

DERECHO Y VIDA

ius et vita

ISSN 1692-6455
Junio 2025

Edición 117 – Jun. 2025

Boletín Derecho y Vida - Ius et Vita

Universidad
Externado
de Colombia

CENTRO DE ESTUDIOS SOBRE GENÉTICA Y DERECHO

Teléfonos: (57 1) 3420288 y 3419900, extensión 4015

Calle 12 n.º 1-17 este, Bogotá

centro.genetica@uexternado.edu.co

ius et vita
DERECHO Y VIDA

Sandboxes regulatorios en inteligencia artificial

- Juan Manuel Mazo Forero

Medición de la Huella de Carbono en el Desplazamiento de Clínicas y Hospitales: Implementación de Inteligencia Artificial para una Movilidad Sostenible y Ecológica en Ciudades del Futuro

- German Augusto Sánchez Collazos
- Valentina Gutiérrez De Piñeres Ardila

Uso de inteligencia artificial en el ajuste de flujo de gases terapéuticos, impacto en la reducción de gases de efecto invernadero y el derecho al aire limpio en Colombia

- German Augusto Sánchez Collazos
- Valentina Gutiérrez De Piñeres Ardila

Editor:

Diego Borbón

Asistentes Editoriales

Susana Aranzález De La Hoz
Nina Isabella Pérez Cepeda

Comité editorial:

Jorge Alberto Ramírez Gómez
Leidy Ximena Mora Gómez
Sandra Villamil Mayoral
Mónica Lizet Morales Neira

Sandboxes regulatorios en inteligencia artificial

Juan Manuel Mazo Forero

Universidad Externado de Colombia

juan.mazo@est.uexternado.edu.co

<https://orcid.org/0009-0005-4714-0646>

Resumen

Los sandboxes regulatorios son entornos experimentales controlados y supervisados por autoridades públicas, creados inicialmente en el ámbito financiero tras la crisis económica de 2007-2008, con el propósito de permitir a las empresas probar soluciones tecnológicas innovadoras sin afrontar inmediatamente las restricciones regulatorias habituales. Estos espacios, especialmente relevantes para el desarrollo de inteligencia artificial (IA), ofrecen beneficios clave como la reducción de incertidumbre regulatoria, la adaptabilidad normativa y la democratización del acceso a nuevas tecnologías, garantizando al mismo tiempo la protección de usuarios y consumidores. Su éxito depende de un diseño institucional robusto y cooperación intersectorial, abordando desafíos éticos específicos relacionados con privacidad, transparencia y equidad, lo que permite una regulación anticipatoria, ética e inclusiva para tecnologías disruptivas. En este artículo haremos una breve introducción a los sandboxes regulatorios en inteligencia artificial.

Palabras clave: Sandboxes regulatorios; Inteligencia Artificial; Regulación; Tecnologías Disruptivas; Arenas regulatorias.

1. ¿Qué es un sandbox regulatorio?

Los sandboxes regulatorios, también conocidos como "arenas regulatorias" o "bancos de prueba", constituyen un modelo regulatorio experimental cuyo objetivo principal es permitir a las empresas probar productos, servicios y modelos de negocio innovadores en un entorno controlado y supervisado por las autoridades públicas; este método regulatorio experimental tuvo su origen en el sector financiero tras la crisis económica global acontecida en 2007-2008, donde tuvo como función inicial proporcionar un espacio seguro donde innovadores – en especial del sector de las Fintech – pudieran experimentar sin tener que incurrir de forma inmediata en todas las consecuencias legales y reglamentarias propias de la actividad en cuestión (Ortiz Laverde, 2021).

Su principal virtud radica en asegurar la posibilidad de innovar en diferentes campos - los cuales, en ocasiones, pueden tener normativas rígidas ajustadas a los actores tradicionales - sin desproteger a usuarios o consumidores, brindándoles la posibilidad de interactuar en un entorno controlado y supervisado por la autoridad competente. De esta manera, se reduce la incertidumbre regulatoria para aquellos innovadores que desean introducir soluciones disruptivas, mientras se recopilan datos e información de valor para el diseño o ajuste de políticas públicas (Martin & Balestra, 2019).

En particular, en el ámbito de la inteligencia artificial (IA), los sandboxes regulatorios han adquirido una especial relevancia debido a la rápida evolución

en su desarrollo, lo cual ha implicado una rápida evolución tecnológica junto con unos riesgos asociados a la privacidad, debido a la gran cantidad de datos que necesitan ser procesados para la ejecución de estos modelos; la transparencia, debido a la claridad y calidad de las tareas ejecutadas por sistemas de inteligencia artificial; y la equidad, por la facilidad de acceso que se debería garantizar a la población en general (Baldini & Francis, 2024). Han sido diferentes los países que han establecido múltiples sandboxes específicos para IA, dentro de los pioneros se encuentran el Reino Unido incluyendo proyectos enfocados en el diagnóstico médico apoyado en sistemas de inteligencia artificial y algunos otros con el objetivo de proteger la privacidad de los datos (Leckenby et al., 2021). Otros ejemplos destacados son Singapur en fintech (Pei Sai Fan., 2018), Alemania en movilidad autónoma (BMW, 2019) y Noruega en privacidad por diseño (Baldini & Francis, 2024).

Los sandboxes regulatorios presentan una serie de características las cuales, tanto los definen, como los distinguen, de otras aproximaciones normativas experimentales como las *test bed*. Entre ellas se destaca su capacidad de adaptabilidad regulatoria, lo cual le permite a los entes reguladores revisar y ajustar rápidamente el marco legal vigente conforme a los resultados obtenidos en el proyecto (Attrey, Leshner & Lomax, 2020). Asimismo, poseen una doble naturaleza permisiva y supervisora pues por un lado, facilitan la posibilidad de experimentación con productos, servicios o modelos de negocio que en condiciones normales tendrían el riesgo de no encajar perfectamente en el marco regulatorio vigente, mientras por otro se garantiza la vigilancia activa por parte del regulador lo cual genera confianza en los posibles consumidores o usuarios (Goodenough & Shrier, 2022).

Otra de las posibles ventajas significativas que se puede destacar de los sandboxes regulatorios es la democratización de la innovación, pues al reducir barreras regulatorias para nuevos actores del mercado, posibilitan un mayor acceso a soluciones tecnológicas avanzadas, aumentando la competencia y mejorando la calidad y variedad de los productos y servicios ofrecidos al público, impulsando a su vez la economía, en cuanto un mayor número de empresas pueden salir al mercado (Baquero-Herrera e Higuera, 2021).

Desde su creación en el Reino Unido, los sandboxes regulatorios han tenido una rápida y amplia proliferación, extendiéndose a sectores diversos como salud, telecomunicaciones y justicia (Goodenough & Shrier, 2022). Esta expansión refleja un cambio sustancial en la mentalidad regulatoria, pues la rápida evolución de la tecnología ha obligado a los reguladores a pasar de enfoques tradicionales y rígidos hacia modelos más dinámicos y colaborativos; la historia reciente demuestra que los sandboxes han surgido como respuesta efectiva a la incapacidad de las normativas tradicionales para adaptarse oportunamente a tecnologías disruptivas (Attrey, Leshner & Lomax, 2020).

Dentro de los aspectos importantes a tener en cuenta, es que la efectividad de estos entornos depende críticamente de un diseño institucional robusto, lo que requiere aspectos fundamentales que incluyen la disponibilidad de recursos humanos y técnicos especializados, mecanismos claros de gestión de riesgos y criterios transparentes para evaluar resultados y gestionar la implementación de innovaciones exitosas hacia las regulaciones generales (Jabłońska-Bonca & Bonca, 2024). Además, una cooperación intersectorial e internacional también resulta esencial pues ayuda a evitar algunas posibles consecuencias negativas como el "sandbox shopping", en donde las empresas buscan entrar a proyectos que tengan jurisdicciones con regulaciones más laxas (Goo y Heo, 2020).

En el contexto específico del desarrollo de sistemas de inteligencia artificial, los sandboxes regulatorios abordan algunos desafíos éticos y legales particulares de

este campo relacionados con la protección de la privacidad, la transparencia operativa y la protección de derechos fundamentales (Moraes, 2024). Esto destaca la importancia de la integración proactiva de principios éticos fundamentales para el desarrollo de tecnologías disruptivas como la privacidad por diseño (PbD) y las tecnologías avanzadas de protección de datos (PETs) que garantizan que las innovaciones tecnológicas se desarrollen de manera responsable para el uso por parte de los usuarios (Moraes, 2025).

Estos espacios, además impulsan una colaboración colectiva entre reguladores y empresas, lo que facilita la oportunidad de introducir discusiones éticas más profundas sobre los impactos sociales potenciales de la IA, necesario para el uso correcto y responsable de estos sistemas, en vista al respeto de los derechos de los consumidores. La participación activa de estos actores múltiples — reguladores, empresas, sociedad civil y académicos— asegura una gobernanza de estos sistemas tecnológicos disruptivos más inclusiva y efectiva, fortaleciendo así la legitimidad del marco regulatorio resultante del desarrollo de los proyectos de sandboxes.

Sin embargo, es necesario nombrar que persisten desafíos regulatorios significativos relacionados con las tensiones legales, que pueden surgir entre normas de mayor jerarquía con las resultantes del sandbox; las incertidumbres normativas, que pueden generar las excepciones a las normas que permiten los sandboxes regulatorios; y la necesidad de armonización internacional necesaria para evitar efectos adversos como el fenómeno del “*sandbox shopping*”. Para superar estas dificultades, es vital desarrollar una serie de estándares comunes y promover la cooperación regional y global, evitando así una posible fragmentación regulatoria (Allen, 2017).

Finalmente, los sandboxes regulatorios pueden tener el potencial adicional de promover la inclusión social y reducir brechas tecnológicas y económicas, esto debido a la posibilidad que le da a la población de acceder al uso de tecnologías emergentes a sectores vulnerables y ayudar a garantizar una participación diversa en el desarrollo de estos proyectos, lo que ayuda a estos a contribuir significativamente a la democratización del acceso a los avances tecnológicos que ayudan a facilitar el día a día de las personas (Baquero-Herrera e Higuera, 2021).

Síntesis

En síntesis, es posible destacar cómo el uso de sandboxes regulatorios han constituido una estrategia regulatoria óptima, la cual le ha permitido a las autoridades regulatorias de los diferentes Estados gestionar las innovaciones disruptivas por partes de empresas tecnológicas como lo ha sido la inteligencia artificial. Gracias a sus características innovadoras como el diseño experimental, la supervisión activa y la oportunidad de brindar una flexibilidad normativa permite que se cree un equilibrio entre el impulso de innovación tecnológica – necesaria por los Estados hoy en día a la hora de ser competitivos en el mercado internacional – y la protección de los derechos fundamentales como la privacidad, la protección de los datos y la posibilidad de acceder a herramientas que ofrezcan respuestas libres de sesgos algorítmicos, esto ha permitido que los sandboxes se posicionen como una de las herramientas de mayor relevancia a la hora de buscar la oportunidad de ejercer una regulación anticipatoria, ética y socialmente responsable.

BIBLIOGRAFÍA

Allen, H. J. (2017). Regulatory sandboxes. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3056993>

Attrey, A., Leshner, M., & Lomax, C. (2020). *The role of sandboxes in promoting flexibility and innovation in the digital age* (OECD Going Digital Toolkit Notes, No. 2). OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/cdf5ed45-en>

Baldini, D., & Francis, K. (2024). AI regulatory sandboxes between the AI Act and the GDPR: The role of data protection as a corporate social responsibility. *CEUR Workshop Proceedings*, 3731.

Baquero-Herrera, M., & Higuera, J. A. C. (2021). Regulatory sandboxes y la democratización de la provisión y acceso a servicios financieros a través de Fintech. En *Los mercados financieros ante la disrupción de las nuevas tecnologías digitales*.

BMW. (2019). *Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial del Gobierno Federal*. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.

Goo, J. J., & Heo, J.-Y. (2020). The impact of the regulatory sandbox on the Fintech industry, with a discussion on the relation between regulatory sandboxes and open innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 6(2), 43. <https://doi.org/10.3390/joitmc6020043>

Goodenough, O. R., & Shrier, D. L. (2022). Regulatory sandboxes. En D. L. Shrier & A. Pentland (Eds.), *Global fintech: Financial innovation in the connected world*. MIT Press.

Jabłońska-Bonca, J., & Bonca, M. (2024). Regulatory sandboxes – Two perspectives. *Krytyka Prawa. Niezależne Studia Nad Prawem*, 16, Article 3. <https://doi.org/10.7206/kp.2080-1084.713>

Leckenby, E., Dawoud, D., Bouvy, J., & Jónsson, P. (2021). The sandbox approach and its potential for use in health technology assessment: A literature review. *Applied Health Economics and Health Policy*, 19(6), 857–869. <https://doi.org/10.1007/s40258-021-00665-1>

Martin, A., & Balestra, G. (2019). Using regulatory sandboxes to support responsible innovation in the humanitarian sector. *Global Policy*, 10(4), 733–736. <https://doi.org/10.1111/1758-5899.12729>

Moraes, T. (2025). Regulatory sandboxes for trustworthy artificial intelligence – global and Latin American experiences. *International Review of Law, Computers & Technology*, 39(1), 55–74. <https://doi.org/10.1080/13600869.2024.2351674>

Ortiz Laverde, S. M. (2021). Nuevos modelos regulatorios. Sandboxes regulatorios como instrumentos para garantizar la innovación y conectividad en Colombia. En E. González López (Dir.), *Las TIC y la sociedad digital: Doce años después de la ley. Tomo 1, Las TIC y las telecomunicaciones y el derecho a la competencia* (pp. 936–978). Universidad Externado de Colombia.

Medición de la Huella de Carbono en el Desplazamiento de Clínicas y Hospitales: Implementación de Inteligencia Artificial para una Movilidad Sostenible y Ecológica en Ciudades del Futuro

German Augusto Sánchez Collazos

german.sanchez01@est.uexternado.edu.co

<https://orcid.org/0000-0002-5992-5273>

Valentina Gutiérrez De Piñeres Ardila

valentina.gutierrez3@est.uexternado.edu.co

<https://orcid.org/0009-0002-5869-3367>

TediAnesthesia Hipocampus Research Group (Grupolac colo238942)

Resumen

La crisis climática global, impulsada por la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), representa un desafío significativo que afecta a los ecosistemas y exacerba el calentamiento global. Aunque el sector salud suele ser pasado por alto en las discusiones sobre la huella de carbono, los hospitales, especialmente en áreas urbanas como Bogotá, Colombia, contribuyen de manera sustancial a las emisiones de GEI. Estas emisiones provienen del alto consumo energético, los sistemas de refrigeración, el transporte y la gestión de residuos dentro de las instituciones de salud. Por ello, el presente artículo explora las emisiones relacionadas con la movilidad generada por pacientes y personal sanitario. Al analizar el impacto de la movilidad en la sostenibilidad ambiental, el artículo examina cómo la Inteligencia Artificial (IA) y otras tecnologías innovadoras pueden mitigar estas emisiones. Se discuten soluciones impulsadas por IA, como plataformas de transporte compartido, incentivos para vehículos eléctricos, la telemedicina y estrategias potenciales para reducir la huella de carbono de las instituciones de salud. Además, el artículo destaca la importancia de políticas y regulaciones para guiar la sostenibilidad del sector salud.

Palabras clave: Huella de carbono, inteligencia artificial (IA), sostenibilidad ambiental, movilidad.

Introducción

La crisis climática es uno de los mayores desafíos globales de nuestro tiempo, y su aceleración está estrechamente vinculada a la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), los cuales son responsables del calentamiento global y de la alteración de los ecosistemas. A nivel mundial, las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y otros GEI provienen principalmente de sectores como la industria, la energía, el transporte y la agricultura. Sin embargo, el sector salud, aunque tradicionalmente no se asocia con emisiones masivas, también

juega un papel importante en la huella de carbono global, especialmente en hospitales de alto nivel, que requieren de grandes cantidades de energía, movilidad y recursos. (Salud sin daño et al., 2019)

En ciudades principales de Colombia, donde el crecimiento urbano y las demandas de atención médica están en aumento, hospitales de cuarto nivel generan una huella de carbono significativa debido a su alta demanda energética, sistemas de refrigeración, calefacción, transporte de insumos y la operación continua de equipos médicos. Además, contribuyen a las emisiones derivadas de los desechos hospitalarios y la movilización diaria de los pacientes y el personal. (Minsalud et al., 2021)

Este artículo tiene como objetivo un enfoque específico en la ciudad de Bogotá, evaluando la huella generada por movilidad y cómo, mediante herramientas dadas por la Inteligencia Artificial, se podría mitigar su impacto ambiental y avanzar hacia prácticas más sostenibles en los hospitales de cuarto nivel.

Para ello, se analizará la huella de carbono generada en la ciudad como resultado de la movilidad de los pacientes y del personal sanitario, así como el modo en que la Inteligencia Artificial (IA) y otras tecnologías innovadoras pueden contribuir a mitigar este problema mediante la implementación de plataformas de transporte compartido, incentivos para el uso de vehículos eléctricos, el fortalecimiento de la telemedicina y otras estrategias orientadas a reducir la huella de carbono de las instituciones de salud.

Siendo así, se debe partir de que la huella de carbono es la cantidad total de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos, directa o indirectamente, por una persona, organización, o producto, medida en dióxido de carbono equivalente (CO₂e). Esta métrica permite comparar el impacto climático de diferentes emisiones. El análisis de la huella de carbono sirve como un indicador ambiental de las actividades de una organización y como base para implementar acciones que reduzcan el consumo de energía y optimicen el uso de recursos y materiales de manera más sostenible. (Redacción National Geographic, 2022)

Existen estándares ampliamente reconocidos para medir y gestionar las emisiones de GEI en el cálculo de la huella de carbono, como el, GHG Protocol, clasificándolas en tres alcances distintos. El Alcance 1 son emisiones directas de GEI que son propiedad o están controladas por la entidad, el Alcance 2 pertenece a las emisiones indirectas de GEI asociadas a la adquisición y gasto de energía eléctrica por parte de la organización. Por último, el Alcance 3 incluye las emisiones indirectas de GEI generadas a lo largo de todo el ciclo de vida de los productos y servicios utilizados por la entidad, aunque estos no sean de su propiedad ni estén directamente bajo su control.

Ahora bien, es notorio que la prestación del servicio de salud juega un papel fundamental en la generación de la huella de carbono, ya que, los procesos vinculados a las citas médicas presenciales, transporte del personal o de productos y distribución de medicamentos, pueden resultar en emisiones significativas de GEI. En este contexto, el Alcance 3 de la huella de carbono cobra especial relevancia en el sector sanitario, dado

que, la movilidad como factor indirecto se convierte en un tema de gran impacto. (ECODES, 2024)

Camino al movimiento sostenible del sector salud

En ciudades principales como Bogotá, se han identificado dos causas claves en la problemática de movilidad contaminante. La primera es la lenta adopción de tecnologías de bajas y cero emisiones, puesto que, la ciudad enfrenta desafíos para crear un mercado atractivo y confiable de vehículos eléctricos o híbridos de bajas emisiones. A diciembre de 2019, solo el 0.06% de los vehículos en Bogotá eran eléctricos, y los taxis eléctricos no habían reemplazado a los de combustión. Análogamente, se han hecho avances en normativas y se ha comenzado a renovar el sistema de Transmilenio con vehículos menos contaminantes, pero aún hay vacíos en las políticas para promover la masificación de tecnologías limpias. (Universidad de los Andes, 2020)

Por otro lado, se encuentran limitaciones para el uso de la bicicleta, caminatas y patinetas eléctricas. Si bien el uso de la bicicleta ha aumentado un 39% en los últimos cinco años, la infraestructura y condiciones culturales aún no favorecen su uso generalizado, especialmente para las mujeres, ya que, la ciudad enfrenta problemas como altos índices de hurtos y accidentes que afectan la seguridad. Esto demuestra que, Bogotá a pesar de tener la red de ciclorrutas más extensa de Colombia, tiene que seguir ampliando y mejorando la infraestructura para que las personas puedan hacer uso cotidiano de ellas (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2020). La no resolución efectiva de dichos problemas principales contribuye al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero producidas por el sector salud, pues tanto el personal sanitario como los pacientes se ven obligados a recurrir al uso de vehículos particulares, motocicletas y transporte convencional, los cuales son generadores de CO₂.

Según la Secretaría Distrital de Ambiente, para el año 2022 las emisiones totales fueron de, 9.71 millones de toneladas de CO₂ eq, y el sector transporte aportó a dicha cifra con la emisión de 4,04 Mt de CO₂ eq, lo que representa cerca del 41.6 % del total emitido en la ciudad. Por tanto, teniendo en cuenta la participación del sector sanitario en las emisiones de GEI, en especial en el tema de movilidad por parte del personal de salud y los pacientes, se pueden plantear algunas alternativas mediadas por inteligencia artificial para disminuir dicho impacto; utilizando la optimización del transporte mediante viajes compartidos, por medio de plataformas basadas en IA que agrupan automáticamente a los trabajadores sanitarios que viajan hacia destinos similares, reduciéndose así el número total de vehículos.

Así mismo, incentivar el uso de vehículos eléctricos con estrategias económicas brindando descuentos en el estacionamiento para vehículos de bajas emisiones o promoviendo la incorporación de "flotas verdes" de vehículos eléctricos o híbridos para transporte de productos farmacéuticos, puede ayudar a mitigar el problema, porque aunque actualmente sobre el último punto no existe una empresa específica que brinde este servicio para el sector salud, algunas empresas como DHLExpress Colombia ya incluyen en su programa GoGreen vehículos

eléctricos y a gas como parte de su enfoque en logística verde; método que podría ser analizado por otras empresas del sector salud para hacerlo funcionar como una alternativa al momento de realizar entregas de medicamentos, lo cual podría evitar el desplazamiento de los pacientes al ya no tener que recogerlos (DHL Supply Chain Latinoamérica, 2024).

Semejantemente, se puede observar que la participación de la inteligencia artificial al momento de realizar la entrega de medicamentos es una alternativa sostenible, en el entendido de que, podría ejecutarse un sistema de automatización de la prescripción y dispensación en dos formas.

La primera, creando un esquema de prescripción electrónica, donde los médicos puedan emitir recetas electrónicas directamente desde sus plataformas digitales, lo que elimina la necesidad de que los pacientes se desplacen a una consulta presencial. Y la segunda, generando un sistema de verificación de fórmulas electrónicas con asistencia en tiempo real que puedan responder preguntas sobre medicamentos, dosificación y posibles efectos secundarios, para ayudar a los usuarios a tener más información sobre su medicina. (González-Pérez et al., 2024).

Estos sistemas pueden integrarse con las farmacias para que los medicamentos estén disponibles y puedan ser enviados directamente al domicilio del usuario, estando configurados con algoritmos que puedan analizar el historial médico y las preferencias de los usuarios para recomendarles medicamentos o productos de salud adecuados. Igualmente, en cuanto a la seguridad de ambos, la automatización biométrica en este campo tiene vital importancia, dado que, por medio del reconocimiento facial o huellas dactilares, el paciente podría autenticarse y así acceder a sus medicamentos de forma correcta y segura sin necesidad de ir a la farmacia.

Incluso, los sistemas se podrían interrelacionar con plataformas de pedidos en línea y hacer que los usuarios reciban sus medicamentos por medio de plataformas de logística que optimicen rutas, de preferencia que cuenten con "flotas verdes" pero dejando libre la entrada a Uber, Rappi, etc. o incluso Drones. Todo ello sin descartar que también se puede sugerir la creación de farmacias automatizadas donde los medicamentos se almacenen en un sistema robotizado que los seleccione y empaquete según la fórmula del usuario (Mecalux, 2020).

Adicionalmente, en cuanto al transporte de productos y personas del sector salud, la utilización de la IA podría abrir posibilidades aún más amplias e innovadoras, dentro de estas se podría ejecutar la creación de sistemas de transporte autónomo y eléctrico (Sistemas de transporte inteligente), para de esta forma facilitar que los vehículos de los profesionales de salud o del transporte de productos sanitarios puedan ser priorizados en rutas con congestión, asegurando que lleguen a tiempo y con el mínimo impacto ambiental (Mintransporte, 2018).

Otro enfoque relevante para plantear sería trabajar en una mayor implementación e innovación en herramientas como la Telemedicina, la cual se encuentra regulada en la Resolución No. 2654 de 2019 del Ministerio de Salud. Esta normativa habilita a los profesionales de la salud

para ofrecer atención remota a los pacientes, evitando así la necesidad de desplazarse a las clínicas o centros de atención.

Sobre esta herramienta que ha sido poco a poco implementada en Colombia, aún no se han ejecutado todos sus beneficios. Pues actualmente sigue sin estar generalizada para el uso de chatbots o asistentes virtuales que brinden análisis de síntomas y prediagnósticos. La integración de estas tecnologías dentro del sector salud podría facilitar diagnósticos remotos mediante sistemas de inteligencia artificial que analicen imágenes o resultados de pruebas sin necesidad de un médico inmediato, optimizando así el flujo de pacientes con atención virtual y maximizando la eficiencia en el uso de personal y recursos en clínicas u hospitales.

En ese sentido, la recuperación de principios y promoción de prácticas sostenibles en la industria sanitaria y farmacéutica se vuelve necesaria para que estas adopten nuevas prácticas ecológicas. Solo de esta manera las industrias se alinearán con las expectativas de consumidores y organismos reguladores que buscan un mayor compromiso con el medio ambiente.

En esa misma línea, cabe señalar que en Colombia existe suficiente normativa al respecto que ordena lo descrito anteriormente. Como la Ley 1931 de 2018 que tiene como objetivo crear un marco normativo que impulse la adopción de políticas y estrategias para mitigar los efectos del cambio climático. Su propósito es reducir la vulnerabilidad de la población y los ecosistemas, promoviendo una economía sostenible y baja en carbono. En ella, se adoptan principios como la autogestión, coordinación, corresponsabilidad, costo-beneficio y gradualidad en la implementación y así mismo se prioriza la integración de políticas y medidas que aborden la prevención, la responsabilidad y la subsidiariedad entre los diferentes niveles de gobierno.

Para su implementación se cuenta con la participación del Sistema Nacional de Cambio Climático (SISCLIMA), el apoyo de la Comisión Intersectorial de Cambio Climático (CICC), los Nodos Regionales y se crea el Consejo Nacional de Cambio Climático para asesorar a la CICC y garantizar la participación de diferentes sectores en la toma de decisiones, sumado al hecho de que también menciona que las entidades públicas y territoriales son responsables de cumplir las metas de adaptación al cambio climático dentro de sus competencias, es decir, indica que el Estado debe asumir protagonismo.

De igual manera, la Ley 2169 del 2021 en su Título II artículo 5, destaca las metas que se deben lograr en cuanto al cambio climático. Establece que se debe reducir el 51 % las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) con respecto al escenario de referencia a 2030 de la I\|DC, lo que representaría un máximo de emisiones país de 169.44 millones de tCO₂eq. Por lo cual, especifica que en cuanto al sector salud, este debe ejecutar estrategias de promoción y prevención, que aporten a reducir los casos de enfermedades sensibles al clima a nivel departamental, distrital y municipal. Se espera que al menos el 40% de las instituciones prestadoras de servicios de salud hayan establecido acciones de

adaptación ante el cambio climático bien sea en su estructura interna como externa, esto incluye personal y equipos médicos.

Finalmente, la implementación de la Inteligencia Artificial para promover una movilidad sostenible y ecológica representa una posibilidad real e innovadora, que podría contribuir de manera efectiva al cumplimiento de la normatividad vigente. En la que, si bien no se menciona directamente la utilización de la IA, a lo largo de este escrito se expone como utilizarla mitigaría la huella de carbono; objetivo que en efecto es también el perseguido por las normas.

Conclusiones específicas

1. La huella de carbono, medida en dióxido de carbono equivalente (CO₂e), es un indicador esencial del impacto ambiental de las actividades de una organización. En el sector sanitario, tanto las emisiones directas como las indirectas provenientes de la cadena de suministro, como la fabricación y transporte de medicamentos, personal y equipos médicos, contribuyen significativamente al cambio climático. El sector debe tomar medidas para mitigar sus emisiones, especialmente aquellas incluidas en el Alcance 3, que se relacionan con las emisiones indirectas.
2. Las soluciones basadas en inteligencia artificial para mitigar el impacto ambiental, como se exponen anteriormente son innovadoras para reducir la huella de carbono tanto en el sector sanitario como en la movilidad urbana. En el sector sanitario, el uso de plataformas de viajes compartidos, la telemedicina y los sistemas de transporte autónomos y eléctricos pueden optimizar los desplazamientos del personal y pacientes, reduciendo la necesidad de vehículos privados y su impacto ambiental. Además, la automatización de la prescripción y dispensación de medicamentos puede eliminar la necesidad de desplazamientos a centros de salud, contribuyendo a la reducción de emisiones relacionadas con el transporte.
3. La implementación e innovación de prescripciones electrónicas, farmacias automatizadas y la logística optimizada mediante plataformas digitales o incluso drones, pueden reducir el número de desplazamientos y mejorar la eficiencia en la entrega de medicamentos.
4. La integración de soluciones tecnológicas y sostenibles en la cadena de suministro de medicamentos y equipos médicos es crucial para reducir las emisiones de GEI y promover un futuro más verde. La industria farmacéutica tiene una gran oportunidad para adoptar prácticas sostenibles, tanto en la producción como en la distribución, mejorando su impacto ambiental y contribuyendo a la reducción de la huella de carbono global.
5. La reducción de la huella de carbono en el sector sanitario y en las ciudades requiere un esfuerzo conjunto entre gobiernos, organizaciones de salud, industria farmacéutica y la sociedad en general. Es fundamental que se implementen políticas públicas eficaces que incentiven el uso de tecnologías limpias, la mejora de

la infraestructura para el transporte sostenible y el fomento de la sostenibilidad en las prácticas del sector salud y la cadena de suministro de medicamentos.

Referencias bibliográficas

- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2019, diciembre 4). *Bogotá tiene la red de ciclorrutas más extensa de América Latina*. <https://bogota.gov.co/asi-vamos/rendicion-de-cuentas/bogota-tiene-la-red-de-ciclorrutas-mas-extensa-de-america-latina>
- Air Liquide Healthcare. (2020). *Hacia el hospital sostenible gracias al IoT y la IA*. https://es.healthcare.airliquide.com/sites/alh_es/files/2023-02/hacia-el-hospital-sostenible-gracias-al-iot-y-la-ia.pdf
- DHL Supply Chain Latinoamérica. (2024, agosto). *Acciones para una logística sostenible: Informe ESG 2024*. DHL. <https://www.dhl.com/content/dam/dhl/local/mx/core/documents/pdf/mx-es-2024-esg-brochure-latam.pdf>
- ECODES. (2024). *Reducción de emisiones de GEI en el sector sanitario. Enfoque en el Alcance 3 de la huella de carbono*. <https://ecodes.org/images/que-hacemos/MITERD-2023/Informe MITERD SANIDAD ECODES DEF.pdf>
- González-Pérez, Y., Montero Delgado, A., & Martínez Sesmero, J. M. (2024). *Acercando la inteligencia artificial a los servicios de farmacia hospitalaria*. *Farmacia Hospitalaria*, 48(Supl 1), S35–S44. <https://doi.org/10.1016/j.farma.2024.04.001>
- Ley 1931 de 2018. (2018, julio 27). *Por la cual se establecen directrices para la gestión del cambio climático*. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=80360&dt=S>
- Ley 2169 de 2021. (2021, diciembre 22). *Por medio de la cual se impulsa el desarrollo bajo en carbono del país mediante el establecimiento de metas y medidas mínimas en materia de carbono neutralidad y resiliencia climática y se dictan otras disposiciones*. http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedo/c/ley_2169_2021.html
- Mecalux. (2020, junio 8). *Robots de farmacia la automatización del almacenaje de productos pequeños*. Mecalux. <https://www.mecalux.com.co/blog/robot-farmacia>
- Ministerio de Salud y Protección Social & Salud sin Daño. (2021). *Estimación de la huella de carbono del sector salud en Colombia*. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/proyecto-estimacion-huella-carbono-sector-salud-colombia.pdf>
- Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia. (2019). *Resolución No. 2654 de 2019: Por la cual se establecen disposiciones para la telesalud y parámetros para la práctica de la telemedicina en el país*. https://www.minsalud.gov.co/normatividad_nuevo/resoluci%C3%B3n%20no.%202654%20del%202019.pdf
- Ministerio de Transporte de Colombia. (2018, julio 5). *¿Qué es ITS?*. <https://mintransporte.gov.co/publicaciones/5757/que-es-its/>

- Redacción National Geographic. (2022, mayo 16). ¿Qué es la huella de carbono y cómo medirla?. *National Geographic en español*. <https://www.nationalgeographicla.com/medio-ambiente/que-es-huella-de-carbono-como-se-mide>
- Secretaría Distrital de Ambiente. (2023, diciembre 6). Inventario de emisiones de gases efecto invernadero 2022 mostró una reducción de 19.8%. https://www.ambientebogota.gov.co/noticias-de-ambiente1/-/asset_publisher/CWsNLtoGa4f6/content/inventario-de-emisiones-de-gases-efecto-invernadero-2022-mostro-una-reduccion-de-19-8-
- Salud sin daño & ARUP. (2021, septiembre). Huella climática del sector de la salud: cómo contribuye el sector de la salud a la crisis climática global: oportunidades para la acción. <https://accionclimaticaensalud.org/sites/default/files/2021-06/huellaclimatica.pdf>
- Universidad de los Andes. (2020). Sustitución energética de la flota de taxis de Bogotá: análisis y comparación de escenarios. <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstreams/751b2eb4-7379-4a95-853c-3beb81916540/download>
- World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development. (2004). The greenhouse gas protocol: A corporate accounting and reporting standard (Revised edition). *World Resources Institute*. <https://ghgprotocol.org/>

Uso de inteligencia artificial en el ajuste de flujo de gases terapéuticos, impacto en la reducción de gases de efecto invernadero y el derecho al aire limpio en Colombia

German Augusto Sánchez Collazos

german.sanchez01@est.uexternado.edu.co

<https://orcid.org/0000-0002-5992-5273>

Valentina Gutiérrez De Piñeres Ardila

valentina.gutierrez3@est.uexternado.edu.co

<https://orcid.org/0009-0002-5869-3367>

TediAnesthesia Hipocampus Research Group (Grupolac colo238942)

Resumen

El ajuste adecuado de los parámetros de los gases terapéuticos es crucial para el tratamiento de pacientes con enfermedades respiratorias, especialmente aquellos que requieren ventilación mecánica u oxigenoterapia. La introducción de la inteligencia artificial (IA) en este campo está revolucionando la medicina, mejorando los resultados de los pacientes, reduciendo el riesgo de error humano y optimizando la utilización de recursos. Esta revisión describe el impacto de la IA en la regulación del flujo de gases terapéuticos y su papel en la sostenibilidad ambiental, particularmente en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). También evalúa cómo esta tecnología apoya el derecho al aire limpio en Colombia, un país que actualmente enfrenta una grave contaminación del aire y desafíos de salud pública.

Palabras clave: inteligencia artificial (IA), regulación de gases terapéuticos, ventilación mecánica, sostenibilidad ambiental, derecho al aire limpio.

Introducción

La adaptación de los parámetros de los diferentes gases terapéuticos, como el oxígeno y el dióxido de carbono (CO₂) durante la ventilación mecánica, es crucial en el tratamiento de pacientes con diversas enfermedades respiratorias o que requieren soporte ventilatorio durante anestesia general. Tradicionalmente, estos ajustes de los flujos son realizados de forma manual por diferentes profesionales de la salud, basándose en su experiencia clínica, en los dispositivos utilizados y en mediciones de parámetros fisiológicos de los pacientes (signos vitales, gasometría). Sin embargo, los avances en IA han permitido la automatización de este proceso, lo que no solo ayuda a mejorar la precisión del tratamiento, sino que también optimiza el uso de recursos y reduce el impacto ambiental por medio del ahorro de oxígeno y las emisiones de GEI (Liu et al., 2024).

La implementación de la IA en la atención respiratoria no solo beneficia a los pacientes al mejorar su oxigenación y disminuir la mortalidad, sino que también tiene el potencial de contribuir a la sostenibilidad medioambiental (Becerra et al., 2021). El ajuste automático del flujo de oxígeno y otros gases terapéuticos

permite mejorar la eficiencia energética de los equipos médicos, reduciendo la huella de carbono del sistema de salud y disminuyendo el impacto ambiental de algunas especialidades médicas como lo es el caso de la anestesiología (McGain et al., 2021). Además, en un contexto global de creciente preocupación por la calidad del aire, este avance tecnológico puede tener implicaciones importantes para la salud pública en países como Colombia, donde el derecho a un aire limpio es una preocupación central.

Teniendo en cuenta lo anterior, este artículo de revisión tiene como objetivo exponer la aplicación de la IA en el flujo de gases terapéuticos y cómo esta produce una disminución en el impacto ambiental para así favorecer a una adecuada calidad del aire en Colombia.

Métodos de inteligencia artificial en el ajuste de gases terapéuticos

La IA aplicada a la ventilación mecánica y la oxigenoterapia se ha implementado principalmente a través de sistemas de control en bucle cerrado, los cuales ajustan los parámetros respiratorios en tiempo real como el INTELLiVENT-Adaptive usado en contexto de unidad de cuidado crítico de adultos (Misseri et al., 2024). Estos sistemas utilizan algoritmos complejos que procesan datos fisiológicos como la saturación de oxígeno en sangre, la frecuencia respiratoria y la fracción de oxígeno inspirada, para realizar ajustes sin intervención manual en tiempo real (Sanchez-Morillo et al., 2017).

Pero esta no es la única forma de aplicación de IA. Por ejemplo, el concentrador de oxígeno inteligente (iPOC), utilizado en pacientes con enfermedades respiratorias crónicas como la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), ajusta automáticamente el flujo de oxígeno en función de la actividad física del paciente, lo que permite una oxigenación más precisa y eficiente durante su vida diaria (Sanchez-Morillo et al., 2020). Estos sistemas no solo mejoran la oxigenación, sino que también reducen el consumo de recursos y la carga de trabajo del personal médico, mejorando la eficiencia terapéutica.

En el campo de la ventilación mecánica en neonatos, los algoritmos adaptativos para el control automatizado del oxígeno en bebés prematuros han demostrado ser más efectivos que los métodos manuales, reduciendo la incidencia de hipoxemia e hiperoxemia y mejorando los resultados en cuanto a morbimortalidad (Dargaville et al., 2022). Además, en pacientes críticos adultos que requieren ventilación mecánica, la IA, a través de algoritmos de aprendizaje por refuerzo, permite personalizar las estrategias de ventilación, mejorando la oxigenación y reduciendo la duración de la ventilación mecánica (Liu et al., 2024). A pesar de esto, no se han llevado a cabo suficientes investigaciones con sistemas de asa cerrada en pacientes que requieren ventilación mecánica u oxigenoterapia únicamente durante procedimientos quirúrgicos, aunque investigaciones recientes sobre los mezcladores de aire-oxígeno en ventiladores mecánicos fuera de la unidad de cuidado crítico han demostrado mejoras en la eficiencia y la seguridad del tratamiento respiratorio, lo que también contribuye a reducir la huella de carbono del sector salud (Soares et al., 2022).

La implementación de la IA para ajustar los parámetros de flujo ha transformado significativamente la administración de gases terapéuticos para los mezcladores de aire y de oxígeno en los ventiladores mecánicos, pero a su vez podría ser aplicada en otros entornos como la eliminación de CO₂ producida por estos equipos u otro tipo de tecnologías médicas (Wolf et al., 2022). De esta forma, la optimización del flujo impactaría en varios aspectos clínicos y económicos, además de representar un menor consumo de energía tanto intrahospitalariamente como fuera del entorno clínico.

Impacto en la reducción de gases de efecto invernadero

Como se mencionó, el uso de IA en la gestión del flujo de gases terapéuticos no sólo tiene beneficios para la salud de los pacientes, sino que también puede contribuir a la sostenibilidad medioambiental. Los dispositivos médicos, como los concentradores de oxígeno y los ventiladores mecánicos, consumen una cantidad significativa de energía y generan una cantidad considerable de GEI (Wolf et al., 2022). De esta manera, un ajuste más preciso y eficiente del flujo de oxígeno y otros gases no solo mejora desenlaces clínicos, sino que también contribuye a la reducción del uso ineficiente de recursos y la optimización del consumo energético de estos equipos.

La optimización energética a través de IA puede reducir la huella de carbono del sistema de salud, lo que es particularmente relevante en el contexto de las políticas globales para la reducción de las emisiones GEI como una acción para combatir el cambio climático (Keil et al., 2024). La automatización del ajuste de gases terapéuticos también puede disminuir la dependencia de combustibles fósiles para alimentar los equipos médicos, contribuyendo a mitigar el impacto ambiental del sector sanitario.

Siendo el uso de la IA en la gestión del flujo de gases terapéuticos sumamente importante como un aporte desde el campo de la salud pública a los pilares de la Ley de acción climática del país establecidos en la Ley 2169 de 2021; con relación a la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero y el cumplimiento de los objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) con relación a la eficiencia energética.

El derecho al aire limpio en Colombia

En Colombia, el derecho al aire limpio es un derecho que, si bien no está contemplado como un derecho fundamental en la Constitución Política de 1991, vía jurisprudencial sí se ha reconocido como tal en casos donde existe conexidad con el derecho a la vida digna, a un ambiente sano o a la salud. Por otro lado, la Ley 99 de 1993, creó el Sistema Nacional Ambiental, el cual está encargado de gestionar la protección ambiental de la Nación.

La legislación colombiana reconoce que todos los ciudadanos tienen derecho a un medio ambiente sano, que incluye un aire libre de contaminación. Además, la Resolución 0762 de 18 de julio de 2022 regula y establece acciones para la gestión de la calidad del aire, reafirmando los compromisos del país en el cumplimiento de sus objetivos de salud pública y sostenibilidad ambiental. No obstante, las ciudades colombianas enfrentan niveles elevados de contaminación del aire, especialmente en Bogotá, Medellín y Cali, donde las concentraciones de material particulado (PM10) y otros contaminantes superan los límites establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Por ejemplo, la OMS recomendó que el límite de cantidad contaminante presente en un volumen de aire ambiente fuera de 15 microgramos por metro cúbico para el año 2022, mientras que, en Bogotá fue de 35.76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para ese mismo año. (Universidad El Bosque, 2023).

Por otro lado, el país también cuenta con la Resolución 3157 de 2018, mediante la cual se pauta la "ESTABILIDAD PARA PRODUCTOS FITOTERAPÉUTICOS Y GASES MEDICINALES", y se regula la cantidad de oxígeno consumido en las diferentes áreas hospitalarias y a su vez el control de la cantidad de GEI producidos.

Partiendo de esta normatividad, es que la IA aplicada al ajuste de gases terapéuticos tiene el potencial de asegurar un mayor cumplimiento de las regulaciones, y de mejorar la salud respiratoria de los colombianos, especialmente la de aquellos que sufren enfermedades respiratorias crónicas o que se encuentran en unidades de cuidados intensivos (Wolf et al., 2022). Además, esta tecnología puede contribuir a mitigar los efectos adversos de la

contaminación del aire, al optimizar el flujo de oxígeno en pacientes con enfermedades respiratorias asociadas con la polución, como EPOC o asma.

Dado lo anterior, es importante señalar que, para efectos prácticos, en el año 2023 se destacó que en la ciudad de Bogotá se realizó un monitoreo de la calidad del aire desde 1997. En dicho monitoreo, se evidenció que las localidades con mayores niveles de material particulado PM10 fueron Kennedy, Fontibón y Puente Aranda; localidades que también presentaron una mayor cantidad de casos de Insuficiencia Respiratoria Aguda (Suárez et al., 2023).

La correlación entre el aumento de PM10 y los casos de IRA resalta la importancia de mantener una buena calidad del aire. Lo cual es un punto que cobra especial relevancia al analizar en detalle la localidad de Kennedy, ya que es la segunda más poblada de Bogotá y también la segunda con mayor número de Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud (IPS). Por ello, la implementación de inteligencia artificial en el ajuste del flujo de gases terapéuticos podría tener un impacto positivo, al contribuir a una menor producción de gases de efecto invernadero (GEI) a nivel local y mejorar la calidad del aire.

Desafíos y Limitaciones

A pesar de los beneficios evidentes de la IA en el manejo de los gases medicinales, existen varios desafíos que deben abordarse antes de poder realizar su implementación generalizada.

En primer lugar, la fiabilidad de los algoritmos y la precisión de los sensores son fundamentales para garantizar que los ajustes realizados por los sistemas automatizados sean correctos y oportunos. Además, una adecuada capacitación del personal de la salud en el uso de estos sistemas es crucial para garantizar su integración efectiva en la práctica clínica y el entorno intrahospitalario.

En segundo lugar, está la sostenibilidad del uso de IA, pues los dispositivos inteligentes pueden optimizar el consumo de energía. Pero la producción y el ciclo de vida de los equipos médicos se deben seguir contemplando dentro de las limitaciones y factores para tener en cuenta a la hora de elegir nuevas tecnologías, con el fin de evaluar el impacto ambiental global que pueden contener las mismas desde su fabricación, ciclo de vida y disposición final.

Conclusión

La implementación de inteligencia artificial en el ajuste de gases terapéuticos representa una innovación significativa en la atención médica, mejorando la precisión y eficiencia de los tratamientos, optimizando el uso de recursos y reduciendo la carga de trabajo del personal médico. Además, la IA tiene un potencial considerable para contribuir a la sostenibilidad ambiental al mejorar la eficiencia energética de los dispositivos médicos y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, factores importantes a la hora de combatir el cambio climático.

En el contexto de Colombia, un país donde la calidad del aire se ha convertido en un desafío crítico para la salud pública, la IA puede jugar un papel importante en mejorar los resultados de los pacientes con enfermedades respiratorias y en apoyar el derecho constitucional de los colombianos a un aire limpio. Por lo tanto, la inclusión de estas tecnologías no solo beneficiará la salud de los individuos, sino que también contribuirá a un sistema de salud más sostenible y eficiente.

Conflicto de intereses y utilización de IA

Este artículo de revisión no tiene ningún conflicto de intereses, se realizó por interés propio respecto al tema por parte de los investigadores. Adicionalmente, para el escrito se utilizó la IA únicamente para corrección de estilo.

Referencias bibliográficas

- Becerra, N., & Mendoza, L. (2021). Inteligencia artificial aplicada a la medicina respiratoria. *Revista Chilena de Enfermedades Respiratorias*, 37(4), 271-274. <https://doi.org/10.4067/s0717-73482021000300271>
- Dargaville, P. A., Marshall, A. P., Ladlow, O. J., et al. (2022). Automated control of oxygen titration in preterm infants on non-invasive respiratory support. *Archives of Disease in Childhood: Fetal and Neonatal Edition*, 107(1), 39-44. <https://doi.org/10.1136/archdischild-2020-321538>
- Keil, M., Frehse, L., Hagemester, M., Knieß, M., Lange, O., Kronenberg, T., & Rogowski, W. (2024). Carbon footprint of healthcare systems: A systematic review of evidence and methods. *BMJ Open*, 14(e078464). <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2023-078464>
- Liu, S., Xu, Q., Xu, Z., et al. (2024). Reinforcement learning to optimize ventilator settings for patients on invasive mechanical ventilation: Retrospective study. *Journal of Medical Internet Research*, 26 (e44494). <https://doi.org/10.2196/44494>
- McGain, F., Sheridan, N., Wickramarachchi, K., Yates, S., Chan, B., & McAlister, S. (2021). Carbon footprint of general, regional, and combined anesthesia for total knee replacements. *Anesthesiology*, 135(6), 976-991. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000003967>
- Ministerio de Salud y Protección Social, Dirección de Medicamentos y Tecnologías en Salud, & Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA). (2022). *Análisis de impacto normativo sobre la estabilidad de gases medicinales*. Ministerio de Salud y Protección Social. https://www.minsalud.gov.co/Anexos_Normatividad_Nuevo/AIN%20GA%20SES%20MEDICINALES%20CONSULTA%20PUBLICA%202022-03-07.pdf
- Misseri, G., Piattoli, M., Cuttone, G., Gregoretti, C., & Bignami, E. G. (2024). Artificial intelligence for mechanical ventilation: A transformative shift in critical care. *Therapeutic Advances in Pulmonary and Critical Care Medicine*, 18 (29768675241298918). <https://doi.org/10.1177/29768675241298918>
- Reynolds, P. R., Miller, T. L., Volakis, L. I., et al. (2019). Randomised cross-over study of automated oxygen control for preterm infants receiving nasal high flow. *Archives of Disease in Childhood: Fetal and Neonatal Edition*, 104(4), F366-F371. <https://doi.org/10.1136/archdischild-2018-315342>
- Sanchez-Morillo, D., Muñoz-Zara, P., Lara-Doña, A., & Leon-Jimenez, A. (2020). Automated home oxygen delivery for patients with COPD and respiratory failure: A new approach. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 20(e1178). <https://doi.org/10.3390/s20041178>
- Sanchez-Morillo, D., Olaby, O., Fernandez-Granero, M. A., & Leon-Jimenez, A. (2017). Physiological closed-loop control in intelligent oxygen therapy: A review. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 146, 101-108. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2017.05.013>
- Soares, G. F., Almeida, O. M., Menezes, J. W. M., Kozlov, S. S. A., & Rodrigues, J. J. P. C. (2022). Air-oxygen blenders for mechanical ventilators: A literature review. *Sensors*, 22(6), 2182. <https://doi.org/10.3390/s22062182>
- Suret, S. S., & Torres, C. D. (2023). Relación entre la concentración de PM2.5 y la mortalidad en menores de 5 años por Infección Respiratoria Aguda

(IRA) en Bogotá D.C. *Observatorio Ambiental*.
<https://oab.ambientebogota.gov.co/wp-content/uploads/2023/10/relacion-entre-la-concentracion-de-PM25-y-enfermedades-respiratorias-en-bogota.pdf>

Universidad El Bosque. (2023). *Evaluación de la calidad de aire en Bogotá y su relación con la incidencia en el número de hospitalizaciones por enfermedades respiratorias*. 29.
<https://hdl.handle.net/20.500.12495/11447>

Wolf, R. M., Abramoff, M. D., Channa, R., Tava, C., Clarida, W., & Lehmann, H. P. (2022). Potential reduction in healthcare carbon footprint by autonomous artificial intelligence. *NPJ Digital Medicine*, 5, 62.
<https://doi.org/10.1038/s41746-022-00605-w>



Publicación del
CENTRO DE ESTUDIOS SOBRE GENÉTICA Y DERECHO

Amigo lector:

Sus opiniones nos serán útiles y gratas.
Las esperamos en el Centro de Estudios sobre Genética y Derecho,
Universidad Externado de Colombia
Calle 12 n.º 1-17 este, o en la dirección de correo electrónico



Universidad
Externado
de Colombia

CENTRO DE ESTUDIOS SOBRE GENÉTICA Y DERECHO

Teléfonos: (57 1) 3420288 y 3419900, extensión 4015

Calle 12 n.º 1-17 este, Bogotá

centro.genetica@uexternado.edu.co

ius et vita
DERECHO VIDA