

Procesado de imágenes para el diagnóstico de la COVID-19

Image processing for the diagnosis of COVID-19

Wilmar Hernandez^{1*} <https://orcid.org/0000-0003-4643-8377>

Alfredo Mendez² <https://orcid.org/0000-0002-9732-2131>

Urbano Solis Cartas³ <https://orcid.org/0000-0003-0350-6333>

Jorge Luis Valdés González⁴ <https://orcid.org/0000-0002-2661-8517>

¹PhD. en Ingeniería Electrónica. Universidad de las Américas, Ecuador.

²PhD. en Matemática. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.

³Especialista en Reumatología. Universidad Nacional de Chimborazo. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Chimborazo, Ecuador.

⁴Especialista en Dermatología. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.

*Autor para la correspondencia: umsmwork74@gmail.com

RESUMEN

Introducción: El diagnóstico positivo de COVID-19 en pacientes paucisintomáticos constituye una prioridad para minimizar la propagación de la enfermedad. La no existencia de manifestaciones respiratorias dificulta el diagnóstico y facilita la propagación. Ante esta situación es necesario adoptar soluciones técnicas que permitan el diagnóstico en este tipo de pacientes.

Objetivo: Describir el software de procesamiento de imágenes reumatológicas y dermatológicas en el diagnóstico de pacientes paucisintomáticos con COVID-19.

Métodos: Se diseñó y elaboró un software basado en un algoritmo para el diagnóstico de COVID-19 en pacientes paucisintomáticos. El procedimiento constó de tres etapas; la primera de ellas se relacionó con el procesamiento de imágenes y todos sus elementos relacionados; la segunda etapa se orientó hacia la identificación de preguntas a modo de anamnesis médica.

La tercera etapa se centró en la identificación y análisis de resultados de exámenes de laboratorio y la definición de las recomendaciones finales en base al resultado final.

Resultados: Se diseñó un software basado en un algoritmo que incluye tres etapas y se basa en porcentajes de coincidencia, orientando al usuario en la conducta a seguir en dependencia del porcentaje de coincidencia. Inicia con la captura de una imagen y se siguen aspectos clínicos, epidemiológicos y de laboratorio de la COVID-19.

Conclusiones: El algoritmo de aproximación diagnóstica de la COVID-19 tiene facilidades de uso, bajo costo de utilización y comodidades para su implementación, convirtiéndolo en una herramienta tecnológica al servicio de la salud humana para frenar la propagación de la COVID-19.

Palabras clave: COVID-19; imagen dermatológica; imagen reumatológica; paucisintomáticos; software diagnóstico.

ABSTRACT

Introduction: The positive diagnosis of COVID-19 in paucisymptomatic patients is a priority to minimize the spread of the disease. The absence of respiratory manifestations makes diagnosis difficult and facilitates the spread. Given this situation, it is necessary to adopt technical solutions that allow diagnosis in this type of patient.

Objective: Describe rheumatological and dermatological image processing software in the diagnosis of paucisymptomatic patients with COVID-19.

Methods: A software based on the algorithm for the diagnostic approach of COVID-19 in paucisymptomatic patients was designed and developed. The procedure consisted of three stages; the first one was related to image processing and all its related elements; the second stage was oriented towards the identification of questions as a medical anamnesis. The third stage focused on the identification and analysis of laboratory test results and the definition of final recommendations based on the final result.

Results: A software was designed based on an algorithm that includes three stages and is based on coincidence percentages, guiding the user in the behavior to follow depending on the coincidence percentage. It begins with the capture of an image and is followed by clinical, epidemiological and laboratory aspects of COVID-19.

Conclusions: The algorithm for the diagnostic approach to COVID-19 is easy to use, low cost of use, and easy to implement, making it a technological tool at the service of human health to stop the spread of COVID-19.

Keywords: COVID-19; dermatological image; rheumatologic imaging; paucisymptomatic; diagnostic software.

Recibido: 05/12/2022

Aceptado: 19/03/2023

Introducción

Durante los últimos tres años el contexto epidemiológico mundial ha estado dominado por la presencia de la COVID-19. Durante los años 2020 y 2021 los esfuerzos estuvieron orientados al conocimiento de las manifestaciones clínicas y complicaciones enfermedad; la identificación de esquemas terapéuticos adecuados y la vacunación de la población.

Si bien es cierto que las acciones antes mencionadas han logrado mitigar los efectos de la COVID-19, existe un riesgo latente de nuevos brotes de la enfermedad. En Ecuador, después de un periodo inicial crítico, se logró realizar una campaña masiva de vacunación que mejoró la situación epidemiológica; a tal punto que se retiraron todas las medidas preventivas que se había utilizado; incluyendo el uso de la mascarilla facial.⁽¹⁾

A pesar de esto se ha mantenido la morbimortalidad por COVID-19; hace alrededor de dos meses se ha presentado una reagudización de la enfermedad, con aumento del número de casos confirmados.

El principal problema de la COVID-19 está dado por la imposibilidad de frenar su contagio; situación que se da por características propias de la enfermedad, dentro de las que se incluyen el elevado número de pacientes asintomáticos y paucisintomáticos. En los casos asintomáticos es casi imposible confirmar la COVID-19. Los pacientes paucisintomáticos son casos de COVID-19, que no presentan manifestaciones respiratorias, pero si presentan otro tipo de afectación que puede despertar la sospecha clínica; mientras no sepan o sospechen

que tiene la enfermedad seguirán en contacto con personas sanas y propiciarán la propagación de la enfermedad.⁽²⁾

En este grupo es donde se centra la necesidad de implementar acciones que permitan identificarlos para interrumpir la cadena de contagio. Se reporta que las manifestaciones reumáticas y dermatológicas se presentan en el 60,38% y 45,28% de estos casos respectivamente; por lo que pudieran ser una ventana de sospecha de la COVID-19 en base a los patrones identificados.⁽³⁾

En este sentido se decidió utilizar las imágenes dermatológicas y reumáticas para diseñar un algoritmo que posibilite el acercamiento al diagnóstico definitivo de la COVID-19. El software diseñado se compone de tres etapas: un componente inicial basado en imágenes de manifestaciones reumáticas y dermatológicas; un segundo componente que incluye preguntas a modo de interrogatorio y como último componente el análisis de los resultados de exámenes de laboratorio y orientaciones finales.

Es por eso que, teniendo en cuenta la amenaza para la salud que significa la COVID-19; la necesidad de diagnosticar oportunamente los casos paucisintomáticos y la utilidad que representa el software diagnóstico creado; se decidió realizar esta investigación con el objetivo de describir un software de procesamiento de imágenes reumatológicas y dermatológicas para el diagnóstico de pacientes paucisintomáticos con COVID-19.

Métodos

El software diseñado se centra en un algoritmo definido previamente basado en la importancia que revisten las manifestaciones reumáticas y dermatológicas como parte del cortejo sintomático de la COVID-19; especialmente en los pacientes paucisintomáticos.

El trabajo realizado se dividió en dos equipos; un equipo se encargó del diseño general del software y participó en la preparación de todos los elementos y la realización del procesamiento de imágenes. El segundo equipo de trabajo se orientó hacia la toma de imágenes de manifestaciones dermatológicas y reumáticas de pacientes con COVID-19 y de definir los elementos a tener en cuenta en los componentes dos y tres del software.

Etapas 1. Procesado de imágenes dermatológicas y reumáticas

Esta fue la etapa determinante de toda la creación del algoritmo diagnóstico; constituyó el grueso del trabajo de diseño e identificación de imágenes y parte fundamental del éxito del algoritmo. Se centró en el reconocimiento de patrones en las imágenes digitales. Para esto se procedió a capturar imágenes de manifestaciones reumáticas y dermatológica en pacientes con COVID-19; se llegó a confeccionar un banco de imágenes con más de 200 imágenes con patrones de afectación reumática y dermatológica y cerca de 50 fotos de pacientes sin alteraciones; posteriormente se procedió a realizar el análisis de las imágenes y su clasificación en dependencia del tipo de patrón de afectación.

Las posibilidades de las imágenes que se presentaron en este trabajo fueron muy variables y no tenían una clara disposición en formas o repeticiones; lo que está determinado por la variedad clínica de la enfermedad y de las características de cada paciente; un mismo patrón se puede presentar de forma diferente en los pacientes; sin dejar de ser un patrón específico de afectación dermatológica o reumática.

Las imágenes digitales son una mezcla de texturas que definen zonas homogéneas de gran tamaño y pequeñas zonas de bordes y fronteras entre ellas. Los elementos que forman estas imágenes pueden formar configuraciones que dependan de la escala de representación de cada imagen. Algunas estructuras se identifican a pequeña escala, porque tienen poco contraste entre sí, mientras que otras configuraciones son apreciables a escalas mayores.

El procesado de la imagen comenzó con la extracción de un vector con la información contenida en una imagen; para esto se fragmentó la imagen en pequeñas zonas que, tras ser procesadas, permitieron extraer estadísticos clásicos y robustos. Por tanto, cada imagen quedó caracterizada por un vector de grandes dimensiones.

Una vez hecho esto, se analizaron las diferencias entre los vectores de características a través del análisis de componentes principales, con lo que se aplicó una distancia basada en los coeficientes de correlación entre los vectores de características. La razón de utilizar el análisis de componentes principales es la representación de las medidas numéricas de varias variables en un espacio de pocas dimensiones; donde se puedan percibir relaciones que, de otra manera, permanecerían ocultas en dimensiones superiores.

En esta etapa se realizó la compresión de imágenes utilizando componentes principales periódicas. Los procedimientos que se realizaron para poder lograr el procesado de imágenes se resumen a continuación:

1.- A partir de imágenes RGB se realiza la conversión de estas a YUV, modelo en el cual se definen un componente de luminancia y dos de crominancia. De esta forma, cada una de las imágenes bajo estudio se descompuso en tres matrices. Estas matrices tenían la misma dimensión y también fueron divididas en submatrices no solapadas de dimensión 8x8. Con esto, se obtuvieron bloques que cada uno formó un vector de dimensión 64, y que fueron agrupados en una matriz de bloques. Con esto, observar que para cada imagen tendremos tres matrices de bloques.

2.- Una vez obtenidas tres matrices de bloques para cada imagen, le fue aplicado el método de los componentes principales con periodicidad a cada una de estas matrices.

3.- Para decidir el número de componentes principales con los cuales trabajar, se analizó en crecimiento de la variabilidad explicada y con esta información se impuso un umbral del 90 %. Por lo que, con este número también quedó fijada la tasa de compresión.

Todo lo descrito anteriormente permitió reducir las dimensiones de las imágenes dejando sólo las componentes principales de estas, para su correcta caracterización.

Por la complejidad del proceso realizado fue necesario utilizar la plataforma Matlab para Windows con la finalidad de facilitar el procesado y comparación de las imágenes digitales. Matlab es un sistema de cómputo numérico que ofrece un entorno de desarrollo integrado con un lenguaje de programación propio que permite adecuarse a distintas situaciones.⁽⁴⁾

Etapa 2. Elementos de anamnesis médica

Esta etapa se orientó hacia la identificación de preguntas que pudieran tener una relación directa con la presencia de COVID-19 y que pudieran ser utilizadas en el algoritmo diagnóstico. Las preguntas estuvieron relacionadas con la identificación de otras características clínicas y epidemiológicas que, en ausencia de manifestaciones respiratorias, pudieran orientar al diagnóstico de la enfermedad.

Inicialmente se formularon un total de 27 preguntas, las que fueron sometidas al análisis de un equipo de 9 expertos médicos en medicina interna, infectología, reumatología, dermatología, epidemiología, medicina general, medicina familiar, geriatría y pediatría. Después de varias rondas de revisión se seleccionaron 9 preguntas de opción de respuesta dicotómica que permiten obtener que el algoritmo identifique un acercamiento o alejamiento al diagnóstico de COVID-19 en base a las respuestas suministradas.

Etapa 3. Análisis de resultados de exámenes complementarios y orientaciones finales

Esta tercera etapa estuvo determinada a identificar dos elementos fundamentales; el primero de ellos orientado al análisis de los resultados de determinados estudios de laboratorio y el segundo relacionado con orientaciones basadas en el resultado final de las tres fases del algoritmo.

El mismo equipo de expertos que trabajó en la etapa 2 se encargó de definir los exámenes complementarios a utilizar, sus resultados, la evaluación de los mismos y las posibles orientaciones en cada uno de los tres contextos finales del algoritmo.

Una vez que se terminó el trabajo de cada una de las etapas, de forma independiente, se procedió a conformar el software basado en el algoritmo diagnóstico. Se unificó toda la información y se definieron los porcentajes de confianza, aceptación y rechazo de cada etapa.

Resultados

El resultado de esta investigación fue el diseño del algoritmo de aproximación diagnóstica de COVID-19 en pacientes paucisintomáticos (figura 1).

Este algoritmo comienza con la captura y envío de una foto de la lesión dermatológica o reumática que detecte el paciente o identifique el personal de salud que está valorando al paciente. La captura de la foto se puede realizar con una cámara o con un móvil u otro equipo electrónico que pueda capturar fotos. El envío se hace directamente al servidor donde se encuentra alojado el software.

Una vez que se realiza el envío el programa compara la imagen enviada con los elementos y vectores determinados como parte del procesamiento y análisis robusto de las imágenes. Después de realizada la comparación el programa determina un porcentaje de acercamiento de la imagen enviada con los patrones de COVID-19 previamente identificados; en este sentido se puede determinar dos posibles situaciones.

La primera de ellas es que se identifique un porcentaje de coincidencia inferior al 60%; en este caso se expone orientaciones generales para la prevención del contagio de la enfermedad. La segunda situación es que exista un porcentaje de coincidencia igual o superior al 60% con los que se presume que la afectación reumática o dermatológica capturada en forma de imagen

puede ser una manifestación de COVID-19. En estos casos el programa direcciona al usuario hacia la segunda etapa, la de anamnesis médica.

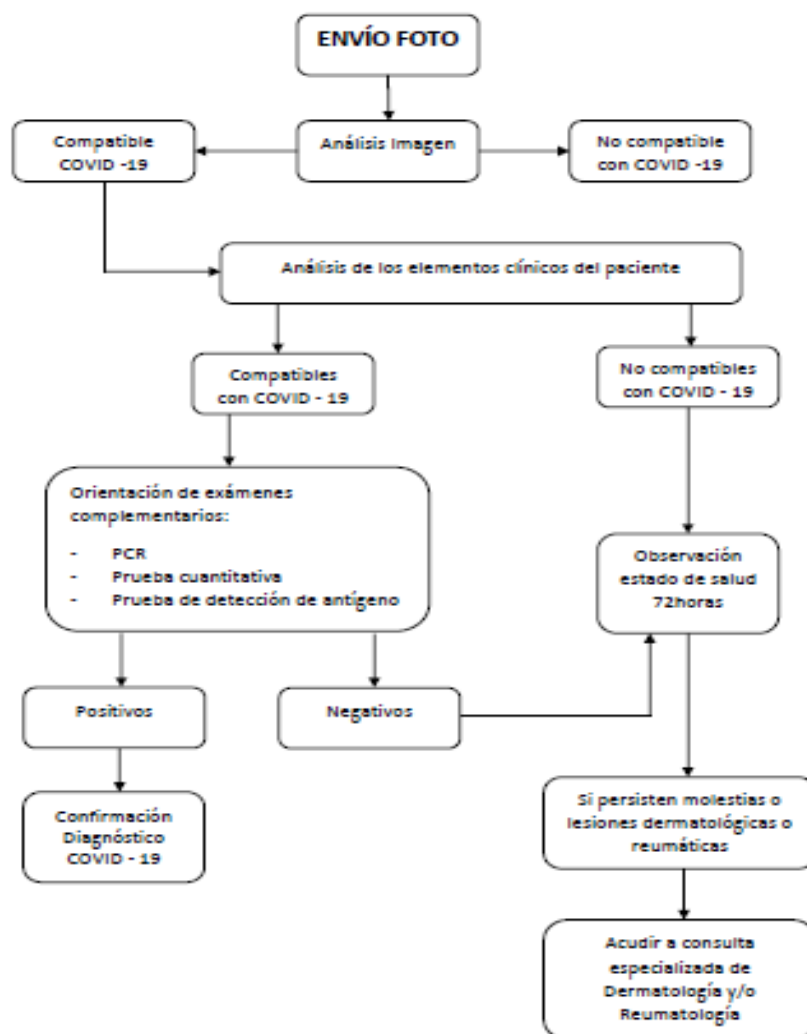


Fig. 1 Algoritmo de aproximación diagnóstica de COVID-19 en pacientes paucisintomáticos

La segunda etapa se centra en 9 preguntas sobre elementos clínicos y epidemiológicos de la COVID-19. Existen muchas combinaciones posibles; las cuales el software evalúa y establece nuevos porcentajes de coincidencia; en este momento porcentajes inferiores al 60% orientan al paciente hacia la observación por 72 horas y de persistir la manifestación se sugiere la asistencia a una consulta especializada de Dermatología o Reumatología, en dependencia del caso. Si existe un porcentaje de coincidencia igual o superior al 60% se sugiere realizar exámenes complementarios, dando inicio a la tercera etapa del algoritmo.

La tercera etapa se encarga de interpretar resultados de exámenes complementarios y emite un nuevo porcentaje de coincidencia; si este es superior al 60 % se comunica que existe la posibilidad real de COVID-19 orientándose asistir a consulta médica especializada. Si el porcentaje es inferior al 60 % se orienta la observación por al menos 72 horas.

Discusión

El software que se describe no tiene comparación con otros antecedentes en torno a la COVID-19; es importante recordar que, si existen antecedentes de comparación de imágenes para realizar el acercamiento diagnóstico, especialmente con imágenes de Tomografía Axial Computarizada;⁽⁵⁾ pero este proceso necesita el acceso al equipo y los costos son muy superiores.

El software que se presenta parte de la toma de una imagen con cualquier dispositivo móvil; lo cual es común en toda la población, incluso la de escasos recursos económicos. Además, disminuye la congestión de los servicios de salud y puede ser considerado como un filtro a casos verdaderamente negativos que acuden a los hospitales y centros de salud congestionándolos y demorando la atención de salud de las personas verdaderamente enfermas y necesitadas. Por último, señalar que abre la posibilidad al control del contagio de la enfermedad al identificar un grupo poblacional responsable en gran medida, de forma involuntaria, de la transmisión de la COVID-19.

Conclusiones

El algoritmo de aproximación diagnóstico a la COVID-19 en pacientes paucisintomáticos ofrece ventajas sustanciales en torno al diagnóstico de la enfermedad. Las facilidades de uso, bajo costo de utilización y comodidades para su implementación constituyen sus principales ventajas, convirtiéndolo en una herramienta tecnológica al servicio de la salud humana para frenar la propagación de la COVID-19.

Agradecimientos

El presente trabajo honra la memoria del colega Alfredo Méndez de la Universidad Politécnica de Madrid, España; quien después de colaborar en el borrador inicial falleció en septiembre de 2022. Esta investigación fue financiada en parte por la Universidad de Las Américas (UDLA), Quito, Ecuador, bajo el Proyecto de Investigación IEA.WHP.21.01, y en parte por la Corporación Ecuatoriana para el Desarrollo de la Investigación y la Academia (CEDIA), Ecuador, en el marco del Proyecto de Investigación CEPRA XVI-2022-02-IMAGENES COVID.

Referencias Bibliográficas

1. Rojas Pérez L, Cruz Basantes B, Rojas Cruz L, Rojas Cruz A, Rojas Cruz A, & Villagómez Vega, M. Análisis del comportamiento epidemiológico del COVID-19 y el efecto de la vacunación sobre el mismo en Ecuador. La Ciencia al Servicio de la Salud. [Internet] 2022 [citado 09/12/2022];12(SISANH):43-58. Disponible en: <http://revistas.esPOCH.edu.ec/index.php/cssn/article/view/648>
2. Solís Cartas U, Martínez Larrarte JP. Therapeutic options to cytokine release syndrome in patients with COVID-19. Rev Cub Med Mil. [Internet] 2020 [citado 12/12/2022];49(3):e783. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0138-65572020000300022&lng=es
3. Solís Cartas U, Valdés González J, Hernández Perdomo W, Garófalo Espinel A, Rodríguez Moldón Y, Gafas González C. Rol de las manifestaciones reumáticas y dermatológicas en el diagnóstico de COVID-19 en pacientes paucisintomáticos. Talentos. [Internet] 2020 [citado 11/12/2022];7(2):74-83. Disponible en: <https://talentos.ueb.edu.ec/index.php/talentos/article/view/217>
4. Taipei C. Aplicación del software MATLAB en el aprendizaje de la cinemática lineal de una partícula en estudiantes universitarios de ingeniería. Revista Inova Educación. [Internet] 2019 [citado 11/12/2022];1(3):281-7. Disponible en: <https://www.revistainovaeducacion.com/index.php/rie/article/view/37>
5. Collado-Chagoya R, Hernández-Chavero H, Navarro A.O, Castillo-Castillo D, Quiroz-Meléndez J.G, González-Veyrand E, Luis B.L. Hallazgos tomográficos entre sobrevivientes y no-

sobrevivientes con COVID-19 y utilidad clínica de una puntuación de tomografía torácica. Radiología. [Internet] 2022 [citado 10/12/2022];64(1):11-6. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0033833821001752>

Conflicto de interés

Los autores no refieren conflicto de interés.

Contribución de los autores

Conceptualización: Wilmar Hernandez, Alfredo Mendez, Urbano Solis Cartas, Jorge Luis Valdés González

Curación de datos: Alfredo Mendez

Análisis formal: Wilmar Hernandez

Investigación: Urbano Solis Cartas

Metodología: Wilmar Hernandez, Alfredo Mendez, Urbano Solis Cartas, Jorge Luis Valdés González

Administración del proyecto: Wilmar Hernandez

Recursos: Wilmar Hernandez

Supervisión: Wilmar Hernandez

Validación: Alfredo Mendez

Visualización: Urbano Solis Cartas

Redacción – borrador original: Urbano Solis Cartas

Redacción – revisión y edición: Wilmar Hernández; Urbano Solis Cartas