Perspectivas epidemiológicas actuales y futuras a causa del cambio global

Académico en la Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional, Costa Rica (juan.romero.zuniga@una.ac.cr)

Juan José Romero Zúñiga

El cambio global tiene derivaciones profundas en la salud pública y el perfil epidemiológico de un país y del mundo; la pandemia por la Covid-19 es un claro ejemplo de ello. La comprensión de las interacciones entre todos los componentes de la biosfera, en todas dimensiones y direcciones, es esencial para desarrollar estrategias de salud pública adaptativas y mitigadoras que aborden los desafíos emergentes y promuevan la resiliencia frente a los impactos del cambio global en la salud.

En este camino, la integración de los conceptos de Una Salud (One Health) y Un Bienestar (One Welfare) en la epidemiología, como un concepto de amplio alcance e impacto, ofrece una perspectiva ampliada y colaborativa para enfrentar los desafíos de salud en el contexto del cambio global. Reconocer la interconexión de la salud humana, animal y ambiental en este enfoque holístico permitirá anticipar y gestionar mejor las amenazas epidemiológicas de manera ético y sostenible; incluso, teniendo, en el horizonte cercano, la producción social regenerativa de la salud.

Los artículos publicados se distribuyen bajo una licencia Creative Commons Reconocimiento al autor-No comercial-Compartir igual 4.0 Internacional (CC BY NC SA 4.0 Internacional) basada en una obra en http://www.ambientico.una.ac.cr, lo que implica la posibilidad de que los lectores puedan de forma gratuita descargar, almacenar, copiar y distribuir la versión final aprobada y publicada (post print) de los artículos, siempre y cuando se realice sin fines comerciales, se mencione la fuente y autoría de la obra.

Hoy, al hablar de salud, debemos de hacerlo desde el concepto de Una Salud (One Health), complementado por el de Un Bienestar (One Welfare) (Lindenmayer & Kaufman, 2021). Se trata de un cambio sustancial en la forma histórica, muy biologicista y disciplinar, de ver la salud de las personas de manera aislada de la de los animales y la del ambiente. Ya desde mediados del siglo XIX Rudolph Virchow introduce el término "zoonosen" en alusión a las enfermedades compartidas entre humanos y animales, y deja ver que no deben existir líneas divisorias entre la medicina humana y la animal (Saunders, 2000).

Fue casi un siglo después, en 1947, que James H. Steele funda la división de Salud Pública Veterinaria en los Centros para el Control de Enfermedades (CDC) de los Estados Unidos de América. En muy pocos años se reconoció, a partir de ahí, la estrecha relación entre las enfermedades de las personas y los animales y Calvin Schwabe, en 1964, propone el término One medicine para referirse a las enfermedades compartidas (Sánchez *et al*., 2022). Sin embargo, quedaba pendiente un elemento en la ecuación: la salud ambiental. Aguirre y colaboradores se adentran en el concepto de salud ecológica, y muestran la estrecha relación entre esta y la salud humana y animal (Aguirre *et al*., 2002). Aun así, no existía una forma global, de un carácter oficial, de impulsar este nuevo paradigma de la salud de enfoque integral.

Ya entrado el siglo XXI es que se reconoce la estrecha relación de los tres componentes: salud humana, salud animal y salud ambiental por parte de las máximas autoridades en salud: Organización Mundial de la Salud (OMS), Organización Mundial de Sanidad Animal (OMSA) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Desde el 2004, a nivel global, los países han ido adoptado, en mayor o menor medida y velocidad, esta concepción de la salud con enfoque holístico. Al inicio, este enfoque se centraba en tres elementos urgentes: zoonosis (ZNS), enfermedades transmitidas por alimentos (ETA), y resistencia a los antimicrobianos (RAM).

Estos tres son responsables de decenas de millones de muertes al año, especialmente en países pobres y de renta media; pero los ricos no están exentos de sus impactos (Berggren, 2017). Se reportó que la cantidad de muertes directas por RAM en 2019 fue de 1.27 millones (IC 95% 0.91–1.71), pero las muertes asociadas alcanzaron casi los 5 millones (IC 95% 3.62–6.57) (Murray *et al*., 2022). La OMS reportó que, en 2010, las ETA producidas únicamente por 31 peligros globales (virus, parásitos y bacterias) causaron cerca de 600 millones de casos (IC95% 420 - 960) y 420 mil muertes (IC 95% 310 - 600) (Foodborne Disease Burden Epidemiology Reference Group, 2015). Por su parte, se estima que las ZNS causan 2.5 miles de millones de casos anuales, y cerca de 2.7 millones de muertes (van der Westhuizen *et al*., 2023).

Actualmente, el paradigma de Una Salud se ha convertido en uno más integrador aún, especialmente inspirado por los Objetivos del Desarrollo Sostenible 2030 (United Nations, 2015). Como se observa en la **Figura 1**, cada factor ahí representado junto a su respectivo ámbito de salud guarda relación, directa o indirecta, con todos los demás. Si se hiciera un ejercicio de grafos, las aristas irían de cada nodo hacia los demás, y cada nodo recibiría una de todos. Así de cercanas son las relaciones.

Recientemente se ha incorporado el concepto de Un Bienestar (One Welfare) (García Pinillos *et al.*, 2015). Esta visión pretende proporcionar la construcción ética, moral y social individual en búsqueda de orientar las acciones de Una Salud y procurar el bienestar como parte consustancial de una salud plena. Como se observa en el **Figura 2**, describe las interrelaciones entre el bienestar animal, el bienestar humano y el entorno físico y social (García Pinillos *et al.*, 2016). Se pretende que sirva como fundamento del comportamiento humano y de la formulación de políticas establecidas en el reconocimiento y el respeto de la interdependencia entre todos los seres vivos y con los recursos naturales del planeta (Lindenmayer & Kaufman, 2021).

Como se verá más adelante, este par de conceptos: Una Salud y Un Bienestar, son la base actual de cualquier forma de observar los eventos en salud de las poblaciones, pero con una visión ampliada de la salud física, mental, emocional y social, incluyendo al resto de los elementos consustanciales de la biosfera: animales y ambiente.

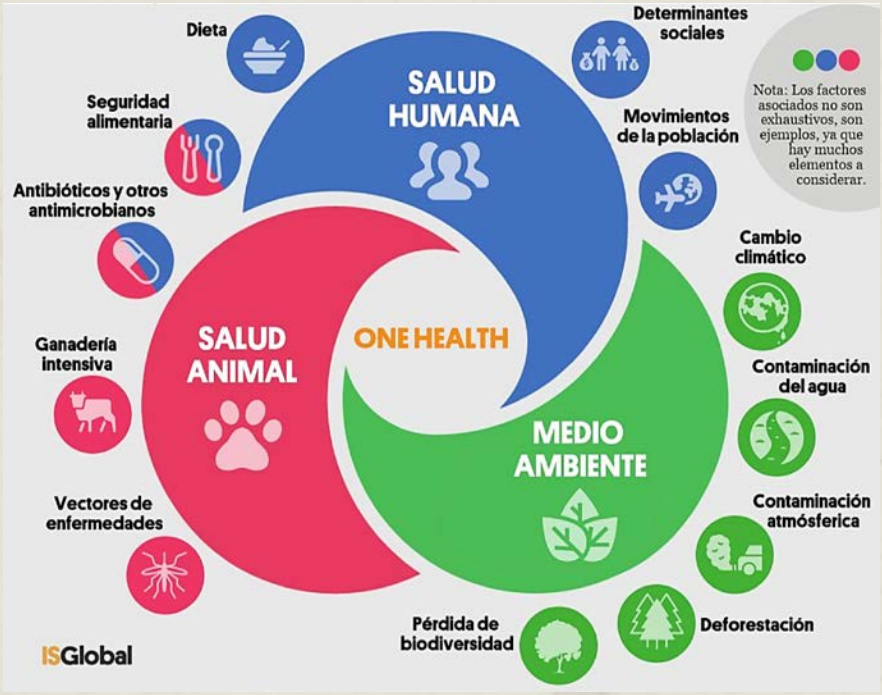

Figura 1. Principales relaciones entre factores específicos de los componentes de la salud humana, salud animal y salud ambiental. Fuente: ISGlobal (s. f.).

La pandemia por la Covid-19 acercó, como nunca en la historia, la epidemiología a las

Figura 2. Ejemplos de los eventos que cobija, en primera instancia, el paradigma de Un Bienestar (One Welfare). Fuente: García Pinillos *et al.* (2016).

personas. De un pronto a otro, los medios de comunicación y las redes sociales se inundaron de datos, cifras, gráficos, conceptos, entre otras cosas, de elementos generalmente reservados a las personas dedicadas a la epidemiología y sus aplicaciones. Dicho sea de paso, que van más allá de la medicina en particular, y de las ciencias de la vida, en general.

Hay definiciones de epidemiología que, particularmente, no me gustan pues se quedan muy cortas en su alcance y la circunscriben al ámbito de las enfermedades, incluso, olvidándose de sus determinantes.

La definición más amplia, es la del Diccionario de Epidemiología (Porta *et al.*, 2008): *"El estudio de la aparición y distribución de estados o acontecimientos relacionados con la salud en poblaciones específicas, incluido el estudio de los determinantes que influyen en dichos estados, y la aplicación de estos conocimientos para controlar los problemas de salud"*.

El alcance de esa definición se ha ampliado de modo que se puede aplicar a eventos o estados sociales (pobreza, desempleo, divorcios, accidentes de tráfico, violencia, etc.); además, la aparición y profundización del abordaje desde de los eventos desde los determinantes sociales de la salud (World Health Organization, 2010), vino a romper el paradigma preponderantemente biologicista. De ese modo, los eventos que ocurren a una persona, en lo individual, está determinado por factores incluso muy externos a ella y su entorno, generadas, incluso, hace décadas.

El cambio global, marcado por factores como el calentamiento global, la pérdida de biodiversidad y la globalización, entre otros, ha desencadenado transformaciones profundas en los ecosistemas y la sociedad. En este punto hay que recalcar que el cambio global es producto directo de las actividades antrópicas acumuladas desde siempre, pero que se intensificaron en el último siglo. De ese modo, los impactos negativos de esa actividad antrópica han crecido, en muchos aspectos, de forma exponencial. Tanto así, que se le ha llamado a esta Era la del Antropoceno (Pontificia Universidad Católica de Chile, 2017). Los efectos del cambio global se pueden resumir, a grandes rasgos, como se presenta en la **Cuadro 1**.

Cuadro 1. Efectos del cambio global sobre diversos ámbitos epidemiológicos.

Ámbito	Efecto	Descripción
Aumento de enfermedades infecciosas	Cambio climático	Cambios en los patrones climáticos y las temperaturas globales perturban la distribución geográfica y estacional de vectores de enfermedades como el dengue, la malaria, las encefalitis virales, y la borreliosis, entre otras, expandiendo las nosoáreas (Jones *et al*., 2008; Shope, 1991; Van de Vuurst & Escobar, 2023).
	Desplazamiento de población	La movilización humana forzada asociada a eventos climáticos extremos -o conflictos- facilitan la propagación de enfermedades infecciosas (Castelli & Sulis, 2017; McMichael, 2015).
Enfermedades y zoonosis emergentes y reemergentes	Pérdida de biodiversidad	La pérdida de biodiversidad por la degradación de los hábitats aumenta la interacción entre animales silvestres, domésticos (mascotas o de producción) y humanos, lo que facilita las zoonosis (Jones *et al*., 2008; Watts *et al*., 2018; Zinsstag *et al*., 2018).
	Globalización	La conectividad global facilita que las enfermedades (re) emergentes se propaguen rápidamente entre países (p. ej. COVID-19) (Choi *et al*., 2022; Tsiotas & Tselios, 2022).
	Rápida urbanización	La urbanización acelerada en áreas naturales facilita las condiciones para el desarrollo de ETA, zoonosis y la RAM (Messina *et al*., 2019; Nguyen-Thanh *et al*., 2023).
Desafíos en la seguridad alimentaria	Cambio climático y agricultura	Las alteraciones en los patrones climáticos pueden reducir la eficiencia de la producción agropecuaria, reduciendo la disponibilidad de alimentos y produciendo malnutrición, condiciones que facilitan la ocurrencia de enfermedades infecciosas por afectación el sistema inmunológico (Myers *et al*., 2017; Trivellone *et al*., 2022).
Enfermedades no transmisibles (ENT) y estilos de vida	Rápida urbanización	La urbanización se asocia con actividades económicas de alta exigencia en tiempo que puede inducir a cambios en el estilo de vida: dietas poco saludables, falta de actividad física, consumo de tabaco y alcohol, trastornos del sueño, y descuido de las prácticas sanitarias de control, prevención y tratamiento, que contribuyen al aumento de ENT como diabetes, enfermedades cardiovasculares y obesidad (Angkurawaranon *et al*., 2014; Unwin & Alberti, 2006).

Ámbito	Efecto	Descripción
Desigualdades en salud	Impacto diferencial	El cambio global no afecta a todos por igual: las comunidades más vulnerables y marginadas enfrentan una mayor carga de enfermedad debido la falta de acceso a servicios de salud, agua limpia y condiciones de vida adecuadas, entre otros (Levy & Patz, 2015).
Resistencia a los antibióticos	Uso excesivo en agricultura y ganadería	La agricultura intensiva propicia el abuso de antibióticos en animales y la agricultura, lo que contribuye a la resistencia antimicrobiana y reduce la eficacia de los tratamientos médicos (Anderson *et al*., 2019; Samreen *et al*., 2021).
Impacto en la economía de la salud	Desplazamiento económico	Eventos climáticos extremos con subsecuentes crisis económicas, pueden afectar negativamente la salud mental y aumentar la prevalencia de enfermedades relacionadas con el estrés (Chersich *et al*., 2018).

Eventos como los desastres naturales, cada vez más difíciles de separar de los de causa antrópica, se pueden relacionar de manera transversal con los resumidos en la **Cuadro 1**. Quizás sea más claro pensar en que terremotos o erupciones volcánicas como verdaderos eventos que causen desastres naturales, pero otros como incendios forestales, inundaciones, tornados y tormentas tropicales, entre los más significativos, tienen una evidente marca de causa antrópica. Lo efectos sobre la salud, pensada siempre bajo el paradigma de Una Salud-Un Bienestar, se evidencian en el incremento en lesiones y muertes de personas y animales (Bartholdson & von Schreeb, 2018; International Fund for Animal Welfare, 2023), aumento en las consecuencias de las enfermedades crónicas como diabetes e hipertensión por dificultad en su atención y seguimiento (Gohardehi *et al*., 2020; Narita *et al*., 2021), aumento en ETA por agua contaminada o por la dificultad de acceder a agua potable para la higiene personal y la cocción de los alimentos (Kouadio *et al*., 2012; Na *et al*., 2016). Se suma a ello la afectación a la seguridad alimentaria por reducción de las áreas de cultivo, pérdidas en las cosechas o dificultades logísticas para hacer llegar los productos hasta la población (Khan *et al*., 2022; Reed *et al*., 2022). Un efecto muchas veces inadvertido, pero cada vez más estudiado es sobre la salud mental: hay un incremento sustancial en los desórdenes mentales a consecuencia de estos eventos calamitosos (Charlson *et al*., 2021; Saeed & Gargano, 2022). Finalmente, es posible que haya inhabilitación de infraestructura sanitaria, además de que los recursos humanos se ven sometidos a fuertes presiones, horarios inapropiados y distrés físico y emocional (Palmer *et al*., 2022; Salam *et al*., 2023).

La relación entre el cambio global y la epidemiología es compleja y multifacética. Aunque presenta desafíos sustanciales para la salud pública, también crea oportunidades para abordar de manera más efectiva las enfermedades. La

integración de enfoques multidisciplinarios, la colaboración internacional y la adopción de medidas preventivas sostenibles son cruciales para mitigar los efectos negativos y capitalizar las oportunidades que el cambio global presenta en el ámbito epidemiológico. Al comprender y abordar esta conexión intrincada, podemos avanzar hacia un futuro más saludable y resiliente en el contexto de un mundo en constante transformación.

Referencias

Aguirre, A. A., Ostfeld, R. S., Tabor, G. M., House, C., & Pearl, M. C. (2002). *Conservation Medicine: Ecological Health in Practice*.

Anderson, M., Clift, C., Schulze, K., Sagan, A., Nahrgang, S., Ait Ouakrim, D., & Mossialos, E. (2019). *Averting the AMR crisis: What are the avenues for policy action for countries in Europe?* European Observatory on Health Systems and Policies. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK543406/

Angkurawaranon, C., Jiraporncharoen, W., Chenthanakij, B., Doyle, P., & Nitsch, D. (2014). Urbanization and non-communicable disease in Southeast Asia: A review of current evidence. *Public Health*, *128*(10), 886-895. https://doi.org/10.1016/j.puhe.2014.08.003

Bartholdson, S., & von Schreeb, J. (2018). Natural Disasters and Injuries: What Does a Surgeon Need to Know? *Current Trauma Reports*, *4*(2), 103-108. https://doi.org/10.1007/s40719-018-0125-3

Berggren, C. (2017). *The impact of climate change on zoonotic infectious diseases*. Karolinska Institutet.

Castelli, F., & Sulis, G. (2017). Migration and infectious diseases. *Clinical Microbiology and Infection: The Official Publication of the European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases*, *23*(5), 283-289. https://doi.org/10.1016/j.cmi.2017.03.012

Charlson, F., Ali, S., Benmarhnia, T., Pearl, M., Massazza, A., Augustinavicius, J., & Scott, J. G. (2021). Climate Change and Mental Health: A Scoping Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(9), 4486. https://doi.org/10.3390/ijerph18094486

Chersich, M. F., Wright, C. Y., Venter, F., Rees, H., Scorgie, F., & Erasmus, B. (2018). Impacts of Climate Change on Health and Wellbeing in South Africa. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *15*(9), 1884. https://doi.org/10.3390/ijerph15091884

Choi, Y., Zou, L., & Dresner, M. (2022). The effects of air transport mobility and global connectivity on viral transmission: Lessons learned from Covid-19 and its variants. *Transport Policy*, *127*, 22-30. https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2022.08.009

Foodborne Disease Burden Epidemiology Reference Group. (2015). *WHO estimates of the Global Burden of Foodborne Diseases* (1st ed.). WHO Library. https://collections.plos.org/collection/ferg2015/

García Pinillos, R., Appleby, M. C., Manteca, X., Scott-Park, F., Smith, C., & Velarde, A. (2016). One Welfare—A platform for improving human and animal welfare. *The Veterinary Record*, *179*(16), 412-413. https://doi.org/10.1136/vr.i5470

García Pinillos, R., Appleby, M. C., Scott-Park, F., & Smith, C. W. (2015). One Welfare. *Veterinary Record*, *177*(24), 629-630. https://doi.org/10.1136/vr.h6830

Gohardehi, F., Seyedin, H., & Moslehi, S. (2020). Prevalence Rate of Diabetes and Hypertension in Disaster-Exposed Populations: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Ethiopian Journal of Health Sciences*, *30*(3), 439-448. https://doi.org/10.4314/ejhs.v30i3.15

International Fund for Animal Welfare. (2023, noviembre 7). *How disasters impact animals*. IFAW. https://www.ifaw.org/journal/how-disasters-impact-animals

ISGLOBAL. (s.f.). *One Health (Una sola salud) o cómo lograr a la vez una salud óptima para las personas, los animales y nuestro planeta.* https://www.isglobal.org/healthisglobal/-/custom-blog-portlet/one-health-una-sola-salud-o-como-lograr-a-la-vez-una-salud-optima-para-las-personas-los-animales-y-nuestro-planeta/90586/0

Jones, K. E., Patel, N. G., Levy, M. A., Storeygard, A., Balk, D., Gittleman, J. L., & Daszak, P. (2008). Global trends in emerging infectious diseases. *Nature*, *451*(7181), 990-993. https://doi.org/10.1038/nature06536

Khan, M. T. I., Anwar, S., & Batool, Z. (2022). The role of infrastructure, socio-economic development, and food security to mitigate the loss of natural disasters. *Environmental Science and Pollution Research International*, *29*(35), 52412-52437. https://doi.org/10.1007/s11356-022-19293-w

Kouadio, I. K., Aljunid, S., Kamigaki, T., Hammad, K., & Oshitani, H. (2012). Infectious diseases following natural disasters: Prevention and control measures. *Expert Review of Anti-Infective Therapy*, *10*(1), 95-104. https://doi.org/10.1586/eri.11.155

Levy, B. S., & Patz, J. A. (2015). Climate Change, Human Rights, and Social Justice. *Annals of Global Health*, *81*(3), 310-322. https://doi.org/10.1016/j.aogh.2015.08.008

Lindenmayer, J., & Kaufman, G. (2021). One Health and One Welfare. En *One Welfare in Practice: The Role of the Veterinarian* (p. 414). CRC Press.

McMichael, C. (2015). Climate change-related migration and infectious disease. *Virulence*, *6*(6), 548-553. https://doi.org/10.1080/21505594.2015.1021539

Messina, J. P., Brady, O. J., Golding, N., Kraemer, M. U. G., Wint, G. R. W., Ray, S. E., Pigott, D. M., Shearer, F. M., Johnson, K., Earl, L., Marczak, L. B., Shirude, S., Davis Weaver, N., Gilbert, M., Velayudhan, R., Jones, P., Jaenisch, T., Scott, T. W., Reiner, R. C., & Hay, S. I. (2019). The current and future global distribution and population at risk of dengue. *Nature Microbiology*, *4*(9), 1508-1515. https://doi.org/10.1038/s41564-019-0476-8

Murray, C. J. L., Ikuta, K. S., Sharara, F., Swetschinski, L., Aguilar, G. R., Gray, A., Han, C., Bisignano, C., Rao, P., Wool, E., Johnson, S. C., Browne, A. J., Chipeta, M. G., Fell, F., Hackett, S., Haines-Woodhouse, G., Hamadani, B. H. K., Kumaran, E. A. P., McManigal, B., … Naghavi, M. (2022). Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: A systematic analysis. *The Lancet*, *399*(10325), 629-655. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02724-0

Myers, S. S., Smith, M. R., Guth, S., Golden, C. D., Vaitla, B., Mueller, N. D., Dangour, A. D., & Huybers, P. (2017). Climate Change and Global Food Systems: Potential Impacts on Food Security and Undernutrition. *Annual Review of Public Health*, *38*, 259-277. https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-031816-044356

Na, W., Lee, K. E., Myung, H.-N., Jo, S.-N., & Jang, J.-Y. (2016). Incidences of Waterborne and Foodborne Diseases After Meteorologic Disasters in South Korea. *Annals of Global Health*, *82*(5), 848-857. https://doi.org/10.1016/j.aogh.2016.10.007

Narita, K., Hoshide, S., & Kario, K. (2021). Time course of disaster-related cardiovascular disease and blood pressure elevation. *Hypertension Research*, *44*(11), 1534-1539. https://doi.org/10.1038/s41440-021-00698-y

Nguyen-Thanh, L., Wernli, D., Målqvist, M., Graells, T., & Jørgensen, P. S. (2023). Characterising proximal and distal drivers of antimicrobial resistance: An umbrella review. *Journal of Global Antimicrobial Resistance*, *36*, 50-58. https://doi.org/10.1016/j.jgar.2023.12.008

Palmer, J., Ku, M., Wang, H., Crosse, K., Bennett, A., Lee, E., Simmons, A., Duffy, L., Montanaro, J., & Bazaid, K. (2022). Public health emergency and psychological distress among healthcare workers: A scoping review. *BMC Public Health*, *22*(1), 1396. https://doi.org/10.1186/s12889-022-13761-1

Pontificia Universidad Católica de Chile. (2017). *Qué es el cambio global*. Cambio global. https://cambioglobal.uc.cl/comunicacion-y-recursos/que-es-el-cambio-global

Porta, M. S., Greenland, S., Porta, M., & International Epidemiological Association (Eds.). (2008). *A dictionary of epidemiology* (5th ed). Oxford University Press.

Reed, C., Anderson, W., Kruczkiewicz, A., Nakamura, J., Gallo, D., Seager, R., & McDermid, S. S. (2022). The impact of flooding on food security across Africa. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *119*(43), e2119399119. https://doi.org/10.1073/pnas.2119399119

Saeed, S. A., & Gargano, S. P. (2022). Natural disasters and mental health. *International Review of Psychiatry (Abingdon, England)*, *34*(1), 16-25. https://doi.org/10.1080/09540261.2022.2037524

Salam, A., Wireko, A. A., Jiffry, R., Ng, J. C., Patel, H., Zahid, M. J., Mehta, A., Huang, H., Abdul-Rahman, T., & Isik, A. (2023). The impact of natural disasters on healthcare and surgical services in low- and middle-income countries. *Annals of Medicine and Surgery*, *85*(8), 3774-3777. https://doi.org/10.1097/MS9.0000000000001041

Samreen, Ahmad, I., Malak, H. A., & Abulreesh, H. H. (2021). Environmental antimicrobial resistance and its drivers: A potential threat to public health. *Journal of Global Antimicrobial Resistance*, *27*, 101-111. https://doi.org/10.1016/j.jgar.2021.08.001

Sánchez, A., Contreras, A., Corrales, J. C., & de la Fe, C. (2022). En el principio fue la zoonosis: One Health para combatir esta y futuras pandemias. Informe SESPAS 2022. *Gaceta Sanitaria*, *36*, S61-S67. https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2022.01.012

Saunders, L. Z. (2000). Virchow's Contributions to Veterinary Medicine: Celebrated Then, Forgotten Now. *Veterinary Pathology*, *37*(3), 199-207. https://doi.org/10.1354/vp.37-3-199

Shope, R. (1991). Global climate change and infectious diseases. *Environmental Health Perspectives*, *96*, 171-174.

Trivellone, V., Hoberg, E. P., Boeger, W. A., & Brooks, D. R. (2022). Food security and emerging infectious disease: Risk assessment and risk management. *Royal Society Open Science*, *9*(2), 211687. https://doi.org/10.1098/rsos.211687

Tsiotas, D., & Tselios, V. (2022). Understanding the uneven spread of COVID-19 in the context of the global interconnected economy. *Scientific Reports*, *12*(1), 666. https://doi.org/10.1038/s41598-021-04717-3

United Nations. (2015). *UN Sustainable Development Goals*. United Nations Sustainable Development. https://www.un.org/sustainabledevelopment/

Unwin, N., & Alberti, K. G. M. M. (2006). Chronic noncommunicable diseases. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology*, *100*(5-6), 455-464. https://doi.org/10.1179/136485906X97453

Van de Vuurst, P., & Escobar, L. E. (2023). Climate change and infectious disease: A review of evidence and research trends. *Infectious Diseases of Poverty*, *12*(1), 51. https://doi.org/10.1186/s40249-023-01102-2

van der Westhuizen, C. G., Burt, F. J., van Heerden, N., van Zyl, W., Anthonissen, T., & Musoke, J. (2023). Prevalence and occupational exposure to zoonotic diseases in high-risk populations in the Free State Province, South Africa. *Frontiers in Microbiology*, *14*, 1196044. https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1196044

Watts, N., Amann, M., Ayeb-Karlsson, S., Belesova, K., Bouley, T., Boykoff, M., Byass, P., Cai, W., Campbell-Lendrum, D., Chambers, J., Cox, P. M., Daly, M., Dasandi, N., Davies, M., Depledge, M., Depoux, A., Dominguez-Salas, P., Drummond, P., Ekins, P., … Costello, A. (2018). The Lancet Countdown on health and climate change: From 25 years of inaction to a global transformation for public health. *Lancet (London, England)*, *391*(10120), 581-630. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32464-9

World Health Organization. (2010). *A Conceptual Framework For Action on tHe Social Determinants of Health:* Document Production Services, WHO. https://www.who.int/publications/i/item/9789241500852

Zinsstag, J., Crump, L., Schelling, E., Hattendorf, J., Maidane, Y. O., Ali, K. O., Muhummed, A., Umer, A. A., Aliyi, F., Nooh, F., Abdikadir, M. I., Ali, S. M., Hartinger, S., Mäusezahl, D., de White, M. B. G., Cordon-Rosales, C., Castillo, D. A., McCracken, J., Abakar, F., … Cissé, G. (2018). Climate change and One Health. *FEMS Microbiology Letters*, *365*(11), fny085. https://doi.org/10.1093/femsle/fny085