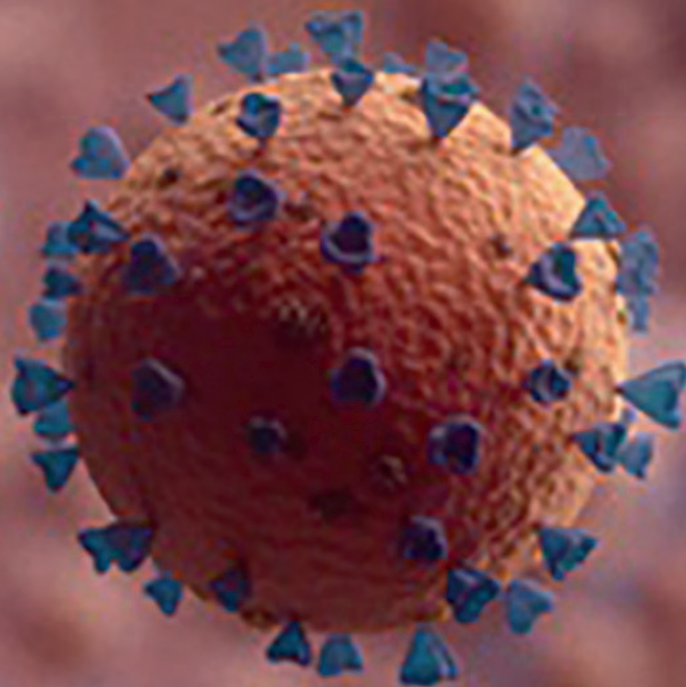


Recibido: 25.08.2020 | Aceptado: 31.08.2020

Palabras clave: Algodón, COVID-19, cubrebocas, spun bond, sellado a la cara.



Un cubrebocas mejorado contra COVID-19, diseño de investigadores universitarios

EDUARDO GÓMEZ

egomez@fisica.uaslp.mx

JORGE ARREOLA

ALEXANDER FRANCO

INSTITUTO DE FÍSICA, UASLP

RUBÉN DARÍO CADENA NAVA

CENTRO DE NANOCIENCIAS Y NANOTECNOLOGÍA, UNAM

La COVID-19 es una enfermedad respiratoria causada por el coronavirus 2 del síndrome respiratorio agudo severo (SARS-CoV-2) (Fauci, Lane y Redfield, 2020), que fue detectada en diciembre de 2019 en Wuhan, China. Debido a su fácil propagación y el alcance, el 30 de enero de 2020 fue declarada una emergencia de salud pública de preocupación internacional por la Organización Mundial de la Salud, y el 11 de marzo se declaró como pandemia.

Se denominan coronavirus por la corona que forman las glicoproteínas asociadas a la envoltura del virus. La principal vía de contagio es respiratoria, mediante microgotas de saliva de menos de una centésima de milímetro que pueden llevar más de siete millones de copias del virus al ser emitidas al hablar o estornudar y al tocarse boca, nariz u ojos con las manos contagiadas (Stadnytskyi, Bax, Bax y Anfinrud, 2020).

Actualmente existen siete vacunas en pruebas de Fase 3 para probar su seguridad y efectividad. En las Fases 1 y 2 se encuentra la vacuna ChAdOx1 nCoV-19 que desarrolla la Universidad de Oxford, Inglaterra, en colaboración con el laboratorio AstraZeneca y produce una muy buena respuesta del sistema inmune. En ésta, el gen que codifica las espículas glicoproteínas (proteína en forma de aguja presente en algunos virus y que se une sólo a ciertos receptores en la célula huésped para permitir la infección viral) que rodean al virus se incorpora en un virus de chimpancé, que dispara la respuesta inmunogénica al ser administrada.

De manera similar, la vacuna producida por los rusos, denominada Sputnik V, produce estas glicoproteínas, pero en este caso el vector es un Adenovirus. Todo parece indicar que ambas vacunas estarán disponibles en la primera mitad de 2021 (Fauci, 2020). Mientras alguna de las vacunas no esté disponible, la única sugerencia para prevenir contagios por este tipo de virus es seguir las recomendaciones del sector salud, por lo que la población debe acatar tres medidas básicas: lavado de manos, distanciamiento social y uso de cubrebocas.

La pandemia en San Luis Potosí

De acuerdo con el John Hopkins Coronavirus Resource Center, en Estados Unidos de América, al 21 de agosto de 2020 había 23 134 358 contagiados y 803 499 muertes causadas por COVID-19 en el mundo. En México, los casos que oficialmente se tienen reportados del 27 de febrero y al 24 de agosto de 2020 son 563 705 contagios y 60 800 muertes. El número de contagiados por día tiene un patrón oscilatorio con un máximo que ha llegado a más de 8 000 casos. El número de casos activos es

de 26 755; sin embargo, se estima que este número puede ser de 36 697 (Gobierno de México, 2020). En las últimas tres semanas, la pandemia ha mostrado un patrón de desaceleración en el número de contagiados, pero no así en el número de muertos por día.

En el estado de San Luis Potosí (SLP) el número de contagiados diarios ha ido en ascenso, con un patrón oscilatorio que llega a casi 400 casos diarios (el día 24 de agosto se confirmaron 320 casos). Al 24 de agosto se habían realizado 36 800 pruebas para detectar el SARS-CoV-2. De ahí sabemos que el número de personas infectadas es de 15 922, de las cuales: han fallecido 1 092, se han recuperado 6 500 personas y permanecen activos un estimado de 911 (Servicios de Salud de San Luis Potosí, 2020). La letalidad estatal es de 6.85 por ciento, por debajo de la media nacional, que es de 10.92 por ciento. Hay 4 653 pacientes por cada millón de habitantes, número que está por arriba de la media nacional de 4 415.

Tomando el número de casos por 10 000 habitantes, la Zona Centro —representada por el municipio de San Luis Potosí (capital)— presenta 33 por ciento arriba del promedio estatal. La Huasteca tiene un aumento de 170 por ciento y el doble de decesos comparado con el promedio estatal. El número de casos activos, acumulados, recuperados y defunciones debido a COVID-19 son mayores en las ciudades con un número mayor de habitantes. Las comorbilidades —muertes asociadas— que presentan los fallecidos en México y en SLP son parecidas en obesidad (24.50 y 25.68 por ciento,



Tabla 1.
Porcentajes estimados de protección de telas contra COVID-19.

	Tamaño de partículas (en nanómetros)	
	<300	>300
N95	85±15	99.9±0.1
N95 (agujero*)	34±15	12±3
Cubrebocas quirúrgico	76±22	99.6±0.1
Cubrebocas quirúrgico (agujero*)	50±7	44±3
Algodón (80 TPI)	9±13	14±1
Algodón (600 TPI)	79±23	98.4±0.2

* Agujero se refiere a una perforación intencional en la tela correspondiente a 1 % del área.

respectivamente), diabetes (38.14 y 44.31 por ciento, respectivamente) y tabaquismo (7.98 y 7.0 por ciento, respectivamente), pero incrementa en hipertensión (44.36 y 51.16 por ciento, respectivamente) (Gobierno de México, 2020). Esto explica en parte por qué en México la tasa de mortalidad debido a COVID-19 es muy alta.

El SARS-CoV-2 ha puesto en evidencia la diferencia en el desarrollo, la atención médica primaria y la desigualdad no sólo en SLP sino en el ámbito nacional. Las políticas a nivel mundial para afrontar la epidemia han buscado proteger la salud sin desproteger la economía, lo cual complica la eficacia de las estrategias propuestas por el sector salud, esto aunado a la disposición de la población de seguir las recomendaciones usuales sobre sana distancia, higiene personal y uso de cubrebocas.

Importancia del cubrebocas

Debido a la transmisión aérea del virus mediante microgotas, parece obvio suponer que uno de los mecanismos físicos que ayudan a evitar su propagación es el uso de cubrebocas. Sin embargo, a inicios de la pandemia, la OMS no impulsó su uso en los ciudadanos. El panorama hoy en día es diferente, porque se han entendido mejor los mecanismos de propagación del virus y de control (Stadnytskyi, Bax, Bax y Anfinrud, 2020). El reciente análisis de la pandemia en Wuhan concluye que el brote se controló gracias a medidas

como el uso de cubrebocas, el distanciamiento social y el aislamiento de quienes tuvieron contacto con contagiados, lo que bloquea la transmisión atribuible a casos no diagnosticados (Hao, Cheng, Wu, Wu, Lin y Wang, 2020).

Podemos clasificar a los cubrebocas en dos tipos: los médicos y los que no lo son. Los primeros deben cumplir un conjunto de requisitos estandarizados (ASTM F2100, EN 14683 o equivalente) que tienen como objetivo verificar una alta filtración y una adecuada transpirabilidad. Ejemplos de cubrebocas médicos son los famosos N95 o FFP2. Sin embargo, debido a la escasez de este tipo, y su reserva para el personal médico, ha surgido una gran variedad de opciones comerciales e improvisadas.

Si bien es cierto que la mayoría de los cubrebocas ayudan a reducir la emisión de gotículas: un simple pedazo de tela de algodón (de 55 TPI o hilos por pulgada) puede reducir su alcance hasta 90 por ciento (Verma, Dhanak y Frankenfield, 2020), pero con una protección muy limitada hacia la inhalación de aerosoles, que son gotículas de tamaño muy pequeño que permanecen suspendidas por un largo tiempo.

En la tabla 1 se muestran los porcentajes de protección para algunas telas relevantes para dos rangos de tamaño.

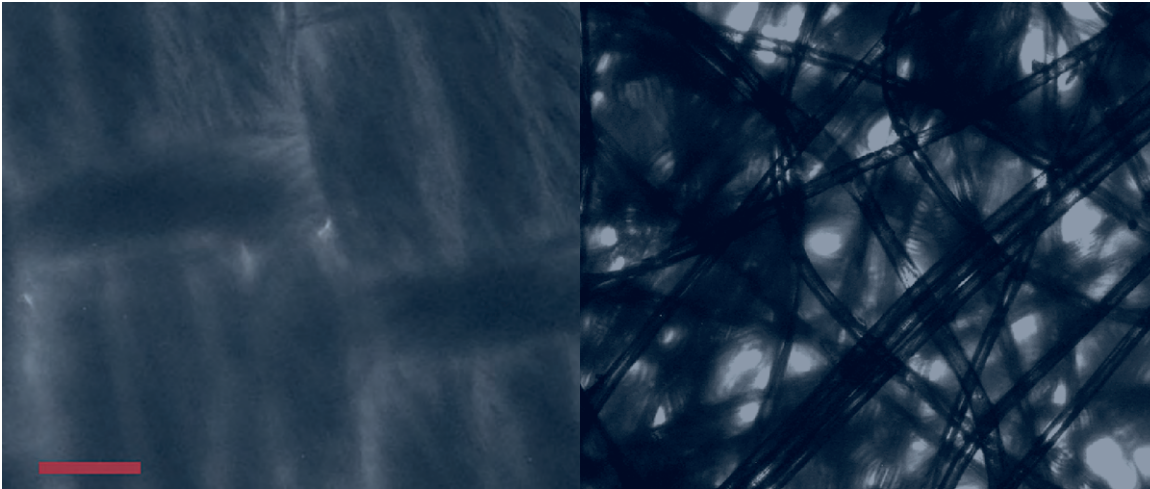


Figura 1. Imágenes de las telas vistas en microscopio. Izquierda: tela de algodón de 500 TPI (bramante), derecha: tela no hilada (*spun bond*). La barra roja corresponde a 100 micras.

La mejor protección la da el cubrebocas N95, aunque uno quirúrgico da una protección bastante cercana. La protección especificada usualmente se refiere al rango de partículas mayores (>300 nanómetros, nm, en este caso). Un N95 ofrece una protección excelente, ya que sólo deja pasar 0.1 por ciento de las partículas, mientras que la tela de cubrebocas quirúrgico tiene un desempeño cuatro veces menor, ya que tiene una transmisión de 0.4 por ciento. La filtración de las telas de algodón depende en gran medida de la tela en particular: una de 80 TPI ofrece un filtrado deficiente, debido a que el tejido deja grandes huecos por los que pueden pasar las partículas. Sin embargo, una de algodón de 600 TPI da una protección muy buena, tan solo cuatro veces por debajo de la quirúrgica.

Combinaciones de telas, por ejemplo algodón con seda pueden dar muy buenos resultados también, ya que combinan filtración mecánica con filtración electrostática. La figura 1 muestra una comparación de una tela hilada (bramante) de 500 TPI contra una tela no hilada (*spun bond*). Una tela hilada de suficiente densidad deja huecos muy pequeños entre los hilos, lo que lleva a un buen filtrado. Debido a la manera en que se fabrican las telas no hiladas, éstas inevitablemente dejan agujeros entre los hilos. La manipulación de una tela no hilada durante un lavado puede modificar la integridad del tejido. Lo compacto del tejido les da una resistencia adicional a las telas hiladas, lo cual es importante para un cubre-

bocas lavable y reutilizable.

En la tabla 1 se muestra el efecto que tiene un sellado deficiente del cubrebocas a la cara. El agujero utilizado en el estudio corresponde a uno por ciento del área total. Para un cubrebocas típico esto corresponde a una separación con la piel de tan solo un milímetro (mm) en el área alrededor de la nariz; sin embargo, esta imperfección es suficiente para que la protección de un cubrebocas quirúrgico baje a 44 por ciento, es decir, daría una protección 140 veces más deficiente que la que se tendría con un ajuste perfecto. Esto implica que una tela adecuada se vuelve inservible si el cubrebocas no tiene un buen ajuste a la cara.

Para tener una idea de qué tan adecuado debe ser el ajuste, los datos sugieren que basta tener una separación de tan sólo siete micras en la región de la nariz para que la protección se reduzca por un factor de dos. Este cálculo enfatiza la importancia del sellado e indica que toda persona que usa un cubrebocas quirúrgico obtiene una protección mucho menor a la que espera debido a los agujeros entre el cubrebocas y la piel. En este sentido, puede que no haya mucha diferencia entre usar uno quirúrgico o uno de algodón, ya que en condiciones típicas difícilmente la gente se ajusta el cubrebocas al nivel requerido.

En 2013, un grupo de voluntarios fue invitado a confeccionar cubrebocas con materiales caseros, y replicaron



Figura 2.
Cubre bocas diseñado por la UASLP-UNAM.

la forma de los quirúrgicos para así probar su eficiencia de filtrado (Davies, Thompson, Giri, Kafatos, Walker y Bennett, 2013). El estudio demostró que la eficiencia de filtrado varía entre 50 y 80 por ciento en comparación con los cubrebocas quirúrgicos. Aunado a la dificultad de confeccionar uno que sea efectivo, un simple vistazo a la ciudadanía refleja que su correcto uso no está bien entendido. No es raro observarlos convertidos en retenedores de papada o cubriendo solamente la boca, mientras la sobresaliente nariz permanece descubierta.

Diseño de un cubrebocas en la UASLP

Como repuesta a la pandemia por COVID-19, la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP), en conjunto con el Centro Colaborador OMS/OPS de esta institución, generó en febrero de este año el Programa Vigilancia de Infecciones Respiratorias creando Unidades Sanitarias (VIRUS) (UASLP, 2020) para atender primordialmente a la población de zonas rurales y desprotegidas. El programa incluye monitoreo, atención a nivel virtual, modelaje, comunicación de riesgo, uso de plasma convaleciente y diseño de equipo de protección personal, como son los cubrebocas. Para este último punto se integró un grupo formado por los doctores Eduardo Gómez, Jorge Arreola, Alexander Franco y Faustino Aguilera del Instituto de Física de la UASLP y el doctor Rubén Cadena del Centro de Nanociencias y Nanotecnología de la Universidad Nacional Autónoma

de México (CNYN-UNAM). El grupo trabajó en el diseño avanzado de un cubrebocas que tomara en cuenta los factores dominantes que los hacen efectivos. Éstos se repartirán a poblaciones vulnerables del interior del estado, mas no están pensados para reemplazar a los cubrebocas médicos, que deben seguir siendo la primera opción para dicho personal.

Al considerar el uso masivo del cubrebocas, se optó por un diseño lavable y reutilizable para causar un menor impacto ambiental, que incluye dos capas: una externa de *spun bond* impermeable —que no permite a las gotículas llegar a éste y deja que escurran— más una capa interna que es la principal responsable del filtrado, fabricada con tela de algodón de 500 TPI (bramante). Hemos verificado que la integridad de la tela se mantiene aun después de un lavado delicado, ya sea usando abundante agua con jabón, seguido por un baño en agua hirviendo, o remojado en agua con cloro y enjuagado de manera abundante para eliminar los residuos.

Un error común al pensar en un cubrebocas es pedir que éste no deje pasar nada. Un pedazo de plástico cumple con dicho requisito, pero no es adecuado, ya que en caso de que tenga buen sellado, tampoco permitirá respirar; en uno efectivo, todo el intercambio de gases debe ocurrir a través de la tela filtrante, por lo que la tela seleccionada debe tener un poro pequeño, pero también debe ser respirable, así permite un intercambio de gases bajo un esfuerzo razonable. Un sellado deficiente causa que la mayor parte de su intercambio ocurra a través de las aperturas en lugar de a través de la tela, lo cual nuevamente reduce considerablemente su efectividad. Un cubrebocas efectivo con un sellado apropiado inevitablemente requiere de una respiración más forzada.

La figura 2 muestra el cubrebocas diseñado por investigadores de la UASLP y la UNAM. Tiene dos elásticos gruesos en la región de nariz y barbilla, que presionan y siguen suavemente el contorno de la cara para producir la región sellada al interior de los elásticos. La tela de algodón de 500 TPI (cara interna) no contiene ninguna costura en la región sellada que pueda comprometer la integridad del sellado. El cruce de los dos elásticos sella muy bien la parte lateral. El cubrebocas es muy cómodo para usarse



Figura 3.
Adaptación de cubrebocas quirúrgicos simples a uno de uso efectivo.

y, a diferencia de otros diseños, se mantiene firmemente en su lugar, incluso al hablar. En caso de estar realizando esfuerzos demandantes, puede soltarse un poco el elástico de la barbilla, lo cual lo deja todavía en su lugar, pero permite el ingreso de aire por la barbilla sin necesidad de forzar la respiración; sin embargo, esto compromete la efectividad del filtrado, como se señaló anteriormente, por lo que debe evitarse en lo posible.

Añadimos un metal que puede moldearse al contorno de la nariz. En los diseños tradicionales dicho metal está fijo al cubrebocas, lo cual es un problema, ya que al jalar los elásticos para presionar mejor el cubrebocas, el metal tiende a abrirse y deja nuevamente un espacio alrededor de la nariz y, por lo tanto, un mal sellado. En cambio, en nuestro diseño el metal no se encuentra fijo al elástico, y en la figura 2 puede apreciarse una separación entre el elástico y el resto de la tela (y el metal) en la región de la nariz. Al tensar el elástico, éste presiona el metal hacia la cara, lo cual mejora el sellado a la nariz. El doblez en la tela del cubrebocas propicia un mayor espacio para el intercambio de gases, lo cual resulta en una respiración más cómoda. La misma filosofía de diseño puede ser aplicada para convertir un par de cubrebocas quirúrgicos simples en uno excelente (figura 3), de esta forma se aprovechan las costuras presentes. En la unión de los dos cubrebocas, uno

debe envolver al otro antes de coserlo para cuidar que no se comprometa el sellado. Nuestro diseño puede fabricarse por menos de 100 pesos.

Aunque el cubrebocas es una tecnología relativamente simple, después de cientos de años siguen siendo una de las armas más efectivas con las que contamos para combatir una epidemia. La OMS establece que el uso del cubrebocas es parte de la estrategia para suprimir la transmisión del virus y salvar vidas. Más de 50 países han declarado su uso obligatorio en lugares públicos. El Institute for Health Metrics and Evaluation de la Universidad de Washington (2020), en EUA, una institución dedicada a medir el avance de la pandemia por COVID-19 en diferentes países, advierte que en caso de un rebrote en México, el uso de cubrebocas evitaría la muerte de aproximadamente 50000 personas al primero de diciembre de este año. De aquí la importancia de un cubrebocas adecuado y de un buen uso del mismo. ^{UP}

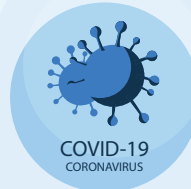
Agradecimientos

Esta investigación forma parte del proyecto "Atención del riesgo acumulado por amenazas emergentes, biológicas, químicas y sociales, que agravarán el segundo brote de COVID-19" apoyado por Copocyt-CEEPAC-COVID-19 (número de convenio 2191). Los autores agradecemos al doctor Fernando Díaz-Barriga Martínez, de la Facultad de Medicina de la UASLP, por todos sus comentarios y el doctor Eduardo Gómez agradece particularmente las sugerencias al diseño de Cristina Castro y Laura Rodríguez



EDUARDO GÓMEZ

Es doctor en física por la Stony Brook University en Nueva York, Estados Unidos de América, e investigador en el Instituto de Física de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, en donde actualmente trabaja el proyecto "Gravimetría atómica y desarrollo de sensores atómicos basados en tecnologías cuánticas".



• La COVID-19 es una enfermedad respiratoria causada por el coronavirus 2 del síndrome respiratorio agudo severo (SARS-CoV-2).



• La principal vía de contagio es por microgotas de saliva emitidas al hablar o estornudar y al tocarse boca, nariz u ojos con las manos contagiadas.



• El reciente análisis de la pandemia en Wuhan, China, concluyó que el brote se controló gracias a medidas como el uso de cubrebocas, el distanciamiento social y el aislamiento de quienes tuvieron contacto con contagiados.



• Como repuesta a la pandemia por COVID-19, la UASLP y el Centro Colaborador OMS/OPS de esta institución generó en febrero de este año el Programa VIRUS, que incluyó el diseño avanzado de un cubrebocas que tomara en cuenta los factores que los hacen efectivos.



• Se optó por un diseño lavable y reutilizable para un menor impacto ambiental, que incluye dos capas: una externa de tela no hilada (*spun bond*) impermeable, que no permite a las gotículas llegar a éste y deja que escurran, y una capa interna de algodón de alta densidad, que es la principal responsable del filtrado.



• Una tela adecuada se vuelve inservible si el cubrebocas no tiene un buen ajuste a la cara, por lo que el cubrebocas universitario incluye dos elásticos que delimitan una región sin costuras con un excelente sellado, particularmente en el área de la nariz. Es muy cómodo y se mantiene firme en su lugar, incluso al hablar.

