



ARTÍCULO ESPECIAL

Descifrando códigos de sostenibilidad en Ciencias de Datos

*Deciphering Sustainability Codes in Data Science*Rafael LORENZO MARTÍN^a✉^a Universidad de Holguín, Cuba
ACEGI, ArgentinaINFORMACIÓN
DEL ARTÍCULO**Historia del Artículo:**

Recibido: 01 01 2025

Aceptado: 01 04 2025

Palabras claves:Desarrollo Sostenible.
Ciencia de Datos.
Inteligencia Artificial.
Diagnóstico
imagenológico.**Key words:**Sustainable
Development. Data
Science. Artificial
Intelligence. Imaging
Diagnosis.

RESUMEN

La globalización transforma las dinámicas individuales y organizacionales, influyendo en gerencias inteligentes, marketing, digitalización e innovación, entre otras novedades; abriendo nuevos mercados, perspectivas y oportunidades para organizaciones inverosímiles y sus alcances. Sin embargo, emerge una creciente demanda de manejo eficiente de datos. Lo anterior es uno de los desafíos generadores de la Industria 4.0, con sus tecnologías inteligentes y, en particular, el progreso de la Inteligencia Artificial (IA). Desde la Ciencia de Datos, la IA se ha convertido en una herramienta esencial para procesar y reorganizar la gran cantidad de datos generados por diversas fuentes y canales. Además, este enfoque favorece un desarrollo sostenible al optimizar recursos y mejorar la toma de decisiones, impactando en su perfil personal, laboral y necesidades de los empleadores. En la medicina, la IA desempeña un papel fundamental. Herramientas de IA permiten, entre otras cosas, la cuantificación volumétrica de regiones cerebrales afectadas por enfermedades como la ataxia espinocerebelosa tipo 2 (SCA2) en imágenes de resonancia magnética, que posibilitan mayor precisión y exploraciones antes no logradas. Estos avances además de mejorar la precisión del diagnóstico, también contribuyen a la planificación de tratamientos personalizados. Desde estas pautas, un enfoque combinado y un alcance causal de mejorar los resultados de imagenología para favorecer decisiones de la ruta crítica del desarrollo de enfermedades neurodegenerativas, se propone una solución desde el mejoramiento de los algoritmos que generan de la IA transformando herramientas computacionales para la cuantificación volumétrica de las regiones cerebrales afectadas por SCA2.

ABSTRACT

Globalization transforms individual and organizational dynamics, influencing intelligent management, marketing, digitization, and innovation, among other developments. It opens up new markets, perspectives, and opportunities for unlikely organizations and their reach. However, a growing demand for efficient data management emerges. This is one of the challenges posed by Industry 4.0, with its intelligent technologies and, in particular, the progress of Artificial Intelligence (AI). From the field of Data Science, AI has become an essential tool for processing and reorganizing the vast amount of data generated by various sources and channels. Moreover, this approach promotes sustainable development by optimizing resources and enhancing decision-making, impacting personal and professional profiles and meeting employers' needs. In medicine, AI plays a fundamental role. AI tools enable, among other things, volumetric quantification of brain regions affected by diseases such as spinocerebellar ataxia type 2 (SCA2) in magnetic resonance images, allowing for greater precision and previously unattainable explorations. These advancements not only improve diagnostic accuracy but also contribute to personalized treatment planning. Based on these guidelines and with a combined approach aimed at improving imaging outcomes to support critical decision-making in the development of neurodegenerative diseases, a solution is proposed through the enhancement of algorithms developed by AI, transforming computational tools for the volumetric quantification of brain regions affected by SCA2.

✉ Autor para correspondencia

Correo electrónico: rlorenzomartin74@gmail.com<https://doi.org/10.63706/jsibemir.v1i1.4>

e-ISSN: 3087-2367/© 2025 JS

Este es un artículo Open Access bajo licencia BY-NC-ND
(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

DEMANDAS DE LAS SOCIEDADES CONTEMPORÁNEAS: ISOMORFISMO ENTRE POTENCIALIDADES Y DESAFÍOS DE LAS MANIFESTACIONES DE LAS TECNOLOGÍAS INTELIGENTES PARA FAVORECER UN ENTORNO SOSTENIBLE

La Cuarta Revolución Industrial, impulsada por avances tecnológicos como la ciencia de datos y la inteligencia artificial, está transformando radicalmente el mercado laboral. Según el informe "Data Science in the new economy" del Foro Económico Mundial, se espera que los trabajadores humanos y los procesos automatizados colaboraron en 2022, mientras surgen nuevos profesionales debido a la madurez de la transformación digital en las organizaciones [1]. La ciencia de datos se destaca como una habilidad crucial en esta revolución, y los data scientists serán profesionales altamente demandados en todas las industrias.

El volumen de datos en el mundo crece exponencialmente. Según estimaciones, el 90% de los datos se ha creado en los últimos tres años, con un crecimiento anual del 40% aproximadamente. En 2020, se generaron 64,2 zettabytes de datos, un aumento del 314% respecto a 2015. La pandemia de COVID-19 también impulsó la demanda de información. Estos datos provienen de interacciones cotidianas con dispositivos como teléfonos móviles y tarjetas de crédito. Este fenómeno se conoce como **macrodatos**, y se debe al almacenamiento creciente en sensores de dispositivos móviles y al aumento de la capacidad mundial de almacenamiento [2].

La revolución de los datos está teniendo un impacto significativo en la sociedad. Este concepto abarca diversas áreas, como el movimiento hacia datos abiertos, el crowdsourcing (colaboración pública), las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, la disponibilidad de macrodatos, la inteligencia artificial y el Internet de las cosas. Gracias a los avances en informática y ciencias de datos, ahora se puede procesar y analizar macrodatos en tiempo real. Este conocimiento complementa la información obtenida a través de encuestas y estadísticas oficiales, proporcionando una mayor profundidad y matices sobre el comportamiento humano, sus relaciones y experiencias. La integración de estos nuevos datos con los tradicionales puede generar información de alta calidad, más detallada, oportuna y relevante [2].

La toma de decisiones basadas en los datos es fundamental en la actualidad. Los datos proporcionan la materia prima para exigir responsabilidades y guían las estrategias comerciales. El análisis de macrodatos, que son datos demasiado grandes y complejos para procesar sin software, permite crear perfiles de clientes, servicios personalizados y análisis de previsiones. Además, estas técnicas podrían aplicarse para obtener conocimiento en tiempo real sobre el bienestar de las personas y ayudar a los grupos vulnerables. Si se utilizan de manera responsable, estas tecnologías y análisis pueden contribuir al progreso de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, promoviendo la inclusión y la equidad.

De igual forma, más allá de estas innegables oportunidades existen riesgos con la democratización de los datos. Los derechos humanos desempeñan un papel fundamental en el desarrollo sostenible. La Agenda 2030 reconoce que las economías inclusivas y participativas, así como las sociedades donde los gobiernos rinden cuentas, logran mejores resultados para todos, sin dejar a nadie atrás. La Declaración sobre el derecho al desarrollo enfatiza el derecho de todas las personas y los pueblos a una participación libre y significativa. Además, los principios rectores de la ONU sobre las empresas y los derechos humanos establecen la obligación de los estados y las empresas privadas de garantizar que las actividades constitutivas no violen los derechos de las personas.

Sin embargo, el aumento de los macrodatos también plantea desafíos. La recopilación pasiva de datos a través de huellas digitales y algoritmos puede llevar a la identificación de individuos o grupos, lo que los hace vulnerables a posibles amenazas. Además, existe un riesgo de desigualdad. Las diferencias entre aquellos que tienen acceso a la información y los que no pueden crear una nueva frontera de desigualdad. Muchas personas quedan excluidas debido a factores como el idioma, la pobreza, la falta de educación y la discriminación. Para abordar estos problemas, se requieren acciones a nivel global. Esto incluye desarrollar capacidades en todos los países, especialmente en los países menos adelantados, los países en desarrollo sin litoral y los pequeños estados insulares en desarrollo. Asimismo, es crucial implementar medidas adecuadas para proteger los datos y evitar su mal uso. La lucha contra la desigualdad y la promoción de los derechos humanos son esenciales para un mundo más justo y equitativo.

Los macrodatos desempeñan un papel crucial en el desarrollo sostenible. En 2015, la Agenda 2030 estableció 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) para abordar desafíos sociales, medioambientales y económicos. Para lograr estos objetivos, se requiere una acción integrada que enfatice el desarrollo inclusivo y participativo, asegurando que nadie quede atrás [2]. Sin embargo, los datos disponibles actualmente no son suficientes para informar políticas a nivel global, regional y nacional. Los macrodatos, recopilados individualmente, pueden revelar desigualdades ocultas en la sociedad. Por ejemplo, datos específicos sobre mujeres y niñas, que a menudo trabajan en el sector informal o en el hogar, pueden ayudar a abordar limitaciones sociales en su movilidad y su participación en la toma de decisiones. Gran parte de los macrodatos con potencial para el bien público proviene del sector privado. Es probable que las colaboraciones entre el sector público y privado se generalicen, pero es fundamental garantizar su sostenibilidad a largo plazo y establecer marcos claros para definir roles y expectativas.

Los macrodatos, por ejemplo, son cruciales para monitorear y alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, permitiendo a los gobiernos, empresas y organizaciones de todo tipo tomar decisiones informadas y argumentadas que favorezcan un futuro más sostenible y la pertinencia de sus respuestas. Algunos ejemplos por ODS pudieran ser: **Fin de la pobreza (ODS 1)**: Las tendencias de gasto en servicios de telefonía móvil pueden proporcionar indicadores indirectos de los niveles de ingresos. **Hambre cero (ODS 2)**: El crowdsourcing o seguimiento de precios de alimentos en Internet puede ayudar a controlar la seguridad alimentaria casi en tiempo real. **Salud y bienestar (ODS 3)**: Rastrear el movimiento de usuarios de teléfonos móviles puede predecir la propagación de enfermedades infecciosas. **Educación de calidad (ODS 4)**: Las denuncias ciudadanas pueden descubrir las razones detrás de las tasas de abandono escolar. **Igualdad de género (ODS 5)**: El análisis de transacciones financieras puede revelar patrones de gasto y el impacto diferencial de crisis económicas en hombres y mujeres.

Asimismo, **Agua limpia y saneamiento (ODS 6)**: Sensores conectados a bombas de agua pueden detectar agua limpia. **Energía asequible y no contaminante (ODS 7)**: Contadores inteligentes permiten ajustar el flujo de electricidad, gas o agua para reducir desperdicio y garantizar suministro adecuado. **Trabajo decente y crecimiento económico (ODS 8)**: Tendencias en tráfico postal global proporcionan indicadores como crecimiento económico, remesas, comercio y PIB. **Industria, innovación e infraestructura (ODS 9)**: Datos de dispositivos GPS pueden mejorar el control del tráfico y transporte público. **Reducción de desigualdades (ODS 10)**: Análisis del discurso en radios locales puede revelar problemas de discriminación y respaldar políticas de respuesta. **Ciudades y comunidades sostenibles (ODS 11)**: Teleobservación por satélites rastrea la intrusión en tierras o espacios públicos.

También, **Producción y consumos responsables (ODS 12)**: Patrones de búsqueda en línea o transacciones de comercio electrónico revelan la transición a productos energéticamente eficientes. Acción por el clima **(ODS 13)**: Combinación de imágenes satelitales, testimonios y datos de libre acceso ayuda a rastrear la deforestación. **Vida submarina (ODS 14)**: Seguimiento de buques marítimos evidencia actividades de pesca ilegal. **Vida de ecosistemas terrestres (ODS 15)**: Redes sociales gestionan desastres con información sobre ubicación de víctimas, efectos e intensidad de incendios forestales o neblina. **Paz, justicia e instituciones sólidas (ODS 16)**: Análisis de emociones en redes sociales muestra opinión pública sobre gobernanza, servicios públicos y derechos humanos. **Alianzas para lograr los objetivos (ODS 17)**: Colaboraciones entre estadística, datos móviles e Internet proporcionan comprensión en tiempo real del mundo hiperconectado [2].

Afirmar que, la *Ciencia de Datos es crucial tanto para los estudios contemporáneos como para la vida del planeta debido a su capacidad para generar conocimiento basado en evidencia y su potencial para impulsar el desarrollo sostenible a nivel global*; no es algo trivial ni sencillo. Se deriva de su efecto en el propio desarrollo teórico y tecnológico y en sus manifestaciones compleja: económicas, sociales y ambientales; lo que hace que sea una herramienta indispensable para abordar los desafíos actuales y construir un futuro más próspero y equitativo. La Ciencia de Datos se ha convertido en un pilar fundamental para el desarrollo y funcionamiento de las sociedades modernas, especialmente en el contexto de la Cuarta Revolución Industrial. Tras exponer los argumentos previamente mencionados, se puede afirmar que las sociedades del segundo cuarto del siglo XXI y su futuro dependen necesariamente de las manifestaciones de la Industria 4.0 para su subsistencia, por lo que negarse no es una opción. Sin embargo, esta dependencia necesaria también conlleva responsabilidades y desafíos. El procesamiento de datos y la revelación de patrones estructurales y relacionales no latentes abren nuevas oportunidades para la comunidad científica debido al carácter predecible y proactivo del conocimiento. En este contexto, surgen algunas interrogantes: ¿Cómo puede la ciencia de datos favorecer resultados científicos novedosos en función del desarrollo humano? Además, ¿de qué manera los algoritmos de inteligencia artificial pueden impactar positivamente el bienestar humano en el ámbito de la salud? En lo adelante se dialogan algunas alternativas de respuestas ante estos cuestionamientos.

MIRADA INTERSECCIONAL DE LAS CIENCIA DE DATOS E INTELIGENCIA ARTIFICIAL: CONCEPTUALIZACIONES E IMPACTO EN LAS CIENCIAS MÉDICAS

La Inteligencia Artificial (IA) se ha vuelto cada vez más importante en la actualidad y ha tenido un impacto significativo en una amplia gama de industrias y sectores. En primer lugar, la IA está impulsando la automatización de tareas y procesos, lo que lleva a una mayor eficiencia y productividad. La IA puede realizar tareas repetitivas y monótonas de manera más rápida y precisa que los seres humanos, lo que le permite centrarse a la inteligencia natural en actividades más creativas, emocionales, axiológicas y estratégicas, hasta ahora no admitidas para la IA.

Coherente con lo anterior se sugiere una exploración profunda de cómo la Ciencia de Datos y la Inteligencia Artificial (IA) convergen y transforman para bien el campo de las Ciencias Médicas. La intersección entre estas dos disciplinas potencia sus respectivas capacidades: la Ciencia de Datos se beneficia de la IA al integrar capacidades de aprendizaje automático y análisis avanzado, mientras que la IA accede a conjuntos de datos más robustos y procesables gracias a la Ciencia de Datos. En este contexto, el aprendizaje automático y el análisis predictivo desempeñan un papel esencial, permitiendo anticipar resultados futuros basados en patrones identificados en datos históricos, que se muestran larvales y sutiles. Además, la capacidad de la IA

para comprender y procesar el lenguaje natural ha impulsado avances significativos en la interacción humano-máquina, y su habilidad para detectar patrones en datos visuales ha revolucionado la interpretación de imágenes en campos como la medicina.

En primer lugar, la IA está **transformando la forma en que interactuamos con la tecnología**. Los asistentes virtuales como Siri, Google Assistant y Alexa, por mencionar algunos ya establecidos, utilizan tecnologías de IA para entender y responder preguntas y comandos de voz. Esto sin dudas, ha llevado a una mayor comodidad, acceso, inmediatez y eficiencia en nuestras vidas diarias.

En el **ámbito empresarial**, la IA está siendo utilizada para automatizar tareas repetitivas y mejorar la eficiencia. Los chatbots y los sistemas de atención al cliente basados en IA pueden proporcionar respuestas rápidas y precisas a las consultas de los clientes, mejorando así la experiencia del usuario. Además, los algoritmos de IA son capaces de analizar grandes volúmenes de datos para identificar patrones y realizar predicciones, lo que ayuda a las empresas a tomar decisiones informadas y optimizar sus operaciones.

En efecto, la IA está transformando la toma de decisiones y la planificación estratégica. Los algoritmos de IA pueden analizar grandes cantidades de datos en tiempo real, identificar patrones y tendencias ocultas, y proporcionar información valiosa para la toma de decisiones más informadas y acertadas, que favorecen la producción y los servicios. En el campo de la **medicina**, la IA está siendo **utilizada para diagnosticar enfermedades, en particular mediante imágenes**, diseñar tratamientos personalizados y mejorar los resultados de los pacientes. Los sistemas de **IA pueden analizar grandes cantidades de datos médicos, como imágenes de resonancia magnética y registros de pacientes, para identificar patrones y ayudar a los médicos a tomar decisiones más específicas**.

Además, la IA también está desempeñando un papel importante en la conducción autónoma, sistemas de transporte inteligentes y mejorando los sistemas de seguridad en el transporte, la detección de fraudes financieros o actividad sospechosa, la optimización de la cadena de suministro y muchas otras áreas. En resumen, la **IA esencial en la actualidad porque está impulsando la innovación tecnológica, mejorando la eficiencia y la precisión en diferentes industrias y facilitando nuestra vida cotidiana**. A medida que avanza y se desarrolla, su importancia solo aumentará, es esencial comprender y adaptarse a esta tecnología en constante evolución. Será crucial seguir explorando su potencial para impulsar el progreso y mejorar nuestra sociedad reconociendo oportunidades y riesgos.

Las tendencias y el futuro de la Inteligencia Artificial (IA) demuestran la necesidad de su estudio. Entre otros argumentos se pueden consignar que la IA ha experimentado un crecimiento exponencial en los últimos años y continúa avanzando a un ritmo acelerado. La comprensión y el dominio de la IA son cada vez más relevantes en diversos campos, desde la industria hasta la **medicina** y la Psicología. Estudiar la IA es necesario para mantenerse actualizado con las nuevas tecnologías emergentes y aprovechar al máximo su potencial. De forma similar, la IA está en constante avance y se espera que desempeñe un papel cada vez más importante en nuestra sociedad. Es importante estudiarla para comprender cómo funciona, cómo se puede aplicar de manera efectiva y cómo puede mejorar nuestra calidad de vida en áreas como la salud, el transporte, la energía y más.

Sin dudas, la IA tiene el potencial de mejorar la eficiencia y la productividad en diversos sectores. Al estudiar la IA, los investigadores y profesionales pueden encontrar formas de optimizar los procesos existentes, automatizar tareas rutinarias y desarrollar soluciones innovadoras que mejoren la calidad y la velocidad del trabajo. También, la IA tiene aplicaciones

prometedoras en el campo de la atención médica y la asistencia sanitaria. Puede ayudar en el **diagnóstico temprano de enfermedades, proporcionar análisis de imágenes médicas más precisos y personalizar tratamientos para satisfacer las necesidades individuales de los pacientes**. El estudio de la IA es fundamental para **aprovechar estas oportunidades y mejorar la atención médica**.

En este sentido, la IA puede abordar problemas complejos y encontrar soluciones innovadoras. Puede analizar grandes conjuntos de datos, identificar patrones y proporcionar información valiosa para abordar desafíos en áreas como el cambio climático, la seguridad cibernética y la planificación urbana. Estudiar la IA es necesario para desarrollar habilidades y conocimientos en la resolución de problemas complejos. Es una verdad absoluta que la IA está cambiando rápidamente el panorama laboral, automatizando tareas y creando nuevas oportunidades de empleo. Estudiar la IA es fundamental para adaptarse a estos cambios en el mercado laboral y desarrollar habilidades relevantes para trabajar con la tecnología. Además, una comprensión sólida de la IA puede abrir nuevas oportunidades de empleo en sectores emergentes. La IA está redefiniendo la manera en que trabajamos y los trabajos que desempeñamos. Estudiarla permite la adaptación a estos cambios, adquirir habilidades relevantes y estar preparados para el futuro laboral, en el que la colaboración con la IA será cada vez más común.

Los grandes desafíos del estudio de la IA también profundizan en la comprensión de los retos éticos y legales asociados con su desarrollo y despliegue. Es importante estudiar la IA para comprender cómo se pueden abordar cuestiones como la privacidad, la discriminación algorítmica y la toma de decisiones éticas. Los profesionales y los investigadores deben tener conocimientos en estos temas para asegurar un desarrollo y uso responsable de la IA. Esta plantea preguntas y desafíos éticos importantes, como el sesgo algorítmico y la toma de decisiones automatizadas. Al estudiarla, podemos desarrollar un marco ético sólido y garantizar que su desarrollo y uso sean responsables, evitando posibles consecuencias negativas.

Analizar la IA permite trabajar en su diseño y desarrollo con enfoques centrados en el ser humano. Se puede asegurar que la IA sea inclusiva, equitativa y beneficie a todas las personas, evitando la ampliación de las brechas tecnológicas y sociales existentes. De igual forma, la IA fomenta la innovación y el avance científico. La IA ofrece un campo amplio y multidisciplinario que impulsa nuevas ideas y enfoques en diversos campos, como la medicina, la educación y la investigación psicológica. Investigar sobre la IA y su empleo puede llevar a descubrimientos y avances en la comprensión de la mente humana y el comportamiento.

Además, la IA tiene el potencial de contribuir a abordar desafíos globales, como el cambio climático, la pobreza y la atención médica accesible. Prepararse permite explorar y desarrollar soluciones innovadoras basadas en la IA para enfrentar estos desafíos y mejorar nuestro mundo. Por último, la IA también plantea riesgos potenciales, como la pérdida de empleos, la dependencia excesiva de la tecnología y la posible manipulación de las decisiones humanas. Al repensarla, se puede identificar y comprender estos riesgos, así como desarrollar estrategias para mitigarlos y garantizar un uso seguro y responsable de la IA.

Muy estrechamente vinculado con lo previo está la **Data Science**, también conocida como **Ciencia de Datos**, campo interdisciplinario que se enfoca en el estudio y análisis de datos para obtener información, conocimientos y soluciones a problemas complejos. Combina principios de matemáticas, estadísticas, informática y dominio de negocio para extraer y analizar datos de diversas fuentes con el objetivo de descubrir patrones, tendencias y relaciones ocultas. Esta disciplina, es esencial para comprender y manejar la enorme cantidad de datos

generados por las tecnologías actuales. En términos sencillos, el Data Science se centra en el proceso de recopilación, limpieza, análisis y visualización de grandes volúmenes de datos para obtener información valiosa y tomar decisiones informadas.

Los profesionales en Data Science utilizan una variedad de herramientas y técnicas, incluyendo **algoritmos de aprendizaje automático** (machine learning), **minería de datos** (data mining), **análisis estadístico y técnicas de visualización de datos**. El objetivo final del Data Science es generar conocimientos accionables respaldados por datos para resolver problemas complejos y tomar decisiones estratégicas en diversos campos, como la industria, el comercio, **la salud**, las finanzas, el marketing, la investigación científica, entre otros.

Además, la Ciencia de Datos, con su enfoque interdisciplinario, trasciende las barreras tradicionales entre disciplinas, permitiendo una convergencia de conocimientos que resulta vital para abordar los complejos desafíos de nuestro tiempo y el futuro inmediato. Desde la salud hasta la logística, pasando por la economía y la educación, la capacidad de analizar y extraer valor de los datos es transversal y afecta todos los aspectos de la vida profesional y personal en el siglo XXI.

Existen técnicas son fundamentales para extraer conocimientos y tomar decisiones basadas en datos en diversos campos. Un resumen de las técnicas comunes en Data Science en este ámbito son: **Análisis descriptivo**: Se enfoca en comprender y describir los datos existentes. Utiliza técnicas estadísticas y visualización para resumir información relevante, como medidas de tendencia central, distribuciones, correlaciones, gráficos y tablas. **Análisis predictivo**: Prevé eventos futuros o comportamientos utilizando modelos estadísticos y técnicas de aprendizaje automático. Se basa en datos históricos y variables predictoras para hacer predicciones, como la probabilidad de compra de un cliente o el rendimiento del mercado. **Análisis prescriptivo**: Recomienda acciones óptimas mediante técnicas de optimización y toma de decisiones. Utiliza modelos matemáticos y algoritmos para encontrar la mejor solución dadas restricciones y objetivos, como asignación de recursos o estrategias de precios.

También, pudieran ser: **Aprendizaje Automático (Machine Learning)**: desarrolla algoritmos y modelos que aprenden automáticamente a partir de datos. Estos modelos realizan tareas como clasificación, regresión, agrupamiento o detección de anomalías sin programar reglas explícitas. **Minería de datos (Data Mining)**: descubre patrones y relaciones ocultas en grandes conjuntos de datos. Utiliza análisis exploratorio y algoritmos de aprendizaje automático para identificar correlaciones, segmentar grupos o encontrar asociaciones entre variables. **Procesamiento del Lenguaje Natural (Natural Language Processing, NLP)**: analiza y comprende el lenguaje humano en forma de texto o habla. Se utiliza para tareas como traducción automática, análisis de sentimientos, generación de resúmenes y clasificación de textos.

La **Ciencia de Datos** mejora la calidad de la atención al paciente, optimiza los tratamientos y contribuye a decisiones estratégicas en el sistema de salud, ha revolucionado la medicina y la salud al proporcionar herramientas analíticas avanzadas para comprender y gestionar datos médicos. A continuación, se detallan algunas de las aplicaciones clave:

- **Investigación médica**: Aplica Ciencia de Datos en estudios epidemiológicos y análisis de grandes conjuntos de datos. Contribuye al avance científico y a una mejor comprensión de las enfermedades y su manejo.
- **Descubrimiento de medicamentos**: Analiza datos de ensayos clínicos, datos moleculares y literatura científica. Identifica posibles objetivos terapéuticos y acelera el proceso de desarrollo de nuevos medicamentos.
- **Reducción de costos en salud**: Al predecir qué pacientes están en riesgo de desarrollar ciertas condiciones, se pueden

tomar medidas preventivas tempranas, lo que reduce los costos de atención médica.

- **Monitorización y atención remota:** Permite el seguimiento remoto de pacientes mediante dispositivos médicos conectados. Analiza datos como signos vitales, actividad física y patrones de sueño para detectar anomalías y predecir riesgos.
- **Gestión de datos de salud:** Se utiliza para gestionar grandes volúmenes de datos médicos, como registros electrónicos de pacientes e imágenes médicas. Facilita el análisis de tendencias y la identificación de patrones epidemiológicos.
- **Medicina personalizada:** Analiza grandes conjuntos de datos genómicos, información demográfica y registros médicos. Identifica marcadores genéticos y predice respuestas a medicamentos, permitiendo tratamientos adaptados a cada paciente.
- **Personalización de la atención médica:** Los profesionales de la salud utilizan la Ciencia de Datos para crear planes de atención personalizados. Se analizan datos genómicos, registros médicos y otros factores para adaptar los tratamientos a cada paciente.
- **Diagnóstico médico:** Se desarrollan modelos de diagnóstico basados en datos clínicos, imágenes médicas, resultados de pruebas y datos genómicos. Ayuda a los médicos a realizar diagnósticos más precisos y a identificar patrones que pueden predecir enfermedades.
- **Reducción de errores en tratamientos:** La Ciencia de Datos permite predecir y prescribir con mayor precisión, minimizando errores en el tratamiento. Al analizar grandes volúmenes de datos clínicos, se pueden identificar patrones que ayudan a evitar prácticas ineficaces.
- **Optimización de protocolos de tratamiento:** La Ciencia de Datos ayuda a evaluar riesgos y beneficios de tratamientos específicos. Esto permite ajustar protocolos de tratamiento para obtener mejores resultados.

La tecnología juega un papel fundamental en el desarrollo de la sociedad contemporánea. La globalización mundial, sería impensable sin el avance de las fuerzas productivas que la tecnología hace posible [3]. Entre los principales impactos de la tecnología se encuentra la transformación de las condiciones de vida del hombre, la reducción de la mortalidad y el aumento de la esperanza de vida al nacer [4]. La transformación y evolución de los sistemas de producción y manufactura están dando lugar a nuevos escenarios de desarrollo industrial. Elementos como la inteligencia artificial, el Internet de las Cosas (IoT), la manufactura aditiva (impresión 3D) y la era de digitalización de datos (Big Data) se presentan como oportunidades investigativas para mejorar la calidad de productos y servicios en el ámbito médico. Estas tecnologías permiten optimizar procesos, personalizar tratamientos y avanzar en la investigación médica.

En el contexto de la implementación y estructuración del **Big Data** en los sectores industriales, uno de los desafíos clave se centra en la naturaleza no estructurada de la información obtenida de procesos e interacciones hombre-máquina. Las fuentes de entrada, como sensores en dispositivos, sistemas de Radiofrecuencia (RFID), búsquedas en internet y generación de datos médicos, bancarios, gubernamentales y académicos, presentan una variedad de características (numéricas, textuales, gráficas, de video, etc.) sin un control de salida definido. Esta característica ha despertado un interés especial en la comunidad científica, que busca estudiar patrones estándar de comportamiento en la información de salida y mejorar su interpretación y análisis.

Por otra parte, las ataxias espinocerebelosas (SCAs por sus siglas en inglés), se caracterizan principalmente por la pérdida del equilibrio y la coordinación motora, debido a la degeneración producida en el cerebelo [5]. En particular, las SCAs tipos 1 – 3, 7, 17 y DRPLA (del inglés dentatorubro-pallidoluyian atrophy) son las más comunes a nivel mundial. La SCA3 es la más común a nivel mundial, y la SCA2 la que más

abunda en Cuba, donde la prevalencia e incidencia se encuentran muy elevadas, superior a estudios realizados a nivel internacional [6][7][8].

El diagnóstico y la caracterización temprana de la enfermedad, y la consiguiente puesta en práctica de terapias recuperativas, puede tener gran influencia en la evolución de los pacientes. Dicho diagnóstico generalmente involucra análisis imagenológicos, donde los especialistas realizan observaciones sobre la pérdida de volumen en áreas claves del cerebro del paciente, como el cerebelo y el tallo cerebral [9]. Estas evaluaciones se realizan a menudo de forma manual, por lo que resulta un proceso lento y depende de la experiencia del especialista. Por tal motivo, se requiere de herramientas que permitan automatizar esta tarea, como un sistema de apoyo.

Con el desarrollo computacional alcanzado por la sociedad actual, se han desarrollado poderosos métodos matemáticos que contribuyen al estudio en campos de la medicina. Particularmente, la Inteligencia Artificial (IA) ha sido exitosamente aplicada en el procesamiento automático de resonancias magnéticas para la detección de tumores cerebrales y otras afecciones [10][11][12]. En colaboración con especialistas de otros países, el CIRAH (Centro de Investigaciones para la Rehabilitación de las Ataxias Hereditarias, Holguín-Cuba) realizó estudios de Inteligencia Artificial (IA) para la detección de SCAs a partir de datos provenientes de movimientos oculares de los pacientes [13].

LA MEJORA CONSTANTE DE LOS ALGORITMOS EN FUNCIÓN DE LA CONVERGENCIA DE LAS DEMANDAS CIENTÍFICAS, OBJETIVOS PREESTABLECIDOS Y EN PROGRESO, ASÍ COMO RESTRICCIONES

La Industria 4.0 impulsa la demanda de avances científicos para integrar tecnologías inteligentes en procesos industriales. En este contexto, la mejora continua de los algoritmos de IA es crucial para manejar y analizar grandes volúmenes de datos de manera más precisa y eficiente. En el campo de la medicina, estos avances tienen un impacto significativo. En particular, los algoritmos convolucionales, utilizados en el análisis de imágenes, permiten una exploración más detallada e integral de áreas del cerebro que antes no se investigaban con profundidad. Esto resulta en una mayor precisión en la detección y seguimiento de enfermedades neurodegenerativas, mejorando la robustez de las decisiones clínicas y facilitando la asertividad en la monitorización del progreso de estas enfermedades. Un algoritmo es un conjunto de instrucciones o reglas que guían la ejecución de una tarea específica o la solución de un problema, funcionando como una secuencia ordenada de pasos para tomar decisiones o procesar datos.

En las tecnologías inteligentes, los algoritmos desempeñan varias funciones cruciales: procesan datos para extraer información significativa, toman decisiones automatizadas basadas en la entrada del usuario, permiten el aprendizaje y la adaptación a partir de datos pasados, generan respuestas contextuales en sistemas automatizados, optimizan procesos para encontrar soluciones eficientes y automatizan tareas repetitivas para reducir errores. Ejemplos se incluyen los algoritmos de procesamiento del lenguaje natural en asistentes virtuales, sistemas de recomendación en sitios web y algoritmos de aprendizaje supervisado en chatbots. En resumen, los algoritmos son esenciales para que las tecnologías inteligentes procesen datos, tomen decisiones y se adapten de manera eficiente.

La inteligencia artificial (IA) utiliza una variedad de algoritmos para diversas aplicaciones, incluidos los diagnósticos médicos y la resonancia magnética (RM). Algunos de los tipos más relevantes y su impacto en la medicina, objeto de análisis de estos resultados.

Algoritmos de Aprendizaje Supervisado: Regresión: Se usa para predecir valores continuos. Por ejemplo, predecir el progreso de una enfermedad en función de variables clínicas. Clasificación: Se usa para asignar etiquetas a datos. En medicina, puede clasificar imágenes de RM como benignas o malignas.

En este sentido, también se pueden mencionar los **Algoritmos de Aprendizaje no Supervisado:** Clustering (Agrupamiento): Agrupa datos similares. En medicina, se usa para identificar patrones en datos de pacientes que pueden indicar subtipos de enfermedades. Reducción de Dimensionalidad: Simplifica datos complejos, facilitando la visualización y análisis. Es útil en análisis genético y en la interpretación de datos de imágenes. **Algoritmos de Aprendizaje por Refuerzo:** Q-Learning y Deep Q-Networks (DQN): Se utilizan para optimizar procesos de toma de decisiones, como en el ajuste de tratamientos basados en respuestas a terapia. **Redes Neuronales Artificiales y Aprendizaje Profundo:** **Redes Neuronales Convolucionales (CNN):** Son especialmente efectivas para el análisis de imágenes. Se utilizan en diagnósticos por imágenes médicas como RM y tomografía. **Redes Neuronales Recurrentes (RNN) y Transformers:** Utilizados para análisis de datos secuenciales y procesamiento de lenguaje natural, respectivamente. En medicina, pueden ayudar en la interpretación de historias clínicas y datos de secuencia temporal.

Estos avances han llevado a diagnósticos más rápidos y precisos, así como a tratamientos más personalizados en el campo de la medicina. Los principales impactos de estas tipologías de algoritmos se pueden resumir en: **Diagnóstico y Detección Temprana:** Los algoritmos de aprendizaje profundo, especialmente las CNN, han mejorado la precisión en la detección de anomalías en imágenes médicas, como tumores en resonancias magnéticas del cerebro. **Segmentación de Imágenes:** La segmentación automática de regiones de interés en imágenes de RM permite una evaluación más precisa de estructuras cerebrales y lesiones. **Pronóstico y Planificación de Tratamientos:** Algoritmos que predicen el progreso de enfermedades o la respuesta a tratamientos ayudan a personalizar la medicina y a planificar intervenciones más efectivas.

Las principales alternativas de Algoritmos en Diagnósticos por Resonancia Magnética del Cerebro suelen estar descritas como: **Redes Neuronales Convolucionales (CNN):** Se utilizan ampliamente para la clasificación de imágenes cerebrales y la detección de anomalías como tumores o lesiones. **Redes Generativas Adversariales (GANs):** Pueden generar imágenes de alta calidad para entrenar otros modelos de IA o para mejorar la calidad de las imágenes médicas. **Modelos de Segmentación como U-Net:** Diseñados para segmentar regiones específicas dentro de las imágenes médicas, como el cerebro o tumores, facilitando la evaluación de su tamaño y ubicación. **Redes Neuronales Recurrentes (RNN) y Transformers:** A veces se usan para analizar series temporales de imágenes o datos secuenciales relacionados con el cerebro.

La mejora continua de los algoritmos convolucionales, especialmente en el contexto de la exploración de zonas críticas del cerebro, es fundamental para avanzar en la precisión y efectividad de los diagnósticos médicos. Las principales mejoras pudieran ser: **Precisión Diagnóstica Aumentada:** La mejora de algoritmos convolucionales permite una identificación más precisa de patrones y anomalías en imágenes cerebrales, lo que puede llevar a diagnósticos más tempranos y exactos de enfermedades neurodegenerativas. **Exploración de Nuevas Áreas:** Las mejoras en los algoritmos facilitan la exploración de regiones cerebrales que antes no se investigaban con detalle, proporcionando una visión más completa del estado cerebral del paciente. **Robustez en la Toma de Decisiones:** Algoritmos más eficientes y precisos proporcionan datos más confiables para decisiones clínicas, mejorando el seguimiento y la gestión de enfermedades a largo plazo.

La mejora de los Algoritmos Convolucionales debe basarse en la Ampliación de Datos (Data Augmentation): Se generan variaciones artificiales de las imágenes originales para entrenar los algoritmos con una gama más amplia de escenarios y condiciones. Esto ayuda a los modelos a generalizar mejor y a ser más robustos. Arquitecturas Avanzadas: Se desarrollan nuevas arquitecturas de redes neuronales convolucionales (CNN), como las redes neuronales profundas (**Deep CNN**) o las **redes neuronales convolucionales de atención (Attention CNN)**, que pueden **capturar características más complejas y relevantes de las imágenes cerebrales**. Optimización de Hiperparámetros: Ajustar parámetros como la tasa de aprendizaje, el tamaño del filtro y el número de capas puede mejorar la capacidad del modelo para identificar características específicas en las imágenes cerebrales.

Similar, pudieran ser la Regularización y Reducción de Sobreajuste: Técnicas como la regularización (dropout, L2 regularization) ayudan a prevenir el sobreajuste y a mejorar la generalización del modelo, permitiendo una mejor interpretación de imágenes nuevas. Entrenamiento con Datos de Alta Calidad: Usar conjuntos de datos de alta resolución y bien etiquetados mejora la capacidad del algoritmo para aprender y detectar detalles sutiles en las imágenes cerebrales. Integración Multimodal: Combinar datos de diferentes modalidades de imágenes (por ejemplo, MRI, PET) permite un análisis más integral y preciso, capturando una gama más amplia de información sobre el cerebro. Evaluación y Validación Continua: Evaluar el desempeño del modelo utilizando métricas como precisión, sensibilidad y especificidad, y realizar pruebas con conjuntos de datos independientes para asegurar que el algoritmo sea efectivo en diferentes escenarios clínicos.

Las redes neuronales convolucionales (CNN) son ampliamente utilizadas para el análisis automatizado de resonancias magnéticas (RM) cerebrales debido a sus características y capacidades específicas que las hacen particularmente adecuadas para esta tarea. Se evidencia una tendencia al uso de las redes neuronales convolucionales como la herramienta más utilizada para el análisis automatizado de resonancias magnéticas cerebrales, las principales razones se pacta en: Extracción de Características Espaciales: Las CNN son excelentes para detectar y extraer características espaciales y patrones en imágenes. En resonancias magnéticas, donde los detalles espaciales y la estructura de las imágenes son cruciales, las CNN pueden identificar patrones complejos y características específicas del tejido cerebral. Reconocimiento de Patrones Locales: Gracias a sus capas convolucionales, las CNN pueden **detectar patrones locales en las imágenes**. Esto es importante en la RM cerebral, donde la detección de características sutiles y anomalías en diferentes regiones del cerebro puede ser esencial para el diagnóstico.

De igual manera son decisivas las CNN en las RM cerebrales por la Invarianza a la Traducción: Las CNN tienen la capacidad de reconocer patrones sin importar su posición en la imagen, lo que es útil para identificar estructuras y anomalías en diferentes ubicaciones del cerebro, independientemente de su orientación o posición exacta en la imagen. Capacidad para Aprender Representaciones Jerárquicas: Las CNN pueden aprender representaciones jerárquicas de las imágenes, lo que significa que pueden captar características de bajo nivel (como bordes y texturas) y combinarlas para identificar características de alto nivel (como formas y estructuras cerebrales completas). Reducción de Dimensionalidad: **Las capas de agrupamiento (pooling) en las CNN ayudan a reducir la dimensionalidad de las imágenes, manteniendo la información relevante mientras disminuyen el tamaño de los datos, lo que facilita el procesamiento y análisis eficiente.**

De forma análoga se evidencia rasgos esenciales para considerar las CNN en las RM cerebrales por su Entrenamiento con Grandes Conjuntos de Datos: Las CNN pueden ser entrenadas con grandes volúmenes de datos para mejorar su precisión. En el caso de las RM cerebrales, el acceso a grandes bases de datos de imágenes etiquetadas permite a las CNN aprender a identificar una amplia variedad de características y anomalías. Capacidad de Generalización: Las CNN pueden generalizar bien a nuevas imágenes que no se han visto durante el entrenamiento, lo que es crucial para el análisis de imágenes cerebrales, ya que los modelos necesitan adaptarse a variaciones en las imágenes y a diferentes pacientes. Avances Tecnológicos y Recursos Computacionales: Los avances en hardware (como GPU) y software han permitido entrenar modelos de CNN más complejos y profundos de manera eficiente, lo que ha llevado a una mejora significativa en su rendimiento para el análisis de imágenes médicas.

Las aplicaciones específicas que más se reconocen de en RM Cerebral, están: Segmentación: Las CNN pueden segmentar automáticamente diferentes estructuras cerebrales (como el córtex, la sustancia blanca, y los ventrículos), lo cual es fundamental para una evaluación precisa. Detección de Anomalías: Identifican y clasifican anomalías como tumores, lesiones o cambios relacionados con enfermedades neurodegenerativas. Seguimiento de Enfermedades: Permiten un seguimiento detallado de la progresión de enfermedades, como la esclerosis múltiple o el Alzheimer, mediante la comparación de imágenes a lo largo del tiempo.

CASO DE ANÁLISIS: HERRAMIENTA IA PARA LA CUANTIFICACIÓN VOLUMÉTRICA DE LAS REGIONES CEREBRALES AFECTADAS POR SCA2 EN IMÁGENES DE RESONANCIA MAGNÉTICA

La Inteligencia Artificial (IA) ha transformado la medicina con aplicaciones como los sistemas de apoyo al diagnóstico basados en machine learning. Un ejemplo es el uso de algoritmos de IA para analizar imágenes médicas, como radiografías o resonancias magnéticas, y ayudar a los radiólogos u otros especialistas a detectar anomalías con mayor precisión y rapidez. Esto ha demostrado mejorar la detección temprana de enfermedades y reducir errores diagnósticos. Estos ejemplos ilustran cómo la integración de la Industria 4.0, Data Science e Inteligencia Artificial está impulsando avances significativos en la medicina moderna, mejorando la atención al paciente, optimizando los recursos sanitarios y promoviendo una medicina más precisa y personalizada.

La Inteligencia Artificial y la neuro imágenes

Los primeros estudios de neuroimágenes relacionados con ataxia fueron realizados por Kumar en 1995, al describir las principales características de la enfermedad utilizando tomografías computarizadas [14]. Desde ese momento hasta la actualidad, los elementos imagenológicos para diagnosticar la enfermedad han evolucionado, y se ha arribado a la conclusión de que la mejor herramienta imagenológica para este tipo de afección es la resonancia magnética, por mostrar más información de la anatomía del paciente, pero en la base siguen siendo los mismos rasgos característicos (atrofia en determinadas partes del cerebro).

Los análisis volumétricos que se realizan en la actualidad sobre las imágenes de resonancia magnética de los pacientes, permiten conocer el estado de la enfermedad, aproximar la edad en la que cada persona comenzó con los síntomas, comprobar posibles anomalías que puedan presentar los enfermos y portadores asintomáticos, y corroborar el conocimiento que se tiene hasta el momento acerca de la enfermedad en general. La búsqueda de nuevos biomarcadores imagenológicos es una de los retos actuales.

La herramienta propuesta está basada en un subconjunto de la IA, las redes neuronales convolucionales [15][16][17]. Estos son algoritmos que, por su concepción matemática, son ideales para el procesamiento de imágenes con cualquier número de dimensiones [18].

La IA ha sido exitosamente aplicada en los últimos años para el procesamiento de imágenes médicas [19]. Havaei et al., (2017) propuso una aproximación a la segmentación automática de tumores cerebrales basándose en el IA, Lakhani & Sundaram la utilizaron para el procesamiento de radiografías de pacientes con cáncer, y Fritscher et al. (2016) para segmentar anatomías en el cuello de una persona a partir de imágenes de resonancia magnética [11] [20] [21]. Además, ha sido utilizada por especialistas en neurociencias para la detección de ataxias a partir de movimientos sacádicos y otros rasgos característicos [13]. Su aplicación a partir de imágenes de resonancia magnética para la detección de ataxias espinocerebelosas, puede verse como el siguiente paso en la evolución de los procedimientos actuales de detección y diagnóstico.

El procedimiento se realiza en tres etapas: **1. Preprocesamiento:** La resonancia magnética se procesa con varias aplicaciones matemáticas para asegurar que contenga los elementos necesarios para su posterior procesamiento. **2. Segmentación:** Se segmentan de manera automatizada los principales elementos afectados por las SCAS (cerebelo y tallo cerebral). **3. Reportes:** Con las segmentaciones obtenidas en la etapa 2, se pueden obtener una serie de resultados que ayudan a caracterizar la enfermedad y su estado.

El uso de la aplicación permite acercarnos más al conocimiento que actualmente se tiene de las SCAs. Entre las principales ventajas de su uso se pueden mencionar:

- Realizar mediciones con los volúmenes segmentados y comparar con los resultados obtenidos en pacientes sanos para estimar pérdida de masa y volúmenes sobre las regiones afectadas.
- Estimar el tiempo en que aparecieron los primeros síntomas del paciente en caso de conocer previamente el tipo específico de SCA.
- Estimar los síntomas que pueden aparecer en determinado período de tiempo.
- Obtener mapas probabilísticos de lesiones (tener idea de qué partes específicas del cerebelo y el tallo se suelen ver más afectadas por la pérdida de tejido).
- Detectar si una persona aparentemente sana se encuentra en estado presintomático de la enfermedad.
- Identificar biomarcadores imagenológicos, que permitan diferenciar entre los diferentes tipos de SCA con un solo análisis.

Algunos de los principales resultados que apuntan a su novedad científica lo constituyen que se utiliza UNet+Inception como la arquitectura base para las investigaciones realizadas. La arquitectura UNet ha sido ampliamente utilizada para la segmentación de imágenes médicas. La incorporación de los módulos Inception permiten que la red posea gran capacidad de aprendizaje a la vez que se reduce el número de parámetros y la necesidad de recursos computacionales [18].

Para la investigación se sustituyeron todas las capas convolucionales por módulos Inception. En este caso, la red entrenada, con aproximadamente 500 000 parámetros, obtuvo mejores resultados que la investigación mencionada en el estado del arte (con aproximadamente 48 000 000 de parámetros). Las comparaciones fueron realizadas solamente para el cerebelo.

Las redes neuronales convolucionales entrenadas permiten obtener el tejido cerebeloso con gran nivel de detalle. Se comparó con otras dos investigaciones del estado del arte, superando a ambas en todas las pruebas realizadas. La arquitectura utilizada es la misma que en la investigación anterior, pero con mayor número de parámetros [18].

El modelo final, con aproximadamente 5 000 000 de parámetros, produjo segmentaciones más exactas que las otras dos aplicaciones (una con 48 000 000 de parámetros y la otra basada en el procesamiento con atlas). El tamaño del modelo permite el procesamiento de una resonancia magnética en menos de cinco minutos, ahorrando tiempo a los especialistas y eliminando el sesgo inter observador.

La arquitectura es una evolución del artículo anterior, pero incorporando módulos Attention. Estos módulos permiten procesar los datos de manera global, proveyendo al sistema con un mayor conjunto de características para su correcto desempeño. El modelo final contiene cerca de 21.000.000 de parámetros.

La red neuronal se entrenó para segmentar el cerebelo, el tallo cerebral y el cuarto ventrículo a partir de las resonancias magnéticas en 3T. las segmentaciones automáticas fueron utilizadas para comparar las medias volumétricas de cada región para pacientes con ataxia espinocerebelosa tipo 2, portadores preclínicos, y controles sanos. Los análisis estadísticos arrojaron como resultado grandes diferencias volumétricas entre los tres grupos. Los pacientes con SCA2 poseen menores volúmenes, lo cual está relacionado directamente con el nivel de atrofia. Los portadores preclínicos poseen mayores volúmenes que los pacientes, pero menores que los controles. Esto indica que, en estado presintomático, ya las estructuras cerebrales comienzan a degenerarse. El estudio demostró la factibilidad de las redes neuronales convolucionales para determinar la pérdida volumétrica asociada a la ataxia espinocerebelosa tipo 2 [18].

La herramienta se aplicó utilizando tres modelos (M1, M2 y M3) de Redes Neuronales Convolucionales para segmentar las estructuras anatómicas más afectadas por la ataxia espinocerebelosa de tipo 2. La implementación de los modelos se realizó con Keras (Chollet, 2018) y el backend TensorFlow (Abadi, 2016), utilizando el lenguaje de programación Python 3.7, y el entrenamiento se realizó con un GPU Tesla P100-SXM2 de 16 GB. El optimizador utilizado fue Adam (Kingma, 2014), con sus valores predeterminados [22] [23] [24].

En la tabla 1 se exponen los resultados del modelo segmentando de todo el cerebelo. Todas las puntuaciones son superiores a 0,95, lo que da la idea de una alta precisión en los resultados de la segmentación. El DSC y el OC medios son 0,969 y 0,982, respectivamente. Al igual que en la evaluación para el modelo M2, SP, SN y AUC están por encima de 0,98, lo que significa una segmentación de alta calidad. De manera general las segmentaciones obtenidas por los modelos M1, M2 y M3 tienen buena calidad. Los modelos M2 y M3 obtuvieron mejores puntuaciones que el M1.

Tabla 1. Resultados de la evaluación para la segmentación completa del cerebelo sin fisuras (modelo M3).

	Sujeto 1	Sujeto 2	Sujeto 3	Sujeto 4	Sujeto 5
DSC	0.976	0.975	0.954	0.980	0.963
OC	0.984	0.980	0.987	0.986	0.976
SP	0.994	0.994	0.991	0.995	0.991
SN	0.984	0.980	0.987	0.986	0.976
AUC	0.989	0.987	0.989	0.991	0.984

Nota: DSC (Dice Score); OC (overlap coefficient); SP (specificity); SN (sensitivity); AUC (area under the ROI curve).

CONCLUSIONES

Las sociedades contemporáneas generan demandas que solo con la inserción de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación pueden ser atenuadas en un marco de Industria y Educación 4.0. Las tecnologías inteligentes como parte de las Sociedades futuristas implican una convergencia entre Inteligencia Artificial y Ciencia de Datos. Existe un alto impacto de las prácticas asistenciales e investigativas médicas con la transversalización del empleo de las tecnologías inteligentes en el campo de la medicina, en especial en los diagnósticos por imágenes.

El caso ejemplo mostrado, demostró que: las redes neuronales convolucionales son las más idóneas para el procesamiento de imágenes médicas. Estos resultados fueron claves para darle seguimiento por especialistas a diagnósticos de pacientes con SCAs-2. Se desarrollaron métodos de aprendizaje profundo para segmentar automáticamente el cerebelo, el tallo cerebral, y el tálamo a partir de imágenes de resonancia magnética de alta calidad (3T).

Se realizaron comparaciones volumétricas entre pacientes, portadores preclínicos y controles sanos a partir de segmentaciones obtenidas mediante la propuesta considerada anteriormente. Los resultados de este análisis comparativo corroboran las diferencias volumétricas significativas y las potencialidades de diferenciarlos a partir de estas alternativas de segmentación.

RECONOCIMIENTO Y AGRADECIMIENTO

Estos resultados cumplen con las normas éticas, legítimas y morales para la socialización de resultados científicos, evitando cualquier conflicto de intereses con temas similares en la comunidad científica.

Agradecimientos a la Filial Oriente-Norte de la Academia de Ciencias de Cuba y en especial al Programa de Doctorado "Desarrollo de las Ingenierías", con institución autorizada de la Universidad de Holguín, por la licencia para describir los principales resultados de la tesis doctoral denominada "Cuantificación volumétrica de las regiones cerebrales afectadas por SCA2 basado en imágenes de resonancia magnética con IA". Resultado esencial en el Proyecto IDi Nacional (PN305LH013-065) vigente en el 2024 y titulado "Predicción temprana de la progresión motora de las Ataxias Espinocerebelosas con herramientas de Inteligencia Artificial".

El reconocimiento al Dr. C. Robin Cabeza Ruiz, autor principal de la investigación ejemplo como caso de análisis y a sus directores de tesis: Dr. Cs. Luis C. Velázquez Pérez y Dr. C. Roberto Pérez Rodríguez.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Digital House. Data Science in the new economy. Available from: <https://www.digitalhouse.com/blog/ciencia-de-datos-protagonista-de-la-cuarta-revolucion-industrial/>
- United Nations (UN). Big data for sustainable development. Available from: <https://www.un.org/es/global-issues/big-data-for-sustainable-development>
- Jover J. *Globalización y tecnología: Transformaciones en el siglo XXI*. Editorial Universitaria; 1999.
- Rodríguez Bertheau AM, Martínez M, Martínez I, Fundora H, Guzmán T. Desarrollo tecnológico, impacto sobre el medio ambiente y la salud. *Rev Cubana Med Gen Integr*. 2011;49(2):308-19.
- Dueñas M, López R, Pérez J, et al. [Título del artículo no disponible]. [Nombre de la revista no disponible]. 2006. [Detalles adicionales no disponibles].
- Velázquez-Pérez L, García R, Santos N, Paneque M, Medina E, Hechavarría R. Las ataxias hereditarias en Cuba: Aspectos históricos, epidemiológicos, clínicos, electrofisiológicos y de neurología cuantitativa. *Rev Neurol*. 2001;32(01):71. <https://doi.org/10.33588/rn.3201.2000283>
- Velázquez-Pérez L, Hernández-Hernández O, Leyva-García N, et al. Ataxia espinocerebelosa tipo 2 (parte A): Epidemiología y características clínicas y genéticas. *Investig Discap*. 2014;3(3):114-22. Available from: <http://www.medigraphic.com/rid>
- Velázquez-Pérez L, Medrano-Montero J, Rodríguez-Labrada R, Canales-Ochoa N, Alí JC, Rodes FJC, et al. Hereditary ataxias in Cuba: A nationwide epidemiological and clinical study in 1001 patients. [Publicación en revista]. [Información de la revista no proporcionada].
- Reetz K, Rodríguez R, Dogan I, et al. Brain atrophy measures in preclinical and manifest spinocerebellar ataxia type 2. *Ann Clin Transl Neurol*. 2018;5(2):128-37. <https://doi.org/10.1002/acn3.504>
- Cordovés ML, Urquiaga R. La informática en el mundo actual: La educación y en la medicina. *Hum Med*. 2008;8(2-3).
- Havaei M, Davy A, Warde-Farley D, et al. Brain tumor segmentation with deep neural networks. *Med Image Anal*. 2017;35:18-31. <https://doi.org/10.1016/j.media.2016.05.004>
- Wang G, Li W, Zuluaga MA, et al. Interactive medical image segmentation using deep learning with image-specific fine tuning. *IEEE Trans Med Imaging*. 2018;37(7):1562-73. <https://doi.org/10.1109/TMI.2018.2791721>
- Stoean C, Stoean R, Atencia M, et al. Automated detection of presymptomatic conditions in spinocerebellar ataxia type 2 using Monte Carlo dropout and deep neural network techniques with electrooculogram signals. *Sensors*. 2020;20(11):3032. <https://doi.org/10.3390/s20113032>
- Kumar A, Saha S, Kumar S, et al. [Referencia no proporcionada en el texto, necesita detalles adicionales].
- Cabeza-Ruiz R, Velázquez-Pérez L, Reetz K, Pérez-Rodríguez R. ConvNets for automatic detection of polyglutamine SCAs from brain RMN: State of the art applications. *Med Biol Eng Comput*. 2022;61(1):1-24. <https://doi.org/10.1007/s11517-022-02714-w>
- Cabeza-Ruiz R, Velázquez-Pérez L, Linares-Barranco A, Pérez-Rodríguez R. Convolutional neural networks for segmenting cerebellar fissures from magnetic resonance imaging. *Sensors*. 2022;22(4):1345. <https://doi.org/10.3390/s22041345>
- Cabeza-Ruiz R, Velázquez-Pérez L, Pérez-Rodríguez R. Convolutional neural networks as support tools for spinocerebellar ataxia detection from magnetic resonances. In: *Lecture Notes in Computer Science*. 2021;13055:103-14. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-89691-1_11
- Cabeza-Ruiz R. *Cuantificación volumétrica de las regiones cerebrales afectadas por SCA2 basado en imágenes de resonancia magnética con IA*. Tesis doctoral. Universidad de Holguín, Cuba; 2024.
- Ronneberger O, Fischer P, Brox T. U-Net: Convolutional networks for biomedical image segmentation. In: *Lecture Notes in Computer Science*. 2015;9351:234-41. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24574-4_28
- Lakhani P, Sundaram B. Deep learning at chest radiography. *Radiology*. 2017;284(2):574-82. <https://doi.org/10.1148/radiol.2017162326>
- Fritscher K, Raudaschl P, Zaffino P, et al. Deep neural networks for fast segmentation of 3D medical images. In: *International Conference on Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention*. 2016;1:158-65. https://doi.org/10.1007/978-3-319-46723-8_20
- Chollet F. *Keras: The Python deep learning library*. [Editor: Keras]; 2018.
- Abadi M, Barham P, Chen J, et al. TensorFlow: A system for large-scale machine learning. In: *Proceedings of the 12th USENIX Conference on Operating Systems Design and Implementation*. 2016:265-83. USENIX Association.
- Kingma DP, Ba J. Adam: A method for stochastic optimization. *CoRR*. 2014. Available from: <http://arxiv.org/abs/1412.6980>