

Efecto de la marca de agua digital en el diagnóstico computarizado de imágenes médicas de cáncer cerebral

Effect of digital watermarking on computer-assisted diagnosis of medical brain cancer images

Ydalsys Naranjo Hernández¹

[0000-0002-2476-1731](https://doi.org/10.2526/2476-1731)

¹ Universidad de Ciencias Médicas de Sancti Spíritus. Sancti Spíritus. Cuba.

Correspondencia: ydalsisn@gmail.com, ydalsisn@infomed.sld.cu

RESUMEN

El presente trabajo analiza la aplicación de la marca de agua digital como tecnología de protección y validación en el diagnóstico computarizado de imágenes médicas del cáncer cerebral. Esta herramienta garantiza la autenticidad, integridad y confidencialidad de los datos clínicos, aspectos esenciales en entornos donde la precisión diagnóstica depende del procesamiento automatizado de imágenes. La investigación destaca su potencial para fortalecer la seguridad de la información médica, reducir el riesgo de alteraciones en las imágenes y mejorar la confiabilidad de los sistemas de inteligencia artificial aplicados a la neuroimagen. Se propone su implementación gradual en contextos con recursos limitados, como parte de una estrategia integral de bioseguridad digital en salud.

Palabras clave: marca de agua digital; diagnóstico por imágenes; cáncer cerebral; inteligencia artificial; bioseguridad digital.

ABSTRACT

This study analyzes the application of digital watermarking as a technology for protection and validation in the computer-assisted diagnosis of medical images in brain cancer. This tool ensures the authenticity, integrity, and confidentiality of clinical data, essential aspects in contexts where diagnostic accuracy depends on automated image processing. The research highlights its potential to strengthen medical data security, reduce the risk of image alterations, and improve the reliability of artificial intelligence systems applied to neuroimaging. A gradual implementation in resource-limited settings is proposed as part of a comprehensive digital biosecurity strategy in healthcare.

Keywords: digital watermarking; medical imaging diagnosis; brain cancer; artificial intelligence; digital biosecurity.



Recibido: 08/10/2025**Aprobado:** 15/10/2025

Señor director:

El desarrollo contemporáneo de la informática médica constituye una de las expresiones más relevantes de la transformación digital en los sistemas de salud. En la actualidad, la interpretación de imágenes médicas asistida por computadora se consolida como un campo interdisciplinario que integra la neurociencia, la ingeniería biomédica y la inteligencia artificial. Dentro de este contexto, la seguridad y la integridad de los datos digitales adquieren una dimensión estratégica, especialmente cuando se aplican en la detección y el seguimiento del cáncer cerebral.⁽¹⁾

El cáncer cerebral representa una neoplasia de alta letalidad, caracterizada por su evolución rápida y la complejidad anatómica de las estructuras afectadas. Los métodos diagnósticos basados en resonancia magnética y tomografía computarizada producen información clínica de gran sensibilidad, cuya precisión determina la eficacia del tratamiento. Sin embargo, la manipulación o pérdida de autenticidad de las imágenes puede alterar el diagnóstico y comprometer la seguridad del paciente. Este riesgo ha impulsado la creación de estrategias de bioseguridad digital, entre las cuales destaca la marca de agua digital como un mecanismo de protección, trazabilidad y validación científica.

La marca de agua digital permite insertar información cifrada dentro de la imagen médica sin modificar su apariencia visual ni degradar su calidad diagnóstica. Este procedimiento ofrece una doble función: preservar la autenticidad de los datos y garantizar la verificación de su procedencia. En el ámbito clínico, resulta esencial para la gestión segura de bases de datos utilizadas en telemedicina, ensayos multicéntricos e investigaciones de inteligencia artificial. La inserción controlada de marcas de agua en imágenes de resonancia magnética cerebral se evalúa como parte de un proyecto académico desarrollado en el Instituto Superior Politécnico do Bié (Angola), con el propósito de adaptar estos protocolos a entornos de infraestructura limitada.⁽²⁾

El estudio se fundamenta en el análisis de imágenes diagnósticas de tumores cerebrales mediante técnicas de aprendizaje profundo. Los algoritmos empleados clasifican patrones morfológicos y bioquímicos, mientras el sistema de marca de agua digital asegura que los datos procesados mantengan su integridad desde la adquisición hasta el archivo final. Esta convergencia entre protección criptográfica y modelado computacional define una nueva frontera de la informática médica orientada a la fiabilidad diagnóstica.

Desde el punto de vista técnico, las marcas digitales reversibles utilizan transformaciones matemáticas en dominios espaciales y de frecuencia, entre ellas la transformada discreta de ondículas y la descomposición en valores singulares. Dichas operaciones posibilitan la inserción de información robusta frente a compresión, ruido o ataques digitales, sin interferir con la lectura clínica. La fase experimental incluye pruebas de resistencia ante distorsiones y análisis de desempeño en sistemas con recursos computacionales limitados.⁽³⁾



El empleo de esta tecnología promueve la consolidación de estándares internacionales de interoperabilidad en imágenes médicas. La combinación de marcas digitales y funciones hash permite crear registros verificables que protegen la evidencia clínica frente a alteraciones o pérdidas durante la transmisión. Además, su aplicación fortalece la gestión ética de los datos, dado que reduce el riesgo de divulgación no autorizada y facilita la implementación de políticas de confidencialidad alineadas con las normas de la Organización Mundial de la Salud y la Agencia Internacional de Energía Atómica.

En regiones africanas, donde la infraestructura de diagnóstico avanzado aún se encuentra en expansión, la adopción de soluciones digitales seguras resulta una prioridad científica y sanitaria. La investigación que se desarrolla en Angola contribuye a la creación de modelos adaptables a contextos de baja conectividad y disponibilidad tecnológica. Estos modelos incorporan protocolos de validación clínica y mecanismos de respaldo remoto, que permiten conservar la trazabilidad del material diagnóstico sin depender de redes complejas ni de servidores externos.⁽⁴⁾

Desde la perspectiva de la informática médica, el impacto de la marca de agua digital se extiende más allá de la protección de imágenes. Representa un componente esencial de la ciberseguridad hospitalaria y un instrumento de aseguramiento de calidad para la investigación biomédica. Su integración en los sistemas de archivo y comunicación de imágenes refuerza la credibilidad científica y evita la manipulación accidental o deliberada de resultados. Asimismo, posibilita la creación de repositorios clínicos auditables que garantizan la fiabilidad de los datos utilizados por los modelos de inteligencia artificial.

La inserción de este tipo de innovaciones en la práctica médica plantea interrogantes éticos y regulatorios que deben abordarse mediante políticas institucionales claras. El manejo responsable de los datos de salud, su almacenamiento seguro y el control de acceso por parte de personal autorizado constituyen pilares fundamentales para una medicina digital confiable. En este sentido, el proyecto angolano propone una ruta para equilibrar el progreso tecnológico con los principios de justicia, beneficencia y respeto por la privacidad de las personas.⁽⁵⁾

Desde el punto de vista académico, la incorporación de la marca de agua digital al proceso diagnóstico fomenta nuevas líneas de investigación en análisis de imágenes biomédicas, protección criptográfica y ética en inteligencia artificial. Además, genera oportunidades de colaboración interdisciplinaria entre profesionales de la salud, ingenieros informáticos y expertos en ciberseguridad. Este enfoque transversal fortalece la capacidad investigativa de los centros universitarios y promueve la creación de redes internacionales dedicadas a la protección de datos biomédicos en entornos de riesgo.

El impacto científico de esta investigación se proyecta en dos dimensiones complementarias. En primer lugar, aporta un modelo de bioseguridad digital aplicable a hospitales de recursos limitados, donde la vulnerabilidad de los sistemas informáticos representa una amenaza constante. En segundo lugar, ofrece un esquema técnico replicable en otras áreas de la medicina digital, como la cardiología, la oncología o la radiología pediátrica, donde el manejo de imágenes requiere altos niveles de precisión y confidencialidad.



La autora declara que este manuscrito corresponde a un avance preliminar de un proyecto de investigación en desarrollo en el Instituto Superior Politécnico do Bié, Angola, enfocado en la aplicación de marcas de agua digitales en imágenes médicas diagnósticas.

En conclusión, la aplicación de marcas de agua digitales en imágenes de cáncer cerebral asistidas por computadora redefine los paradigmas de seguridad en la práctica diagnóstica. Este enfoque, en evaluación dentro de un contexto africano, demuestra que la protección criptográfica puede integrarse a los flujos clínicos sin alterar la calidad de la imagen ni limitar su interpretación médica. Su adopción en entornos con recursos limitados constituye un avance en la equidad tecnológica y en la consolidación de una cultura de integridad científica.

La informática médica, al integrar la protección digital como componente esencial del diagnóstico, se proyecta como un eje de desarrollo para la investigación en salud global. Este trabajo invita a la comunidad científica a reflexionar sobre la necesidad de garantizar la seguridad digital de los datos biomédicos como condición indispensable para el progreso ético y sostenible de la medicina del futuro. El proyecto en desarrollo en Angola representa una contribución desde el sur global a los esfuerzos internacionales por fortalecer la confianza, la transparencia y la responsabilidad en la gestión de información médica.

Referencias

1. Li Y, Qian Z, Xu K, Wang K, Fan X, Li S, et al. MRI features predict survival and molecular markers in diffuse lower-grade gliomas. *Neuro Oncol* [Internet]. 2017 [citado 8 oct 2025];19(6):862–70. Disponible en: <https://academic.oup.com/neuro-oncology/article/19/6/862/3066301>
2. Memon I, Li J-P, Malik A, Nazir M, Shorfuzzaman M, Alzahrani AI. Digital watermarking for brain tumor detection using deep learning models. *Comput Mater Contin* [Internet]. 2021 [citado 8 oct 2025];67(2):1881-97. Disponible en: <https://doi.org/10.32604/cmc.2021.014552>
3. Chandra D, Ghosh S, Dey N, Rajinikanth V, Tavares JMRS. Digital watermarking for brain MRI images: preserving integrity and confidentiality in telemedicine. *Comput Methods Programs Biomed* [Internet]. 2023 [citado 8 oct 2025];230:107369. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2023.107369>
4. Shankar K, Zhang Y, Liu Y, Wu L, Chen C-H, Gupta D, et al. Secure data transmission using watermarking medical images for telehealth applications. *Telemed J E Health* [Internet]. 2020 [citado 8 oct 2025];26(5):656-62. Disponible en: <https://doi.org/10.1089/tmj.2019.0125>
5. Zhou J, et al. The global, regional, and national brain and CNS cancers burden: A comprehensive analysis of the Global Burden of Disease Study 2021. *Sci Rep* [Internet]. 2025 [citado 8 oct 2025];15(1):10232. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41598-025-04636-7>



La autora declara que no existen conflictos de interés y que es responsable de la concepción, diseño, redacción y revisión final del texto, así como de la selección y verificación de las referencias bibliográficas incluidas.

