

Revisión

Resistencia antimicrobiana y daño al medio ambiente, en el contexto COVID-19: Una revisión sistemática

Antimicrobial resistance and damage to the environment, in the context of COVID-19: A systematic review

<https://doi.org/10.52808/bmsa.7e6.624.007>

Alberto Sánchez Garrido ^{1,*}

<https://orcid.org/0000-0002-2418-7020>

Silvia Tatiana Tite Andi ¹

<https://orcid.org/0000-0002-4560-1542>

Karen Aracelly Tobar Armendariz¹

<https://orcid.org/0000-0002-3397-3509>

Alex Ramón Valencia Herrera ¹

<https://orcid.org/0000-0002-1871-2749>

Recibido: 28/02/2022

Aceptado: 16/07/2022

RESUMEN

Las pautas de abordaje de los pacientes con COVID-19, al inicio de la pandemia, se realizó por ensayo, ya que se desconocía la fisiopatología de esta nueva enfermedad, entre las acciones médicas se describió el uso de antibioticoterapias de manera indiscriminada, también se instó a realizar desinfección profundas, muchas veces, con sustancias químicas con impacto negativo en la salud ambiental, tanto a nivel de la microbiota encargada del equilibrio ecológico, como en la contaminación ambiental, principalmente del agua. Aunado a esto, debido a la emergencia sanitaria, se requirió usar en mayor cantidad equipos de protección personal de un solo uso y, como consecuencias el aumento de desechos sólidos peligrosos, cuya composición son de degradación tardía. Por tanto, la respuesta sanitaria ante la pandemia, probablemente fue escenario para acentuar la resistencia antimicrobiana y el riesgo de daño ambiental. En este, artículo se realizó una revisión sistemática de la literatura científica en torno a estos tópicos, las evidencias demostraron el aumento de mecanismos de resistencias de bacterias, principalmente, patógenas del tracto respiratorio. De igual manera, el impacto negativo por uso irracional de desinfectantes químicos, traducido en bacterias resistentes especialmente a compuestos de amonio cuaternario. La bioacumulación y biomagnificación de estas sustancias ha provocado toxicidad, mutaciones, propagación de genes de resistencia. Por lo tanto, se sugiere que se priorice las estrategias que mitiguen el rastro que ha venido extendiéndose al paso de la pandemia por el SAR- CoV-2.

Palabras clave: COVID-19, resistencia a antibioticos, desinfección, amonio cuaternario, salud ambiental.

ABSTRACT

The guidelines for the approach of patients with COVID-19, at the beginning of the pandemic, were carried out by trial, since the pathophysiology of this new disease was unknown, among the medical actions the use of antibiotic therapies indiscriminately was described, also the urged to carry out deep disinfection, many times, with chemical substances with a negative impact on environmental health, both at the level of the microbiota responsible for the ecological balance, and in environmental pollution, mainly of water. In addition to this, due to the health emergency, it was required to use more single-use personal protective equipment and, as a consequence, the increase in hazardous solid waste, whose composition is delayed degradation. Therefore, the health response to the pandemic was probably the setting to accentuate antimicrobial resistance and the risk of environmental damage. In this article, a systematic review of the scientific literature on these topics was carried out, the evidence demonstrated the increase in resistance mechanisms of bacteria, mainly pathogens of the respiratory tract. Anyways, the negative impact due to the irrational use of chemical disinfectants, translated into resistant bacteria, especially to quaternary ammonium compounds. The bioaccumulation and biomagnification of these substances has caused toxicity, mutations, propagation of resistance genes. Therefore, it is suggested that strategies be prioritized that mitigate the trail that has been spreading as the pandemic passed by SAR-CoV-2.

Keywords: COVID-19, antibiotic resistance, disinfection, quaternary ammonium, environmental health.

¹ Universidad Regional Autónoma de Los Andes (UNIANDES), Ecuador.

*Autor de Correspondencia: ua.albertosanchez@uniandes.edu.ec

Introducción

El síndrome respiratorio agudo grave por SARS-CoV-2, agente etiológico de la COVID-19, ha originado la pandemia desde el 2020, y se ha convertido en una preocupación mundial (WHO, 2019; WHO, 2020b); muchos han sido los esfuerzos e investigaciones para conseguir contener la propagación de este virus, entre ello, el aumento y la aparición de series de productos químicos industriales y domésticos, como los desinfectantes para manos, jabones líquidos, desinfectantes y otros; el consumo global de estas sustancias químicas por la pandemia de COVID-19 ha sido geométrico sin precedentes.

Los Estados del mundo han establecido estrategias ante la pandemia, las cuales pueden variar de un país a otro, con el único objeto de controlar la infección y proteger a los más vulnerables, sin embargo, a nivel mundial se ha

promovido el uso generalizado y desatendido de antibióticos como parte del paquete de tratamiento clínico, lo que puede generar consecuencias en otros ámbitos, como es el incremento de la resistencia a los antibióticos (RAM), la cual se origina por el mal uso de agentes antimicrobianos tanto en humanos como animales, favoreciendo a mutaciones genéticas de los microbios haciéndose resistentes a ciertas farmacoterapias (Hsu, 2020; Rusic *et al.*, 2021). En efecto, la resistencia de los microorganismos a sus medicamentos antagonistas, es una amenaza tangible a la esencia de la medicina actual, orientada a la curación de los procesos patológicos, principalmente los de tipos infecciosos, en este sentido, la efectiva respuesta de la salud pública mundial ha visto afectada negativamente (Llerena *et al.*, 2022).

Los resultados directos de la infección con microorganismos resistentes pueden ser graves y provocar una enfermedad más prolongada, mayor mortalidad, estadías hospitalarias más prolongadas, pérdida de protección para los pacientes que se someten a cirugía y otros procedimientos médicos y mayores costos (Mahmood *et al.*, 2020). Por tanto, centrarse en los antibióticos durante las epidemias virales puede parecer extraño. A pesar de esto, la literatura científica indican que un porcentaje muy alto de pacientes que están siendo tratados con antibióticos de amplio espectro para la profilaxis o el tratamiento; argumentado en la coinfección bacteriana en la influenza pandémica y estacional, en este caso, la tasa de infección alcanza el 20-30% y se asocia a la gravedad de la enfermedad, mayor uso de recursos médicos y mayor riesgo de muerte. Sin embargo, la resistencia a los antibióticos antes de la pandemia por COVID-19, ya ha requerido una acción mundial urgente (WHO, 2001), es necesario continuar las investigaciones acerca la coinfección en los pacientes con COVID-19 y así promover el uso responsable de antibióticos para minimizar los impactos negativos del abuso (Monsalve & Moscoso, 2021).

Aunado a lo anterior, como medidas de bioseguridad, principalmente para el recurso humano que laboran en la primera línea de contención de la COVID-19, se diseñaron trajes desechables de protección personal, sumado a la recomendación mundial del uso obligatorio de máscaras faciales, lo que se traduce en mayor cantidad de desechos sólidos y la gestión para su eliminación representa un desafío, aumentando la contaminación ambiental (Sharma & Chatterjee, 2017). Asimismo, el daño al ecosistema puede verse potenciado, por el uso indiscriminado de sustancias químicas que están siendo usadas irracionalmente como medidas de prevención en la propagación SARS-CoV-2; el mayor uso de desinfectantes podría provocar desastres secundarios en todo el mundo (López *et al.*, 2020).

Los desinfectantes son sustancias químicas que están específicamente formulados para destruir o inhibir el crecimiento de microorganismos patógenos en fase vegetativa o no esporulada recomendados para aplicarlos sobre la piel, objetos y superficies inanimadas para tratar y prevenir la infección. Según su acción pueden ser bactericida, viricida, fungicida y esporicida. Además, existen varias clases, como detergentes, ácidos, agentes oxidantes, alcoholes, álcalis, aldehídos, biguanidas, halógenos, fenoles y compuestos de amonio cuaternario (QAC) (García & Uribe, 2005; Leyva *et al.*, 2020).

Ahora bien, los desinfectantes químicos pueden iniciar tres tipos de mecanismos de destrucción que incluyen la reticulación, la coagulación, la formación de grumos, la alteración estructural y funcional y la oxidación. Estos procesos pueden ocurrir por oxidación, hidrólisis, desnaturalización o sustitución. En el caso de los virus, pueden afectar la membrana lipídica, la membrana citoplasmática, el metabolismo energético, el citoplasma, el núcleo, las enzimas o las proteínas (Dhama *et al.*, 2021). Por lo tanto, el SARS-CoV-2 es susceptible a una amplia variedad de desinfectantes (Chin *et al.*, 2020), disolventes lipídicos, incluidos etanol (> 75 %), formaldehído (> 0,7 %), isopropanol (> 70 %), povidona yodada (> 0,23 %), hipoclorito de sodio (> 0,21 %) o peróxido de hidrógeno (H₂O₂; > 0,5 %), se pueden utilizar para inactivar el mencionado virus. No obstante, la desinfección no planificada puede dar origen a aguas residuales, que impacten negativamente a la salud ambiental, ocasionando efectos nocivos a seres vivos (Dhama *et al.*, 2021).

Es más, las prácticas y estrategias de gestión actuales para controlar la resistencia a los antimicrobianos y priorizar los esquemas de administración de antibióticos deben ser extremadamente destacadas en relación con COVID-19. Las preocupaciones sobre el consumo de "demasiados antimicrobianos y biocidas" y "demasiada higiene" también deben abordarse durante esta pandemia debido a sus impactos en la resistencia a los antimicrobianos, la salud pública y el medio ambiente (Rezasoltani *et al.*, 2020). Es evidente el cambio constante y dinámico de los microorganismos para adaptarse y así garantizar su supervivencia en el tiempo, generando mecanismos de resistencias, haciendo ineficaces a sus fármacos antagonistas, los cuales están siendo utilizados de manera irracional; situación similar se presenta en el ecosistema, que ha sido afectado negativamente por la influencia antropogénica, por el empleo desproporcional de desinfectantes químicos, en el contexto COVID-19, ha tenido un aumento exponencial, sin planificación. De lo anterior, se estima como consecuencias de las pautas de tratamientos y profilaxis para prevenir las complicaciones por SARS-CoV-2, la probabilidad de aumentar la resistencia antimicrobiana y el riesgo de daño al medio ambiente por contaminación química; por tanto este artículo se basó en revisión sistemática de literatura científica orientada en mencionados tópicos.

Materiales y métodos

Se realizó una investigación de tipo documental utilizando las palabras claves: "COVID-19", "*Risk of antimicrobial resistance and environmental damage to chemical substances used to prevent the spread of COVID 19.*" y su equivalente en idioma español: "*Riesgo de resistencia antimicrobiana y daño ambiental ante las sustancias químicas usadas en la prevención de la propagación del COVID 19*". La búsqueda de los artículos científicos se realizaron en bases de datos de Scielo, PubMed, LILACS, Scopus y Web of Science, utilizando las palabras clave basadas en la

categorización de DeCs y MeSH utilizando relaciones lógicas AND y OR. Se tomaron en cuenta criterios de inclusión tales como: idioma (español e inglés); tipo de material bibliográfico (tesis, artículos científicos originales y de revisión, libros y estudios de casos); período de publicación (desde 2019 hasta 2022); fueron desestimados las cartas editoriales, anotaciones académicas y otros tipos de literatura con escaso valor científico.



Figura 1. Representación del proceso de selección de documentos

La sistemática para la selección de las referencias bibliográficas consistió en la revisión por parte de investigadores pares, en el proceso de selección de documentos, de 56 documentos inicial, fueron excluidos 13 de ellos. Finalmente, se trabajó con 43 documentos, clasificados posteriormente de acuerdo a su relación con el riesgo de resistencia antimicrobiana, 14 artículos y para daño ambiental, 29 documentos (Figura 1).

Resultados

La probabilidad de aumentar la resistencia antimicrobiana

Antes del surgimiento de la pandemia del SARS-CoV-2, ya exigía acciones inmediatas, coordinadas y ambiciosas para evitar la crisis de RAM potencialmente desastrosa, sus consecuencias económicas y de salud relacionadas. Ahora, en medio de una crisis global, que ha alterado la vida normal, causando que cientos de miles de personas se enfermen u hospitalicen o mueran, en medio de esta situación han surgido protocolos terapéuticos para abordar la COVID-19, por tanto, es indispensable que se siga realizando investigaciones que expliquen la fisiopatología de esta enfermedad, proporcionando terapias potencialmente efectivas para el tratamiento de las coinfecciones bacterianas secundarias. Asimismo, el seguimiento prospectivo de las coinfecciones en pacientes con COVID-19 podría determinar si las mismas afectan la progresión de la enfermedad y pueden interferir con el tratamiento antiviral (Rezasoltani *et al.*, 2020). El impacto de la pandemia, ha hecho que los esfuerzos científicos y económicos se concentren en COVID-19, esto ha generado inquietud por la desatención de otros problemas de salud pública. La OMS expresó preocupación por la disminución significativa en la inversión y la falta de innovación para el desarrollo de nuevos agentes antimicrobianos, lo que puede debilitar los esfuerzos mundiales para combatir las infecciones resistentes a los medicamentos, implicando retrocesos en el control de la RAM (WHO, 2020a).

Se ha estimado que la RAM podría provocar 10 millones de muertes para 2050 si no se hace nada contra la amenaza, y es probable que la mayoría de las muertes ocurran en Asia y África. Debido a que la RAM provoca fracasos en el tratamiento, prolonga las estancias hospitalarias, empeora los resultados clínicos y hace que los procedimientos quirúrgicos y la quimioterapia sean riesgosos e inseguros. Christaki *et al.*, (2020) afirmaron que a la sombra de la pandemia por COVID-19, ha habido una pandemia de resistencia a los antimicrobianos en curso. Es probable que se esté alimentando la aparición de resistencia a los antimicrobianos debido a las altas tasas de prescripción inadecuada de antimicrobianos, el elevado uso de biocidas y la interrupción del tratamiento por otras afecciones (Getahun *et al.*, 2020; Jaimes, 2020). Por lo que Jukic *et al.*, (2020) señalaron que uno de los elementos modificables que contribuyen a la aparición de la resistencia antimicrobiana es el uso innecesario y excesivo de estos fármacos. Estudios científicos han mostrado que las cantidades y los tipos de antimicrobianos utilizados en el contexto COVID-19, están poco documentados y, por lo tanto, subestimados. Aunado a los informes clínicos prematuros de posibles tratamientos para COVID-19 que sugerían a la azitromicina/hidroxiclороquina, como tratamiento eficaz, y que los medios de comunicación y líderes políticos amplificaron, resultó en una escasez esporádica de estos medicamentos, sugiriendo el uso sin prescripción y seguimiento médico (Hsu, 2020; Rusic *et al.*, 2021).

Si bien es posible que los antibióticos no afecten directamente al COVID-19, son agentes administrados para prevenir o tratar infecciones bacterianas secundarias en estos pacientes. Como resultado, el aumento del uso inadecuado de antibióticos, en enfermos que no requiere este tipo de fármaco, sugestivo para aumentar las cepas microbianas resistentes, hecho que fue documentado en epidemias anteriores, en las que se registraron aumento de las infecciones por *Stafilococcus aureus* resistente a la metilina en los hospitales (Yap *et al.*, 2004). Un análisis de la literatura por Fattorini *et al.*, (2021) mostró que el 88,3% de los pacientes positivos para COVID-19 recibieron tratamiento con antibióticos de amplio espectro. Lo que ha llegado a establecer la hipótesis de que pacientes con COVID-19 con coinfección bacterianas, también puedan estar luchando contra un microbio RAM, siendo necesario el establecer un algoritmo de diagnóstico para definir las etiologías bacterianas, y precisar el tratamiento más eficaz para evitar la mortalidad en estos casos clínicos, por lo que es imperativo monitorear la epidemiología de las especies de bacterias, especialmente los patógenos respiratorios para informar las decisiones de tratamiento en la era de COVID-19 (Egyir *et al.*, 2020).

Se ha informado una coinfección con patógenos resistentes a los antimicrobianos en pacientes con COVID-19. Es decir, infecciones que incluyen *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomona aeruginosa*, *Escherichia coli* multirresistente, *Enterococcus sp.*, *Chlamydia pneumoniae*, *Mycoplasma pneumoniae* y *Acinetobacter spp.* (Ukuhor, 2021). Según la investigación de Fattorini *et al.*, (2020) las bacterias aisladas más comunes en pacientes con COVID-19 fueron *M. pneumoniae*, *S. aureus*, *Legionella pneumophila*, *Haemophilus spp.*, *Klebsiella spp.*, *P. aeruginosa*, *Chlamydia spp.*, *S. pneumoniae* y *A. baumannii*. Entre los pacientes en la UCI, el 1,3% de ellos desarrollaron superinfecciones con cepas resistentes de *S. aureus*, *K. pneumoniae*, *P. aeruginosa* o *A. baumannii*. También se han reportado coinfecciones frecuentes de tuberculosis y COVID-19 (Paul, Mondal & Mandal, 2021).

Por otra parte, hallazgos recientes revelaron que el patógeno *Enterococcus faecium*, que es una de las principales causas de infecciones nosocomiales, se ha vuelto 10 veces más resistente al alcohol para lavarse las manos (70% de isopropanol). Otros informes también sugieren que el uso excesivo de desinfectantes para manos a base de alcohol en entornos hospitalarios crea una presión de selección para desarrollar cepas de patógenos más resistentes, en los entornos médicos/hospitalarios; sin embargo, el papel del alcohol en la generación de resistencia a los antimicrobianos en entornos naturales no puede ignorarse debido a su uso excesivo en medio de la COVID-19. Asimismo, varios patógenos, incluidos *P. aeruginosa*, *Bacillus cereus*, *E. coli*, y *Mycobacterium spp.*, han mostrado resistencia y tolerancia al cloruro de benzalconio. Asimismo, los agentes antimicrobianos como el triclosán, el triclocarbán, la clorhexidina, generalmente se agregan a los jabones de manos medicados y a los desinfectantes para manos sin alcohol. El triclosán y sus compuestos relacionados son disruptores endocrinos y persistentes en el medio ambiente, que tienen el potencial de inducir resistencia a múltiples antibióticos a través de mutaciones genéticas en patógenos. No solo esto, la resistencia cruzada entre el cloruro de benzalconio y los antibióticos y la toxicidad de los compuestos de amonio cuaternario también ha sido bien documentada en la literatura. Por lo tanto, el uso excesivo de desinfectantes para manos y jabones de manos medicados que contienen tales agentes antimicrobianos durante y después de la pandemia de COVID-19 podría tener un impacto negativo para la salud humana (Daverey & Dutta, 2021; Maragoni *et al.*, 2021).

Riesgo de generación de daño ambiental

El esfuerzo por contener la propagación de SARS-CoV-2, ha intensificado el proceso de desinfección, sin embargo, estudios señalan que el uso de grandes volúmenes de desinfectantes y el empleo de desinfección general, además de la pérdida de costos y poca eficiencia, generará problemas respiratorios y contaminación del suelo, áreas verdes y agua (Bayham & Fenichel, 2020). Aunque la desinfección se lleva a cabo en entornos públicos para reducir la contaminación y la contaminación visual de las ciudades puede reducirse, datos de investigaciones, mostraron que la desinfección global de las ciudades no tiene un efecto significativo en la erradicación del virus. No obstante, aún no hay consenso sobre la transmisión del virus a través del asfalto del piso de la calle al calzado y al hogar, por lo que algunas ciudades prosiguen con el lavado de las calles. La recomendación es realizar desinfección dirigida y centralizada en lugares especiales como depósitos y estaciones de eliminación de desechos, vehículos de transporte de desechos, vehículos de transporte público y lugares concurridos como tiendas y farmacias se desinfecten de manera centralizada y en intervalos regulares de desinfección (Bayham & Fenichel, 2020; McIntosh, 2020; Poursadeqiyani *et al.*, 2020).

Cabe señalar que la concentración final de desinfectantes y biocidas liberados en el medio ambiente, como el suelo, el agua, los estanques y, lo que es más importante, en los micro ecosistemas (MES) y nichos micro ecológicos donde están presentes diversas especies bacterianas es crítica. En general, se supone que altas concentraciones de tales agentes microbicidas podrían matar por completo a la mayoría de las especies bacterianas, especialmente aquellas que brindan servicios beneficiosos para el ecosistema y para otros organismos vivos, al tiempo que inhiben la aparición de microorganismos resistentes a los medicamentos (Murray, 2020). Por otro lado, también se presume que si las concentraciones de biocidas alcanzan la concentración inhibidora submínima (sub-MIC), este evento puede aumentar la presión selectiva, impulsar la transferencia horizontal de genes (HGT) e impulsar la evolución de antimicrobianos. El hipoclorito de sodio se usa comúnmente para la desinfección de aguas residuales hospitalarias para prevenir la propagación de enfermedades infecciosas nosocomiales; se ha demostrado que el cloro residual en el medio ambiente reacciona con compuestos ambientales para producir compuestos tóxicos como trihalometanos y ácidos haloacéticos; afectando el sistema respiratorio humano, aunado a esto, el cloro residual en las plantas de tratamiento de aguas, contamina el agua potable y pone en peligro la vida acuática (Hashemi *et al.*, 2012). Los compuestos químicos utilizados

como desinfectantes no solo son dañinos para los humanos, sino amenazan la vida silvestre y las plantas acuáticas, ya que los agentes catalizan la oxidación de sus proteínas y la destrucción de sus paredes celulares, poniendo en peligro a animales y ecosistemas acuáticos (Nabi *et al.*, 2020; Patel *et al.*, 2020; Rai *et al.*, 2020;; Zhang *et al.*, 2020; Teymoorian *et al.*, 2021).

Además, estos productos químicos pueden unirse a otros materiales para formar compuestos nocivos. Por ejemplo, los desinfectantes de cloro reaccionan con la materia orgánica disuelta del agua superficial para producir subproductos desinfectantes, como ácidos haloacéticos y trihalometanos, que son altamente tóxicos para la flora y fauna acuática. El cloro también reacciona con la materia orgánica en las aguas residuales, lo que resulta en la generación de compuestos orgánicos de cloro que persisten como contaminantes ambientales (Emmanuel *et al.*, 2004). También, los desinfectantes pueden ejercer un efecto sobre la actividad microbiana en las plantas de tratamiento de aguas residuales, comprometiendo la eliminación efectiva de contaminantes (carbono, nítrosa y fósforo) (Rai *et al.*, 2020). Estudios de laboratorio han evidenciado la aparición de bacterias ambientales resistentes a biocidas a bajas concentraciones (inhibitorias), observándose niveles bajos a intermedios de resistencia en la mayoría de los casos, aunque de vez en cuando se ha informado un alto nivel de resistencia, con bisfenoltriclosán o con el quimioesterilizante glutaraldehído (Fraud *et al.*, 2001) y otros agentes oxidantes (Walsh *et al.*, 2001).

La vida silvestre urbana, también ha sido afectada por el uso extensivo de desinfectantes contra el COVID-19 (Nabi *et al.*, 2020); los animales no domésticos, pueden estar un contacto potencial con sustancias corrosivas o dañinas. Se ha documentado muertes de especies pequeñas, representando un desequilibrio ecológico, con alteración de fuentes de alimentos y contaminación del agua. El empleo de estas sustancias de manera irracional ocasiona bioacumulación y biomagnificación, provocando toxicidad, mutaciones, propagación de genes de resistencia a los antibióticos y la aparición de bacterias resistentes a los antibióticos (Zhang *et al.*, 2020). Por tanto, se ha propuesto, que las técnicas de limpieza, higienización, desinfección y otros métodos para contener los efectos devastadores de la pandemia deben estar sujetas a modificaciones en el tiempo de acuerdo con sus consecuencias nocivas para el medio ambiente y la salud humana (Dhama *et al.*, 2021); realizar la limpieza con soluciones ecológicas, como los limpiadores de agua de enjuague libre, son igualmente efectivas, pero los residuos químicos no tendrán la oportunidad de acumularse. También, se ha comprobado que la limpieza a fondo de las superficies ambientales con agua y detergente son procedimientos efectivos y suficientes (CDC, 2008). El uso del alcohol isopropílico o lejía, debe ser diluido y empleados en superficies, como encimeras o pisos de mármol, piedra caliza o terrazo (Kampf *et al.*, 2020; WHO, 2020d).

Por otra parte, es bien sabido que el plástico contribuye al cambio climático a través de la emisión de gases de efecto invernadero, la contaminación marina, la seguridad alimentaria y la escasez de agua dulce, para contener el impacto negativo, se han desarrollado varias iniciativas y directivas a nivel internacional, nacional y regional, incluidos impuestos ambientales o prohibiciones sobre ciertos plásticos de un solo uso. Sin embargo, con la aparición de COVID-19 ha generado algunas mejoras ambientales significativas, una mejor calidad del aire exterior y una disminución del número de fumadores; pero, también trajo consigo la necesidad del uso rápido y amplio de ropa protectora, por ende, la acumulación de residuos sólidos potencialmente infecciosos. En el caso de los guantes se debe considerar la eliminación adecuada, el número de guantes utilizados es mayor que el de máscaras de respiración, y la mayoría de estos guantes están hechos de nitrilo o látex, y su degradación en el medio ambiente llevará mucho tiempo (Seymour *et al.*, 2020; WHO, 2020c). Asimismo, se reporta que la industria textil tradicional utiliza más de 8000 químicos en sus muchos y variados procesos de manufactura, y la persistencia de los materiales en el medio ambiente es un desafío constante ya que implica, procesamiento, elaboración de tejidos (epoxi u otras resinas) (Corburn, 2020; Niinimäki, 2020).

Uddin *et al.* (2022) discuten los impactos ambientales de la ropa de protección personal de un solo uso, específicamente, el mapa global de desechos plásticos de un solo uso, contaminación (acuática, marina y química) y sus huellas ambientales antes y durante COVID-19, sus recomendaciones y perspectivas fueron dirigidas sobre cómo se pueden cambiar los productos o la tecnología para que sean más sostenibles, incluida la disminución del uso de ropa de protección de un solo uso y sus desechos, y avanzar hacia el uso de prendas de protección inteligentes, sostenibles y reutilizables, y la incorporación de un mayor marco de por vida.

Consideraciones finales

La literatura científica consultada aporta evidencia de las consecuencias del uso de manera excesiva de antimicrobianos y sustancias desinfectantes, las cuales fueron empleadas como medidas desesperadas para contener la pandemia por SARS-CoV-2, el nuevo coronavirus originó la realización de prácticas con poca evidencia científica, sin embargo, hoy día se conoce sobre la fisiopatología de la COVID-19 que permite, replantear el algoritmo para abordar a los pacientes infectados, entre ellos el uso de antibióticos solo en caso de coinfecciones bacterianas, las cuales deben ser caracterizadas con el fin de hallar el tratamiento farmacológico adecuado. Asimismo, concienciar acerca de la desinfección las cuales deben ser dirigidas, planificadas y empleando productos ecológicos. Reducir el impacto de la respuesta sanitaria producto a la crisis de salud global, debe ser una prioridad a considerarse cuidadosamente, es un hecho que los microorganismos a causa de la exposición repetida de desinfectantes, antibióticos u otros productos químicos genotóxicos ha permitido mutaciones que los hace resistentes, asegurando así su supervivencia, y complicando los esquemas terapéuticos, además a nivel ambiental, se ha transformado y hasta perdido microbiotas responsables de

equilibrios ecológicos. La evidencia apunta al hecho de que, en el contexto pandemia, se descuidó los avances en la lucha contra la RAM y aunado a eso, se contribuyó a la multiplicación de los desechos sólidos y a la contaminación ambiental, siendo necesario realizar investigaciones en materia de antibioticoterapias y proponer nuevas estrategias, como la desinfección y eliminación de desechos contaminados secos y húmedos basados en protocolos estándar, lo que permitirá ir saneando el ambiente de la huella que ha marcado la pandemia COVID-19.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Agradecimientos

Gracias a nuestra institución.

Referencias

- Bayham, J., & Fenichel, E. P. (2020). Impact of school closures for COVID-19 on the US health-care workforce and net mortality: a modelling study. *The Lancet. Public health*, 5(5), e271–e278. [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(20\)30082-7](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(20)30082-7)
- Centers for Disease Control and Prevention, CDC. (2008). Guideline for disinfection and sterilization in healthcare facilities. Atlanta (GA): Infection Control Practices Advisory Committee. Disponible en: <https://www.cdc.gov/infectioncontrol/pdf/guidelines/disinfection-guidelines-H.pdf>. (Acceso marzo 2021).
- Christaki, E., Marcou, M., & Tofarides, A. (2020). Antimicrobial Resistance in Bacteria: Mechanisms, Evolution, and Persistence. *Journal of molecular evolution*, 88(1), 26–40. <https://doi.org/10.1007/s00239-019-09914-3>
- Corburn, J., Vlahov, D., Mberu, B., Riley, L., Caiaffa, W. T., Rashid, S. F., Ko, A., Patel, S., Jukur, S., Martínez-Herrera, E., Jayasinghe, S., Agarwal, S., Nguendo-Yongsi, B., Weru, J., Ouma, S., Edmundo, K., Oni, T., & Ayad, H. (2020). Slum Health: Arresting COVID-19 and Improving Well-Being in Urban Informal Settlements. *Journal of urban health : bulletin of the New York Academy of Medicine*, 97(3), 348–357. <https://doi.org/10.1007/s11524-020-00438-6>
- Daverey, A., & Dutta, K. (2021). COVID-19: Eco-friendly hand hygiene for human and environmental safety. *Journal of environmental chemical engineering*, 9(2), 104754. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104754>
- Dhama, K., Patel, S. K., Kumar, R., Masand, R., Rana, J., Yattoo, M. I., Tiwari, R., Sharun, K., Mohapatra, R. K., Natesan, S., Dhawan, M., Ahmad, T., Emran, T. B., Malik, Y. S., & Harapan, H. (2021). The role of disinfectants and sanitizers during COVID-19 pandemic: advantages and deleterious effects on humans and the environment. *Environmental science and pollution research international*, 28(26), 34211–34228. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14429-w>
- Egyir, B., Obeng-Nkrumah, N., & Kyei, G. B. (2020). COVID-19 pandemic and antimicrobial resistance: Another call to strengthen laboratory diagnostic capacity in Africa. *African journal of laboratory medicine*, 9(1), 1302. <https://doi.org/10.4102/ajlm.v9i1.1302>
- Fattorini, L., Creti, R., Palma, C., Pantosti, A., Unit of Antibiotic Resistance and Special Pathogens, & Unit of Antibiotic Resistance and Special Pathogens of the Department of Infectious Diseases, Istituto Superiore di Sanità, Rome (2020). Bacterial coinfections in COVID-19: an underestimated adversary. *Annali dell'Istituto superiore di sanita*, 56(3), 359–364. https://doi.org/10.4415/ANN_20_03_14
- Fraud, S., Maillard, J. Y., & Russell, A. D. (2001). Comparison of the mycobactericidal activity of ortho- phthalaldehyde, glutaraldehyde and other dialdehydes by a quantitative suspension test. *The Journal of hospital infection*, 48(3), 214–221. <https://doi.org/10.1053/jhin.2001.1009>
- García, A y Uribe, M. (2005). Limpieza y desinfección de superficies, Cali: Sena. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11404/5106> (Acceso enero 2022).
- Getahun, H., Smith, I., Trivedi, K., Paulin, S., & Balkhy, H. H. (2020). Tackling antimicrobial resistance in the COVID-19 pandemic. *Bulletin of the World Health Organization*, 98(7), 442–442A. <https://doi.org/10.2471/BLT.20.268573>
- Hashemi, H., Amin, M. M., Ebrahimi, A., Rezai, R., & Safari, M. (2012). Evaluation of health, environmental, economic and technical aspects of disinfection of WWTP effluent in the north of Isfahan with UV instead of chlorine. *Scientific Journal of Kurdistan University of Medical Sciences*, 16(4), 50-59. Disponible en: <http://sjku.muk.ac.ir/article-1-652-en.html>. (Acceso enero 2022).

- Jaimés, J. E. R. (2020). Propuesta integral para prevención y contención de la propagación del SARS-Cov2 "Covid 19". Archivos de medicina, 16(3), 2. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7527346>. (Acceso enero 2022).
- Jukic, I., Rusic, D., Vukovic, J., Zivkovic, P. M., Bukic, J., Leskur, D., Seselja Perisin, A., Luksic, M., & Modun, D. (2020). Correlation of registered drug packs with Maastricht V/Florence Consensus Report and national treatment guidelines for management of Helicobacter pylori infection. Basic & clinical pharmacology & toxicology, 126(3), 212–225. <https://doi.org/10.1111/bcpt.13322>
- Kampf, G., Todt, D., Pfaender, S., & Steinmann, E. (2020). Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents. The Journal of hospital infection, 104(3), 246–251. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2020.01.022>
- Leyva, O. H., Gómez, M. L. V., Quiñones, J. A. D., Pérez, L. D. S., García, M. V., & Consuegras, P. L. A. (2020). Manual de procedimientos para la limpieza y desinfección de superficies en el enfrentamiento a la COVID-19. Medisur, 18(3), 519-531. Disponible en: <http://medisur.sld.cu/index.php/medisur/article/view/4682>. (Acceso enero 2022).
- Llerena, M., Wong, L. & Cobo, D. (2022). La lucha antimicrobiana: Desarrollo de competencias en 6 universidades ecuatorianas. Boletín de Malariología y Salud Ambiental, 62(2), 288-296. <https://doi.org/10.52808/bmsa.7e6.622.020>
- López, A., Mejía, R., & Guinteros, E. (2020). Desinfección del Equipo de Protección Personal en la atención sanitaria de la pandemia COVID 19. Minist Salud, 368. Disponible en: <http://ins.salud.gob.sv/evidencia-cientifica/> (Acceso enero 2022).
- Mahmood, A., Eqan, M., Pervez, S., Alghamdi, H. A., Tabinda, A. B., Yasar, A., Brindhadevi, K., & Pugazhendhi, A. (2020). COVID-19 and frequent use of hand sanitizers; human health and environmental hazards by exposure pathways. The Science of the total environment, 742, 140561. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140561>
- Maragoni-Santos, C., Serrano Pinheiro de Souza, T., Matheus, J., de Brito Nogueira, T. B., Xavier-Santos, D., Miyahira, R. F., Costa Antunes, A. E., & Fai, A. (2022). COVID-19 pandemic sheds light on the importance of food safety practices: risks, global recommendations, and perspectives. Critical reviews in food science and nutrition, 62(20), 5569–5581. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1887078>
- McIntosh, K. (2020). Coronavirus disease 2019 (COVID-19). In: Hirsch MS, Bloom A, editors. Literature review current. Disponible en: https://www.cmim.org/PDF_covid/Coronavirus_disease2019_COVID-19_UpToDate2.pdf. (Acceso enero 2022).
- Monsalve, N. G., & Moscoso Gama, J. M. (2021). Resistencia Bacteriana a Desinfectantes en áreas comunes de oficinas. Magazine of the Colombian Association of Biological Sciences (ACCB), 1(33), 60-74. <https://doi.org/10.47499/revistaaccb.v1i33.225>
- Murray A. K. (2020). The Novel Coronavirus COVID-19 Outbreak: Global Implications for Antimicrobial Resistance. Frontiers in microbiology, 11, 1020. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01020>
- Nabi, G., Wang, Y., Hao, Y., Khan, S., Wu, Y., & Li, D. (2020). Massive use of disinfectants against COVID-19 poses potential risks to urban wildlife. Environmental research, 188, 109916. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109916>
- Niinimäki, K., Peters, G., Dahlbo, H., Perry, P., Rissanen, T., & Gwilt, A. (2020). The environmental price of fast fashion. Nature Reviews Earth & Environment, 1(4), 189-200. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0039-9>.
- Patel, N., Khan, M. D., Shahane, S., Rai, D., Chauhan, D., Kant, C., & Chaudhary, V. K. (2020). Emerging pollutants in aquatic environment: Source, effect, and challenges in biomonitoring and bioremediation-A review. Pollution, 6(1), 99-113. <https://doi.org/10.22059/poll.2019.285116.646>
- Paul, D., Mondal, S. K., & Mandal, S. M. (2021). Biologia Futura: use of biocides during COVID-19-global reshuffling of the microbiota. Biologia futura, 72(3), 273–280. <https://doi.org/10.1007/s42977-021-00069-1>
- Poursadeqiyani, M., Bazrafshan, E., & Arefi, M. F. (2020). Review of environmental challenges and pandemic crisis of Covid-19. Journal of education and health promotion, 9, 250. https://doi.org/10.4103/jehp.jehp_420_20
- Rai, N. K., Ashok, A., & Akondi, B. R. (2020). Consequences of chemical impact of disinfectants: safe preventive measures against COVID-19. Critical reviews in toxicology, 50(6), 513–520. <https://doi.org/10.1080/10408444.2020.1790499>
- Rezasoltani, S., Yadegar, A., Hatami, B., Asadzadeh Aghdaei, H., & Zali, M. R. (2020). Antimicrobial resistance as a hidden menace lurking behind the COVID-19 outbreak: the global impacts of too much hygiene on AMR. Frontiers in Microbiology, 3097. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.590683>.

- Seymour, N., Yavelak, M., Christian, C., Chapman, B., & Danyluk, M. (2020). COVID-19 FAQ for food service: Receiving and food packaging. EDIS 2020. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9910-8>
- Sharma, S., & Chatterjee, S. (2017). Microplastic pollution, a threat to marine ecosystem and human health: a short review. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(27), 21530-21547. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9910>
- Teymoorian, T., Teymourian, T., Kowsari, E., & Ramakrishna, S. (2021). Direct and indirect effects of SARS-CoV-2 on wastewater treatment. *Journal of Water Process Engineering*, 42, 102193. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102193>
- Uddin, M. A., Afroj, S., Hasan, T., Carr, C., Novoselov, K. S., & Karim, N. (2022). Environmental Impacts of Personal Protective Clothing Used to Combat COVID-19. *Advanced Sustainable Systems*, 6(1), 2100176. <https://doi.org/10.1002/adsu.202100176>.
- Ukuhor, H.O. (2021). The interrelationships between antimicrobial resistance, COVID-19, past, and future pandemics. *J. Infect. Public Health*, 14, 53-60. <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2020.10.018>
- Walsh, S. E., Maillard, J. Y., & Russell, A. D. (2001). Possible mechanisms for the relative efficacies of ortho-phthalaldehyde and glutaraldehyde against glutaraldehyde-resistant *Mycobacterium chelonae*. *Journal of Applied Microbiology*, 91, 80-92. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2001.01341.x>
- World Health Organization (WHO). (2001). Estrategia mundial OMS de contención de la resistencia a los Antimicrobianos. WHO/CDS/CSR/DRS/2001.2a. Disponible en: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/66897/WHO_CDS_CSR_DRS_2001.2a_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y (Acceso enero 2022).
- World Health Organization (WHO). (2019). Coronavirus disease (COVID-19) Pandemic. Disponible en: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019> (Acceso enero 2022).
- World Health Organization (WHO). (2020a). Strategic Preparedness and Response Plan for the New Coronavirus. Disponible en: <https://www.who.int/publications-detail/covid-19-strategy-update-13-april-2020>. (Acceso enero 2022).
- World Health Organization (WHO). (2020b). Novel Coronavirus (2019-nCoV) Situation Report-10: data as reported by 30 January 2020. WHO. Disponible en: https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200130-sitrep-10-ncov.pdf?sfvrsn=d0b2e480_2. (Acceso enero 2022).
- World Health Organization, WHO. (2020c). Water, Sanitation, Hygiene and Waste Management for COVID-19: Technical Brief, 03 March 2020. World Health Organization. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/331305> (Acceso enero 2022).
- World Health Organization, WHO. (2020d) Recommendations to member states to improve hand hygiene practices to help prevent the transmission of the COVID-19 virus. Interim guidance. pp. 1–3. Disponible en: <https://www.who.int/publications/i/item/recommendations-to-member-states-to-improve-hand-hygiene-practices-to-help-prevent-the-transmission-of-the-covid-19-virus> (Acceso enero 2022).
- Yap, F. H., Gomersall, C. D., Fung, K. S., Ho, P. L., Ho, O. M., Lam, P. K., Lam, D. T., Lyon, D. J., & Joynt, G. M. (2004). Increase in methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* acquisition rate and change in pathogen pattern associated with an outbreak of severe acute respiratory syndrome. *Clinical infectious diseases* : an official publication of the Infectious Diseases Society of America, 39(4), 511–516. <https://doi.org/10.1086/422641>
- Zhang, H., Tang, W., Chen, Y., & Yin, W. (2020). Disinfection threatens aquatic ecosystems. *Science*, 368(6487), 146-147. <https://doi.org/10.1126/science.abb8905>