

BLOCKCHAIN COMO HERRAMIENTA EN EL MONITOREO DE PACIENTES AFECTADOS POR COVID-19

BLOCKCHAIN AS A TOOL IN PATIENT MONITORING AFFECTED BY COVID-19

**SYLVIA PÉREZ-CH¹
ROQUE PINTO²
RAMIRO SÁNCHEZ³**

*Recepción: 7 de noviembre de 2020
Aceptación: 29 de abril de 2021*

¹ Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador. asesoriafinancierasp@gmail.com

² Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador. roqueec@gmail.com

³ Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador. ramirosanchezn@gmail.com



BLOCKCHAIN COMO HERRAMIENTA EN EL MONITOREO DE PACIENTES AFECTADOS POR COVID-19

BLOCKCHAIN AS A TOOL IN PATIENT MONITORING AFFECTED BY COVID-19

Sylvia Pérez-Ch, Roque Pinto, Ramiro Sánchez

Palabras clave: *Blockchain*, COVID-19, Trazabilidad, Organización, Enfermedad
Keywords: Blockchain, COVID-19, Traceability, Organization, Disease

RESUMEN

Las limitaciones del conocimiento sobre el COVID-19 han afectado los sistemas de salud a nivel mundial, así como la capacidad de respuesta dentro de cada entorno político, social, económico y tecnológico. Uno de los problemas comunes son las estadísticas no fiables y el escaso monitoreo de los pacientes intra-domiciliados. De esta forma, la presente investigación proporciona una alternativa de

aplicación de la herramienta *blockchain* con el fin de recolectar datos estadísticos cifrados, actualizados, fiables, continuos, privados e intercambiables, con mejoras en la trazabilidad y un oportuno seguimiento administrativo de las alteraciones de signos —síntomas predominantes y atípicos de los pacientes estudiados. Estos datos serán registrados, procesados y verificados en una cadena de bloques





(*blockchain*), proceso que constituiría un recurso médico— que permite el continuo control de la salud. Esta enfermedad presenta signos y síntomas silenciosos

atribuibles a otras enfermedades, por ello, un diagnóstico temprano proporcionaría prevención, atención y evitaría consecuencias letales.

ABSTRACT

The limitations of knowledge on COVID-19 have affected global health systems, responsiveness in the political, social, economic and technological environment, one of which are statistics and poor monitoring of intradomiciliated patients; so this research presents an alternative application of the blockchain tool to collect statistical data, up-to-date, reliable, continuous, private and interchangeable, with improved traceability and timely follow-up of sign alterations

- predominant and atypical symptoms of the patients studied, data that will be recorded, processed and verified in a blockchain; process that would constitute a medical-administrative resource - which allows continuous control of health; since this disease presents silent signs and symptoms attributable to other diseases, an early diagnosis would provide prevention, care and avoid lethal consequences.

INTRODUCCIÓN

La cadena de bloques o *Blockchain* se presenta como una solución tecnológica innovadora, conjuntamente con la inteligencia artificial, con la que es posible detectar de manera temprana el brote de cualquier enfermedad, condición que permite medicar y dar seguimiento sobre el tratamiento, simplificando de esta manera el diagnóstico que se ofrece al paciente y la administración de la medicación; optimizando el tiempo

de respuesta para las organizaciones de salud (Nguyen et al., 2020).

Además, los registros de salud electrónicos personales en áreas más específicas son utilizados por la tecnología *Blockchain*; donde el control de acceso, interoperación, capacidad de almacenamiento, la procedencia e integridad de los datos son aspectos que mejoran la gestión de ensayos clínicos, el cumplimiento normativo y proporcionan un





marco descentralizado para compartir registros electrónicos de salud (Hasselgren et al., 2020).

Otra particularidad es la recepción de datos del paciente a través de una red específica, que identifica y controla: quién proporciona los datos, a quién corresponden los datos y quiénes utilizarán los mismos; mediante un desarrollo sistemático que utiliza contratos denominados inteligentes, basados en la tecnología *Blockchain* (Junqueira et al., 2019). De esta forma se implementa información electrónica sobre la salud del paciente, lo cual implica interacciones; entre ellas, la comprobación y veracidad de la información, tomando en cuenta la privacidad al acceso de datos. Además, se actualiza y completa la información, permitiendo el mejor registro electrónico de la salud del paciente (De Souza, n.d.).

En el área de salud, Estados Unidos y Colombia actualmente están utilizando *Blockchain* en la gestión de historias clínicas y formulación de medicamentos, a través de plataformas como: MedShare, MedRed, MedRec y BC MED; lo cual permite mejorar las actividades centradas en el paciente mediante su monitorización remota (RPM) (Farouk et al., 2020) con la finalidad de que el paciente posea, controle y comparta sus propios datos de salud de forma fácil y segura sin violar su privacidad (Mellizo Gomez & Minú Dussán, 2020).

Considerando que el fenómeno inesperado denominado COVID-19 ha generado paralización y desconcierto en actividades de distinto orden, nace la necesidad de buscar mecanismos que ayuden a combatir esta problemática. En el Ecuador, así como en los demás países del mundo, esta situación ha superado la capacidad de respuesta del sistema de salud en el entorno político, social, económico, tecnológico, respecto a sus recursos.

Como parte de esta condición se presentó el retraso y escasez de información, baja confiabilidad y veracidad de los datos estadísticos reportados por órganos de control de salud, problemática que se torna más compleja, limitando de esta manera el seguimiento y monitoreo a pacientes sospechosos y positivos, lo que causó ineficiencia e ineffectividad en la capacidad de respuesta del primer nivel de atención.

De esta situación, se destaca que la herramienta más poderosa para combatir el coronavirus es la información, ya que al registrar los datos referentes a signos y síntomas relacionados con esta enfermedad deben ser proporcionados de manera exacta, segura, responsable e individual para que sea de utilidad a todos los actores que están involucrados en el proceso de prevención, cuidado y salvedad (Trejo González et al., 2020).





Complementario al diagnóstico y orientación terapéutica, es importante mantener en advertencia los signos y síntomas predominantes a esta pandemia que presentan los pacientes aislados o intra-domiciliados, positivos de COVID-19 y sospechosos; por tal razón se precisa la importancia de un registro fiable, veraz e inviolable para tomar decisiones sobre el estado del paciente, resolver su continuidad del control del proceso, en domicilio y hospitalización (trazabilidad-nivel de contagio-riesgo).

Es por esto que la presente investigación demuestra la utilidad del proceso en el seguimiento y monitoreo a las personas sospechosas, aisladas por COVID-19, para recabar información confiable sobre signos, síntomas predominantes y atípicos, de manera que proporcione a las instituciones de salud públicas y privadas las herramientas que les permitan identificar a posibles pacientes, mejorar su respuesta en la atención y no considerar como una base única la literatura existente, sino

los nuevos datos que emite el proceso de monitoreo.

Bajo esta perspectiva, la presente investigación configura un esquema en el que, a través del *Blockchain*, se realice un sistema remoto de obtención, registro y monitoreo de signos y síntomas predominantes; donde se destaca el rastreo apropiado a este grupo afectado por COVID-19, cuya información actualmente no se reporta en los organismos de salud ampliamente.

Este artículo se enfoca en la problemática encontrada en el ámbito de la salud por la pandemia del COVID-19, para luego detallar de manera breve las bases teóricas que soportan el estudio y la metodología que permitió la recolección de datos, tales como: parámetros de análisis de información, tipo de estudio realizado, técnicas y proceso. Finalmente, se presentan los resultados e interpretación inherentes al tema de estudio; así como la discusión de las principales implicaciones y reflexiones de lo analizado.

LA TECNOLOGÍA *BLOCKCHAIN*

El *Blockchain* (o cadena de bloques) es una base de datos compartida que funciona como un libro, para el registro de operaciones de compra-venta o cualquier otra transacción. Es un con-

junto de apuntes que están en una base de datos compartida, en la que se registran, mediante códigos, las transacciones realizadas. Al utilizar claves criptográficas, y al estar distribuido por muchos orde-





nadores, presenta ventajas en la seguridad frente a manipulaciones y fraudes (Yahari, 2017), permitiendo al sistema de actores independientes compartir un registro de activos digitales, transacciones e información sin la necesidad de un organismo intermediario que supervise, con la seguridad de realizar movimientos y/o transacciones de manera segura y transparente (Agbo et al., 2019).

De esta manera, la infraestructura de *Blockchain* se basa en una interacción entre pares (peer to peer), en la que en ambas redes participan usuarios (participantes en transacciones), los "mineros" de *Blockchain* (aquellos que construyen el bloque y permiten las comunicaciones con un libro mayor distribuido), y cada bloque abarca el *hash* del bloque anterior, así como los datos de transacciones convencionales, lo que da como resultado la generación de una cadena inmutable y segura (Fabiano, 2018).

El almacenamiento del libro mayor (resumen de transacciones) se realiza en una red de nodos descentralizada, generada a través de rutas criptográficas que han sido calculadas por todos los mineros presentes en la red. Además, el libro mayor de *Blockchain* proporciona capacidades de almacenamiento altamente confiables, por el uso de las firmas digitales, los mecanismos de consenso y las cadenas *hash* que se emplean en su creación, debido a estas características poco convencionales (Ji et al., 2018).

La tecnología *Blockchain* ofrece muchas facilidades, que incluyen la trazabilidad de la información, la seguridad y el no repudio, al mismo tiempo que mantiene toda la información dentro de una forma pública descentralizada, garantizando así la privacidad (Hussein et al., 2019) y la confianza; su aplicación está vinculada con diversas áreas del quehacer humano, generando resultados efectivos y con éxito (Tapscott Don, 2019).

BLOCKCHAIN EN EL ÁMBITO DE LA SALUD

La tecnología *Blockchain* garantiza el intercambio de datos y la transparencia entre hospitales, compañías de seguros y cualquier otro centro de investigación, al ofrecer un mecanismo normado para todos los miembros de la red, para el intercambio de información médica altamen-

te sensible (Hang et al., 2019). El riesgo de la distribución o difusión de datos o información sin la expresa autorización del titular o el mandato de la ley, está amparado en la Constitución del Estado en el Art. 66, numeral 19 (Constitución Nacional del Ecuador, 2008).





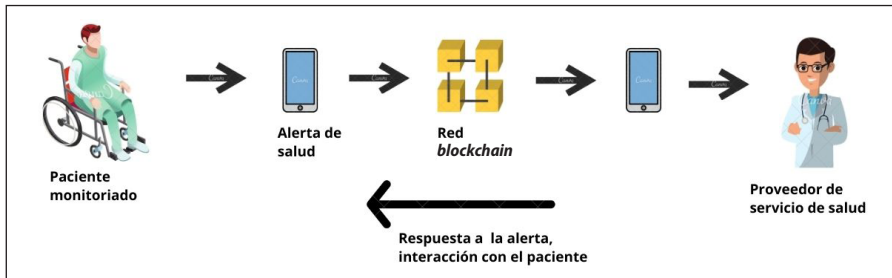
Los datos de salud son extremadamente privados y su intercambio puede aumentar el riesgo de exposición. Además, este sistema actual de intercambio utiliza una arquitectura centralizada. La solución para la privacidad y seguridad de la información podría ser la tecnología *Blockchain*, que proporciona robustez contra fallas y exposición de datos (Dwivedi et al., 2019).

En muchos países existe un aumento dramático en el número de pacientes enfermos con COVID-19 y es cada vez más difícil acceder a cuidados médicos primarios (Sarkis et al., 2020).

Una de las principales aplicaciones de *Blockchain* en el ámbito de la sa-

lud es la atención médica personalizada, la misma que ha aumentado su popularidad en los últimos tiempos. El concepto de medicina personalizada gira en torno a la categorización de los pacientes de acuerdo con ciertos factores comunes, como los datos genómicos, raza, edad o género (Enescu et al., 2019). Los pacientes entonces podrían clasificarse según los datos genómicos recopilados por pruebas, y cualquier riesgo para la salud de un paciente puede verse reflejado a través de las mismas. Los planes de salud se establecen de acuerdo con la información conocida de los pacientes que son categorizados de acuerdo a sus riesgos potenciales.

Figura 1. Monitoreo remoto de pacientes



Fuente: Elaboración propia

La integración de *blockchain* al modelo de medicina personalizada puede solucionar los problemas de desconfianza en el manejo de la información del paciente. *Blockchain* permite

la encriptación de la información del paciente otorgándole una autorización única para acceder a sus datos, esta autorización puede ser compartida para que accedan a su información aquellos





que tengan su confianza, de este modo el paciente sabe que su información privada es vista por unos pocos seleccionados.

Los pacientes se vincularán con el personal médico e investigadores autorizados para acceder a los datos según sea necesario, incluso si no están directamente disponibles en los registros de información de su organización; en lugar

de presentar una solicitud y esperar a que se apruebe. Esta disponibilidad mejorada abre la oportunidad para que los pacientes donen, e incluso vendan sus datos a investigadores para nuevos desarrollos terapéuticos frente a esta pandemia (Shuaib et al., 2019).

En el ámbito de la salud, se presentan las aplicaciones indicadas en la tabla 1.

Tabla 1. Aplicaciones de *Blockchain* en el cuidado de la salud

Aplicaciones	Descripción
Registros Electrónicos de Salud	Un EHR digital en un libro mayor distribuido generado por <i>Blockchain</i> que garantiza la integridad, desde la etapa de generación de datos hasta el punto de recuperación de datos, sin intercesión humana.
Investigación Clínica	<i>Blockchain</i> presenta un marco seguro descentralizado para cualquier colaboración de información que pueda ocurrir, con respecto a la investigación clínica. Con esto, los datos se pueden compartir de forma segura con grupos de investigadores.
Detección de fraude médico	<i>Blockchain</i> tiene la característica de ser inmutable, ayuda en la detección de fraudes al no permitir ninguna duplicación o modificación en la transacción la hace transparente y segura.
Investigación en neurociencia	<i>Blockchain</i> , como innovación, trae varias aplicaciones próximas que incorporan aumento cerebral, recreación del cerebro y pensamiento cerebral. La digitalización de un cerebro humano completo requiere algún medio para almacenarlo.
Industria farmacéutica e investigación	<i>Blockchain</i> al utilizar su poder de trazabilidad detallada, vigila cada etapa de la cadena de suministro farmacéutica: el origen del medicamento, sus componentes y la propiedad se detectan con frecuencia en cada etapa para evitar la falsificación / robo de bienes.

Fuente: Elaboración propia (Siyal et al., 2019)





PLATAFORMAS EXISTENTES BASADAS EN *BLOCKCHAIN*

MedRec

Sistema descentralizado de gestión de registros de historias clínicas, haciéndolo interoperable y adaptable. Los participantes involucrados con la red pueden obtener permiso de acceso a datos médicos agregados y anonimizados como recompensas de minería, por contribuir con potencia informática para asegurar y mantener la red (MedRec, 2020). Desarrollado por el Instituto de Tecnología de Massachusetts en Estados Unidos y utilizado en este mismo país.

MediLedger

Red que implementa y ejecuta procesos comerciales entre industrias. Se conecta con socios de servicios de confianza a la vanguardia de las soluciones para la industria farmacéutica (MediLedger, 2020). Utilizado por líderes de la industria farmacéutica como Genentech, miembro del grupo Roche, Pfizer, AmersourceBergen y Mckesson Corporation en los Estados Unidos.

HealthChain

Aplicación que crea una identi-

dad única en todo el sistema de salud, permitiendo que el paciente tenga acceso a sus datos en historias clínicas y pueda elegir la entidad con la que desee compartir la información confidencial de sus diagnósticos, manteniendo los datos sensibles seguros. Red que se está implementando en Chile con la colaboración de las empresas Pegasi Inc. y Rayen Salud (Agbo et al., 2019).

MedicalChain

Plataforma para la asistencia en salud que proporciona un sistema privado, seguro, auditable, transparente y centrado en el paciente para la comunicación entre sí, proveedores de atención médica y compañías de seguros. Facilita al paciente controlar quién accede a sus registros médicos, los audita y notifica cualquier acceso y protege su identidad. Esta aplicación también permite compartir datos médicos anónimos con investigadores y a cambio obtener criptomonedas de Medicalchain: Med-Tokens. Es utilizada en la Clínica Mayo de los Estados Unidos y Medical Chain de Londres (Ammbr et al., 2017).





INTERNET DE LAS COSAS

La procedencia de datos únicos que se transfieren a través de *Blockchain* mejora mediante el uso del internet de las cosas médicas IoMT (Bocek et al., 2017): sistema de sensores, datos e inteligencia artificial que utilizan máquinas mecánicas y digitales donde los equipos de atención médica pueden recopilar, procesar y compartir datos a través de Internet en tiempo real (Khezr et al., 2019).

Esta tecnología es propicia, ya que el sistema de salud a nivel global tiende a cambiar, centrándose en la

atención para el hogar (Sanmartín Mendoza et al., 2016), en el que interactuarán los pacientes, procesos, datos, dispositivos-sensores, ya que, al ser conectados con la red, la información que se obtenga en un nodo (signos y síntomas de los pacientes) facilitará a los médicos de turno a tomar acciones oportunas sobre las condiciones físicas e incluso psíquicas en las que se encuentra una persona, que para el caso de esta investigación serán aquellas contagiadas con coronavirus.

COVID-19

El SARS-CoV-2 es un nuevo tipo de coronavirus que puede afectar a las personas y fue detectado por primera vez en diciembre de 2019 en la ciudad de Wuhan, provincia de Hubei, China. Los coronavirus pueden provocar cuadros clínicos que van desde el resfriado común hasta neumonías graves. Los síntomas más comunes incluyen fiebre, tos y disnea, pero en algunos casos pueden presentarse también síntomas digestivos. En pacientes ancianos y aquellos con comorbilidades subyacentes se pueden presentar cuadros más complejos como: neumonía, insuficiencia renal y otras complicaciones (De Andrade, Milton, 2019).

El problema de salud siempre ha sido el foco de preocupación social, ya que es la base de una vida feliz (Chen et al., 2018). Hoy en día, producto de esta pandemia, los gobiernos realizan un arduo trabajo para contenerla y han clasificado a la población en casos por sospecha, probables y confirmados.

Caso sospechoso

Se considera a los pacientes que cumplan uno de los siguientes criterios:

1. Pacientes con enfermedad respiratoria aguda de cualquier nivel de gravedad que incluya al menos uno de



estos signos/síntomas: fiebre, tos o dificultad respiratoria y con alguno de los siguientes:

- Tener antecedente de viaje o residencia en países o localidad del Ecuador, que informa transmisión comunitaria de la enfermedad COVID-19, durante los 14 días previos al inicio de los síntomas.
- Contacto con casos confirmados por el nuevo coronavirus COVID-19 en los 14 días previos al inicio de síntomas.

2. Pacientes con infección respiratoria aguda grave caracterizada por fiebre, tos, dificultad respiratoria y que requieren hospitalización, sin etiología identificada.

Si el caso sospechoso de COVID-19, no se encuentra en grupo de riesgo y no tiene síntomas/signos de gravedad, se recomienda solicitar servicios médicos a través del 1-7-1 o 9-1-1; cuarentena o Aislamiento Preventivo Obligatorio (APO) por 14 días en una vivienda con ambiente bien ventilado, con tratamiento sintomático; y, evitar Antiinflamatorios no esteroideos (AINES).

Caso Probable

Un caso sospechoso a quien realizaron pruebas para SARS CoV-2/COVID-19 y no es concluyente el resultado

de la prueba informada por laboratorio o para quienes las pruebas fueron positivas en un ensayo de coronavirus genérico o para la región común de coronavirus de alto impacto.

Caso Confirmado

Caso sospechoso con confirmación de laboratorio de coronavirus SARS CoV-2/COVID19, independientemente de los signos y síntomas clínicos.

Ante los casos confirmados de COVID-19 que no se encuentran en grupo de riesgo y no tienen síntomas de gravedad, se recomienda APO por 14 días en una vivienda con ambiente bien ventilado, con tratamiento sintomático y evitar AINES.

En cambio, en los casos confirmados de COVID-19, que no se encuentran en grupo de riesgo, pero tienen síntomas de gravedad, se recomienda una evaluación médica inmediata en hospitales de segundo o tercer nivel, solicitándola a través del 1-7-1 o 9-1-1.

Mientras que para los casos confirmados de COVID-19 que se encuentran en grupo de riesgo y no presentan síntomas de gravedad, se recomienda solicitar evaluación médica a través del 1-7-1 o 9-1-1; APO por 14 días en una vivienda con ambiente bien ventilado, con tratamiento sintomático; y, evitar AINES.

Finalmente, para los casos confirmados de COVID-19 que se encuentran



en grupo de riesgo y tienen síntomas de gravedad, se recomienda una evaluación médica inmediata en hospitales de segundo o tercer nivel, que la solicitarán a través del 1-7-1 o 9-1-1 (Ministerio de Salud Pública, 2020).

Por tales razones, la información digital médica es una fuente valiosa para la investigación, en la cual los datos de las personas sospechosas y positivas de COVID-19 no podrán modificarse y se tendrán registros más seguros, que permitan a las autoridades tomar mejores decisiones para enfrentar la pandemia en pro de la salud de la población (Pazaitis et al., 2017).

Acerca de esto en Ecuador, el

Código Integral Penal (COIP) en su artículo 500, expresa sobre materia digital “todo acto informático que representa hechos, o conceptos de la realidad, almacenados, procesados o transmitidos por cualquier medio tecnológico que se preste a tratamiento informático, incluidos los programas diseñados para un equipo tecnológico aislado, interconectados o relacionados entre sí”. Tomando como base estos manifiestos, se puede inferir que el uso del *Blockchain*, podría colaborar con la información de signos y síntomas predominantes y atípicos de los pacientes aislados o intra-domiciliados, positivos de COVID-19 y sospechosos.

METODOLOGÍA

Esta investigación se enfocó sobre *Blockchain* para la salud, con la finalidad de plantear bases teóricas que expliquen el uso y beneficios que contiene este sistema como herramienta técnica necesaria para mejorar el monitoreo de signos y síntomas predominantes y atípicos que se ofrece a los pacientes aislados o intra-domiciliados, positivos de COVID-19 y sospechosos.

La investigación descriptiva identifica las características esenciales del tema a estudiar, a su vez la investigación explicativa establece las causas, condicionan-

tes y determinantes que caracterizan el problema; de esta forma, la investigación bibliográfica —citas de diversos autores internacionales— procura abordar y señalar lo más relevante que se ha utilizado para la construcción del estado del arte del estudio (Ruiz-Coronel et al., 2020).

La investigación cuantitativa está sustentada en la información estadística que se obtiene de las instituciones de salud ecuatoriana, tales como, pacientes confirmados, fallecidos, recuperados, aislados en domicilio, en cerco epidemiológico y casos con sospecha.





Para finalizar, la investigación tecnológica contribuye a parametrizar un

esquema que propone mejorar el monitoreo y proporcionar una solución eficaz.

UBICACIÓN DEL ESTUDIO

El estudio está dirigido a pacientes aislados o intra-domiciliados, positivos de COVID-19 y sospechosos, para lo cual se precisa contar con “dispositivos móviles” con acceso a internet, que permitan monitorear de manera remota sus signos y síntomas predominantes y atípicos.

Las estadísticas de las afectaciones por COVID-19 en el Ecuador suministradas por el Comité de Operaciones de

Emergencia (COE) y registradas hasta el 31 de marzo de 2021, son: confirmados 328.755, recuperados 281.684, fallecidos 11.977. Los tratamientos que hasta el momento se ofrecen van de acuerdo a las posibilidades estructurales y económicas con que cuenta el país; además, según estudios mundiales se requiere inmediata acción para evitar un incremento de decesos.

RESULTADOS, CONCLUSIONES Y REPERCUSIONES

PROPUESTA PARA EL MONITOREO REMOTO DE LOS PACIENTES AISLADOS O INTRA-DOMICILIADOS, POSITIVOS DE COVID-19 Y SOSPECHOSOS EN EL ECUADOR

Este artículo presenta la alternativa de la utilización de la herramienta *Blockchain* para un monitoreo remoto a pacientes positivos de COVID-19 en aislamiento domiciliario con el fin de controlar y dar seguimiento sobre el tratamiento —simplificando de esta manera el diagnóstico que se ofrece al paciente—, y a su vez administrar la medicación o procedimientos para su trata-

miento por parte del personal de salud.

El proceso inicia cuando un paciente ha sido diagnosticado previo a la prueba Reacción en Cadena de la Polímera (PCR) como COVID-19 positivo, y con aquellos que de acuerdo a la literatura médica son considerados como sospechosos; donde la unidad médica a cargo de su seguimiento y tratamiento, determina que el paciente debe perma-





necer en aislamiento domiciliario durante 14 días y ser monitoreado diariamente por su equipo de profesionales médicos.

Para cumplir con este propósito, *Blockchain* ofrece soluciones viables como son: datos estadísticos actualizados, fiables, continuos, privados e intercambiables; trazabilidad y alertas en las

variaciones de signos y síntomas predominantes y atípicos, que se presentan fuera de los parámetros normales. La cadena de bloques proporcionará información a los interesados: Gobierno, pacientes, personal de las instituciones y entidades de salud e investigadores de esta temática (Nguyen et al., 2020).

BLOCKCHAIN: MONITOREO DE PACIENTES AISLADOS O INTRA-DOMICILIADOS, POSITIVOS DE COVID-19 Y SOSPECHOSOS EN EL ECUADOR

A continuación, se analiza el aporte del *Blockchain* en el monitoreo de esta población vulnerable a través de tres parámetros: datos estadísticos actualizados, fiables, continuos, privados e intercambiables; trazabilidad (alertas en las variaciones de signos); y, síntomas predominantes y atípicos.

1. Datos estadísticos actualizados, fiables, continuos, privados e intercambiables

El Centro de Operaciones de Emergencias (COE) publica diariamente información con datos oficiales de quienes se ha confirmado que tienen la enfermedad. Sin embargo, no se considera que existen muchos más casos sin

contabilizar, porque existen personas asintomáticas, con síntomas leves, y hay quienes no llegan a hacerse la prueba; por lo cual no se conoce el nivel real de contagio del COVID-19 en el Ecuador, generando confusión en la población o una falsa confianza en el desempeño de sus actividades.

La transmisión de la información del COVID-19 en el Ecuador inició el 13 de marzo de 2020. Las figuras 2 y 3 reflejan datos hasta el 31 de marzo (tiempo de observación de este estudio); en estas, al no contar con datos proporcionados por el Gobierno, las líneas se muestran entrecortadas. Pese a esta condición, se presenta el comportamiento estadístico de cada caso de las afectaciones por COVID-19.





Figura 2. Estadísticas mensuales de afectaciones. Casos positivos de COVID-19



Fuente: Elaboración propia a partir de datos tomados de las infografías que diariamente presenta el Ministerio de Salud Pública del Ecuador (Ecuador, 2021)



Figura 3. Estadísticas mensuales de afectaciones. Fallecidos por COVID-19



Fuente: Elaboración propia con base a datos reflejados en las infografías que diariamente presenta el Ministerio de Salud Pública del Ecuador (Ecuador, 2021).

2. Trazabilidad: alertas en las variaciones de signos y síntomas predominantes y atípicos

La trazabilidad contribuye a dar seguimiento de las condiciones de los pacientes aislados o intra-domiciliados, positivos de COVID-19 y sospechosos; a su vez permite que los médicos hagan uso de este seguimiento para su diagnóstico y tratamiento. Actualmente, el protocolo establecido por el Gobierno para control y monitoreo de signos y síntomas pre-

dominantes, es a través de información obtenida mediante las líneas telefónicas estatales (1-7-1 y 9-1-1) que son asistidas por médicos del Ministerio de Salud Pública; estas líneas únicamente reciben síntomas tales como, dificultad respiratoria, escalofrío, fiebre, malestar general, dolor de garganta, problemas gastrointestinales, pérdida de olfato y gusto; sin observar otros síntomas que la población está informando actualmente y que no se encuentran monitoreados, ni como infor-





mación estadística referencial de esta enfermedad; como son: sarpullido, *rash*, dolor retro-ocular, dolor articular, entre otros.

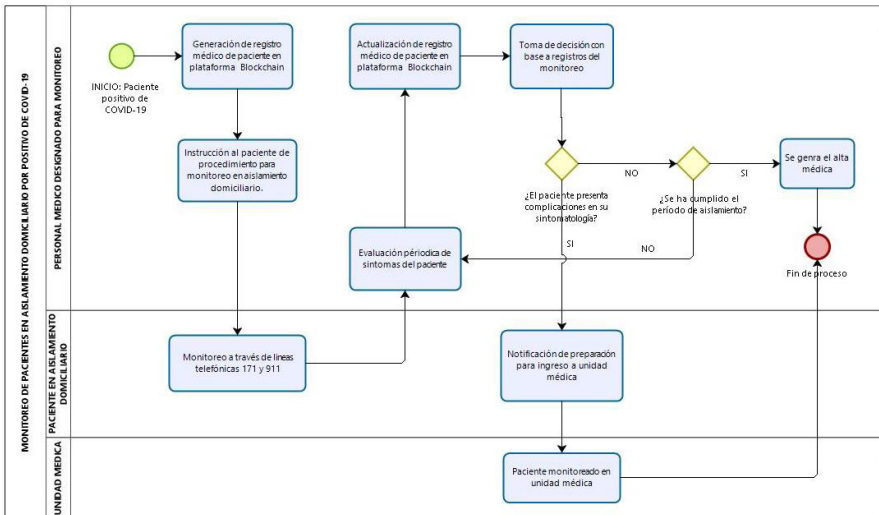
Datos que son obtenidos al momento de la llamada y que sirven para definir pautas terapéuticas y tratamiento, información que permite la atención en ese momento del paciente, sin considerar la prioridad ante la gravedad que presenten otros pacientes.

Actualmente la información ingresa a una base de datos centralizada, susceptible a ser modificada, donde los

datos están ocultos entre sí y su proceso de implementación es costoso.

Este artículo propone a *Blockchain* como una posible solución al monitoreo actual de pacientes aislados o intra-domiciliados, positivos de COVID-19 y sospechosos en el Ecuador; a través de una plataforma *Blockchain* estatal cuyos registros serán alimentados con información obtenida de los pacientes con este diagnóstico a través de las líneas telefónicas 1-7-1 y 9-1-1, como se explica en la figura 4.

Figura 4. Flujograma del proceso de monitoreo



Fuente: Elaboración propia





Tabla 2. Procedimiento para el monitoreo de pacientes en aislamiento domiciliario por positivo de COVID-19

Proveedor	Entrada	Descripción de actividades	Ejecutor	Salidas	Destinatario de bienes y servicios
Paciente positivo de COVID-19	Resultado de la PCR-Positiva de COVID-19	Ingresa a la historia clínica tradicional el resultado de la PCR Positiva de COVID-19.	Médico	Paciente atendido	Paciente atendido
	Historia clínica	Generación de registro médico de paciente en plataforma <i>Blockchain</i> . (con acceso desde tablet, computadoras y celulares)	Médico (Minero)	Paciente atendido	Paciente atendido
		Instrucción al paciente de procedimiento para monitoreo en aislamiento domiciliario, controlado mediante <i>Blockchain</i>	Médico (Minero)	Paciente atendido. Recetas e indicaciones	Paciente atendido
		Monitoreo remoto y registro de signos y síntomas comunes y atípicos obtenidos por parte del personal de salud del Ministerio de Salud Pública y del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social a través de las líneas telefónicas públicas 171 y 911 en la plataforma <i>Blockchain</i> (Minero)	Médico (Minero)	Paciente atendido. Recetas e indicaciones	Paciente atendido
		Seguimiento de la evolución de la enfermedad e ingreso de información actualizada al sistema médico en la cadena de bloques (Minero)	Médico (Minero)	Paciente atendido. Recetas e indicaciones	Paciente atendido
		Toma de decisiones mediante acciones transmitidas a través de la cadena <i>Blockchain</i> , en caso de manejo en domicilio se espera a que evolucione la enfermedad hasta la nueva prueba cuyo resultado determina la continuidad del tratamiento, observación o el alta del paciente (Minero)	Médico (Minero)	Paciente atendido. Recetas e indicaciones	Paciente atendido
		De acuerdo a la condición que presente el paciente se notifica a la unidad médica para su ingreso (Minero)	Médico (Minero)	Paciente atendido. Recetas e indicaciones	Paciente atendido. Unidad de emergencias
		Monitoreo del paciente en la unidad médica hasta su alta intrahospitalaria (Minero)	Médico (Minero)	Paciente atendido. Recetas e indicaciones	Paciente atendido. Unidad de emergencias

Fuente: Elaboración propia

Además, esta propuesta puede proporcionar soluciones factibles para el monitoreo de pacientes sujetos de estudio en dos ámbitos:

1. Datos estadísticos actualizados, fiables, continuos, privados e intercambiables

Respecto a los datos estadísticos, la propuesta *Blockchain* contribuye a que la información, almacenada en tiempo real, sea inmutable, validada y cifrada, garantizando su precisión; de esta manera, la información es más fiable y se evita la posibilidad de falsificación y mal uso.

Dentro de este contexto, el Gobierno y las instituciones de salud y riesgos pueden responder mejor a la pandemia, reducir el pánico de la población, determinar las áreas de potencial contagio, dar seguimiento, controlar el cerco epidemiológico; e incluso los grupos económicos empresariales tomarían en cuenta estadísticas fiables para proponer la reactivación de negocios a nivel general sin exponer a la población.

2. Trazabilidad: alertas en las variaciones de signos y síntomas predominantes y atípicos

Blockchain puede dar solución a las limitaciones observadas en la trazabilidad de los pacientes y las desviaciones que estas producen en el diagnóstico, como también dar prioridad en la atención gracias al registro confiable e inmutable en tiempo real de signos y síntomas predominantes y atípicos como son sarpullido, *rash*, dolor retro-ocular, dolor articular, entre otros, como los

que actualmente la población informa y que requieren llevar una estadística, sin considerar como base únicamente la literatura existente para un diagnóstico y tratamiento.

Con esta propuesta el *Blockchain* permite un monitoreo en tiempo real, pormenorizado, gracias a su capacidad de almacenamiento en bloques y su interrelación, construyendo de esta manera un sistema controlado y continuo que involucra información nueva y no registrada por el sistema actual.

La cadena de bloques puede comparar la información almacenada con referencias médicas, a fin de clasificar las variables y compilar los casos para emitir al personal médico alertas inmediatas y confiables de pacientes que presentan agravamiento en sus condiciones de salud, para priorizar su atención en la unidad médica del distrito al que corresponda, según su ubicación geográfica.

Los beneficios que puede presentar el *Blockchain* permitirían un continuo control de la salud, considerando que esta enfermedad muestra signos y síntomas silenciosos o atribuibles a otras enfermedades y que un diagnóstico temprano proporcionaría la prevención y atención necesarias para evitar consecuencias mortales.

La figura 5 presenta el mapa de procesos que integra el *Blockchain* para el monitoreo de los pacientes aislados

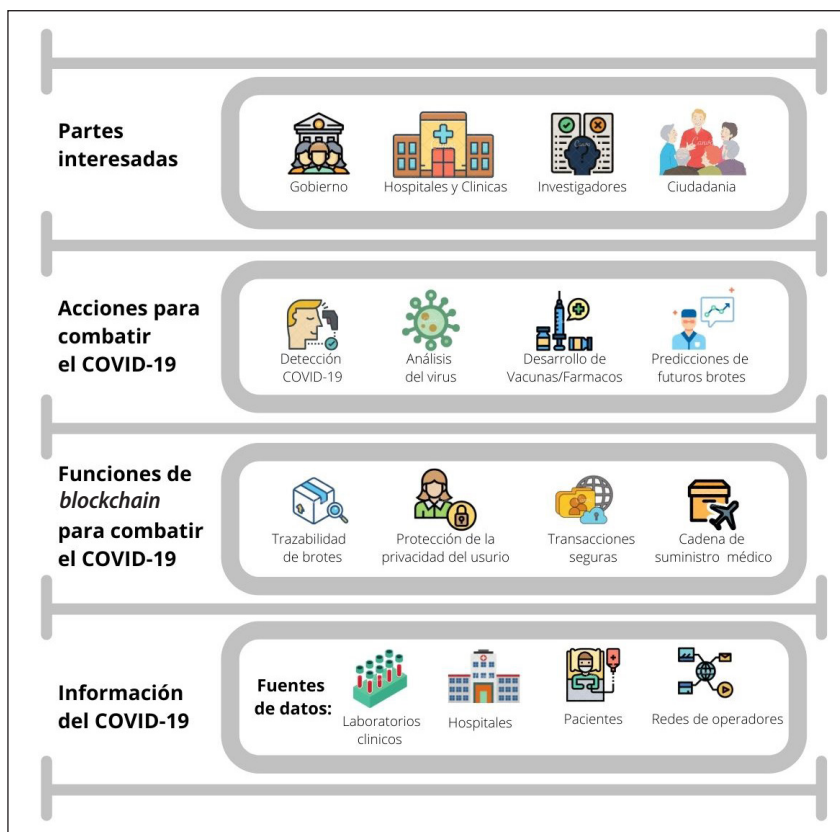


o intra-domiciliados, positivos de COVID-19 y sospechosos.

En el proceso de monitorización están involucrados el paciente y la unidad médica con su personal de salud

que evaluará los registros y alarmas proporcionados por *Blockchain* que, a su vez, le permitirán una apropiada toma de decisiones.

Figura 5. Mapa de procesos de lucha contra el COVID-19



Fuente: Elaboración propia





CONCLUSIONES

La investigación configura una propuesta basada en *Blockchain*, que a través de un sistema de monitoreo remoto para los pacientes aislados o intra-domiciliados, positivos de COVID-19 y sospechosos, recomienda un esquema que suministra el rastreo apropiado para este grupo vulnerable, en sustitución al sistema actual que funciona a través de una base de datos de estadística médica centralizada, información que se obtiene a través de los números telefónicos de salud y emergencia 1-7-1 y 9-1-1 respectivamente.

Este esquema de cadena de bloques, señala que el proceso de recolección de datos sobre este tipo de afectados a más de proteger su privacidad, admite un monitoreo frecuente, comprueba y permite tomar decisiones más rápidas sobre el comportamiento cíclico de la enfermedad, ubicación real de los pacientes, de esta forma se puede enfrentar el COVID-19, predecir un diagnóstico con tratamientos fiables y oportunos; así como, llegar con pautas terapéuticas adecuadas y distribución-asignación logística de recursos médicos.

La investigación marca un punto de partida para que las autoridades quienes manejan las instituciones de salud, los intermediarios y pacientes, tengan un recurso eficiente, al que se puede recurrir sin duda alguna, además que sirva para ampliar y fortalecer innovadoras investigaciones enfocadas a la administración de la salud, sistema de monitoreo, desarrollo de nuevas alternativas de atención y manejo.

Este estudio deja nuevas alternativas de investigación no consideradas que podrían aportar al ámbito de la salud con la participación del *Blockchain* y de la academia; como son, el uso de *Blockchain* con el internet de las cosas para un monitoreo de pacientes, logística y distribución de insumos y materiales. Este modelo no solo puede ser aplicado para pacientes afectados por esta pandemia, sino incluso para aquellos con enfermedades crónicas y en caso de adultos mayores para aquellos con síndromes geriátricos o grandes sindrómicos, que por sus condiciones de salud limitan un desplazamiento a la unidad de salud.



REFERENCIAS

- Agbo, C., Mahmoud, Q., & Eklund, J. (2019). Blockchain Technology in Healthcare: A Systematic Review. *Healthcare*, 7(2), 56. <https://doi.org/10.3390/healthcare7020056>
- Ammbr, T., Token, P., Has, S., & Cancelled, B. (2017). *Whitepaper 21*. 1–42.
- Bocek, T., Rodrigues, B. B., Strasser, T., & Stiller, B. (2017). Blockchains everywhere - A use-case of blockchains in the pharma supply-chain. *Proceedings of the IM 2017 - 2017 IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network and Service Management*, 772–777. <https://doi.org/10.23919/INM.2017.7987376>
- Chen, J., Ma, X., Du, M., & Wang, Z. (2018). A Blockchain Application for Medical Information Sharing. *TEMS-ISIE 2018 - 1st Annual International Symposium on Innovation and Entrepreneurship of the IEEE Technology and Engineering Management Society*. <https://doi.org/10.1109/TEMS-ISIE.2018.8478645>
- Constitución Nacional del Ecuador. (2008). Constitución del Ecuador. *Registro Oficial, 20 de Octubre*, 173. <https://www.wipo.int/edocs/lex-docs/laws/es/ec/ec030es.pdf>
- De Andrade, Milton, J. (2019). A SEGURANÇA DIGITAL NA PERÍCIA MÉDICA: A TECNOLOGIA BLOC-KCHAIN APLICADA AO SISTEMA DE SAÚDE. *Duke Law Journal*, 1(1), 1–13. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- De Souza, A. (n.d.). *Teoría y Aplicación de la Informática II "Blockchain en el área de Salud"*.
- Dwivedi, A. D., Srivastava, G., Dhar, S., & Singh, R. (2019). A decentralized privacy-preserving healthcare blockchain for IoT. *Sensors (Switzerland)*, 19(2), 1–17. <https://doi.org/10.3390/s19020326>
- Ecuador, M. de S. P. (2021). *SITUACIÓN NACIONAL POR COVID-19 IN-FOGRAFÍA N°398*. <https://www.gestionderiesgos.gov.ec/informes-de-situacion-covid-19-desde-el-13-de-marzo-del-2020/>
- Enescu, F. M., Bizon, N., Cirstea, A., & Stirbu, C. (2019). Blockchain Technology Applied in Health the Study of Blockchain Application in the Health System (I). *Proceedings of the 10th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence, ECAI 2018, 1*, 2018–2021. <https://doi.org/10.1109/ECAI.2018.8678952>
- Fabiano, N. (2018). Internet of things and blockchain: legal issues and privacy. The challenge for a pri-



- vacy standard. *Proceedings - 2017 IEEE International Conference on Internet of Things, IEEE Green Computing and Communications, IEEE Cyber, Physical and Social Computing, IEEE Smart Data, IThings-GreenCom-CPSCoM-Smart-Data 2017, 2018-Janua*, 727–734. <https://doi.org/10.1109/iThings-GreenCom-CPSCoM-Smart-Data.2017.112>
- Farouk, A., Alahmadi, A., Ghose, S., & Mashatan, A. (2020). Blockchain platform for industrial healthcare: Vision and future opportunities. *Computer Communications*, 154 (December 2019), 223–235. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2020.02.058>
- Hang, L., Choi, E., & Kim, D. H. (2019). A novel EMR integrity management based on a medical blockchain platform in hospital. *Electronics (Switzerland)*, 8(4). <https://doi.org/10.3390/electronics8040467>
- Hasselgren, A., Kravetska, K., Gligoroski, D., Pedersen, S. A., & Faxvaag, A. (2020). Blockchain in healthcare and health sciences—A scoping review. *International Journal of Medical Informatics*. [file:///C:/Users/Sylvi/OneDrive/Documents/Mendeley_paper/Blokchain Para Salud/Sok of Used Cryptography in Blockchain.Pdf](file:///C:/Users/Sylvi/OneDrive/Documents/Mendeley_paper/Blokchain%20Para%20Salud/Sok%20of%20Used%20Cryptography%20in%20Blockchain.Pdf), 134(November 2019), 104040. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2019.104040>
- Hussein, A. F., ALZubaidi, A. K., Habash, Q. A., & Jaber, M. M. (2019). An adaptive biomedical data managing scheme based on the blockchain technique. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(12). <https://doi.org/10.3390/app9122494>
- Ji, Y., Zhang, J., Ma, J., Yang, C., & Yao, X. (2018). BMPLS: Blockchain-Based Multi-level Privacy-Preserving Location Sharing Scheme for Telecare Medical Information Systems. *Journal of Medical Systems*, 42(8). <https://doi.org/10.1007/s10916-018-0998-2>
- Junqueira, R., Silva, G. A., & Carvalho, S. T. De. (2019). *Baseada em Blockchain Concess ~ ao de Permiss ~ ao a Dados de Sa ude*. 263–274.
- Khezzr, S., Moniruzzaman, M., Yassine, A., & Benlamri, R. (2019). Blockchain technology in healthcare: A comprehensive review and directions for future research. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(9), 1–28. <https://doi.org/10.3390/app9091736>
- MediLedger. (2020). *MediLedger - Blockchain solutions for Pharma companies*. <https://www.mediledger.com/>
- MedRec. (2020). *MedRec*. <https://medrec.media.mit.edu/technical/>



- Mellizo Gomez, D., & Minú Dussán, J. (2020). Modelo basado en Blockchain para la implementación de una historia clínica electrónica familiar. *Revista de Investigación En Tecnologías de La Información*, 8(16), 10–22. <https://doi.org/10.36825/riti.08.16.002>
- Ministerio de Salud Pública. (2020). *Lineamientos para el servicio de atención pre-hospitalaria por posible evento de salud pública de importancia internacional-ESPII SARS CoV-2/ COVID-19*. 19–22.
- Nguyen, D. C., Ding, M., Pathirana, P. N., & Seneviratne, A. (2020). *Blockchain and AI-based Solutions to Combat Coronavirus (COVID-19) -like Epidemics: A Survey*. April, 1–15. <https://doi.org/10.36227/techrxiv.12121962>
- Pazaitis, A., De Filippi, P., & Kostakis, V. (2017). Blockchain and value systems in the sharing economy: The illustrative case of Backfeed. *Technological Forecasting and Social Change*, 125(May), 105–115. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.05.025>
- Ruiz-Coronel, A., Andrade, J. L. J., & Carrillo-Calvet, H. (2020). Análisis científico de la producción científica del Instituto Nacional de Cancerología. *Gaceta Médica de México*, 156(1), 4–10. <https://doi.org/10.24875/GMM.19005103>
- Sanmartín Mendoza, P., Ávila Hernández, K., Vilora Núñez, C., & Jabba Molinares, D. (2016). Internet de las cosas y la salud centrada en el hogar Internet of Things and Home-Centered Health. *Barranquilla (Col.)*, 32(2), 337–351.
- Sarkis, J., Cohen, M. J., Dewick, P., & Schröder, P. (2020). A brave new world: Lessons from the COVID-19 pandemic for transitioning to sustainable supply and production. *Resources, Conservation and Recycling*, 159(April), 104894. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104894>
- Shuaib, K., Saleous, H., Shuaib, K., & Zaki, N. (2019). Blockchains for secure digitized medicine. *Journal of Personalized Medicine*, 9(3), 1–21. <https://doi.org/10.3390/jpm9030035>
- Siyal, A. A., Junejo, A. Z., Zawish, M., Ahmed, K., Khalil, A., & Soursou, G. (2019). Applications of Blockchain Technology in Medicine and Healthcare: Challenges and Future Perspectives. *Cryptography*, 3(1), 3. <https://doi.org/10.3390/cryptography3010003>
- Tapscott Don, T. A. (2019). *La revolución Blockchain* (E. Deusto (ed.); Cuarta). Planeta.
- Trejo González, R., Ramiro Mendoza,





M. S., & Hernández Orozco, H. G. (2020). ¿Cuáles son las medidas de prevención contra el Novel Coronavirus (COVID-19)? *Revista Latinoamericana de Infectología Pediátrica*, 33(1), 4–6. <https://doi.org/10.35366/92380>

Yahari, B. (2017). Blockchain y sus aplicaciones. *Universidad Católica Nuestra Señora de La Asunción*, 1, 1–19. <https://bit.ly/2rc0iZ9>