

Caracterización por microscopía electrónica de barrido de mascarillas de protección respiratoria utilizadas por la población costarricense en la época de la pandemia COVID-19.

Scanning electron microscopy characterization of respiratory masks used by Costa Rican population during pandemic COVID-19

Melissa Moya Granados¹, Idalia Valerio Campos².

¹ Maestría en Gerencia de la Salud Laboratorio de Investigación Básica, Universidad de Ciencias Médicas, San José, Costa Rica.

² Especialidad en parasitología, Facultad de Microbiología y Laboratorio de Investigación Básica, Universidad de Ciencias Médicas, San José, Costa Rica.

✉ Contacto de correspondencia: moyagm@ucimed.com

RESUMEN

Dada la pandemia COVID-19 y la obligatoriedad en el uso de mascarillas de protección respiratoria, se presentó una oportunidad de negocio para industrias y emprendedores en la confección y venta de estas. Con base en esto, se supone que han existido en el mercado mascarillas que no son confeccionadas en las condiciones óptimas de calidad y según las normas; ofreciendo una falsa protección respiratoria a los ciudadanos, lo cual pone en riesgo a la población, favoreciendo la propagación del virus SARS-CoV-2. Adicional a lo anterior, un etiquetado erróneo referente a la cantidad de capas, tamaños de poro y la protección luego de ciclos de lavado en el caso de las mascarillas reutilizables.

La generación de evidencia científica es de suma importancia para corroborar los aspectos anteriormente mencionados, dado el impacto que tiene sobre la salud pública, por lo que se ha utilizado la microscopía electrónica de barrido como herramienta de análisis para realizar una caracterización de las capas, poros y morfología para dar soporte a la hipótesis planteada, demostrando el incumplimiento en algunos casos, de los requisitos mínimos para ofrecer una protección real ante la propagación del agente viral. Adicional, brinda un antecedente para tomar en consideración en futuros casos necesarios en la obligatoriedad del uso de mascarillas, con el fin de proteger a la población ante otro brote de COVID-19 u otro virus que requiera este tipo de protección.

Cómo citar:

Moya Granados M., & Valerio Campos, I. Caracterización por microscopía electrónica de barrido de mascarillas de protección respiratoria utilizadas por la población costarricense en la época de la pandemia COVID-19. Revista Ciencia Y Salud, 6(5). <https://doi.org/10.34192/cienciaysalud.v6i6.541>

Recibido: 07/Jul/2022

Aceptado: 28/Oct/2022

Publicado: 19/Dic/2022

Palabras Clave: Microscopía electrónica de barrido, SARS-CoV-2, mascarillas higiénicas.



ABSTRACT

Because of COVID-19 pandemic and the mandatory use of respiratory protection masks, a business opportunity arose for industries and entrepreneurs in the manufacture and sales field. Based on this is assumed that there have been on the market, masks that have not been made in optimal quality conditions and according to standards; offering a false respiratory protection to citizens, which increases the risks of spread of SARS-CoV-2 virus. Besides a erroneous labeling referred to the number of layers, pore size and protection after washing cycles has been evidenced.

The generation of scientific support is necessary to corroborate the aspects mentioned above, because of the public health impact it has, therefore scanning electron microscopy technique has been used to characterized the layers, pore size and morphology before and after washing cycles supporting the hypothesis and demonstrating non compliance in some case with the minimal quality requirements to assure real protection against the virus. This provide a background for future actions in case of COVID-19 outbreak or posible protection against other viruses

Keywords: seizures, fever, status epilepticus, neurodevelopment.

INTRODUCCIÓN

La pandemia por COVID-19 ha requerido la implementación de barreras de protección respiratoria para evitar el contagio de la mayor cantidad de personas posible, resultando en la obligatoriedad del uso de mascarillas de protección respiratoria por las entidades rectoras en salud por un período de tiempo prolongado, como barrera de transmisión ante el contacto cercano no intencional con personas contagiadas (1,2,3). Lo anterior basado en evidencia técnico-científica que se presentó por diferentes grupos de investigación al inicio de la pandemia (2).

Sin embargo, la caracterización detallada de las propiedades químicas y la estructura física de los materiales comunes utilizados en las mascarillas no contaba con antecedente de literatura que respaldaran estos estudios (3). Por esto, se establecieron algunas normativas que deben cumplir las mascarillas para brindar una protección real y efectiva, como INTE ES S80 Mascarillas higiénicas reutilizables para adultos y niños: Requisitos de materiales, diseño, confección, etiquetado y uso (4), INTE ES S79 Mascarillas higiénicas no reutilizables. Requisitos de materiales, diseño, confección, etiquetado y uso (5), INTE S76:2020 Mascarillas quirúrgicas. Requisitos y métodos de ensayo (6), convergiendo todas ellas en la importancia de que las mismas deben contar con al menos tres capas de protección y ofrecer un proceso de filtración de las partículas.

Debido a la alta demanda de respiradores tipo N95, se incurrió en una escasez de los mismos y se han utilizado las mascarillas médicas desechables y de tela como una alternativa de protección respiratoria, las cuales han brindado protección ante ciertos tipos de aerosoles, pero estas son desechables, poco ajustables a la cara y son menos eficaces contra gotículas pequeñas (7). Aun así, la demanda en la adquisición de nuevas alternativas de mascarillas de protección generó una gran oportunidad para los comercios, en la elaboración de diferentes tipos, las cuales podrían no ser confeccionadas en las condiciones óptimas establecidas por las normativas anteriormente mencionadas, ofreciendo una falsa protección respiratoria a la población; favoreciendo así la propagación del virus.

Con base en esto, ha sido importante realizar evaluaciones sobre la calidad de las mascarillas que los costarricenses han utilizado durante el período de pandemia, y brindar evidencia científica que corrobore si las mismas han cumplido o no con lo recomendado por las normativas y las instituciones de salud.

Autores como Zhao y colaboradores, refieren que mascarillas de materiales tales como telas comunes de poliéster, algodón, seda y nylon tienen una eficiencia de filtración entre en 5 y el 25% (8) y además se ha demostrado que las mascarillas hechas de tela de algodón simple u otras telas comunes, previenen las gotitas respiratorias >1-30 Qm dependiendo de las capas usadas (9).

Dentro de las técnicas de caracterización reportadas para evaluar propiedades físicas de las mascarillas, tales como la microestructura, grosor y morfología, se recomienda el uso de microscopía electrónica de barrido (10,11,12,13). Por lo que se utilizó esta técnica como herramienta de análisis, la cual permite evidenciar ciertos aspectos que no se logran observar a simple vista o por medio de la microscopía óptica convencional (14), la cual consiste en el uso de electrones para generar una imagen, que brinda información sobre la morfología de la muestra en estudio, en este caso, información sobre la disposición y tamaño de las fibras, tamaño de poros, acomodo espacial, así como cantidad de capas o eventuales alteraciones que sufre la morfología luego de procesos de uso o lavado (15,16).

Uno de los principales aspectos en la evaluación de la calidad es el tamaño de poro que existe entre cada una de las fibras y la protección en la filtración que brindan las mascarillas, teniendo en cuenta que el virus tiene un diámetro aproximado de 0.12 Qm (17) y que es propagado por medio de gotículas de 5-10 Qm y microgotas o aerosoles \leq 5 Qm (18).

MATERIALES Y MÉTODOS:

Se adquirieron siete diferentes tipos de mascarillas. Una mascarilla no lavable con certificación de protección, una mascarilla desechable y cinco tipos de mascarillas de tela adquiridas en supermercados costarricenses de la Gran Área Metropolitana.

En el caso de las dos primeras, solamente se evaluaron sus condiciones control y de los cinco tipos adicionales se evaluó para cada una de ellas el control, así como luego de exponerlas a 5 y 10 ciclos de lavado, con detergente y lavadora de uso doméstico para analizar algún daño en la morfología que pudiera afectar la protección.

Luego de obtenidas las muestras de todas las condiciones anteriormente mencionadas, se realizaron cortes de 0,5cm x 0,5cm de cada una de las capas de las mascarillas y luego de un proceso de optimización de condiciones para obtener la imagen con el microscopio electrónico de barrido JEOL-JSM6010-LA, se definieron como modalidad de trabajo un bajo vacío a 60 Pa, voltaje de aceleración de los electrones de 10 kV, e imágenes adquiridas con electrones retrodispersados y se obtuvieron imágenes a ampliaciones de 50x, 100x y 200x, de la capa interna, media y externa para cada una de las mascarillas.

RESULTADOS

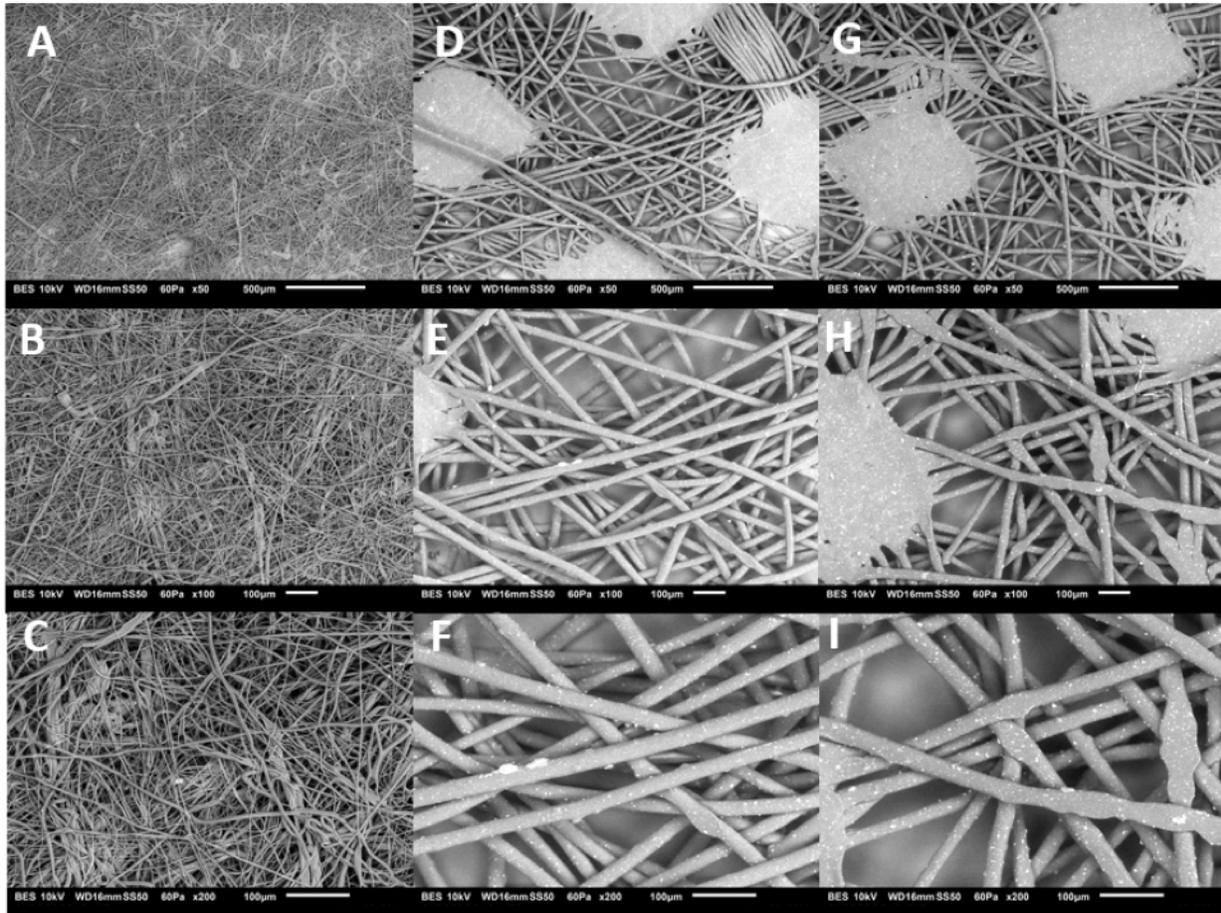


Figura 01. Mascarilla desechable. A, B y C corresponden a la capa interna a 50x, 100x y 200x respectivamente. D, E y F, corresponden a la capa media a 50x, 100x y 200x respectivamente. G, H e I corresponden a la capa externa a 50x, 100x y 200x respectivamente. Adquiridas a bajo vacío con una presión de 60 Pa y electrones retrodispersados y un voltaje de aceleración de 10 kV.

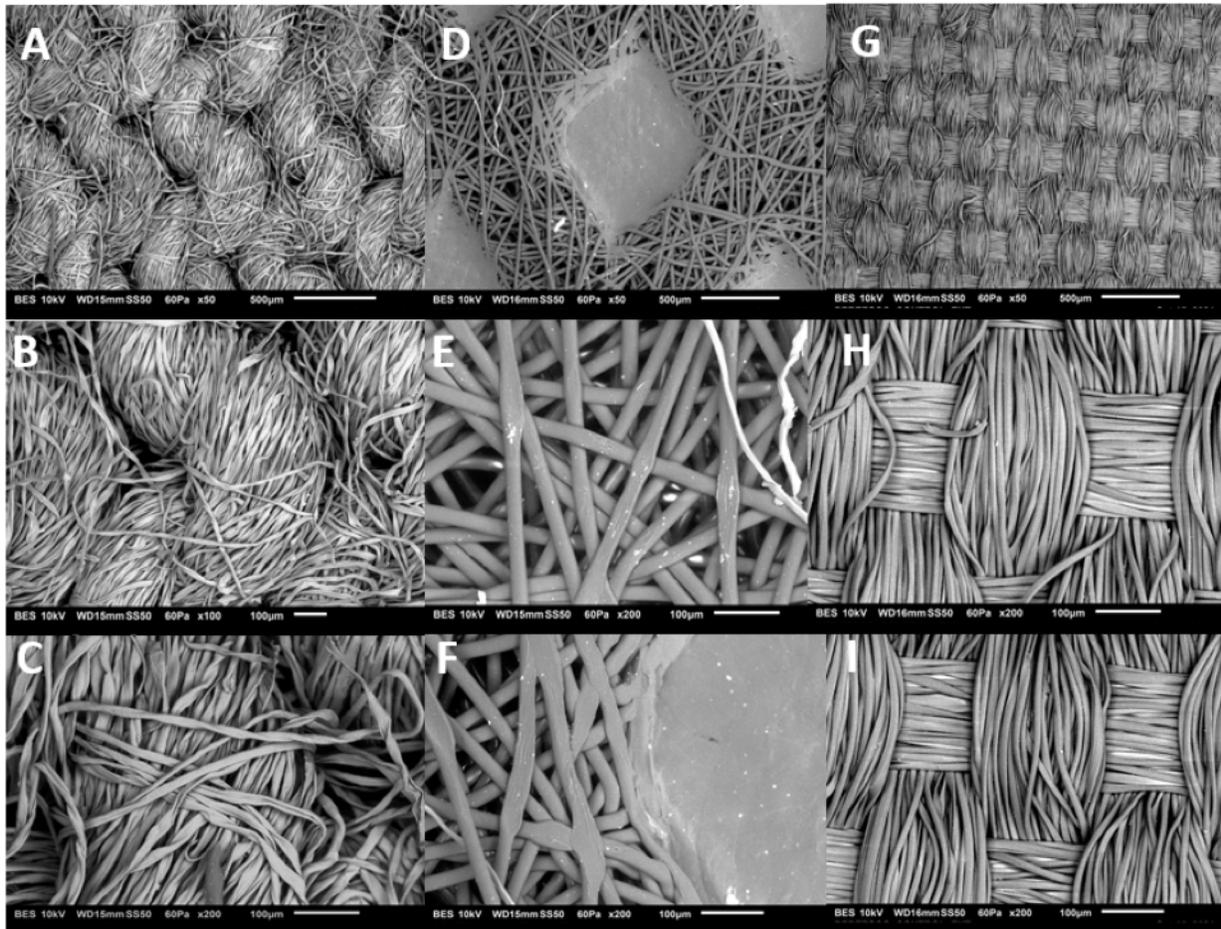


Figura 02. Mascarilla Masc01 de tela control. A, B y C corresponden a la capa interna a 50x, 100x y 200x respectivamente. D, E y F, corresponden a la capa media a 50x, 100x y 200x respectivamente. G, H e I corresponden a la capa externa a 50x, 100x y 200x respectivamente. Adquiridas a bajo vacío con una presión de 60 Pa y electrones retrodispersados y un voltaje de aceleración de 10 kV.

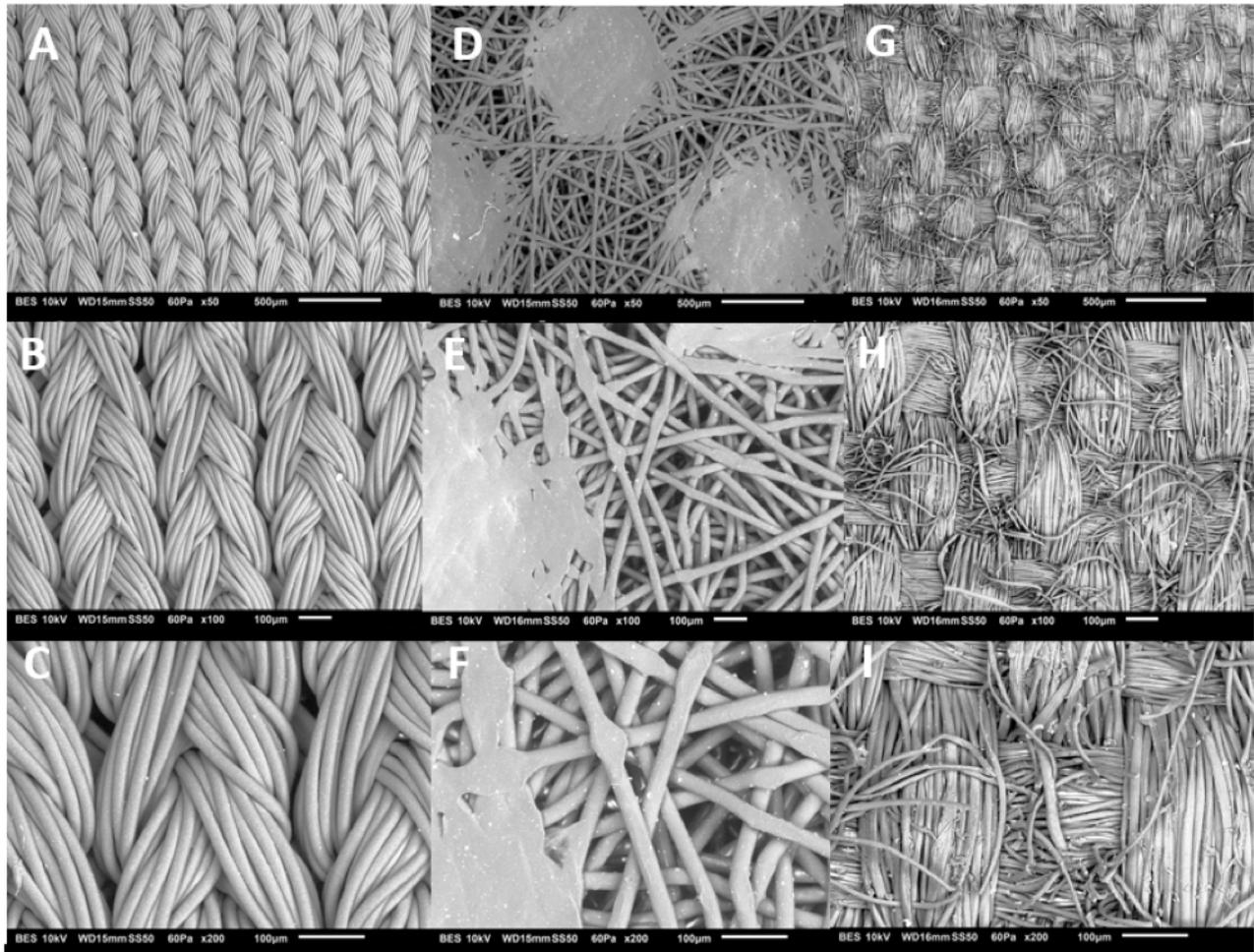


Figura 03. Mascarilla MascO2 control. A, B y C corresponden a la capa interna a 50x, 100x y 200x respectivamente. D, E y F, corresponden a la capa media a 50x, 100x y 200x respectivamente. G, H e I corresponden a la capa externa a 50x, 100x y 200x respectivamente. Adquiridas a bajo vacío con una presión de 60 Pa y electrones retrodispersados y un voltaje de aceleración de 10 kV.

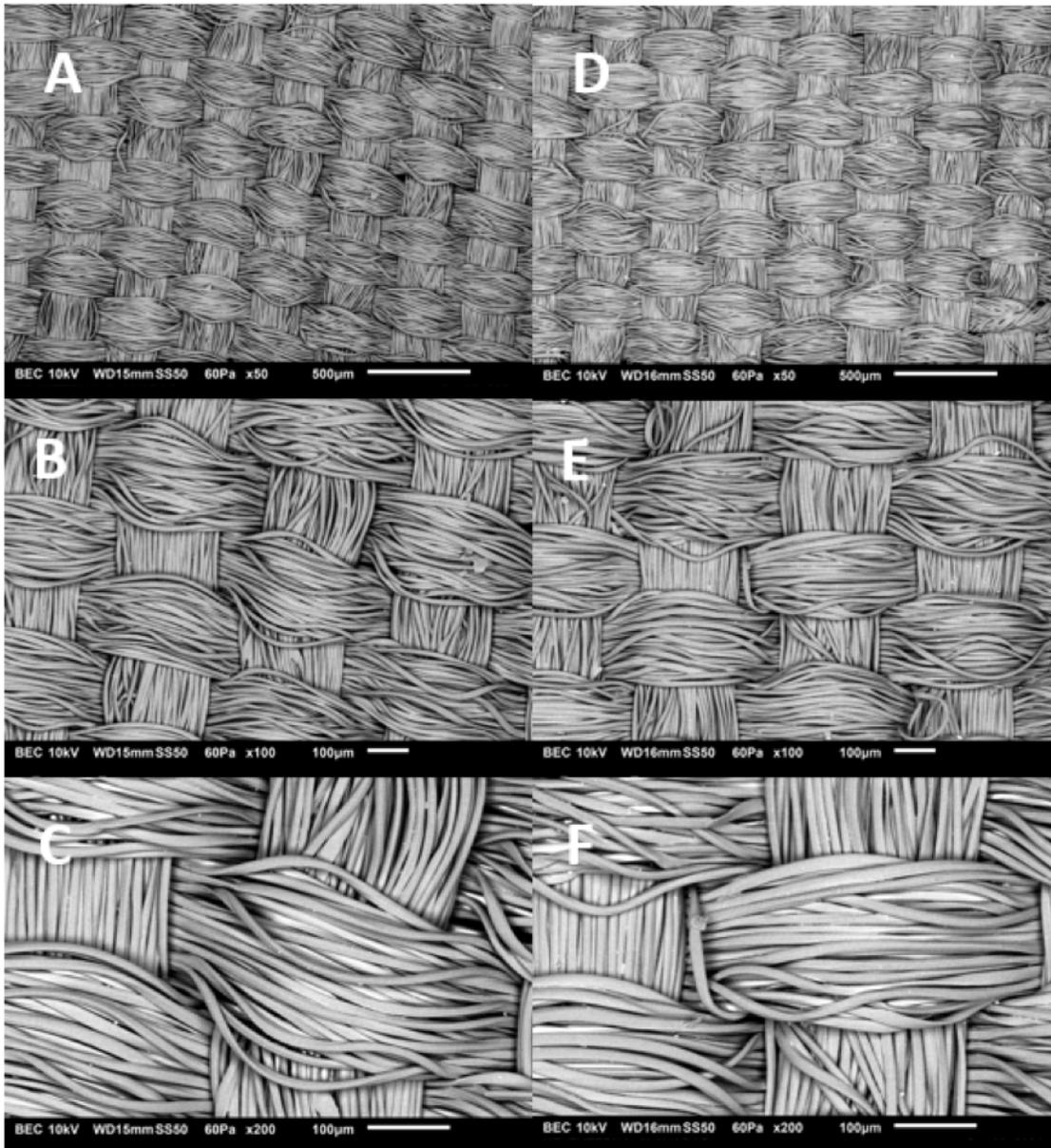


Figura 04. Mascarilla Masc03 tras 5 ciclos de lavado. A, B y C corresponden a la capa interna a 50x, 100x y 200x respectivamente. D, E y F, corresponden a la capa externa a 50x, 100x y 200x respectivamente. Adquiridas a bajo vacío con una presión de 60 Pa y electrones retrodispersados y un voltaje de aceleración de 10 kV.

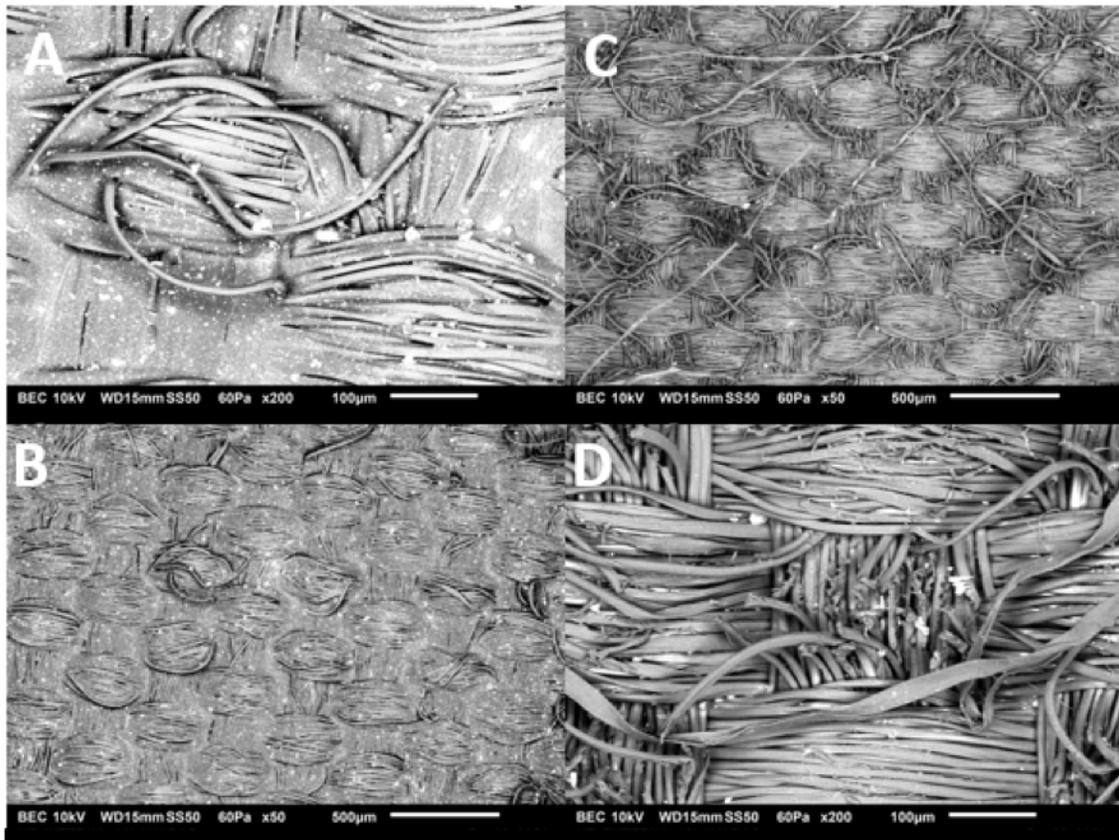


Figura 05. Mascarilla Masc03 tras 10 ciclos de lavado. A y B corresponden a la capa interna a 200x y 50x y respectivamente. C, D corresponden a la capa externa a 50x y 200x respectivamente. Adquiridas a bajo vacío con una presión de 60 Pa y electrones retrodispersados y un voltaje de aceleración de 10 kV.

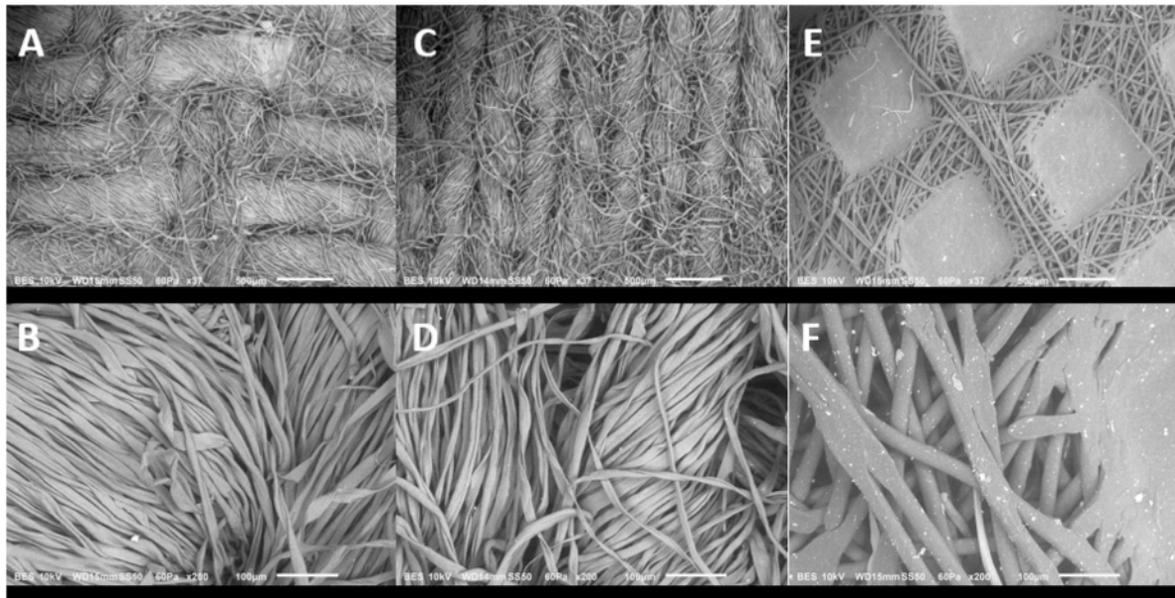


Figura 06. Mascarilla Masc04 control. A y B corresponden a la capa interna a 37x y 200x respectivamente. C y D corresponden a la capa media a 37x y 200x respectivamente. E y F corresponden a la capa externa a 37x y 200x respectivamente. Adquiridas a bajo vacío con una presión de 60 Pa y electrones retrodispersados y un voltaje de aceleración de 10 kV.

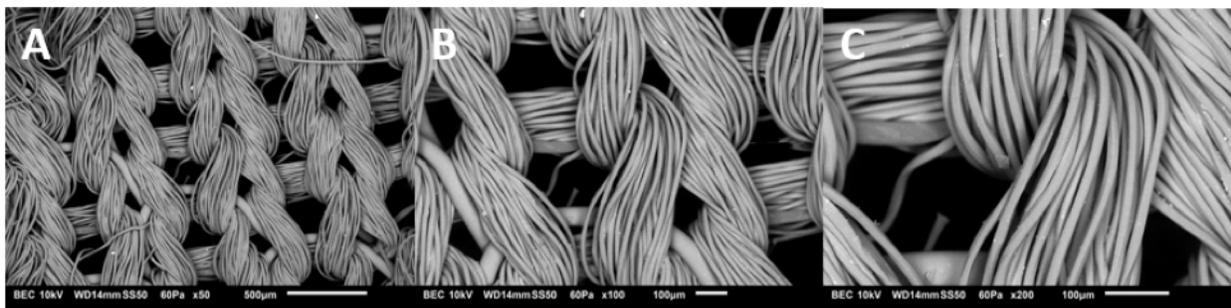


Figura 07. Mascarilla Masc05 control. Mascarilla monocapa siendo A, B y C adquiridas a 50x, 100x y 200x respectivamente. Adquiridas a bajo vacío con una presión de 60 Pa y electrones retrodispersados y un voltaje de aceleración de 10 kV

DISCUSIÓN

Como parte de la generación de evidencia científica que respalde la hipótesis sobre la carencia, en algunos casos, de la calidad de las mascarillas de protección respiratoria que se han distribuido en el mercado costarricense como barrera para disminuir la propagación del SARS- CoV-2, se utilizó el microscopio electrónico de barrido JEOL- JSM 6010 LA, en condiciones de bajo vacío a 60 Pa, 10 kV como voltaje de aceleración de electrones y generando la imagen con el detector de electrones retrodispersados de siete diferentes tipos de mascarillas, analizando cortes de 0.5 x 0,5 mm de cada una de ellas, en condiciones de control, así como luego de exponerlas a 5 y 10 ciclos de lavado con detergente y una lavadora convencional y analizadas cada una de las capas que las componen. Para fines de la investigación, se asignaron códigos para diferenciar cada una de ellas en el caso de las mascarillas reutilizables.

En primera instancia se logró demostrar que no todas las mascarillas cumplen con el criterio de elaboración de al menos tres capas en su confección como lo reportan muchos de los fabricantes en su etiquetado, existiendo diferencias hasta entre el mismo tipo de mascarilla de un mismo fabricante.

Por ejemplo, en el caso de la mascarilla Masc03, correspondiente a la figura 04 y 05, solo contaban con dos capas de protección, así como el caso de la mascarilla Masc04 correspondiente a la figura 06. Adicional a esto, se encontraron mascarillas como la Masc05, que se han vendido en una zona de muy fácil acceso para los costarricenses, la cual solamente contaba con una capa de protección, evidenciándose así en la figura 07.

En lo que compete a los cambios por ciclo de lavado y acción del detergente, es importante considerar que muchos fabricantes reportan resistencia de las mascarillas asegurando aun su protección luego de 50 ciclos de lavado. En el caso de este estudio, se realizaron 5 y 10 ciclos de lavado, y como se muestra en la figura 05, correspondientes a Masc03, en el caso de A, se evidencia una acumulación de detergente sobre el textil, y una clara ruptura de las fibras en la sección C, lo cual pone en cuestionamiento de la resistencia y utilidad luego de 50 ciclos de lavado, según lo reportado por los fabricantes.

Respecto a la protección por el tamaño de poros, es importante considerar que el virus se transmite por medio de gotículas de saliva o aerosoles, en el caso de las gotículas respiratorias grandes, oscilan entre 5 y 10 Qm y las micro gotas de un tamaño menor o igual a 5 Qm, al igual que los aerosoles, por lo que lo ideal es que las mascarillas no permitan el paso de estos.

En el caso de la mascarilla desechable analizada, correspondiente a la figura 1, vemos que solamente la capa interna presenta una mayor protección con tamaños de poro ≤ 25 Qm, dado que la capa intermedia y externa presentan tamaños de poros incluso mayores a 100Qm.

En el caso de las mascarillas con textil tejido, se evidencia una mayor protección, dada la carencia de poros y espacios entre las fibras textiles, como es el caso de Masc 01 y Masc 02, representadas en las figuras 2 y 3 respectivamente.

Se evidencia un caso de alerta, como lo es la mascarilla Masc05 en la figura 7, la cual además de solo contar con una capa protectora muestra tamaños de poro de hasta 200Qm.

CONCLUSIONES:

Como parte de las conclusiones más importantes de este estudio, se puede mencionar que existen en el mercado costarricense mascarillas que no cumplen completamente con la normativa de fabricación y que se encuentran fácilmente en lugares como la avenida central y supermercados reconocidos en la GAM, los cuales son puntos de acceso de gran cantidad de la población; esto basado en la directriz de tener al menos 3 capas de protección, que las mascarillas cuentan con tamaños de poro mucho mayores que las gotículas de las cuales deben proteger y que existe daño de las mismas, incluso en menos cantidad de ciclos de lavado, respecto a los reportados.

Es importante generar conciencia en la población y en los fabricantes de que las mismas deben cumplir con la calidad en la elaboración, para brindar una protección real ante el virus respiratorio y de la implementación de técnicas de análisis como la microscopía electrónica de barrido para asegurar la calidad del producto vendido.

Con base en lo anterior, se cumple la hipótesis del estudio, de que actualmente existen en el mercado mascarillas que no cumplen con los estándares de fabricación para brindar una mayor protección ante el virus SARS- CoV-2 o se utilizan luego de un periodo de lavado que no garantiza la adecuada protección,

lo cual brinda un antecedente para tomar en consideración para enfrentar futuros picos endémicos y otros contagios por otros virus respiratorios.

Declaración Conflicto de Interés:

Declaramos que no tenemos ninguna situación de conflicto de interés real, potencial o evidente, en relación el proyecto presentado para publicación.

Declaración de Financiamiento:

Fue aprobado y financiado por parte de la Comisión de Investigación de la Escuela Autónoma de Ciencias Médicas de Centro América Dr. Andres Vesalio Guzmán Calleja S.A con cédula jurídica número 3-101-045039

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. Organización mundial de la Salud. Recomendaciones sobre el uso de mascarillas en el contexto de la COVID-19.WHO/2019-nCov/IPC_Masks/2020.4; 2020.
2. Chu D, Elie P, Duda S. “Physical distancing, face masks, and eye protection to prevent person-to-person transmission of SARS-CoV-2 and COVID-19: a systematic review and meta-analysis”. The Lancet Volume 395, ISSUE 10242, P1973-1987; 2020.
3. Chavis A, Shan Y, Wang L, Kisslinger K, Tappero R, Head A et al. Characterization of materials used as face covering for respiratory protection. ACS Applied Materials & Interfaces; 2021.
4. INTECO.INTE ES S80:2020. Mascarillas higiénicas reutilizables para adultos y niños. Requisitos de materiales, diseño, confección, etiquetados y uso; 2020.
5. INTECO.INTE ES S79 “Mascarillas higiénicas no reutilizables. Requisitos de materiales, diseño, confección, etiquetado y uso; 2020.
6. INTECO. INTE S76:2020 Mascarillas quirúrgicas. Requisitos y métodos de ensayo; 2020.
7. Milton D, Fabian M, Cowling J, Grantham M, McDevitt J. Influenza virus aerosols in human exhaled breath: particle size, culturability, and effect of surgical masks. PLoS Pathog; 2013.
8. Zhao M, Liao L, Xiao W, Yu X, Wang H, Wang Q, Lin Y et al. Household materials selection for homemade cloth face coverings and their filtration efficiency enhancement with triboelectric charging. Nano Lett; 2020.
9. Clase C, Fu E, Ashur A, Beale E, Clase I, Dolovich M et al. Forgotten technology in the COVID-19 pandemic. Filtration properties of cloth and cloth Masks: A narrative review, Mayo Clinic Proceedings; Elsevier, 2020.
10. Liao L, Xiao W, Zhao M, Yu X, Wang H, Wang Q et al. Can N95 respirators be reused after disinfection? And for how many times? ACS Nano, 2020.
11. Zhao M, Liao L, Xiao W, Yu X, Wang H, Wang Q, et al. Household materials selection for homemade cloth face coverings and their filtration efficiency enhancement with triboelectric charging. Nano Lett. 2020

12. Daeschler S, Manson N, Joachim K, Chin A, Chan K, Chen P, Tajdaran K, et al Reprocessing N95 respirators during the COVID-19 pandemic: Moist heat inactivates SARS-CoV-2 and maintains N95 filtration. MedRxiv, 2020.
13. Wang D, Sun B, Wang J, Zhou Y, Chen Z, Fang Y, et al. Can masks be reused after hot water decontamination during the COVID-19 Pandemic? Engineering, 2020.
14. Susan S. Scanning electron microscopy(SEM). University of Wyoming. SERC; 2017.Disponible en: https://serc.carleton.edu/research_education/geochemsheets/techniques/SEM.html
15. Verma D. Effectiveness of masks: fast answers with automated SEM análisis.2021. Obtenido de: <https://www.nanoscience.com/applications/materials-science/effectiveness-of-masks-fast-answers-with-automated-sem-analysis/>
16. Press R. Masks under the microscope. NIST. 2021. Obtenido de: <https://www.nist.gov/feature-stories/masks-under-microscope>
17. Laue M, Kauter A, Hoffmann T, et al. Morphometry of SARS-CoV and SARS-CoV-2 particles in ultrathin plastic sections of infected Vero cell cultures. Sci Rep 11, 3515; 2021.
18. Vargas F, Ruiz M, Marín I, Moreno S. Transmisión del SARS-CoV.2 por gotas respiratorias, objetos contaminados y aerosoles (vía aérea). Revisión de evidencias. Sociedad Española de sanidad; 2020.