

BLOCKCHAIN Y SALUD: UNA HERRAMIENTA VERSÁTIL Y SEGURA BLOCKCHAIN AND HEALTH: A VERSATILE AND SAFE TOOL

Juan Santiago Bermúdez Ocampo*

Centro de Servicios de Salud, SENA.
Médico General y Cirujano. Candidato a Maestría en Telesalud.
Medellín / Colombia
jsbermudezo@sena.edu.co

Nora Luz Salazar Marulanda

Centro de Servicios de Salud, SENA.
Médico General y Cirujano. Magíster en Telesalud.
Medellín / Colombia
nlsalazarm@sena.edu.co

Lillianna Vélez Rueda

Centro de Servicios de Salud, SENA.
Ingeniera de Petróleos. Magister en Ingeniería Ambiental.
Medellín / Colombia
lvelez@sena.edu.co

(*) Autor de correspondencia.

RESUMEN

Las tecnologías emergentes hacen parte de la Transformación Digital en el mundo. Blockchain es una de ellas y más allá de ser popular por su utilización en operaciones de intercambio financiero, la criptomoneda se avizora como un elemento innovador en otras áreas de conocimiento, como el sector salud. El Centro de Servicios de Salud de la Regional Antioquia SENA, con su Laboratorio de Servicios Tecnológicos Central de Conocimiento Knowledge Process Outsourcing (KPO), intenta implementar esta tecnología dentro de su portafolio, como una estrategia para incrementar la seguridad de la data en salud, permitiendo la movilidad de la información con protocolos de ciberseguridad que garantizan la protección de los datos, independientemente de los actores que puedan acceder a ellos, bien sean del sector salud o el propio usuario, quien es el verdadero propietario de la información. Se avizoran posibles aplicaciones diagnósticas para el uso de dicha herramienta, entre ellas se propone como posible aplicación, el uso de redes neuronales y Deep Learning para el diagnóstico temprano de Melanoma, al realizar una fotografía de una posible lesión de características que sugieran malignidad.

Palabras clave: Blockchain, transformación digital, tecnologías emergentes, criptomoneda para la salud, salud digital.

ABSTRACT

Emerging technologies are part of the Digital Transformation in the world. Blockchain is one of them and beyond being popular for its use in financial exchange operations, the cryptocurrency is looming as an innovative element in other areas of knowledge, such as the health sector. The Antioquia SENA Regional Health Services Center, with its Central Knowledge Technology Services Laboratory, KPO, tries to implement this technology within its portfolio, as a strategy to increase the security of health data, allowing the mobility of information with cybersecurity protocols that guarantee the protection of data, regardless of the actors that can access them, whether from the health sector or the user himself, who is the true owner of the information. Possible diagnostic applications for the use of this tool are envisioned, including the use of neural networks and Deep Learning for the early diagnosis of Melanoma, when taking a photograph of a possible lesion with characteristics that suggest malignancy.

Keyword: Blockchain, digital transformation, emerging technologies, cryptocurrency for health, digital health.

INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud (OMS) reporta que el 83% de los países del mundo tienen alguna iniciativa de Telesalud, el 47% cuenta con historia clínica electrónica y el 14% tiene regulado el uso de small/medium/big data en el sector salud (1). Se infiere así, el potencial que tiene para los Servicios Tecnológicos SENA, el aprovechamiento de las capacidades de estos, de cara a la transformación digital (2), para la prestación innovadora de servicios de salud, incorporando tecnologías emergentes como el Blockchain.

La OMS, las Naciones Unidas y la agenda de desarrollo sostenible 2030, entre otros, consideran que la salud digital y la interconexión pueden acelerar el progreso humano y el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados con la salud, incrementando la accesibilidad a través de la transmisión de la data en salud y garantizar el disfrute de la salud de 1000 millones de personas más en el mundo (3). Así mismo, la Política de Atención Integral de Atención en Salud (PAIS) del Ministerio de Salud y Protección Social colombiano, considera que estrategias como las Tecnologías de la Información de la Salud y el fortalecimiento del talento humano, favorecen el acceso, el mejoramiento del estado de salud de la población, la calidad de los servicios y de las estrategias preventivas para el individuo, las familias y las comunidades (4).

El Centro de Servicios de Salud de la Regional Antioquia -SENA, producto de proyectos de investigación aplicada patrocinados con recursos económicos del programa institucional SENNOVA, ha implementado el ambiente de servicios tecnológicos denominado Central de Conocimiento KPO, por medio del cual almacena datos asociados a condiciones de vida y salud de los individuos a través de un sistema de información denominado “Transformación Digital en Salud”, a los cuales se les realizan procesos analíticos propios de la ciencia de datos, para convertirlos en información, y con analítica predictiva convertirlos en conocimiento, desarrollando planes de intervención en salud que

favorezcan la salud de las poblaciones colombianas.

Siguiendo las recomendaciones del Banco Interamericano de Desarrollo (5), la OMS y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), durante el año 2021 en el ambiente de la Central de Conocimiento KPO, se viene ejecutando un proyecto de investigación, que busca implementar la tecnología emergente tipo Blockchain, con el objetivo de encontrar maneras eficientes para que se mantengan protegidos los datos de alta sensibilidad, como lo son los relacionados con la salud, independientemente de quien los consulte.

El Blockchain se basa en los fundamentos de las redes neuronales (6) las cuales en esencia buscan replicar la estructura y organización de la información, emulando la actividad cerebral neurológica. (6) Se trata de una distribución de la información utilizando la organización “Peer-2-Peer” en el cuál se utilizan diferentes nodos computacionales, en cada uno de los nodos se encuentra una copia completa de la información y este puede verificar que las copias de los nodos interconectados contengan una versión exacta de la misma. De esta forma la verificación de la veracidad es más rápida y segura.

METODOLOGÍA

En 2021, a partir del proyecto de investigación aplicada SENNOVA, denominado “Fortalecimiento de la Transformación Digital con tecnologías emergentes”, se exploró la posibilidad de realizar un desarrollo relacionado con Blockchain, optimizando el talento humano del ambiente de Servicios Tecnológicos, Central de Conocimiento KPO, tanto del sector salud, correspondiente a médicos generales y enfermeras y otros profesionales del área de ingeniería de sistemas.

Fue posible realizar un análisis de la capacidad actual del ambiente Central de Conocimiento KPO, para identificar y caracterizar los procesos y los procedimientos que demandan su funcionamiento y la valoración de los requerimientos para la ampliación de los servicios ofrecidos, de cara a la implementación de nuevas tecnologías, como Blockchain, para optar por nuevos servicios.

Desde el área ingenieril, se inició el análisis de la arquitectura de los servicios tecnológicos de salud, relacionados con la Central de Conocimiento KPO, para la adaptación a la tecnología emergente Blockchain; con base en esto, se inició el desarrollo de la arquitectura para la nueva tecnología y su acople o viabilidad de acople al sistema de información original.

Con el talento humano de salud, se realizó una socialización del proyecto, una capacitación del personal para entender las posibles aplicaciones del mismo, y se estableció como posible uso de este tipo de tecnología explorar el área de dermatología, con la intención de desarrollar un mecanismo para validar en una fotografía de piel, la malignidad o benignidad de un lunar, con respuesta en tiempo real al usuario evaluado.

Se planteó como en ejercicios previos (7) el planteamiento de hipótesis sobre la temática elegida, sobre la posibilidad de que esta sea más o menos eficiente que el diagnóstico clínico.

Al momento de ingresar nuevas imágenes a la plataforma, se realizan una serie de procesos que permitirán una optimización de la información generada (8-11) y de esta forma teniendo en cuenta cada paso en el proceso de análisis de la imagen se construiría el algoritmo que permitiría establecer la probabilidad de contar con una lesión maligna basado en el análisis de bases de datos masivas externas. Este algoritmo se entrenará utilizando Deep Learning (10)(12) y teniendo en cuenta los procesos de análisis de las imágenes para probar las hipótesis planteadas.

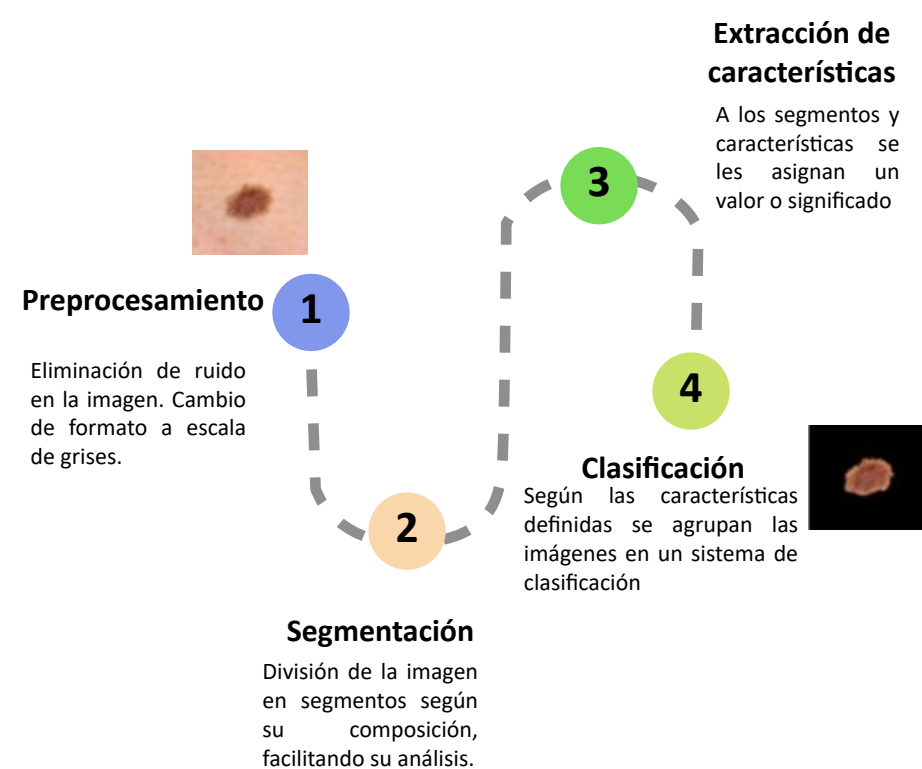


Figura 1. Procesos de análisis de imágenes.

Se hizo la respectiva prueba de concepto con 7 usuarios para validar el rendimiento operativo, para quienes el tiempo máximo de respuesta fue de 6.32 segundos. Esta iniciativa permitió avizorar nuevas iniciativas para la próxima vigencia, que permitan perfeccionar el ejercicio planteado.

Fue necesario, instalar un equipamiento adecuado para la red de Blockchain, la cual requirió la instalación de 10 equipos de cómputo tipo Workstation, que pudieran permitir la demanda de almacenamiento y tránsito de la información encriptada bajo la metodología de la tecnología utilizada.

Durante el desarrollo del proyecto, fue posible fortalecer las competencias de los 52 aprendices de etapa productiva de los programas de Técnico de Enfermería y Técnico de Salud Pública, quienes a través del ambiente Central de Conocimiento KPO, interactuaron con los investigadores del sector salud que propusieron la solución blockchain con enfoque en dermatología.

DISCUSIÓN

En el año 2008, a través del artículo “Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System” (11), Satoshi Nakamoto introduce al mundo el concepto de Bitcoin. Este artículo no fue revisado por pares o publicado en una revista académica y a la fecha se desconoce si Nakamoto es una persona real, un pseudónimo, un colectivo o siquiera si esta persona o grupo existen (12). Lo que sí es claro, es que este documento incluía el fundamento teórico detrás de la tecnología Blockchain, en la que se estructuraría más adelante el sistema de cripto divisas que hoy en día es una revolución mercantil. Actualmente el precio de 1 bitcoin es de \$ 59770,30 USD (13) y ha llegado a estar por encima de los \$ 66000 USD (14).

A raíz de lo anterior, respecto al Blockchain surgen las preguntas ¿Por qué es una tecnología revolucionaria? ¿Qué hace que haya aumentado de forma tan significativa su valor? Y esta tecnología ¿Sólo puede ser utilizada para las cripto divisas?

Este tipo de tecnología se vuelve relevante, teniendo en cuenta el paradigma que logra superar; el de la confianza. Para poder entender lo anterior, se tratará de explicar el paradigma.

En el pasado para hacer cualquier tipo de transacción, se requería de confianza y en muchos casos de un intermediario. Por ejemplo, el banco que guarda el dinero o gestiona el traslado de fondos, el asesor de bienes raíces que intermedia la compra o la concesionaria automovilística que ensambla y almacena el auto. Con el Blockchain esta tendencia desaparece, ya que el almacenamiento de la información se descentraliza y cada uno de los usuarios adscritos, a través del nodo asignado puede verificar en tiempo real si el manejo de la información es el adecuado. De esta forma, en caso de que alguien realice un movimiento fraudulento o altere la información, uno de los múltiples nodos de la cadena lo identificará logrando una gestión rápida y segura de la contingencia. Además, varios de estos nodos almacenan una copia de la información o historial de transferencias, por lo que siempre se

asegura la trazabilidad de los movimientos de información (15). Cada una de estas transacciones tendrá a su vez una firma digital que no solo identifica los implicados, sino que registra el momento de esta transacción y se agrega al histórico de las anteriores, brindando unas condiciones de seguridad interesantes. Esta transacción cuenta con una firma digital, que consta del “hash” o número de identificación de la transacción previa, seguido de un número de verificación propio, formando una identificación única a modo de “firma” (16). Es así como para alterar la información de las transacciones, un hacker debe alterar no solo la información de la transacción que hace parte de la información del nodo, sino del resto de nodos que cuentan con una copia, haciendo esto muy difícil desde el punto de vista técnico y práctico.

Pero la seguridad en el manejo de la información y la trazabilidad, no son los únicos aspectos que hacen esta tecnología atractiva. También está el hecho de que descentraliza la información ya que esta se almacena parcialmente en todos los nodos y completamente en varios de estos. Así, si alguno llega a fallar, la información sigue siendo verificable, se encuentra ordenada y completa. Por otro lado, está el hecho que las transacciones son rápidas, el manejo de la información eficiente y el proceso más barato, ya que obvia el costo de intermediarios. Sin embargo, no todo es color de rosa y este tipo de tecnología al ser emergente se podría ver beneficiada de un proceso de maduración en términos de escalabilidad, adaptabilidad y regulación, para que este recurso sea completamente confiable (17).

Se considera que un recurso tecnológico de esta envergadura no debería limitarse al manejo de divisas virtuales y es entonces cuando aparece el planteamiento a la tercera pregunta planteada, sobre las posibles aplicaciones que puede tener el Blockchain. Algunos ejemplos de sus usos potenciales son los “contratos inteligentes”, bienes raíces, cadena de suministros, mercadeo y salud.

CONTRATOS INTELIGENTES

Este tipo de acuerdo lo que permite es establecer unas reglas de juego que serán automatizadas. De esta forma, cuando se cumplan con los criterios establecidos o cuando se cumplan los objetivos pactados, el contrato se pagará de forma automática a quien prestó el servicio o cumplió con los objetivos. Por ejemplo, si una persona es contratada para cumplir con un servicio X y este demuestra haberlo cumplido, automáticamente se le pagará por haberlo hecho. Esto ahorraría tiempo e intermediarios en el proceso de contratación (15, 18).

BIENES RAÍCES

En la actualidad para poder vender una propiedad, se debe contar con el título de esta y a través de una notaría se realiza una cesión a un comprador en intercambio por otro bien o dinero. Esto puede ser sujeto a fraudes (como la venta a múltiples compradores de un mismo bien). Si se utilizara el Blockchain para realizar este tipo de transacciones, podría hacerse de una forma transparente y eficiente, asegurándose la trazabilidad del bien y ahorrándose el valor del intermediario (19).

CADENA DE SUMINISTRO

Al realizar un manejo eficiente de la información, se utiliza esta tecnología en las cadenas de suministros, podría tener un registro en tiempo real del estado de un producto y esto evitaría que este se pierda en esta cadena. Por ejemplo, una empresa de comidas sabría exactamente en qué estado tiene su producto (debido a la trazabilidad de la información) y esto podría evitar que esta pierda su condición óptima antes del momento de la venta. Se podría optimizar la distribución de estos productos y evitar que supermercados terminen desechándolos ya que nadie los compra a tiempo (20).

MERCADEO

El proceso de compra y venta podría cambiar para siempre. Los ejemplos concretos son las artes. Un cantante podría subir su música a una plataforma y venderla utilizando este canal, al igual que un pintor vender pinturas, que serán compradas en cualquier lugar del mundo. Se haría el intercambio de divisas de forma ágil y se tendría una trazabilidad que asegure que la obra es original (21).

SALUD

La convergencia entre Blockchain y salud es lo que motiva este documento y es tal vez una de las áreas de mayor interés en cuánto la aplicación de este tipo de tecnología por diferentes motivos. El principal salta a la vista y es la seguridad. Debido a la dinámica de funcionamiento de este tipo de tecnología, esta permitiría que se almacene la información de los pacientes de una forma segura (22), ya que sería prácticamente inalterable y a su vez estaría almacenada en múltiples nodos simultáneamente, permitiendo diferentes respaldos en caso de presentar algún tipo de dificultad técnica y asegurándose que la custodia de la información no dependa de un único sitio de almacenamiento. Sin embargo, existen otros usos interesantes en el ámbito.

Para nuestro medio tal vez el más interesante es el de facilitar el flujo de recursos y el pago de servicios, ya que de esta forma sería un proceso transparente, eficiente y automatizado. Es importante recordar que podrían eliminarse a las aseguradoras como intermediarias en el manejo de recursos (23), lo que disminuiría costos operativos y desaparecerían barreras de acceso a la atención. De igual manera, el uso de esta tecnología haría más eficiente las cadenas de suministro dentro de las instituciones de salud o el sistema sanitario, logrando dar los pasos que permiten una atención efectiva y/o la realización de un acto de atención en salud más fácil y rápida, sin perder la calidad y seguridad en la implementación de procesos. Este ejemplo de uso ganaría una máxima relevancia en la cadena de suministros de la aplicación de fármacos, aumentando no solo la eficiencia sino la seguridad en el uso de estos (optimizando la trazabilidad en el

proceso). Otra aplicación interesante es el desarrollo eficiente de procesos de manejo de la información de los pacientes, como la obtención y almacenamiento de los consentimientos informados o cualquier tipo de documentos similares, esta tecnología podría utilizarse para facilitar el monitoreo de los pacientes y a su vez para fortalecer la analítica predictiva para los diagnósticos e intervenciones oportunas. Por último, podría facilitar el flujo de información para la investigación en salud (20–24).

Hay ciertos retos que deben superarse para poder apropiarse de los beneficios que promete el Blockchain; el principal de ellos es la gran cantidad de información que el sector salud maneja sobre sus pacientes. Esta tecnología se ha utilizado principalmente para el manejo de información de menor cuantía (25), por lo que un uso indiscriminado de toda la información de los pacientes podría ser difícil y costoso, limitando su escalabilidad (19). Una posible solución es el uso de esta tecnología para la gestión de cierta parte de la información que se extraería de la nube donde se encuentra el registro completo. Otra posible limitación y tal vez la más sensible, es la anonimidad de los datos (17,19) por la forma como se maneja la información almacenada utilizando esta tecnología, los nodos tienen acceso libre a la información dentro de la cadena, por lo que, si no es manejada de forma cuidadosa, esta podría exponerse y violarse el derecho de los pacientes a la anonimidad de su registro clínico (25, 26). Es importante recordar que entender la necesidad que suplirá esta tecnología y el proceso que facilitará se vuelve esencial para elegir adecuadamente la plataforma para su aplicación (26).

Con respecto al caso de aplicación desarrollado durante este ejercicio. La bibliografía revisada propone que una herramienta tecnológica de procesamiento masivo de imágenes en la cual se logre construir un algoritmo de análisis de imágenes

basado en la aplicación de inteligencia artificial, estructurada como redes neuronales y utilizando el modelo de entrenamiento de los mismos tipo Deep Learning (27, 28) puede ser igual o mejor al momento de realizar el diagnóstico de melanoma, ya sea ante imágenes simples (7,9) como dermatoscópicas, (10) lo que a su vez facilitaría y haría más eficiente el proceso diagnóstico de malignidad, el cuál, al ser realizado de forma temprana podría disminuir los costos invertidos en el manejo de lesiones malignas avanzadas y lo que es más importante, podría salvar vidas de personas que puedan ser intervenidas de forma temprana.

CONCLUSIÓN

El Blockchain es una herramienta tecnológica revolucionaria con un potencial inmenso de uso en diferentes ámbitos, que podría afectar de manera positiva el proceso de democratización del manejo de la información. Además, es una herramienta que permite un manejo seguro y confiable de los datos. Es importante no limitar su uso a las criptomonedas y ahondar tanto en la investigación como en la aplicación práctica de esta tecnología en el ámbito de la salud debido al grupo de beneficios que puede traer a este sector. Es sustancial tener claras las posibles limitaciones de esta tecnología para hacer un uso responsable de la misma y no poner en riesgo tanto la seguridad de la información como el bienestar del paciente. Debido a todo lo anterior, el Centro de Servicios de Salud de la Regional Antioquia SENA, ha expresado un interés en este tipo de tecnología aplicada a este sector, **se acotó** un aparente uso costo/efectivo que podría traer beneficios a la sociedad y que se ha comprobado su funcionalidad en ejercicios investigativos previos, además se dio el primer paso en el desarrollo de una solución similar en la que se estructuraron las bases tecnológicas para la aplicación de este tipo de herramienta. Se logró un amplio aprendizaje sobre la estructuración y uso de este tipo de tecnología. Sería ideal mantener una continuidad en este proceso para lograr el desarrollo de una herramienta tecnológica que

podría traer grandes beneficios a la salud de la población. Más conocimiento y continuidad a este proceso son necesarios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Mariscal J. Estudio sobre TIC y salud pública en América Latina: la perspectiva de e-salud y m-salud [Internet]. ITU. [citado 15 de diciembre de 2022]. Disponible en: <https://www.itu.int:443/en/publications/ITU-D/Pages/publications.aspx>.
2. DNP. Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 «Pacto por Colombia, pacto por la equidad» [Internet]. [citado 15 de diciembre de 2022]. Disponible en: <https://www.dnp.gov.co:443/DNPN/Paginas/Plan-Nacional-de-Desarrollo.aspx>.
3. OMS OM de la S. Proyecto de estrategia mundial sobre salud digital 2020–2025 [Internet]. Hospitecnia. [citado 15 de diciembre de 2022]. Disponible en: <https://hospitecnia.com/tecnologia/hospital-digital/estrategia-mundial-salud-digital-2020-2025/>.
4. Resolución 1441 [Internet]. 2016. Disponible en: https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%201441%20de%202016.pdf.
5. Allende López M, Da Silva MM. Quantum Technologies: Digital Transformation, Social Impact, and Cross-sector Disruption [Internet]. Inter-American Development Bank; 2019 [citado 15 de diciembre de 2022]. Disponible en: <https://publications.iadb.org/en/quantum-technologies-digital-transformation-social-impact-and-cross-sector-disruption>.
6. Sangüesa i Solé R. Módulo 4: Clasificación: redes neuronales. Universidad Oberta Catalunya. 2021.
7. Mann S, Balyan A, Rohilla V, Gupta D, Gupta Z, Rahmani AW. Artificial Intelligence-based Blockchain Technology for Skin Cancer Investigation Complemented with Dietary Assessment and Recommendation using Correlation Analysis in Elder Individuals. *J Food Qual.* 2022;2022.
8. Chendage B, Mente R, Pawar S. Detection and Classification of Melanoma Skin Cancer Analysis. *Int J Sci Res Comput Sci Eng Inf Technol.* 2021;3307:150–4.
9. Naeem A, Farooq MS, Khelifi A, Abid A. Malignant Melanoma Classification Using Deep Learning: Datasets, Performance Measurements, Challenges and Opportunities. *IEEE Access.* 2020;8:110575–97.
10. Kaur, R.; GholamHosseini, H.; Sinha, R.; Lindén, M. Melanoma Classification Using a Novel Deep Convolutional Neural Network with Dermoscopic Images. *Sensors* 2022, 22, 1134. <https://doi.org/10.3390/s22031134>.
11. Zhang, Y, Liang, Y, Jia, B, Wang, P, Zhang, X. A blockchain-enabled learning model based on distributed deep learning architecture. *Int J Intell Syst.* 2022; 37: 6577- 6604. doi:10.1002/int.22907.
12. Forchhammer, S.; Abu-Ghazaleh, A.; Metzler, G.; Garbe, C.; Eigentler, T. Development of an Image Analysis-Based Prognosis Score Using Google’s Teachable Machine in Melanoma. *Cancers* 2022, 14, 2243. <https://doi.org/10.3390/cancers14092243>.
13. Nakamoto S. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. *Cryptography Mailing list* at <https://metzdowd.com>. 24 de marzo de 2009.
14. Pierro MD. What Is the Blockchain? *Computing in Science & Engineering.* 1 de septiembre de 2017;19(05):92-5.
15. Finance G. Precio, cotización en tiempo real y noticias de Bitcoin (BTC)- Google Finance [Internet]. [citado 15 de diciembre de 2022]. Disponible en: <https://www.google.com/finance/quote/BTC-USD>
16. Pastor J. Bitcoin supera los 66.000 dólares: máximo histórico impulsado por el primer «fondo cripto» que cotiza con la bendición de los EE.UU. [Internet]. 2021 [citado 15 de diciembre de 2022]. Disponible en: <https://www.xataka.com/criptomonedas/bitcoin-supera-66-000-dolares-maximo-historico-impulsado-primer-fondo-cripto-que-cotiza-bendicion-ee-uu>

17. Blockchain Economics and Marketing [Internet]. [citado 15 de diciembre de 2022]. Disponible en: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=89446>.
18. Gupta M. Blockchain For Dummies®, 2nd IBM Limited Edition. 2018.
19. Bashir I. Mastering Blockchain. Packt Publishing Ltd; 2017. 531 p.
20. Sáenz ME. CONTRATOS ELECTRONICOS AUTOEJECUTABLES (SMART CONTRACT) Y PAGOS CON TECNOLOGÍA BLOCKCHAIN. 2017;(70).
21. Spielman A. Blockchain: Digitally Rebuilding the Real Estate Industry [Internet]. 2016 [citado 15 de diciembre de 2022]. Disponible en: <http://oastats.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/106753/969450770-MIT.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
22. Azzi R, Chamoun RK, Sokhn M. The power of a blockchain-based supply chain. Computers & Industrial Engineering. 1 de septiembre de 2019;135:582-92.
23. Morey J. Council Post: The Future Of Blockchain In Healthcare [Internet]. Forbes. [citado 15 de diciembre de 2022]. Disponible en: <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2021/10/25/-the-future-of-blockchain-in-healthcare/>.
24. Justinia T. Blockchain Technologies: Opportunities for Solving Real-World Problems in Healthcare and Biomedical Sciences. Acta Inform Med. diciembre de 2019;27(4):284-91.
25. OECD. Opportunities and Challenges of Blockchain Technologies in Health Care. 2020.
26. Hasselgren A, Kralevska K, Gligoroski D, Pedersen SA, Faxvaag A. Blockchain in healthcare and health sciences-A scoping review. Int J Med Inform. febrero de 2020;134:104040.
27. Agbo CC, Mahmoud QH, Eklund JM. Blockchain Technology in Healthcare: A Systematic Review. Healthcare. junio de 2019;7(2):56.
28. Ting Kuo T, Zavaleta Rojas H, Ohno Machado L. Comparison of blockchain platforms: a systematic review and healthcare examples | Journal of the American Medical Informatics Association | Oxford Academic [Internet]. [citado 15 de diciembre de 2022]. Disponible en: <https://academic.oup.com/jamia/article/26/5/462/5419321>.