Covid-19 en agua Covid-19 in water

GLADYS ROCÍO GONZÁLEZ LEAL

Bióloga de la Pontificia Universidad Javeriana, especialista en Microbiología de la Universidad de los Andes, coordinadora del Laboratorio de Ingeniería Ambiental y profesora titular de la Escuela Colombiana de Ingeniería.

gladys.gonzalez@escuelaing.edu.co

Recibido: 16/03/2020 Aceptado: 30/03/2020

Disponible en http://www.escuelaing.edu.co/es/publicaciones_revista http://revistas.escuelaing.edu.co/index.php/reci

Resumer

La transmisión acelerada del virus covid-19 a escala mundial y la declaración de pandemia por parte de la OMS alertó a los países del planeta sobre la adopción de medidas para impedir su propagación y proteger la salud de los seres humanos.

En el presente artículo se pretende dar a conocer si el covid-19 se transmite a través del agua residual y si su detección es útil para determinar su infectividad o capacidad de producir enfermedad, o si se puede usar como herramienta de vigilancia epidemiológica. La falta de conocimiento de este nuevo virus y la necesidad de una pronta mitigación de su esparcimiento han impulsado a los investigadores a conocer su estructura, origen, forma de transmisión, forma de reproducción, factores ambientales que influyen en su persistencia y técnicas de detección en muestras de agua.

Palabras claves: pandemia, salud pública, coronavirus, PCR, detección, agua residual, infectividad, transmisión.

Abstrac

The accelerated transmission of the covid-19 virus worldwide and the declaration of a pandemic by WHO alerted the countries around the world to adopt security measures to prevent its spread and protect the health of human beings. This article aims to divulge whether covid-19 is transmitted through wastewater and if its detection is useful to determine its infectivity disease production capacity or if it can be used as an epidemiological surveillance tool. The lack of knowledge of this new virus and the need for timely mitigation of its spread has motivated researchers to know about its structure, origin, way of transmission, way of replication, environmental factors that influence its persistence, and detection techniques in water samples.

Keywords: pandemic, public health, coronavirus, PCR, detection, wastewater, infectivity, transmission.

INTRODUCCIÓN

La aparición del coronavirus covid-19 se notificó por primera vez el 31 de diciembre de 2019. Ese día, la Comisión Municipal de Salud de Wuhan (China) informó de varios casos de neumonía en la ciudad; poco después, el 7 de enero de 2020, las autoridades de China confirmaron la identificación de un nuevo coronavirus, llamado inicialmente 2019-nCov por la Organización Mundial de la Salud (OMS); el 12 de enero de 2020, se hizo pública la secuencia genética de este virus (1).

El 30 de enero de 2020, la OMS declaró la epidemia de covid-19 una emergencia de salud pública de preocupación internacional, y el 11 de marzo la declaró pandemia, lo cual significa que la epidemia se extendió por varios países del mundo en forma simultánea, afectando a un gran número de personas; se hizo un llamamiento a los países para que adoptaran las medidas que deben tomar para prevenir la propagación y proteger la salud de los seres humanos ^{(2), (3)}.

Después de que China fuera el foco de la pandemia, se trasladó a Europa y luego a América. Los primeros casos reportados en Europa se presentaron en Francia, luego en Italia, España, Alemania y Reino Unido (4), (5). El primer caso en América se confirmó en Estados Unidos y el primero en América Latina se detectó en Brasil, luego México, Ecuador, Argentina, Chile, Colombia, Perú, Paraguay, Bolivia y Venezuela (6). Algunos de los portadores del virus son asintomáticos, los cuales tienen el potencial de aumentar el riesgo de transmisión; por esa razón, es clave la detección temprana para la prevención (7).

El hecho de ser la primera pandemia por un coronavirus y la falta de conocimiento del covid-19 pusieron a los países en una carrera contra su propagación, y alertaron a los científicos a investigar sobre la estructura de este virus, su capacidad infectiva y la forma de evitar su esparcimiento.

Nuevos enfoques en la epidemiología han originado una serie de inquietudes respecto a la presencia del covid-19 en el agua. El 19 de febrero de 2020, la Water Environment Federation (WEF) publicó la guía del profesional del agua para el covid-19, cuyo objetivo es crear conciencia en el sector y dar a conocer las implicaciones de la presencia de este nuevo virus ⁽⁸⁾.

Para predecir la propagación de infecciones, se hace la detección de agentes infecciosos en aguas residuales; tanto las heces como la orina aportan información que ingresa al sistema de alcantarillado. Se han efectuado estudios que demuestran que el covid-19 está presente en las heces y orina de personas infectadas, y que este virus puede sobrevivir varios días en un ambiente propicio después de abandonar el cuerpo humano ⁽⁷⁾.

Por lo anterior, existe la posibilidad de que se puedan rastrear las fuentes del covid-19 a través de los sistemas de alcantarillado y así determinar si hay posibles portadores en áreas específicas de una ciudad, lo que permitiría monitorear en etapa temprana e intervenir oportunamente para restringir la movilidad de la población, evitando así la propagación del virus y su amenaza a la salud pública. De allí la urgencia de implementar un método rápido de detección en el punto de recolección de aguas residuales ⁽⁷⁾.

Otros investigadores aseguran que la exposición al agua residual no es ruta de transmisión significativa, ya que no se ha encontrado evidencia de que el covid-19 sobreviva en las heces y en las aguas residuales ⁽⁸⁾.

A escala mundial, se está trabajando en técnicas de detección del virus en aguas residuales, utilizando pruebas moleculares que detectan el material genético del covid-19, pero sin evaluar su infectividad ni su viabilidad ⁽⁸⁾.

ESTRUCTURA VIRAL Y REPLICACIÓN

Los virus no son estructuras celulares, están formados por un ácido nucleico (ADN o ARN) y una cubierta de proteína llamada cápside. Algunos, como el caso del covid-19, tienen envolturas adicionales de lípidos (figura 1).

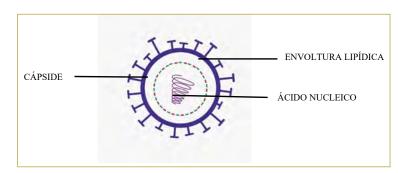


Figura 1. Covid-19.

Los virus se clasifican de acuerdo con el ácido nucleico que poseen y si tienen o no envoltura adicional a la cápside; la función principal de la envoltura de lípidos que tiene el covid-19 es ayudarle a ingresar a la célula huésped; cuando los virus se encuentran fuera del huésped son partículas inertes llamadas viriones, que no pueden reproducirse por sí mismos como una célula bacteriana, animal o vegetal; ellos requieren un huésped para poder producir copias de sí mismos, aprovechando los componentes de la célula que parasita. El covid-19 presenta en su superficie la proteína S, que se caracteriza por poseer una estructura en forma de aguja (espícula), la cual se une a los receptores de las células huésped (figura 2).

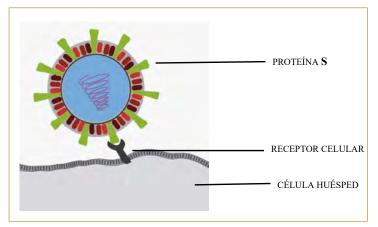


Figura 2. Unión del covid-19 a receptores de la célula huésped.

CORONAVIRUS

Los coronavirus son un grupo de virus pertenecientes a la familia *Coronaviridae*, llamados así por poseer una envoltura en forma de corona; pueden causar diversas afecciones tanto en animales como en humanos, desde infecciones respiratorias leves, como el resfriado común, hasta enfermedades más graves, como el síndrome respiratorio agudo severo (SRAS-Cov) o síndrome respiratorio de Oriente Medio (MERS-CoV), neumonía e insuficiencia renal, entre otras ⁽⁹⁾.

Según algunos estudios, ciertos coronavirus pueden pasar de animales a personas; se sabe que el SRAS-Cov se transmitió de la civeta al ser humano y el MERS-Cov se transmitió del dromedario al ser humano; todavía hay varios coronavirus que están circulando entre animales, sin haber pasado a los humanos (10).

ORIGEN Y NOMENCLATURA DEL VIRUS

Se hizo el análisis filogenético o de parentesco evolutivo de los genomas del nuevo coronavirus 2019,

llamado inicialmente 2019-nCov (nuevo coronavirus), lo que permitió inferir que los murciélagos podrían ser el huésped original de este virus y que un animal vendido en el mercado de mariscos de Wuhan podría ser el huésped intermedio que facilitó la aparición del virus en humanos ⁽⁹⁾.

Los nombres de los virus tienen, comúnmente, nombres diferentes a las enfermedades que causan; se basan en la estructura genética del virus y los adjudica la comunidad científica, lo que facilita el desarrollo de vacunas, pruebas diagnósticas y medicamentos; no obstante, los nombres de las enfermedades en la Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE) los adjudica la OMS, en virtud de su función como entidad que da respuesta ante la propagación de las enfermedades humanas y las evita.

El nombre de este virus se ha cambiado con frecuencia. Después de ser llamado 2019-nCov, el Comité Internacional de Taxonomía de Virus (ICTV, por su sigla en inglés), responsable de la clasificación de los virus de la familia *Coronaviridae*, basado en el parentesco con otros coronavirus, sugirió darle el nombre de coronavirus 2 del síndrome respiratorio agudo severo (SARS-Cov-2); sin embargo el covid-19 es diferente de los otros coronavirus relacionados con el SARS, razón por la cual se recomendó cambiar su nombre a coronavirus humano 2019 (H Cov-19).

La OMS se refirió al virus como el virus responsable de la enfermedad respiratoria aguda covid-19 o el virus de la covid-19 en colaboración con la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), lo cual hizo oficial el 11 de febrero de 2020, dejando en claro que ninguna de estas designaciones remplazaría el nombre dado por el ICTV ⁽²⁾.

VÍA DE TRANSMISIÓN DEL COVID-19

El virus covid-19 se transmite principalmente a través de las gotículas que elimina una persona al toser, estornudar o hablar, y que entran en contacto con las mucosas de la boca, nariz y conjuntiva de los ojos de otra persona; adicionalmente, se puede transmitir por el contacto directo con personas y con superficies contaminadas (11).

Las gotículas tienen un diámetro que oscila entre 5 y 10 micras y el contagio se produce a menos de un metro de distancia; la transmisión aérea es a través de

microgotas con diámetro inferior a 5 micras, las cuales permanecen en el aire por periodos prolongados y contagian a las personas que se encuentren a más de un metro de distancia. De allí que este tipo de transmisión puede ocurrir en lugares donde se realizan procedimientos que pueden generar aerosoles, tales como nebulizaciones, broncoscopias o intubación (11).

Estudios realizados sugieren que el covid-19 puede ocasionar infección intestinal y, por ende, encontrarse en la materia fecal, la cual llega a las aguas residuales (11).

¿LA DETECCIÓN DEL RNA VIRAL EN AGUA SIGNIFICA INFECTIVIDAD?

La detección del RNA viral en un cuerpo de agua puede indicar si el virus estuvo allí, pero no indica si todavía está presente y si tiene la capacidad de producir infección. Los métodos de detección de virus en muestras ambientales han evolucionado; anteriormente se realizaban pruebas que producían enfermedades a animales, y luego se hacían pruebas inmunológicas de detección de ácidos nucleicos de los virus y ensayos de inserción de material genético del virus en una célula (transfección).

Los ensayos en cultivos celulares en los que se adiciona la muestra de agua a un cultivo de células huésped que poseen los receptores para el virus que se desea detectar fueron los que permitieron entender, inicialmente, la transmisión de los virus a través del agua. En estos cultivos, el virus se reproduce y causa efectos negativos en las células, como la lisis o rompimiento de éstas, lo que se evidencia con la formación de placas o agujeros en el cultivo celular; de allí que los resultados se expresen en unidades formadoras de placa (UFP) por volumen de muestra adicionada. Aunque este método es indicador de infectividad del virus, no es muy utilizado debido al lento crecimiento de éste y al alto costo de dichos cultivos (8).

Las técnicas de amplificación de ácidos nucleicos se iniciaron en 1980; actualmente, el método más directo para la detección del covid-19 es la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), cuyo fundamento se basa en la detección de secuencias específicas de ácidos nucleicos de diversos microorganismos. Esta técnica sintetiza varias copias de un segmento de ADN de interés a través de nucleótidos sintéticos conocidos como cebadores, los cuales se unen al material genético en estudio para permitir la identificación del organismo. La metodología

consiste en hacer filtración y elución de la muestra de agua que se va a analizar, lo cual se logra por precipitación química y por centrifugación (8).

En el caso del covid-19, cuyo ácido nucleico es el ARN, se utiliza la PCR inversa, en la que los ácidos nucleicos de la muestra se mezclan con cebadores y reactivos fluorescentes; se inicia con la síntesis de varias copias y la intensidad de la señal fluorescente indica la cantidad de ARN presente, pero no si el virus es infectivo o viable.

Ha surgido una nueva herramienta para el diagnóstico rápido de microorganismos patógenos en aguas residuales; consiste en un dispositivo analítico en papel, el cual se despliega al paso de los ácidos nucleicos de los patógenos, y por medio de una reacción bioquímica se detecta si el ácido nucleico está presente; son dispositivos fáciles de transportar y almacenar. A pesar de ser un método molecular, los resultados son visibles a simple vista por la coloración que se presenta debido al sustrato que posee (círculo de color azul indica ensayo negativo, círculo de color verde indica resultado positivo).

Pese a que las aguas residuales son matrices complejas, estos dispositivos de papel, pequeños, portátiles y muy económicos, han demostrado ser fiables en la detección de covid-19 en aguas residuales *in situ*, rastreando portadores del virus en la comunidad como sistema de alerta temprana para prevenir la propagación de epidemias ⁽⁷⁾.

¿EL COVID-19 PUEDE PROPAGARSE POR EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO?

Estudios recientes han permitido comprobar que el covid-19 se adhiere a receptores de los pulmones y del tracto gastrointestinal, lo que sugiere que se puede excretar en las heces y apoya la teoría de su transmisión oral-fecal; sin embargo, los científicos creen que la exposición al agua residual no es una ruta significativa de transmisión. Si bien cuantifican los niveles de ARN viral, no hay suficiente información de que el virus se transmita a través del agua residual, lo cual implica un riesgo en salud pública ⁽⁸⁾.

Varias entidades gubernamentales e instituciones en el ámbito internacional recomiendan monitorear las aguas residuales para detectar el ARN del virus covid-19 y utilizar esos datos como herramientas de alerta temprana. Los investigadores holandeses del Instituto de Investigación del Agua (KWR) fueron los primeros en analizar las aguas residuales para buscar el nuevo coronavirus, con el argumento de que las aguas residuales urbanas son depósitos de microorganismos que provienen de las heces de personas infectadas; el 24 de marzo de 2020 publicaron los resultados de la primera detección del ARN del virus covid-19 en aguas residuales no tratadas e informaron que no detectaron el virus en aguas residuales tratadas⁽⁸⁾.

Investigaciones recientes demuestran que la técnica PCR sirve de apoyo como herramienta de detección del virus covid-19 en aguas residuales en Estados Unidos, Australia y Países Bajos para la vigilancia de la salud pública, permitiendo estimar el número de infecciones en la comunidad ⁽⁸⁾.

La idea de la vigilancia de las aguas residuales ha ganado popularidad entre la comunidad científica y en las entidades de salud pública en el ámbito mundial; investigadores del Consejo Superior de Investigaciones científicas (CSIC) y la Universidad de Valencia, en España, han desarrollado una técnica molecular que permite alertar de la presencia del covid-19 a partir del estudio de aguas residuales; los hallazgos evidencian la presencia de aproximadamente 100.000 copias de material genético del virus por litro de agua residual, resultados que se han utilizado como herramienta de vigilancia epidemiológica⁽¹²⁾.

De igual manera, la Escuela de Ciencias y Gestión Ambiental Bren de la Universidad de California, en Santa Bárbara, está trabajando en la utilización de aguas residuales con el fin de controlar las tasas de infección a escala local ⁽⁷⁾. La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) participa en un proyecto piloto en el que se analizan pruebas de aguas residuales como indicadoras de la presencia de infecciones por coronavirus en comunidades ⁽¹³⁾.

La OMS hace una petición a escala internacional en cuanto a la necesidad de testear, identificar y aislar el covid-19; hasta el momento, los investigadores están de acuerdo en que la detección del covid-19 en aguas residuales es una herramienta para monitorear comunidades específicas y poder prepararse para controlar el brote y mitigar sus efectos (13).

Sin embargo, un resultado positivo de PCR en una muestra ambiental no es indicador del efecto de un desinfectante en un virus, pues no hay evidencia actual que demuestre que el coronavirus sobrevive a los procesos de desinfección utilizados para el tratamiento de agua potable y agua residual; por lo tanto, no es una razón para que las empresas prestadoras de servicios públicos realicen cambios en las operaciones y procesos. Se sugiere que los procesos actuales de tratamiento son suficientes para el control del virus ⁽⁸⁾.

FACTORES QUE IMPACTAN LA VIABILIDAD DEL VIRUS COVID-19

Factores como el ambiente, el huésped, las propiedades del virus y la ruta de transmisión influyen en la infectividad o capacidad del virus de ingresar a una célula huésped y reproducirse dentro de ella.

La temperatura, humedad, luz, edad del huésped, susceptibilidad genética, sistema inmune, propiedades del virus tales como si tiene o no envoltura lipídica, tiempo en el ambiente, dosis infectiva y transmisión por aerosoles, agua residual o superficies, pueden alterar el virus en toda su estructura o en parte de ésta (14).

Las variaciones climáticas que incluyen la temperatura y la humedad se relacionan con la estacionalidad, la cual se refiere a la prevalencia de una enfermedad en relación con las estaciones del año; varias de las enfermedades respiratorias causadas por coronavirus aumentan en invierno, pero es incierto que el covid-19 presente estacionalidad, aunque datos preliminares aseguran que su transmisión aumenta en condiciones climáticas secas y frías. Por lo anterior, es importante monitorear las variaciones climáticas, al igual que las variables epidemiológicas que permitan predecir posibles brotes (16).

Un estudio realizado permitió evaluar la viabilidad del virus covid-19 a diferentes temperaturas. Se observa que es muy estable a 4 °C, baja su infectividad al día 14 y se inactiva completamente a 70 °C durante cinco minutos; además, se demostró su vulnerabilidad a la desinfección ⁽⁸⁾.

Los desinfectantes oxidantes fuertes, como el cloro libre y el ozono, alteran la estructura completa del virus; hay otros desinfectantes que sólo alteran la envoltura y hacen que el virus sea menos infeccioso debido a que disminuye la capacidad de adherirse a las células huésped. Esta es la razón por la cual los virus con envoltura son los más expuestos a la desinfección.

La desinfección con luz ultravioleta destruye la capacidad de reproducción de los virus al alterar su ácido nucleico. En algunas investigaciones se ha demostrado su efectividad en los coronavirus SARS y MERS, pero faltan estudios que confirmen el efecto de ésta en el covid-19⁽¹⁵⁾.

Los niveles de virus infecciosos en muestras ambientales podrían ser bajos, lo que requeriría métodos de alta sensibilidad para la cuantificación precisa del covid-19 (12).

¿SE PUEDE TRANSMITIR EL COVID-19 A TRAVÉS DE AEROSOLES?

Según datos de la Water Environment Federation (WEF), el covid-19 puede sobrevivir en aerosoles cuando el agua residual se agita mecánicamente; a su vez, estudios realizados por el *New England Journal of Medicine* reportaron la supervivencia del virus por tres días en aerosoles generados experimentalmente. La evidencia, aunque es limitada, sugiere que el covid-19, como otros virus transmitidos por el agua, puede sobrevivir hasta por nueve días en las superficies, por lo cual se recomienda desinfectar aquellas que entran en contacto con salpicaduras de las aguas residuales. Se sugiere desinfectar las superficies inanimadas con hipoclorito de sodio entre 0,1 y 0,5 %, etanol al 70 %, o ácido peracético al 0,5 %, por un tiempo mínimo de un minuto, lo cual debería ser efectivo ⁽⁸⁾.

REFERENCIAS

Organización Mundial de la Salud (2020). Disponible en https://www.who.int/es/news-room/detail/27-04-2020-who-timeline---covid-19.

Brote de enfermedad por coronavirus Covid-10 (2020). Disponible en https://www.who.int/es/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019.

Organización Mundial de la Salud (2020). Disponible en https://www.who.int/es/dg/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020.

Organización Panamericana de la Salud (2020). Disponible en https://www.paho.org/es/tag/informes-situacion-para-covid-19 La Organización Mundial de la Salud caracteriza al covid-19 como una pandemia (2020). Disponible en https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=15756:who-characterizes-covid-19-as-a-pandemic&Itemid=1926&Iang=es. Cronología del coronavirus: así comenzó y se extendió el virus que tiene en alerta al mundo (2020). Disponible en https://cnnespanol.cnn.com/2020/02/20/cronologia-del-coronavirus-asi-comenzo-y-se-extendio-el-virus-que-pone-en-alerta-al-mundo/. Mao, K., Zhang, H., & Yang, Z. (marzo de 2020). Can a Paper-Based Device Trace covid-19 Sources with Wastewater-Based. Epidemiology Environmental Science & Technology Journal. Coronavirus and Water Systems: An update and expansion on The Water Professional's Guide to covid-19 (2020). Disponible

Caracterización genómica y epidemiología del nuevo coronavirus 2019: implicaciones para los orígenes del virus y la unión al receptor (2020). Disponible en https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(20)30251-8/fulltext.

en www.wef.org/news-hub/wef-news/coronavirus-and-water-

Coronavirus (COV) Global (2020). Disponible en https://www.who.int/es/health-topics/coronavirus.

Vías de transmisión del virus de la covid-19: repercusiones para las recomendaciones relativas a las precauciones en materia de prevención y control de las infecciones (2020). Disponible en https://www.who.int/es/news-room/commentaries/detail/modes-of-transmission-of-virus-causing-covid-19-implications-for-ipc-precaution-recommendations.

Desarrollan un sistema de análisis molecular para alertar de coronavirus en aguas residuales (2020). Disponible en https://gestoresderesiduos.org/noticias/desarrollan-un-sistema-de-analisis-molecular-para-alertar-de-coronavirus-covid-19-enaguas-residuales.

https://smartwatermagazine.com/news/smart-water-magazine/epa-research-pilot-project-will-monitor-coronavirus-wastewater. Una necesidad imperativa de investigación sobre el papel de los factores ambientales en la transmisión del nuevo coronavirus covid-19 (2020). Environ. Sci. Technol., 54 (7), 3730-3732. Disponible en https://doi.org/10.1021/acs.est.0c01102.

Efectividad de la luz ultravioleta contra los virus covid-19 (2020). Disponible en https://holdingconsultants.org/efectividad-de-la-luz-ultravioleta-contra-los-virus-covid-19/?v=42983b05e2f2.

Posible influencia de la estacionalidad y las variables atmosféricas en el covid-10. Disponible en http://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/361.