlandia** proyecta cumplir otro criterio en el corto plazo. Si bien es cierto el plan de este país nórdico tiene por objetivo posicionarse como un país líder en IA [53], sus escritos solo cumplen con el criterio de definición de IA, acotando el concepto a *“Dispositivos, software y sistemas que son capaces de aprender y tomar decisiones casi de la misma manera que las personas”* [54]. Pero como ya se mencionó, esta nación planea construir un marco ético que nazca de resolver las cuestiones: *¿Puede una máquina aprender moral?, ¿Cuáles son los valores éticos que debería tener la inteligencia artificial? y ¿Para qué tipos de tareas son adecuadas para las máquinas?* [54].

Ahora, para el grupo de países que cumplen solo dos criterios, se puede destacar a **Singapur**, ya que, este país toma el desarrollo de IAS como una política de estado, es decir, este país está invirtiendo capital para desarrollar herramientas para la predicción y gestión de enfermedades crónicas. En la actualidad existe *Selena™*, el cual es un software para la detección temprana de la retinopatía diabética con ayuda de visión de computadora [55]. Además del criterio de IAS, este país define IA como: *“La capacidad de simular un comportamiento inteligente similar al humano en las computadoras”* [55]. No obstante, también cabe resaltar que este territorio asiático se propone ser la vanguardia en el desarrollo y despliegue de soluciones de IA, es decir, convertirse en un país líder en desarrollo, evaluación, implementación y masificación de soluciones de IA [55].

Siguiendo con esta dinámica, para el grupo de países que cumplen con tres criterios, podemos destacar a **Argentina**, quien en su estrategia muestra sus debilidades y como subsanarlas con el planteamiento de políticas que contribuyan al crecimiento sostenible y a la mejora de la igualdad de oportunidades en el país a través de tecnologías de IA, de forma tal que Argentina pueda posicionarse como líder en la región. Para conseguirlo ellos se proponen maximizar el potencial del uso de IA, mejor calidad de vida a las

personas con el uso de esta herramienta y minimizar los riesgos del uso de esta herramienta.

La estrategia nacional de IA de este país cumple con los criterios de definición (*“sistemas computacionales capaces de llevar adelante tareas que normalmente requerirían inteligencia humana”* [56]), principios éticos, ya que, se garantizará el desarrollo e implementación de IA, en concordancia con derechos fundamentales de las personas y compatibles con derechos, libertades, valores de diversidad y dignidad humana [56]. Y, con el criterio relacionado a la regulación de esta herramienta, ya que, para conseguir todo lo ya mencionado, este país tiene proyectos de política pública como: fortalecer el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI), y focalizar esfuerzos direccionados hacia la transformación de sectores de la economía para contribuir a la mejora de la competitividad y la innovación [56].

Y para finalizar, dentro del grupo de países que cumplen 4 criterios, podemos destacar a dos países que se destacan por ser los más ambiciosos en temas de IAS, **Emiratos Árabes Unidos y Reino Unido**.

En el caso de **Emiratos Árabes Unidos (EAU)**, este joven país aspira ser una nación líder y destino de IA para 2031. En su documentación encontramos que definen esta herramienta como *“Una rama de las ciencias de la computación que se ocupa de la simulación del comportamiento inteligente en las computadoras”* [57].

Sus principios éticos son: una IA justa, transparente, responsable y comprensible [58]. Con el criterio relacionado a los temas legales, observamos que el Consejo de Inteligencia Artificial y Blockchain de los EAU tiene la tarea de proponer políticas para crear un ecosistema compatible con la IA [59], impulsar la investigación en el sector y promover la colaboración entre los sectores público y privado, incluidas las instituciones internacionales, para acelerar la adopción de la IA [59]. A la fecha el Consejo ha contribuido a desarrollar legislaciones y estrategias que incluyen la Ley de Privacidad de Datos Personales, la Ley de Ciberdelincuencia, la Ley de Firma Electrónica y la Estrategia Nacional de Blockchain 2025/ 2030 [60]; y, por último, debemos resaltar que el Ministerio de Salud y Prevención de los EAU utiliza IA para: procesar los exámenes médicos de aptitud física para los nuevos residentes, y detección de enfermedades transmisibles mediante algoritmos de reconocimiento de imágenes de rayos X, especialmente para detectar tuberculosis (TB) [57]. Además, en algunos emiratos, específicamente se han desarrollado algoritmos de IAS para que robots ayuden a surtir las recetas en Abu Dabi, y para que en el Emirato de Dubái, se practique los exámenes de aptitud médica para nuevos residentes sin un solo médico [57].

En cambio, por otro lado, tenemos a **Reino Unido**, esta nación tiene como principal objetivo ser superpotencia global de IA. para conseguirlo el gobierno planea: Invertir y planificar las necesidades a largo plazo del ecosistema de IA para continuar nuestro liderazgo como superpotencia científica y de IA. Apoyar la transición a una economía habilitada por IA, capturando los beneficios de la innovación en el Reino Unido y asegurando que la IA beneficie a todos los sectores y regiones. Además de garantizar que el Reino Unido tenga la

gobernanza correcta de las tecnologías de IA para fomentar la innovación, la inversión y proteger al público y nuestros valores fundamentales [61].

En su documentación encontramos que la definición de IA son *“Máquinas que realizan tareas que normalmente requieren inteligencia humana, especialmente cuando las máquinas aprenden de los datos cómo realizar esas tareas”* [61]. Además, se resalta que esta herramienta es una tecnología de gran desarrollo en el mundo y es por esto por lo que imperativamente el Reino Unido busca garantizar que las personas de todos los orígenes y partes del de este país, puedan participar y prosperar en esta nueva era de IA [61]. Para esto es importante garantizar la ética del uso de la IA, es por esto, por lo que el gobierno encarga al Alan Turing Institute, desarrollar el marco ético de IA para el sector público, el cual propone: respetar la dignidad de las personas individuales, conectar entre sí de manera sincera, abierta e inclusiva, cuidar por el bienestar de todos y todas y proteger las prioridades de los valores sociales, la justicia y el interés público [62].

Asimismo, sus principios éticos son la equidad, la responsabilidad, la sostenibilidad y la transparencia [62], con lo relacionado a la normativa, nos encontramos con que este país en el 2018 creó el departamento de regulación digital [61]. Este tiene por objetivo generar todas las políticas necesarias para asegurar que el uso de las tecnologías digitales no vulnere los derechos de los ciudadanos, residentes y turistas de su país. Además, la definición legal de IA para el Reino Unido será establecida en la reforma a la Ley de Seguridad Nacional e Inversiones [61]. Por último, en el sector salud esta nación propone que se desarrollen herramientas para apoyar a los pacientes en la gestión de su patología, ser apoyo en la decisión de los médicos tratantes, entre otras [63]. Para conseguirlo el Servicio Nacional de Salud (NHS) lidera el “NHS AI Lab”, laboratorio el cual está diseñando una estrategia nacional para AI en salud y atención [61].

3.1.2. Revisión del porcentaje de cumplimiento de cada criterio

Si partimos este análisis con la “Definición de Inteligencia Artificial”, nos encontramos con que este ítem es desarrollado por 28 de los países en cuestión, como se puede observar en la Fig. 6.

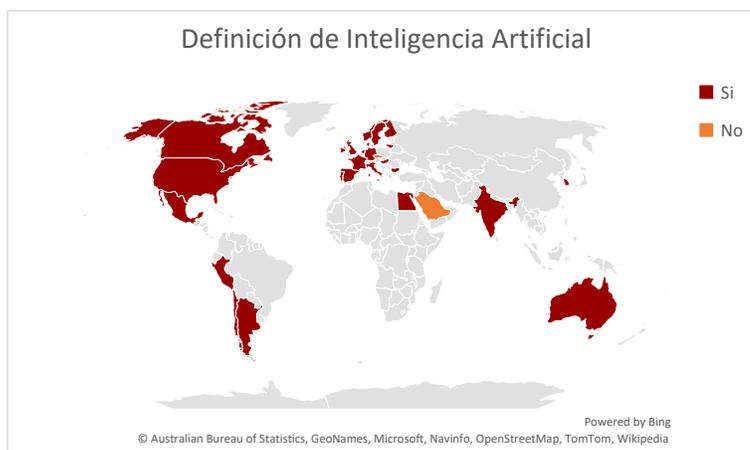


Fig. 5. Panorama del primer criterio

Dentro de este criterio, se puede evidenciar que todos los países poseen definiciones distintas, ejemplo de esto es que **Lituania** define la IA como: “Sistemas que muestran un comportamiento inteligente mediante el análisis de su entorno y la adopción de medidas, con cierto grado de autonomía” [64]. En cambio, **Alemania** considera que existen dos definiciones dependiendo de su aplicación, es decir, IA fuerte y débil. “La IA fuerte son sistemas que tienen las mismas capacidades intelectuales que los humanos, o incluso las superan”. “La IA débil se centra en la solución de problemas específicos utilizando métodos de las matemáticas y la informática, por lo que los sistemas desarrollados son capaces de auto optimizarse” [65].

Siguiendo con el análisis, si revisamos el segundo criterio “Principios éticos de la IA”, nos encontramos que este lo cumplen 23 de los países estudiados, dando como resultado la Fig. 6.



Fig. 6. Panorama del segundo criterio

Ahora, si extraemos de la documentación de los países, los principios éticos que ellos mencionan, podemos construir la Fig. 7., donde entre más grande es la letra, era porque esta palabra se repetía más veces en el input del generador de la imagen.



Fig. 7. Principios éticos más reiterados en las estrategias nacionales

De esta misma imagen, podemos resaltar que los 3 principios más repetidos son: transparencia, equidad e inclusión.

Continuando con el análisis por parámetros, es el turno del análisis del parámetro del “Marco legal para el uso de IA”. Este es el segundo criterio que más se cumple los países, con un total 27 naciones (Fig. 8) que mencionan legislación vigente o reformas que harán para regular el uso de esta tecnología. Ejemplo de este ítem, tenemos al “The National AI Initiative Act of 2020” de **Estados Unidos**, esta ley que establece un programa coordinado en todo el gobierno federal para acelerar la investigación y aplicación de IA para la prosperidad económica y la seguridad de la nación [66]. Como también, podemos mencionar a **Malta**, este pequeña nación tiene en sus planes crear “The Malta Digital Innovation Authority”, el cual será el departamento regulador y certificador de la IA en este país [67] [68].



Fig. 8. Panorama del tercer criterio

Y para finalizar con este análisis, encontramos que el parámetro de IAS, es el menos desarrollado por los países, solo 21 de ellos cumplen este criterio (Fig. 9). Ejemplo de IAS en los documentos revisados, encontramos que **Australia** en su plan nacional de IA, menciona que a la fecha de ese documento el país desarrolla dos grandes proyectos, CoviU PhysioROM (Fisioterapia por tele consulta con el uso de algoritmos de estimación de pose) y Sagasu (Detección y monitoreo de aneurismas cerebrales con tomografías, por medio de visión por computadora) [69]. Y con el fin de aumentar el número de proyectos y de usos, se creó el Fondo Futuro de Investigación Médica (MRFF). Los actuales proyectos financiados por el MRFF tienen como objetivo: Mejorar los tratamientos de salud mental [69].

Finalmente, otra nación que podemos destacar es **Hungría**, quien tiene planes de desarrollo de IAS para el análisis de imágenes de mamografía [70]. Además de usarla para identificación de posibles necesidades de medicamentos basadas en datos abiertos, el análisis de los patrones nacionales de atención médica y el estudio y análisis de nuevas estructuras de sustancias activas utilizando sistemas de aprendizaje [70].

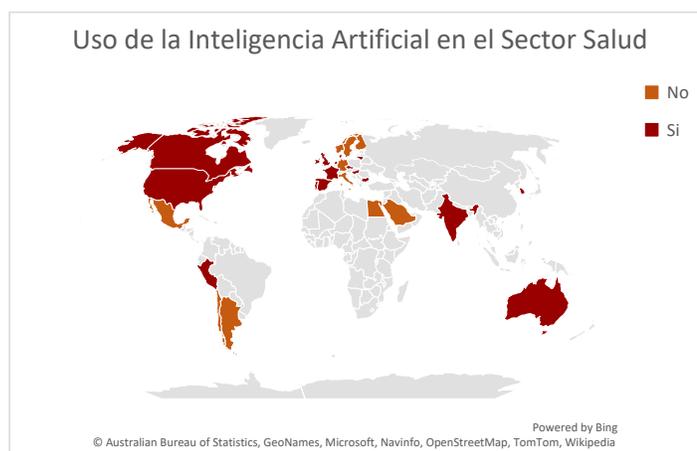


Fig. 9. Panorama del cuarto criterio

3.2. INTERGUBERNAMENTALES E INTERNACIONALES

En este apartado se analizó 8 documentos cuya fuente de información fue la Comisión Europea, la OCDE, la UNESCO y la Organización Mundial de la Salud.

3.2.1. Documentos de la Comisión Europea

Esta organización en sus escritos define la IA como:

1. *“El software (y en algunos casos también de hardware) diseñados por seres humanos que, dado un objetivo complejo, actúan en la dimensión física o digital mediante la percepción de su entorno a través de la obtención de datos, la interpretación de los datos estructurados o no estructurados que recopilan, el razonamiento sobre el conocimiento o el procesamiento de la información derivados de esos datos, y decidiendo la acción o acciones óptimas que deben llevar a cabo para lograr el objetivo establecido” [71].*
2. *“El conjunto de métodos, teorías y técnicas científicas cuyo objetivo es reproducir, mediante una máquina, las capacidades cognitivas de los seres humanos. Los desarrollos actuales buscan que las máquinas realicen tareas complejas que antes realizaban los humanos” [72].*

También, establece que la IA de la Unión Europea debe ser lícita, es decir, cumplir todas las leyes y reglamentos aplicables [71]. Además, debe ser robusta, tanto desde el punto de vista técnico como social, puesto que los sistemas de IA, incluso si las intenciones son buenas, pueden provocar daños accidentales [71]. Y, ha de ser ética, de modo que se garantice el respeto de los principios y valores éticos, los cuales son: la equidad, el respeto de la autonomía humana, es decir, la autonomía del usuario debe incrementarse y no restringirse [71]. También encontramos el principio de explicabilidad [71], es decir, estas herramientas deben informar en lenguaje claro y comprensible, el cómo se procesan los datos y el resultado de este [72]. Y por último, la prevención del daño [71], aceptando que un mal uso de las tecnologías podría generar daños en la humanidad, se propone con el fin de mitigar el riesgo asociado al uso de IA, las siguientes acciones:

- Acción y supervisión humanas [73].
- Solidez técnica y seguridad [73].
- Gestión de la privacidad y de los datos [73].
- Transparencia [73].
- Diversidad, no discriminación y equidad [73].
- Bienestar social y medioambiental [73].
- Rendición de cuentas [73].

3.2.2. Documentos de OCDE

Este ente de cooperación internacional definen IA como: *“La tecnología de propósito general que tiene el potencial de mejorar el bienestar de las personas, contribuir a una actividad económica global sostenible positiva, aumentar la innovación y la productividad, y ayudar a responder a los desafíos globales”* [74] [75]. Declara que los principios éticos deben ser: La responsabilidad, Crecimiento inclusivo, desarrollo sostenible y bienestar, valores y equidad centrados en el humano, transparencia y explicación, y por último, la robustez y seguridad [74] [75].

Además, estos documentos muestran el interés de generar herramientas de IAS, ya que esta puede ayudar a: predecir de forma temprana condiciones de salud, ofrecer servicios preventivos, optimizar la toma de decisiones clínicas [76] y descubrir nuevos tratamientos y medicamentos [76]. Todo esto, sin olvidar la importancia de la privacidad de los datos clínicos, es por esto por lo que este ente recomienda que cada país desarrolle un marco específico para el uso de datos clínicos. Dicho marco debería generar una mayor disponibilidad y el uso de datos personales de salud para aumentar la investigación biomédica [76].

3.2.3. Documentos de la UNESCO

Esta organización realiza las siguientes recomendaciones:

- En caso de que los sistemas de IA puedan producir un daño a seres humanos o al medio ambiente y los ecosistemas, debería garantizarse la aplicación de procedimientos de evaluación de riesgos y la adopción de medidas para impedir que se produzca ese daño [77].
- Ha de ser siempre posible atribuir la responsabilidad ética y jurídica, en cualquier etapa del ciclo de vida de los sistemas de IA, a personas físicas o a entidades jurídicas existentes. La supervisión humana se refiere, por tanto, no solo a la supervisión humana individual, sino también a la supervisión pública, según corresponda [77].
- Puede ocurrir que, en algunas ocasiones, los seres humanos tengan que depender de los sistemas de IA por razones de eficacia, pero la decisión de ceder el control en contextos limitados seguirá recayendo en los seres humanos, ya que estos pueden recurrir a los sistemas de IA en la toma de decisiones y en la ejecución de tareas, pero un sistema de IA nunca podrá reemplazar la responsabilidad y la rendición de cuentas final por parte de un ser humano [77].
- La responsabilidad ética y la obligación de rendir cuentas de las decisiones y las acciones basadas de alguna manera en un sistema de IA siempre deberían ser atribuibles, en última instancia, a los actores de la IA [77].

3.2.4. Documentos de la Organización Mundial de la Salud

Para la OMS, el término Inteligencia Artificial se refiere a *“la capacidad de los algoritmos de aprender de los datos para que puedan realizar tareas automatizadas sin que cada paso del proceso tenga que ser programado explícitamente por un ser humano”* [43]. En el libro *“Ethics and governance of artificial intelligence for health: WHO guidance”*, destacan los usos de esta herramienta para el sector salud, en especial como esta tecnología ayuda a los países con pocos recursos a cerrar las brechas en el acceso a los servicios de salud [43].

También resalta que el mal uso de estas tecnologías, suponen un riesgo para la humanidad, es por ello, que los pacientes y las comunidades requieren que se les asegure que sus derechos e intereses no se subordinarán a los poderosos intereses comerciales de las empresas tecnológicas ni a los intereses de vigilancia y control social de los gobiernos [43]. Por lo tanto, siendo consecuentes, el diseño de herramientas de IAS, debe tener como base para la regulación y la gobernanza los siguientes principios: proteger la autonomía, promover el bienestar humano, la seguridad humana y el interés público, asegurar transparencia, explicabilidad e inteligibilidad, fomentar la responsabilidad y la rendición de cuentas; garantizar la inclusión y la equidad, y por último, promover una IA que sea receptiva y sostenible [43].

3.3. COLOMBIA

Colombia es uno de los países líderes en IA de la región latinoamericana, esto lo afirma el gobierno nacional, ya que en los ránquines *“Government AI Readiness Index”* de Oxford Insights y el *“The Global AI Index”* de Tortoise, y en el observatorio de la OCDE, Colombia en los últimos dos años se ubica dentro del top 50 a nivel global y siempre ha discutido los 3 primeros puestos a nivel latinoamericano con México y Chile [74]. Y esto no sorprende, cuando se realiza el análisis descrito en la metodología, nos concentramos con el panorama descrito en la TABLA 3

TABLA 3. Análisis de Colombia

	 COLOMBIA
Definición de IA	<i>“el campo de la informática dedicado a resolver problemas cognitivos comúnmente asociados con la inteligencia humana o seres inteligentes, entendidos como aquellos que pueden adaptarse a situaciones cambiantes. Su base es el desarrollo de sistemas informáticos, la disponibilidad de datos y los algoritmos”</i> [79]
Ética	Colombia posee el documento: “MARCO ÉTICO PARA LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN COLOMBIA”
Principios Legales y/o Legislación	El Compes 3975 menciona principios frente a una futura regulación de esta herramienta en el país, hasta el momento de la escritura de este documento, no existe una ley vigente o proyecto de ley en debate, que hable sobre la regulación de esta herramienta. Se menciona proyecto de ley en debate, ya que existió el Proyecto de Ley 020 del 2020 de la Cámara de Representantes el cual <i>“Establecen los lineamientos de política pública para el desarrollo, uso</i>

	<i>e implementación de Inteligencia Artificial y se dictan otras disposiciones” [80] [81], pero este fue retirado antes del debate.</i>
Uso de IA en sector Salud	Ejemplo de empresas de IAS tenemos a: <ul style="list-style-type: none"> • SAHLI [82] • Indigo Tech [84] • SitiDoctor [83] • Entre otros.

Además, no es extraño encontrar noticias como: “Colombia se posiciona como líder en Inteligencia Artificial” [85]. Para comprender mejor los resultados de esos análisis, podemos realizar una búsqueda sistemática del IA e IAS en Colombia, la ética y la normativa para el uso de IA e IAS nos encontramos con:

3.3.1. Panorama del uso de IA e IAS.

Colombia al igual que el mundo entero por culpa del coronavirus, está obligado a analizar los hechos de este siglo como época pre-COVID y COVID.

Para la época pre-COVID, podemos revisar la capacidad de académica de IA en Colombia para la época pre-COVID, nos encontramos con que este país contaba con 442 investigadores, 46 grupos de investigación y 33 proyectos relacionados con IA en las bases de datos de Minciencia [86]. Uno de esos proyectos fue “SAHLI”, el cual es un algoritmo que usa IA para diagnostica daños en la retina, y fue desarrollado por un equipo de la Clínica Oftalmológica del Caribe y Macondolab de la Universidad Simón Bolívar [82]. Además, también podemos realizar una búsqueda orientada en el motor de búsqueda de Google News, con las palabras “Inteligencia Artificial”, “Salud” y “Colombia”, limitando que se muestren noticias hasta antes del 2020, en donde nos encontramos noticias de “SAHLI”, como de otras dos empresas que prestan servicios de IAS. La primera de ella es “SitiDoctor”, empresa la cual usa los síntomas del paciente y con algoritmos de IA, determina una posible patología y recomienda la especialidad médica a la cual debería dirigirse el usuario, además, gestiona el agendamiento de citas médicas [83]. Y la otra empresa es “Indigo Tech”, quien inicialmente desarrolla una herramienta para el diagnóstico temprano del cáncer de pulmón mediante la inteligencia artificial [84], en la actualidad, esta compañía tiene soluciones de visión de computadora no solo para cáncer de pulmón, sino para más de 25 patologías incluida COVID-19 [87].

Ahora, si revisamos el uso de IA en época COVID, nos topamos con acontecimientos ya mencionadas como es “Vive-Med” [28], que la red pública hospitalaria de Bogotá contrato software con IA para detección de COVID [31]. Y podemos también resaltar la noticia de la creación de la “Clínica Virtual AZ”, la cual es un proyecto de la alianza entre AstraZeneca, iNNpalsa Colombia, CEmprende, la Universidad del Bosque y COCO Tecnologías, dedicado a hacer teleconsultas y usa IA para el agendamiento, confirmación y demás gestión requería para realizar una consulta médica [88].

3.3.2. Ética y Normativa de la IA e IAS

Es válido afirmar que los datos son un pilar fundamental para aplicar algunas técnicas de IA, es por ello, aunque no es el objeto de estudio, se debe mencionar que Colombia posee la Ley Estatutaria 1581 de 2012, la cual dicta las disposiciones generales para la protección de datos personales en el país [89]. Dentro de ella se explica que su campo de acción es a los datos que son

procesados dentro del territorio nacional; y, que el ente encargado para supervisar su aplicación es la Super Intendencia de Industria y Comercio (SIC) [89].

En materia propia de IA, encontramos destacado el año 2019, donde encontramos la Ley 1955, el Documento 3975 del Consejo Nacional de Política Económica y Social, y el decreto 2654. La Ley 1955, se destaca por ser el primer documento legislativo que usa el término Inteligencia Artificial y menciona la necesidad de aplicación de esta herramienta en el sector público [90]. En cambio, el Documento 3975 del Consejo Nacional de Política Económica y Social, es posible ser considerado como la estrategia nacional de IA de Colombia, ya que este da la definición de IA, además define los principios para el desarrollo de la IA en Colombia. Y como fruto de este documento, Colombia desarrollo su marco ético, el cual define que la IA en Colombia debe cumplir con 10 principios [91], los cuales son:

“Principios éticos de la IA en Colombia:

- *Transparencia: brindar información sobre el diseño, formulación e impacto de la IA.*
- *Explicación: la información compartida debe ser comprensible para todos.*
- *Privacidad: respeto por la intimidad y se prohíbe el uso de información que los titulares no hayan autorizado y el perfilamiento de individuos.*
- *Control humano de las decisiones propias de un sistema de IA: mecanismo que aseguran la intervención de los seres humanos.*
- *Seguridad: la IA no debe generar afectaciones a la integridad de los seres humanos.*
- *Responsabilidad: se parte de la solidaridad en la responsabilidad de los diseñadores, desarrolladores y personas que implementen esta tecnología, por los daños que genere la IA.*
- *No discriminación: la IA no puede generar resultados que atenten contra el bienestar de un grupo específico o que limiten los derechos de poblaciones históricamente marginadas.*
- *Inclusión: Participación activa de poblaciones históricamente marginadas en el diseño, desarrollo e implementación y evaluación de la IA.*
- *Prevalencia de los derechos de los niños, niñas y adolescentes: la IA deben reconocer, respetar y privilegiar los derechos de niños, niñas y adolescentes. En ningún caso está justificada la implementación de un sistema inteligente inicial que vaya en detrimento de su interés superior.*
- *Beneficio social: la IA debe permitir o estar directamente relacionada a una actividad que genere un beneficio social claro y determinable.”*

Y en el panorama legal de IAS, se encuentra que el Ministerio de Salud y Protección Social (MinSalud) proyecta el decreto 2654 de 2019, con el cual determina parámetros para la práctica de telemedicina, pero curiosamente en este decreto posee una definición de IA, como se muestra continuación:

“ARTÍCULO 3. DEFINICIONES. Para los efectos de la presente resolución, se tendrán en cuenta las siguientes definiciones: [...]

Inteligencia artificial. La inteligencia artificial (“Artificial Intelligence”, o “AI”) es la simulación de procesos de inteligencia humana por parte de máquinas, especialmente sistemas informáticos. Estos procesos incluyen el aprendizaje (la adquisición de información y reglas para el uso de la información), el razonamiento (usando las reglas para llegar a conclusiones aproximadas o definitivas) y la autocorrección.

Sistema de inteligencia artificial. Es un sistema basado en máquinas que puede, para un conjunto de objetivos definidos por los humanos, hacer predicciones, recomendaciones o decisiones, influenciando ambientes virtuales o reales. Los sistemas de inteligencia artificial son diseñados para operar de acuerdo a niveles de autonomía.”

3.4. Análisis local vs global

Las secciones 3.1, 3.2 y 3.3 exponen las tendencias de los criterios mencionados en el inciso 2.2, donde se evidencia el estado de desarrollo entre los temas de ética, regulación e IAS de Colombia y el mundo.

3.4.1. Principios éticos.

Es evidente que los principios éticos que más se mencionan en la documentación gubernamental y de las demás entidades son: autonomía, responsabilidad, transparencia, no discriminación, explicabilidad e inclusión. Mismos principios que están presente en el marco ético colombiano. Ahora bien, si se realiza una comparación con los 4 principios fundamentales de la bioética:

1. Autonomía [92].
2. Beneficencia [92].
3. No maleficencia [92].
4. Justicia [92].

Se puede afirmar que el principio de justicia no fue mencionado de forma general en los marcos o recomendaciones éticas, en cambio, la autonomía es un principio que está expuesto en todos los documentos. Siguiendo con los otros dos principios restantes, aunque no son explícitamente desarrollado con ese término, al revisar su definición se encuentra que estos si están presente en los textos analizados.

3.4.2. Regulación de la IA o IAS.

Colombia a diferencia de otros países no posee legislación y su documentación insinúa que prontamente no habrá este tipo de documento, con el fin de no limitar el desarrollo de esta tecnología, como se menciona en el documento CONPES 3975 “Toda regulación que impacte el desarrollo de IA en Colombia debe ir acompañada de evidencia que soporte la necesidad de intervención del Estado, con el los fin de evitar convertirse en una limitante no injustificada para el desarrollo de un mercado competitivo de IA.” [79].

3.4.3. Inteligencia Artificial en Salud

Las tendencias de herramientas de IAS que se encuentran en el ámbito global son para el uso de: análisis de imágenes diagnosticas, identificación y diseño de medicamentos, detección de Covid, enfermedades transmisibles y no transmisibles

y minería de datos clínicos. En el caso de nuestro país, no ha tenido un desarrollo desde lo gubernamental para la creación de IAS, aunque, como se mencionó en el inciso 3.3, existen iniciativas privadas la generación de esta tecnología, sin un enfoque en común.

4. CONCLUSIONES

Los resultados que se muestran en el capítulo 3, evidencian que los países que cumplen con los 4 parámetros (definición de IA, Principios éticos de la IA, el marco legal y el uso de la IA en salud), están en el proceso de crear una estrategia que transforme todo el sistema de salud con el uso de inteligencia artificial. Ejemplo, solo para recordar, Reino Unido se encuentra en desarrollo de la estrategia de IA por el NHS, en la fecha de escritura de este documento se encuentra ya publicado para discusión este plan.

Ahora bien, el propósito de este trabajo de grado es identificar los principales desafíos éticos y legales que enfrenta la inteligencia artificial para integrarse al sistema de salud colombiano. Con lo descrito en los resultados, podemos evidenciar que Colombia en lo que se refiera a IA de uso general, ha tenido grandes avances en temas de generar un desarrollo ético de esta tecnología.

Además, cabe recalcar que, para la mayoría de las naciones usaron y desarrollaron herramientas de IA para la mitigación las consecuencias de la pandemia de la COVID-19, siendo esta una época donde se acelera el uso de esta herramienta en todos los sectores económicos y sociales, y en especial su uso de emergencia en el sector salud, lo cual, hace pensar los actores del sector salud superan el falso miedo donde creían que serían reemplazados por maquinas que usan este tipo de algoritmos. En consecuencia, provoca que las ramas del poder público de Colombia y los países en general, estén en el momento ideal para regular el uso y supervisión de la IA en general. Recordando, que diseñar e implementar una estrategia nacional permite aprovechar el cambio radical en el curso de la historia humana causado por el uso de estos algoritmos como una oportunidad para restaurar la vitalidad económica y resolver muchos problemas que enfrenta nuestra sociedad [93].

5. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Para trabajos futuros se recomienda realizar un análisis de percepción de los actores del sector salud, si bien es cierto la documentación permite evidenciar la IA como una herramienta de apoyo, es necesario también validar si este sentimiento es generalizado en Colombia y con ello no tendríamos un desafío para la implementación de la IAS.

REFERENCIAS

- [1] A. M. Turing, "COMPUTING MACHINERY AND INTELLIGENCE", *Mind*, vol. LIX, núm. 236, pp. 433–460, oct. 1950, doi: 10.1093/mind/LIX.236.433.
- [2] Rockwell Anyoha, "The History of Artificial Intelligence", el 28 de agosto de 2017. <https://sitn.hms.harvard.edu/flash/2017/history-artificial-intelligence/> (consultado el 3 de diciembre de 2021).
- [3] National Geographic España, "Breve historia visual de la inteligencia artificial". https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/breve-historia-visual-inteligencia-artificial_14419 (consultado el 3 de diciembre de 2021).
- [4] J. McCarthy, "What is Artificial Intelligence?", ene. 2004.
- [5] M. Haenlein y A. Kaplan, "A Brief History of Artificial Intelligence: On the Past, Present, and Future of Artificial Intelligence", *California Management Review*, vol. 61, núm. 4, pp. 5–14, ago. 2019, doi: 10.1177/0008125619864925.
- [6] V. Kaul, S. Enslin, y S. A. Gross, "History of artificial intelligence in medicine", *Gastrointestinal Endoscopy*, vol. 92, núm. 4, pp. 807–812, oct. 2020, doi: 10.1016/j.gie.2020.06.040.
- [7] BBC Mundo, "Eugene, el computador que fue más listo que los humanos", el 9 de junio de 2014. Consultado: el 2 de abril de 2022. [En línea]. Disponible en: https://www.bbc.com/mundo/noticias/2014/06/140609_tecnologia_eugene_test_turing_ch
- [8] Webedia Brand Services, "Los principales hitos en la historia de la inteligencia artificial", *Ecosistema Huawei*, el 15 de febrero de 2019. <https://ecosistemahuawei.xataka.com/principales-hitos-historia-inteligencia-artificial/> (consultado el 3 de diciembre de 2021).
- [9] N. Pérez, A. Sánchez Rico, L. Seratti, M. Guagliano, y M. Villanueva, "INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y COVID-19 Informe de vigilancia tecnológica". Programa Nacional de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva – VINTEC Dirección Nacional de Estudios Subsecretaría de Estudios y Prospectiva.
- [10] A. Gudigar *et al.*, "Role of Artificial Intelligence in COVID-19 Detection", *Sensors*, vol. 21, núm. 23, p. 8045, dic. 2021, doi: 10.3390/s21238045.
- [11] M. Alzubaidi, H. D. Zubaydi, A. A. Bin-Salem, A. A. Abd-Alrazaq, A. Ahmed, y M. Househ, "Role of deep learning in early detection of COVID-19: Scoping review", *Computer Methods and Programs in Biomedicine Update*, vol. 1, p. 100025, 2021, doi: 10.1016/j.cmpbup.2021.100025.
- [12] A. D. Orjuela-Cañón, J. E. Camargo Mendoza, C. E. Awad García, y E. P. Vergara Vela, "Tuberculosis diagnosis support analysis for precarious health information systems", *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, vol. 157, pp. 11–17, abr. 2018, doi: 10.1016/j.cmpb.2018.01.009.
- [13] A. J. Codlin *et al.*, "Independent evaluation of 12 artificial intelligence solutions for the detection of tuberculosis", *Sci Rep*, vol. 11, núm. 1, p. 23895, dic. 2021, doi: 10.1038/s41598-021-03265-0.
- [14] O. Perdomo *et al.*, "Classification of diabetes-related retinal diseases using a deep learning approach in optical coherence tomography", *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, vol. 178, pp. 181–189, sep. 2019, doi: 10.1016/j.cmpb.2019.06.016.
- [15] X. Pei *et al.*, "Efficacy of artificial intelligence-based screening for diabetic retinopathy in type 2 diabetes mellitus patients", *Diabetes Research and Clinical Practice*, vol. 184, p. 109190, feb. 2022, doi: 10.1016/j.diabres.2022.109190.

- [16] NCI Staff, “Can Artificial Intelligence Help See Cancer in New, and Better, Ways?”, *National Cancer Institute*, el 22 de marzo de 2022. Consultado: el 3 de mayo de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.cancer.gov/news-events/cancer-currents-blog/2022/artificial-intelligence-cancer-imaging>
- [17] S. Huang, J. Yang, S. Fong, y Q. Zhao, “Artificial intelligence in cancer diagnosis and prognosis: Opportunities and challenges”, *Cancer Letters*, vol. 471, pp. 61–71, feb. 2020, doi: 10.1016/j.canlet.2019.12.007.
- [18] C. A. Kulikowski, “Beginnings of Artificial Intelligence in Medicine (AIM): Computational Artifice Assisting Scientific Inquiry and Clinical Art – with Reflections on Present AIM Challenges”, *Yearb Med Inform*, vol. 28, núm. 01, pp. 249–256, ago. 2019, doi: 10.1055/s-0039-1677895.
- [19] J. E. Aronson, “Expert Systems”, en *Encyclopedia of Information Systems*, Elsevier, 2003, pp. 277–289. doi: 10.1016/B0-12-227240-4/00067-8.
- [20] C. A. Kulikowski y S. M. Weiss, “Representation of Expert Knowledge for Consultation: The CASNET and EXPERT Projects”, en *Artificial intelligence in medicine*, Boulder, Colo: Published by Westview Press for the American Association for the Advancement of Science, 1982.
- [21] G. Freiherr, *The Seeds of Artificial Intelligence: SUMEX-AIM*. Bethesda, Md.; Washington, D.C.: U.S. Dept. of Health, Education, and Welfare, Public Health Service, National Institutes of Health; For sale by the Supt. of Docs., U.S. Govt. Print. Off., 1980. [En línea]. Disponible en: https://www.tcracs.org/tcr/Seeds_of_AI.198003.pdf
- [22] The Medical Futurist, “FDA-approved A.I.-based algorithm”. <https://medicalfuturist.com/fda-approved-ai-based-algorithms/> (consultado el 24 de abril de 2022).
- [23] The Medical Futurist, “FDA Approvals For Smart Algorithms In Medicine In One Giant Infographic”, *The Medical Futurist magazine*, el 6 de junio de 2019. <https://medicalfuturist.com/fda-approvals-for-algorithms-in-medicine/> (consultado el 8 de diciembre de 2021).
- [24] A. Varenttoni, “IMEXHS”, Universidad del Rosario, el 7 de octubre de 2021.
- [25] Instituto Nacional de Salud, “COVID-19 en Colombia. Reporte 30-04-2022 8:40 p.m”. Consultado: el 1 de mayo de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.ins.gov.co/Noticias/paginas/coronavirus.aspx>
- [26] S. H. Park y K. Han, “Methodologic Guide for Evaluating Clinical Performance and Effect of Artificial Intelligence Technology for Medical Diagnosis and Prediction”, *Radiology*, vol. 286, núm. 3, pp. 800–809, mar. 2018, doi: 10.1148/radiol.2017171920.
- [27] Y. Zhou, F. Wang, J. Tang, R. Nussinov, y F. Cheng, “Artificial intelligence in COVID-19 drug repurposing”, *The Lancet Digital Health*, vol. 2, núm. 12, pp. e667–e676, dic. 2020, doi: 10.1016/S2589-7500(20)30192-8.
- [28] S. Aguirre Eastman, “Investigaciones para enfrentar el COVID-19 entregan resultados”, *Revista Universidad EAFIT*, vol. 55, núm. 176, pp. 58–65, mar. 2021.
- [29] K. K. Bharadwaj *et al.*, “Computational Intelligence in Vaccine Design Against COVID-19”, en *Computational Intelligence Methods in COVID-19: Surveillance, Prevention, Prediction and Diagnosis*, vol. 923, K. Raza, Ed. Singapore: Springer Singapore, 2021, pp. 311–329. doi: 10.1007/978-981-15-8534-0_16.
- [30] Gobierno de España, “ENIA - ESTRATEGIA NACIONAL DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL”. noviembre de 2020. [En línea]. Disponible en: https://portal.mineco.gob.es/RecursosArticulo/mineco/ministerio/ficheros/201202_ENI_A_V1_0.pdf

- [31] comunicaciones, “Inteligencia Artificial Para Diagnósticos De Lesiones Por COVID-19”, *Subred Integrada de Servicios de Salud Sur E.S.E*, septiembre de 2020. <https://www.subredsur.gov.co/content/inteligencia-artificial-para-diagnosticos-de-lesiones-por-covid-19%E2%80%8B%E2%80%8B> (consultado el 30 de abril de 2022).
- [32] P. E. Ekmekci y B. Arda, “Bioethical Inquiries About Artificial Intelligence”, en *Artificial Intelligence and Bioethics*, Cham: Springer International Publishing, 2020, pp. 41–78. doi: 10.1007/978-3-030-52448-7_4.
- [33] Z. Obermeyer y E. J. Emanuel, “Predicting the Future — Big Data, Machine Learning, and Clinical Medicine”, *N Engl J Med*, vol. 375, núm. 13, pp. 1216–1219, sep. 2016, doi: 10.1056/NEJMp1606181.
- [34] S. Chan y E. L. Siegel, “Will machine learning end the viability of radiology as a thriving medical specialty?”, *BJR*, vol. 92, núm. 1094, p. 20180416, feb. 2019, doi: 10.1259/bjr.20180416.
- [35] Mahomed S., “Healthcare, artificial intelligence and the Fourth Industrial Revolution : ethical, social and legal considerations”, *South African Journal of Bioethics and Law*, vol. 11, núm. 2, pp. 93–95, nov. 2018, doi: 10.7196/SAJBL.2018.v11i2.664.
- [36] R. Verganti, L. Vendraminelli, y M. Iansiti, “Innovation and Design in the Age of Artificial Intelligence”, *J Prod Innov Manag*, vol. 37, núm. 3, pp. 212–227, may 2020, doi: 10.1111/jpim.12523.
- [37] D. Priyanto, M. Zarlis, y A. Anggrawan, “Determination of Giving ‘Tips’ Using Fuzzy Logic To Determine Restaurant Customer Service Satisfaction”, *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1830, núm. 1, p. 012008, abr. 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1830/1/012008.
- [38] T. Zhang, Y. Qin, y Q. Li, “Trusted Artificial Intelligence: Technique Requirements and Best Practices”, en *2021 IEEE 20th International Conference on Trust, Security and Privacy in Computing and Communications (TrustCom)*, Shenyang, China, oct. 2021, pp. 1458–1462. doi: 10.1109/TrustCom53373.2021.00207.
- [39] T. Dutton, “An Overview of National AI Strategies”, *Politics + AI*, el 28 de junio de 2018. <https://medium.com/politics-ai/an-overview-of-national-ai-strategies-2a70ec6edfd> (consultado el 8 de mayo de 2022).
- [40] C. Verdejo, L. Tapia-Benavente, B. Schuller-Martínez, L. Vergara-Merino, M. Vargas-Peirano, y A. M. Silva-Dreyer, “What you need to know about scoping reviews”, *Medwave*, vol. 21, núm. 02, pp. e8144–e8144, mar. 2021, doi: 10.5867/medwave.2021.02.8144.
- [41] Australian Computer Society, “Artificial Intelligence A Starter Guide to the Future of Business”, Australian Computer Society. [En línea]. Disponible en: <https://www.acs.org.au/insightsandpublications/reports-publications/artificial-intelligence.html>
- [42] Human Rights Council, “The right to privacy in the digital age Report of the United Nations High Commissioner for Human Rights”. United Nations, el 13 de octubre de 2021. [En línea]. Disponible en: https://unece.org/sites/default/files/2021-09/A_HRC_48_31_AdvanceEditedVersion.pdf
- [43] World Health Organization, *Ethics and governance of artificial intelligence for health: WHO guidance*. Geneva: World Health Organization, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/341996>
- [44] G. Neff y P. Nagy, “Talking to Bots: Symbiotic Agency and the Case of Tay”, *International Journal of Communication*, vol. Vol 10 (2016), oct. 2016, [En línea]. Disponible en: <https://ijoc.org/index.php/ijoc/article/view/6277>

- [45]BBC Mundo, “Tay, la robot racista y xenófoba de Microsoft”, el 25 de marzo de 2016. Consultado: el 2 de abril de 2022. [En línea]. Disponible en: https://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/03/160325_tecnologia_microsoft_tay_bot_adolescente_inteligencia_artificial_racista_xenofoba_lb
- [46]EL MUNDO, “Una inteligencia artificial se vuelve racista, antisemita y homófoba en menos de un día en Twitter”, Madrid - España, el 28 de marzo de 2016. Consultado: el 2 de abril de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.elmundo.es/tecnologia/2016/03/28/56f95c2146163fdd268b45d2.html>
- [47]J. Scott Brennan, Philip N. Howard, y Rasmus Kleis Nielsen, “An industry-led debate: How UK media cover artificial intelligence”, *the Reuters Institute for the Study of Journalism*, dic. 2018, [En línea]. Disponible en: https://reutersinstitute.politics.ox.ac.uk/sites/default/files/2018-12/Brennan_UK_Media_Coverage_of_AI_FINAL.pdf
- [48]Conor Dougherty, “Google Photos Mistakenly Labels Black People ‘Gorillas’”, *The New York Times*, el 1 de julio de 2015. Consultado: el 2 de abril de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://bits.blogs.nytimes.com/2015/07/01/google-photos-mistakenly-labels-black-people-gorillas/>
- [49]Ryan Mac, “Facebook Apologizes After A.I. Puts ‘Primates’ Label on Video of Black Men”, *The New York Times*, el 3 de septiembre de 2021. Consultado: el 2 de abril de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.nytimes.com/2021/09/03/technology/facebook-ai-race-primates.html>
- [50]R. Benjamin, *Race after technology: abolitionist tools for the new Jim code*. Medford, MA: Polity, 2019.
- [51]J. Wiens, W. N. Price, y M. W. Sjoding, “Diagnosing bias in data-driven algorithms for healthcare”, *Nat Med*, vol. 26, núm. 1, pp. 25–26, ene. 2020, doi: 10.1038/s41591-019-0726-6.
- [52]Centro para la Cuarta Revolución Industrial Colombia - C4RI, “Experiencias de políticas públicas relevantes para la adopción de tecnologías de la Cuarta Revolución Industrial”. Consultado: el 25 de marzo de 2022. [En línea]. Disponible en: https://c4ir.co/wp-content/uploads/2021/04/Actualizacion-del-monitoreo-de-oportunidades_Entregable-2_final_Experiencia-de-Politica-Publica_VF.pdf
- [53]Steering Group of the Artificial Intelligence Programme, *Finland’s age of artificial intelligence - Turning Finland into a leading country in the application of artificial intelligence. Objective and recommendations for measures*. Ministry of Economic Affairs and Employment, 2017. [En línea]. Disponible en: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-290-3>
- [54]K. H. Olli Koski y Innovations and Enterprise Financing, *Work in the age of artificial intelligence: Four perspectives on the economy, employment, skills and ethics*. Ministry of Economic Affairs and Employment, 2018. [En línea]. Disponible en: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-313-9>
- [55]Smart Nation Digital Government Office, “NATIONAL ARTIFICIAL INTELLIGENCE STRATEGY: ADVANCING OUR SMART NATION JOURNEY”. noviembre de 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.smartnation.gov.sg/files/publications/national-ai-strategy.pdf>
- [56]Presidencia de la Nación, “PLAN NACIONAL DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL”. ARGENTINA. [En línea]. Disponible en: <https://ia-latam.com/wp-content/uploads/2020/09/Plan-Nacional-de-Inteligencia-Artificial.pdf>

- [57] Minister of State for Artificial Intelligence, Digital Economy & Remote Work Applications Office, "AI Guide". 2018. [En línea]. Disponible en: https://ai.gov.ae/wp-content/uploads/2020/02/AIGuide_EN_v1-online.pdf
- [58] SMART DUBAI, "AI ETHICS PRINCIPLES & GUIDELINES". [En línea]. Disponible en: https://www.digitaldubai.ae/pdfviewer/web/viewer.html?file=https://www.digitaldubai.ae/docs/default-source/ai-principles-resources/ai-ethics.pdf?sfvrsn=d4184f8d_6
- [59] Minister of State for Artificial Intelligence, Digital Economy & Remote Work Applications Office, "UAE National Strategy for Artificial Intelligence 2031". 2018. [En línea]. Disponible en: <https://ai.gov.ae/wp-content/uploads/2021/07/UAE-National-Strategy-for-Artificial-Intelligence-2031.pdf>
- [60] Minister of State for Artificial Intelligence, Digital Economy & Remote Work Applications Office, "UAE Council for Artificial Intelligence and Blockchain", *Artificial Intelligence Office, UAE*. https://ai.gov.ae/ai_council/ (consultado el 23 de marzo de 2022).
- [61] Secretary of State for Digital, Culture, Media and Sport y Command of Her Majesty, "National AI Strategy". septiembre de 2021. [En línea]. Disponible en: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1020402/National_AI_Strategy_-_PDF_version.pdf
- [62] D. Leslie, "Understanding artificial intelligence ethics and safety: A guide for the responsible design and implementation of AI systems in the public sector", Zenodo, jun. 2019. doi: 10.5281/ZENODO.3240529.
- [63] NHS, "NHS Long Term Plan". agosto de 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.longtermplan.nhs.uk/wp-content/uploads/2019/08/nhs-long-term-plan-version-1.2.pdf>
- [64] "Lithuanian Artificial Intelligence Strategy: A Vision of the Future". 2019. [En línea]. Disponible en: [https://eimin.lrv.lt/uploads/eimin/documents/files/DI_strategija_ENG\(1\).pdf](https://eimin.lrv.lt/uploads/eimin/documents/files/DI_strategija_ENG(1).pdf)
- [65] "Artificial Intelligence Strategy of the German Federal Government". [En línea]. Disponible en: www.ki-strategie-deutschland.de
- [66] "NATIONAL ARTIFICIAL INTELLIGENCE INITIATIVE OVERSEEING AND IMPLEMENTING THE UNITED STATES NATIONAL AI STRATEGY". <https://www.ai.gov> (consultado el 20 de marzo de 2022).
- [67] "MALTA THE ULTIMATE AI LAUNCHPAD: A strategic and vision for Artificial Intelligence in Malta 2030". octubre de 2019. [En línea]. Disponible en: https://malta.ai/wp-content/uploads/2019/11/Malta_The_Ultimate_AI_Launchpad_vFinal.pdf
- [68] "Malta: Towards Trustworthy AI Malta Ethical AI Framework Open for Public Consultation". Agosto de 2019. [En línea]. Disponible en: https://malta.ai/wp-content/uploads/2019/08/Malta_Towards_Ethical_and_Trustworthy_AI.pdf
- [69] "AUSTRALIA'S AI ACTION PLAN". junio de 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.industry.gov.au/sites/default/files/June%202021/document/australias-ai-action-plan.pdf>
- [70] "Hungary's Artificial Intelligence Strategy 2020 - 2030". mayo de 2020. [En línea]. Disponible en: <https://ai-hungary.com/files/e8/dd/e8dd79bd380a40c9890dd2fb01dd771b.pdf>
- [71] European Commission. Directorate General for Communications Networks, Content and Technology. y Grupo de expertos de alto nivel sobre inteligencia artificial., *Directrices éticas para una IA fiable*. 2019. [En línea]. Disponible en: <https://data.europa.eu/doi/10.2759/08746>

- [72]European Commission y European Commission for the Efficiency of Justice, *EUROPEAN ETHICAL CHARTER ON THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN JUDICIAL SYSTEMS AND THEIR ENVIRONMEN*. 2019. [En línea]. Disponible en: <https://rm.coe.int/ethical-charter-en-for-publication-4-december-2018/16808f699c>
- [73]European Parliament. Directorate General for Internal Policies of the Union., *WHITE PAPER “Artificial Intelligence - A European approach to excellence and trust”*. 2020. Consultado: el 23 de abril de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://data.europa.eu/doi/10.2861/312540>
- [74]OECD, *Recommendation of the Council on Artificial Intelligence*. 2022. [En línea]. Disponible en: <https://legalinstruments.oecd.org/api/print?ids=648&lang=en>
- [75]OECD, *TRUSTWORTHY AI IN HEALTH: Background paper for the G20 AI Dialogue, Digital Economy Task Force*. OECD, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.oecd.org/health/trustworthy-artificial-intelligence-in-health.pdf>
- [76]OECD, *Artificial Intelligence in Society*. OECD, 2019. doi: 10.1787/eedfee77-en.
- [77]“ANTEPROYECTO DE RECOMENDACIÓN SOBRE LA ÉTICA DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL”. UNESCO, 2020. Consultado: el 2 de febrero de 2022. [En línea]. Disponible en: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373434_spa
- [78]Proyecto de IA de Colombia, “Índices y mediciones internacionales”, *El Task Force de IA Colombia*. <https://inteligenciaartificial.gov.co/indices/> (consultado el 22 de abril de 2022).
- [79]“Documentos CONPES 3975: Política Nacional para la Transformación Digital e Inteligencia Artificial”. el 8 de noviembre de 2019. [En línea]. Disponible en: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Económicos/3975.pdf>
- [80]V. Garzón Fierro, “La inteligencia artificial en Colombia”, Universidad de los Andes, Colombia, 2020. [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/1992/51660>
- [81]J. D. Echavarría Sánchez *et al.*, “Proyecto de Ley 020 del 2020 de la Cámara de Representantes”. el 20 de julio de 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.camara.gov.co/inteligencia-artificial>
- [82]Unisimón, “La inteligencia artificial revoluciona la salud en Colombia”, el 30 de noviembre de 2019. Consultado: el 19 de abril de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.elespectador.com/actualidad/la-inteligencia-artificial-revoluciona-la-salud-en-colombia-article-893511/>
- [83]PORTAFOLIO, “Ubican a pacientes y médicos con IA”, el 26 de mayo de 2019. Consultado: el 19 de abril de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.portafolio.co/innovacion/ubican-a-pacientes-y-medicos-con-ia-529960>
- [84]REDACCIÓN APP, “El programa que detecta cáncer de pulmón con inteligencia artificial”, *EL TIEMPO Casa Editorial*, el 14 de marzo de 2019. Consultado: el 19 de abril de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.eltiempo.com/tecnosfera/novedades-tecnologia/el-programa-que-detecta-cancer-de-pulmon-con-inteligencia-artificial-337230>
- [85]Redacción Tecnósfera, “Colombia se posiciona como líder en inteligencia artificial”, el 10 de marzo de 2022. Consultado: el 11 de abril de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.eltiempo.com/tecnosfera/novedades-tecnologia/colombia-lider-en-inteligencia-artificial-657344>
- [86]OBSERVATORIO CT+I - Ruta N, “INFORME DE ANÁLISIS SECTORIAL INTELIGENCIA ARTIFICIAL”. [En línea]. Disponible en: https://c4ir.co/wp-content/uploads/2021/04/Informe-Sectorial-AI_ES.pdf
- [87]IndiGO, “IndiGO”. <https://indigo.tech> (consultado el 19 de abril de 2022).

- [88]S. Solórzano, “Clínica Virtual, iniciativa de AstraZeneca e INNpulsa, ha atendido a más de 23.000 pacientes”, *Editorial La República S.A.S.*, el 10 de agosto de 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.larepublica.co/empresas/clinica-virtual-iniciativa-de-astrazeneca-e-innpulsa-ha-atendido-a-mas-de-23000-pacientes-3215032>
- [89]“LEY ESTATUTARIA 1581 DE 2012: Por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales.” el 17 de octubre de 2012. [En línea]. Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=49981>
- [90]“LEY 1955 DE 2019: POR EL CUAL SE EXPIDE EL PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2018-2022 PACTO POR COLOMBIA, PACTO POR LA EQUIDAD.” el 25 de mayo de 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=93970>
- [91]A. Guío Español, E. Tamayo Uribe, P. Gómez Ayerbe, y M. P. Mujica, “MARCO ÉTICO PARA LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN COLOMBIA”. octubre de 2021. [En línea]. Disponible en: https://inteligenciaartificial.gov.co/static/img/MARCO_ETICO.pdf
- [92]Y. A. Castro Alcívar, “Influencia de la Bioética en el Derecho desde la perspectiva de aplicación práctica”, *Frónesis*, vol. 28, núm. 2, pp. 117–131, mar. 2022.
- [93]The Government of the Republic of Korea, “National Strategy for Artificial Intelligence”. Ministry of Science and ICT, el 17 de diciembre de 2019. [En línea]. Disponible en: https://doc.msit.go.kr/SynapDocViewServer/viewer/doc.html?key=18d4fbbf88924923ad0a65b5f4e9db56&convType=img&convLocale=ko_KR&contextPath=/SynapDocViewServer