

El microbio: Camino biológico a través de la especie humana

The microbe biological path through the human species

<https://doi.org/10.52808/bmsa.8e7.632.001>

Jessica Maria Soria Villanes¹

<https://orcid.org/0000-0002-3478-4865>

Mónica Evencia Poma Vivas^{1,*}

<https://orcid.org/0000-0002-8004-9212>

Camila Alejandra Traverso Castillo¹

<https://orcid.org/0000-0002-0258-4009>

Michelle Norma Antonio¹

<https://orcid.org/0000-0003-0042-800X>

Recibido: 14/11/2022

Aceptado: 23/03/2023

RESUMEN

Los microbios son organismos pequeños que incluyen bacterias, virus, hongos y otros organismos unicelulares que desempeñan roles importantes en los ecosistemas y la salud humana. A lo largo de miles de millones de años, los microbios han evolucionado y ocupado prácticamente todos los nichos ecológicos del planeta. Pueden ser beneficiosos o perjudiciales, y su interacción con los humanos ha dado lugar a pandemias y enfermedades graves desde la Peste de Antonino hasta la pandemia de COVID-19, las interacciones entre los microorganismos y los humanos, así como los mecanismos de transmisión, han desempeñado un papel crucial en la propagación de enfermedades, la comprensión de su epidemiología y transmisión es esencial para su control. La cadena epidemiológica describe el proceso de transmisión de una enfermedad infecciosa e involucra elementos como el agente infeccioso, el huésped susceptible, el reservorio, la puerta de salida, la puerta de entrada y la vulnerabilidad del huésped. El estudio de la epidemiología y la microbiología permite identificar los factores de riesgo asociados con la transmisión de microorganismos, desarrollar estrategias de control de infecciones, así como diseñar y evaluar intervenciones, para prevenir la propagación de enfermedades y promover la salud pública. Comprender el camino biológico del microbio en la especie humana es fundamental para el diagnóstico, tratamiento y prevención de las enfermedades infecciosas, conociendo a profundidad la infectividad, patogenicidad, virulencia, letalidad, poder antigénico y capacidad de mutación de los agentes infecciosos. Esta revisión hace énfasis en el microbio y su camino biológico a través de la especie humana.

Palabras clave: Microbio, Interacciones Biológicas, Especie Humana, Evolución, Co-Evolución.

ABSTRACT

Microbes are small organisms including bacteria, viruses, fungi, and other single-celled organisms that play important roles in ecosystems and human health. Over billions of years, microbes have evolved and filled virtually every ecological niche on the planet. They can be beneficial or detrimental, and their interaction with humans has led to pandemics and serious diseases from the Antonine Plague to the COVID-19 pandemic, the interactions between microorganisms and humans, as well as the mechanisms of transmission, have played a crucial role in the spread of diseases, understanding their epidemiology and transmission is essential for their control. The epidemiological chain describes the transmission process of an infectious disease and involves elements such as the infectious agent, the susceptible host, the reservoir, the exit door, the door of entry, and the vulnerability of the host. The study of epidemiology and microbiology makes it possible to identify the risk factors associated with the transmission of microorganisms, develop infection control strategies, as well as design and evaluate interventions to prevent the spread of diseases and promote public health. Understanding the biological path of the microbe in the human species is essential for the diagnosis, treatment and prevention of infectious diseases, knowing in depth the infectivity, pathogenicity, virulence, lethality, antigenic power and mutation capacity of infectious agents. This review emphasizes the microbe and its biological pathway through the human species.

Keywords: *Microbe, Biological Interactions, Human Species, Evolution, Co-Evolution.*

¹ Universidad Continental, Perú

*Autor de Correspondencia: qfmonicapoma@gmail.com

Introducción

Los microbios, también conocidos como microorganismos, son organismos pequeños. no perceptibles a simple vista y que comprenden bacterias, virus, hongos y otros organismos unicelulares. Estos organismos se encuentran en todas partes de nuestro entorno, incluyendo el suelo, el agua, el aire y los cuerpos vivos, y desempeñan diversos roles en los ecosistemas y la salud humana (Oliart-Ros *et al.*, 2016).

Los microorganismos fueron descubiertos por Van Leeuwenhoek hace aproximadamente unos 300 años, a pesar de esto, la mayoría de las investigaciones microbiológica han ocurrido en los últimos 100 años donde Louis Pasteur y Robert Koch quienes han sido los líderes en el desarrollo de la disciplina (Manzi & Mayz, 2003). Es importante resaltar que los microbios no limitan su existencia a su descubrimiento, estos han existido en la tierra durante miles de millones de años y han evolucionado a lo largo del tiempo. De hecho, se cree que los microorganismos surgieron poco después de la formación de la tierra, hace aproximadamente 4.500 millones de años. A través de procesos de evolución y adaptación,

los microbios han ocupado prácticamente todos los nichos ecológicos del planeta y han desempeñado un papel fundamental en la configuración de los ecosistemas (Manzi & Mayz, 2003; Bordenstein & Teis, 2015; Oliart-Ros *et al.*, 2016; Rojo *et al.*, 2017). En estos miles de años algunas asociaciones han brindado amplias oportunidades para que la biología humana y la de microorganismos hayan co-evolucionado, siendo ejemplo de esto, las actuales conexiones entre la microbiota intestinal y diferentes sistemas, pudiendo existir relaciones microbio-hospedador de varios tipos, como comensalismo, mutualismo, parasitismo o patogenicidad, pudiendo marcar definitivamente el estilo de vida del hospedador (Sonnenburg & Sonnenburg, 2019; G-Santoyo *et al.*, 2021).

De los microorganismos pertenecientes a los dominios Archaea (microorganismos diversos), Bacteria (bacterias) y Eucarya (plantas, hongos y animales) se han aislado numerosos compuestos con actividad biológica, entre los que se incluyen: antibióticos, inhibidores enzimáticos, agentes farmacológicos e inmunológicamente activos, toxinas, pesticidas, herbicidas, antiparasitarios, sinérgicos, hormonas, factores de crecimiento, ionóforos, antioxidantes, biosurfactantes y radioprotectores, que han servido de sustento a la industria agrícola, farmacológica y biotecnológica (Manzi & Mayz, 2003). Sin embargo, el proceso de adaptación y evolución para la supervivencia, ha desatado una gran guerra entre los microbios y la humanidad trayendo como resultados grandes pandemias con elevados número de defunciones, como ejemplo de esto, tenemos la Peste de Antonino (año 165-189), Peste de Justiniano (541-542), Muerte Negra (Peste bubónica) (1346-1353), Pandemia de Cólera (1852-1860), Gripe Rusa (1889-1890), Cólera (1910-1911), Gripe Española (1918-1919), Gripe Asiática (1957), Gripe de Hong-Kong (1967-1968), Virus de inmunodeficiencia humana/Síndrome de inmunodeficiencia adquirida (VIH/sida) (1981-actualidad) y COVID-19 (2019-actualidad) (Castañeda *et al.*, 2021; OMS, 2023).

Todas estas pandemias antes mencionadas, además de las actuales enfermedades que nos acechan son consecuencia de la interacción entre el ser humano y un microorganismo (virus, bacteria, parásito, hongo), cuyo mecanismo de transmisión juega un papel muy importante, donde se resalta el contacto directo con secreciones, transmisión oral, fecal-oral, vectorial, entre otros (Moutou, 2020).

Este desenlace de beneficio y destrucción entre la especie humana y los microbios, hacen necesario indagar mas sobre el estudio las actuales investigaciones científicas, por esto, se realizó una revisión bibliográfica sobre “El microbio: Camino biológico a través de la especie humana”.

¿Qué es el contaminante biológico?

Diversos investigadores indican que un contaminante biológico refiere a cualquier sustancia, organismo o agente biológico que causa daño o alteraciones en el medio ambiente o en los seres vivos. Estos contaminantes pueden incluir microorganismos patógenos, toxinas producidas por organismos, residuos biológicos y compuestos químicos derivados de procesos biológicos (Manzi & Mayz, 2003; Bordenstein & Teis, 2015; Oliart-Ros *et al.*, 2016; Rojo *et al.*, 2017; Santa María, 2018; Juliño *et al.*, 2021).

Los contaminantes biológicos pueden provenir de fuentes naturales, como bacterias, virus, hongos y plantas venenosas, o pueden ser el resultado de actividades humanas, como la liberación de productos químicos tóxicos al medio ambiente o la manipulación genética de organismos (Molina, 2015; Moutou, 2020). La presencia de contaminantes biológicos puede tener consecuencias graves para la salud humana y el equilibrio ecológico. Los microorganismos patógenos, por ejemplo, pueden causar enfermedades infecciosas en humanos, animales y plantas, lo que resulta en brotes epidémicos y pérdidas económicas y humanas significativas. Las toxinas biológicas, como las producidas por ciertas especies de bacterias o hongos, pueden afectar la calidad del agua y los alimentos, y provocar intoxicaciones graves en quienes los consumen (De Sousa *et al.*, 2008; Salas-Salvadó *et al.*, 2020).

Además de los efectos directos en la salud, los contaminantes biológicos pueden tener un impacto negativo en los ecosistemas (Gómez-Duarte, 2018). Pueden alterar la composición y la estructura de las comunidades biológicas, interrumpir los ciclos de nutrientes y desencadenar cambios en los ecosistemas acuáticos y terrestres. Esto puede resultar en la disminución de la biodiversidad, la degradación del hábitat y la pérdida de servicios ecosistémicos esenciales para la humanidad, como la purificación del agua y la polinización de cultivos. Por lo tanto, la identificación, control y prevención de los contaminantes biológicos son aspectos cruciales para proteger la salud humana y mantener la integridad de los ecosistemas (Manzi & Mayz, 2003; Oliart-Ros *et al.*, 2016; G-Santoyo *et al.*, 2021).

Desde el punto de vista epidemiológico, según la Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2011), un contaminante biológico (virus, bacteria, parásito, hongo) debe tener alguna de las siguientes características:

Infectividad: es la capacidad de un agente infeccioso, como un virus, bacteria o parásito, de infectar y establecer una infección en un huésped susceptible, pudiendo o no causar daño o enfermedad. La infectividad está determinada por múltiples factores, como la capacidad del agente de entrar en las células del huésped, evadir o superar las defensas del sistema inmunológico y reproducirse en el ambiente propicio del huésped. Esta puede variar ampliamente entre diferentes agentes infecciosos. Algunos agentes tienen una alta infectividad, lo que significa que pueden propagarse rápidamente y causar infecciones en una gran proporción en los huéspedes expuestos. Estos agentes suelen ser altamente contagiosos y pueden causar brotes epidémicos. Por otro lado, otros agentes pueden tener una infectividad baja, lo que significa que su

capacidad para infectar y propagarse en los huéspedes es limitada, y es menos probable que causen brotes o epidemias. Como ejemplo de esto, se pueden mencionar el virus del sarampión (*Morbillivirus*) (Delpiano *et al.*, 2015) o de la viruela (variola) quienes tienen elevada infectividad, Virus de la rubéola (*rubivirus*) (OPS, 2020) y de la parotiditis infectividad intermedia (González *et al.*, 2015) y bacilo de la tuberculosis causada por la bacteria (*Mycobacterium tuberculosis*) (Garza-Velasco *et al.*, 2017) y lepra baja infectividad (Mendez-Guerra *et al.*, 2020).

Patogenicidad: es la virtud que tiene un agente de producir una enfermedad en el huésped susceptible, implica la capacidad del agente de invadir y colonizar tejidos del huésped, replicarse y provocar daño o alteraciones en el funcionamiento normal de los órganos o sistemas. Por ejemplo, el virus del sarampión es altamente patógeno (Delpiano *et al.*, 2015) mientras que en los poliovirus el nivel es bajo (Fernández-Cruz & Rodríguez, 2013), puesto que apenas una pequeña proporción de los infectados desarrollan la enfermedad.

Virulencia: está determinada por la medida que posee un agente infeccioso de producir un daño severo o una enfermedad grave. La virulencia depende de varios factores, incluyendo la capacidad del agente patógeno para evadir o suprimir la respuesta inmunológica del huésped, producir toxinas u otras moléculas virulentas, y causar daño directo a los tejidos o interferir con las funciones normales del organismo. Los agentes altamente virulentos tienen la propiedad de causar enfermedades graves, con altas tasas de morbilidad y mortalidad, mientras que los agentes menos virulentos pueden originar infecciones más leves o asintomáticas. Como ejemplo de esto, tenemos el virus de la rabia (*Lyssavirus*) es altamente virulento (Frantchez & Medina, 2018), mientras que el del catarro común (*adenovirus o enterovirus*) o de la rubéola producen enfermedades sumamente benignas (OPS, 2020).

Letalidad: representa la capacidad del agente infeccioso de producir muerte a los individuos infectados. Es una medida de la proporción de casos fatales en relación con el número total de casos de una enfermedad específica. La letalidad se expresa generalmente como un porcentaje y puede variar ampliamente entre diferentes enfermedades infecciosas y poblaciones afectadas. Uno de los virus altamente letales es el virus de la rabia (Frantchez & Medina, 2018).

Poder antigénico o inmunogenicidad: refiere al poder que tiene un antígeno para inducir una respuesta inmunitaria en un organismo receptor. Un antígeno es una sustancia que puede ser reconocida por el sistema inmunológico y que desencadena una respuesta de defensa. La inmunogenicidad es un atributo importante de los antígenos utilizados en vacunas y en el desarrollo de terapias inmunológicas. Ejemplo, virus de la influenza produce poca o nada de inmunidad (Solórzano-Santos *et al.*, 2009), mientras que el virus del sarampión o de la fiebre amarilla produce inmunidad duradera (Deplina *et al.*, 2015). Es importante mencionar, que la evaluación de la inmunogenicidad de los antígenos es esencial en el desarrollo y evaluación de vacunas, terapias de inmunoterapia y en la investigación de enfermedades infecciosas y autoinmunes. Permite determinar la capacidad de los antígenos para desencadenar respuestas inmunitarias protectoras y contribuye a la selección de antígenos eficaces y a la optimización de las estrategias de inmunización y tratamiento.

Mutación: representa un cambio o alteración en la secuencia de ADN de un organismo. Es un proceso natural y constante que puede ocurrir tanto en organismos unicelulares como en organismos multicelulares. Las mutaciones pueden ser resultado de errores durante la replicación del ADN, exposición a agentes mutagénicos, como radiación o productos químicos, o pueden ser provocadas por mecanismos de recombinación genética, estas pueden ser neutrales, beneficiosas o perjudiciales para un organismo, dependiendo del impacto en la función de los genes y proteínas codificados por ellos. En el contexto de la evolución, las mutaciones son la fuente principal de variabilidad genética y pueden proporcionar la materia prima para la selección natural y la adaptación de los organismos a su entorno cambiante (González- González *et al.*, 2018).

La ruta biológica o Cadena Epidemiológica

La ruta biológica, también conocida como cadena epidemiológica, es un concepto fundamental en epidemiología que describe el proceso de transmisión de una enfermedad infecciosa de un individuo a otro. Esta cadena se compone de una serie de elementos interconectados que incluyen el agente infeccioso, el huésped susceptible, el reservorio, la puerta de salida, la puerta de entrada y la vía de transmisión (Santa María, 2018; FAO, 2011).

La historia de la cadena epidemiológica se remonta a los primeros estudios de enfermedades infecciosas y epidemias. Durante la década de 1850, el médico británico John Snow investigó un brote de cólera (*Vibrio cholerae*) en Londres y utilizó métodos de observación y análisis de datos para identificar la fuente de la infección, el agua contaminada. Este enfoque pionero sentó las bases de la epidemiología moderna y la comprensión de la ruta biológica (Santa María, 2018). La cadena epidemiológica consta de varios componentes esenciales; El agente infeccioso: es el microorganismo o la sustancia biológica responsable de causar la enfermedad. El huésped susceptible: es un individuo que puede ser infectado por el agente. El reservorio: es el lugar donde el agente infeccioso vive y se reproduce, que puede ser un ser humano, un animal o el ambiente. La puerta de salida: es el medio a través del cual el agente abandona el reservorio, como el tracto respiratorio o el sistema gastrointestinal. La puerta de entrada: es el lugar donde el agente ingresa al nuevo huésped, y puede ser la boca, las vías respiratorias o cualquier otro punto de entrada. Por último, la vía de transmisión: se refiere al mecanismo a través del cual el agente infeccioso se transmite de una persona a otra, como el contacto directo, el aire, los alimentos o el agua (Figura 1) (OPS, 2011; Santa María, 2018).



Figura 1. Componentes de la cadena epidemiológica

Vías de entrada de los agentes biológicos

Las vías de entrada de la cadena epidemiológica se refieren a los mecanismos a través de los cuales los agentes infecciosos ingresan al cuerpo humano. Estas vías pueden variar según el tipo de enfermedad y las características específicas del agente infeccioso. A continuación, se mencionan algunas de las principales vías de entrada:

Vía respiratoria: Es una de las vías de entrada más comunes. Los agentes infecciosos pueden ingresar al organismo a través de la inhalación de gotas o partículas en el aire contaminado, como es el caso de la gripe, el resfriado común (OPS, 2021) o la tuberculosis (Paneque *et al.*, 2018).

Vía oral: Los agentes infecciosos pueden ingresar al cuerpo humano mediante la ingesta de alimentos o agua contaminados. Ejemplos de enfermedades transmitidas por esta vía incluyen el cólera, la salmonelosis (*salmonella spp.*) y la hepatitis A (*Hepatitis A*) (Herrera & Badilla, 2019).

Vía cutánea: Algunos agentes infecciosos pueden penetrar en el cuerpo a través de la piel dañada o heridas abiertas. Por ejemplo, las bacterias que causan el tétanos (*Clostridium tetani*) o ciertos tipos de infecciones de la piel (González-Manrique *et al.*, 2021).

Vía conjuntival: Los agentes infecciosos también pueden ingresar al organismo a través de la conjuntiva del ojo. Esto puede ocurrir por contacto directo con las manos contaminadas o mediante el contacto con superficies o materiales infectados, como en el caso de la conjuntivitis viral (enterovirus70) (Pastrana-Tovar, 2022).

Vía parenteral: Esta vía se refiere a la introducción directa de agentes infecciosos al cuerpo a través de la penetración de la piel mediante una lesión o una punción, como ocurre con agujas contaminadas o lesiones cortantes. Ejemplo, VIH (Sandoval de Mora *et al.*, 2008).

Vía Oral-Fecal: Algunas enfermedades se transmiten por la ingestión de alimentos o agua contaminados con agentes infecciosos presentes en las heces de individuos infectados. Esto puede ocurrir debido a la falta de higiene en la manipulación de alimentos o a la contaminación del suministro de agua (OPS, 2011).

Vía vectorial: Algunos agentes infecciosos son transmitidos por vectores, como mosquitos, garrapatas o pulgas, que actúan como intermediarios entre el reservorio de la enfermedad y el humano (OPS, 2011).

Es importante destacar que las vías de entrada pueden variar según el agente infeccioso y la enfermedad específica. Además, la prevención y el control de las enfermedades se enfocan en interrumpir estas vías de entrada, reduciendo la exposición a los agentes infecciosos y promoviendo prácticas de higiene adecuadas, como el lavado de manos, la manipulación segura de alimentos y la vacunación.

Interacción Huésped/parasito ¿lucha o equilibrio biológico?

La interacción entre un huésped y un parásito puede ser descrita como una constante lucha o un delicado equilibrio biológico. En esta relación simbiótica, el parásito busca aprovechar los recursos del huésped para su supervivencia y reproducción, mientras que el huésped intenta defenderse y eliminar al parásito. Esta lucha puede manifestarse a través de respuestas inmunológicas del huésped, como la producción de anticuerpos y células especializadas para atacar al parásito. A su vez, el parásito puede desarrollar mecanismos para evadir o suprimir la respuesta inmune del huésped, permitiéndole establecerse y persistir en el organismo hospedador (Rodríguez *et al.*, 2014). Sin embargo, en algunos casos, este conflicto evoluciona hacia un equilibrio biológico, donde tanto el huésped como el parásito encuentran una forma de coexistir. En este equilibrio, el parásito puede causar enfermedad o daño al huésped, pero sin llegar a eliminarlo.

por completo, ya que su supervivencia depende de la existencia de huéspedes viables. Por otro lado, el huésped puede desarrollar cierta tolerancia o adaptación a la presencia del parásito, minimizando los efectos perjudiciales y manteniendo su propia viabilidad (Padilla-Ramos *et al.*, 2019).

Este equilibrio biológico puede ser influenciado por diversos factores, como la variabilidad genética del huésped y el parásito, las condiciones ambientales y la interacción con otros organismos. Además, cambios en estas condiciones pueden alterar el equilibrio, llevando a un aumento de la enfermedad o a la eliminación del parásito por parte del huésped. El estudio de esta interacción dinámica entre el huésped y el parásito es fundamental para comprender las enfermedades infecciosas y desarrollar estrategias de prevención y control efectivas (Padilla-Ramos *et al.*, 2019; G-Santoyo *et al.*, 2021).

Modo de transmisión y dispersión erráticas ¿Mecanismo de supervivencia?

El modo de transmisión y dispersión erráticas es un mecanismo de supervivencia utilizado por ciertos organismos para asegurar su propagación en el medio ambiente. Este mecanismo se caracteriza por la transmisión y dispersión aleatoria de los organismos, sin seguir patrones predecibles. En este proceso, los organismos pueden aprovechar diferentes medios, como el viento, el agua o incluso la actividad humana, para moverse y colonizar nuevas áreas. Por ejemplo, las semillas de algunas plantas pueden ser dispersadas por el viento, permitiendo que se propaguen a distancias considerables. Del mismo modo, ciertos microorganismos, como bacterias o esporas fúngicas, pueden ser transportados por el aire o adherirse a objetos, facilitando su dispersión a través de grandes distancias (Galo, 2004).

Este modo de transmisión y dispersión erráticas confiere a los organismos la capacidad de adaptarse a entornos cambiantes y colonizar nuevos hábitats. Al no depender de un medio de transmisión específico, estos organismos tienen la oportunidad de llegar a lugares donde las condiciones pueden ser más favorables para su supervivencia y reproducción. Sin embargo, esta estrategia de dispersión también puede presentar desafíos para los organismos, ya que la aleatoriedad en su propagación implica que muchos de ellos no alcanzarán áreas adecuadas para su supervivencia. No obstante, aquellos individuos que logren llegar a hábitats favorables podrán establecerse y continuar su ciclo de vida, asegurando así la supervivencia de la especie (Moutou, 2020; G-Santoyo *et al.*, 2021).

Migración errática

En el contexto del cuerpo humano, los microorganismos también pueden llevar a cabo migraciones erráticas. Estos desplazamientos se refieren al movimiento de microorganismos dentro del organismo, sin seguir una ruta o patrón preestablecido. A medida que los microorganismos colonizan diferentes partes del cuerpo, pueden migrar de un sitio a otro de manera impredecible, lo que puede tener importantes implicaciones en la salud. Por ejemplo, algunas bacterias patógenas pueden migrar desde una ubicación inicial de infección hacia otros tejidos u órganos a través de la sangre o los sistemas linfáticos. Este movimiento errático dentro del cuerpo les permite evadir la respuesta inmunológica y establecer nuevas infecciones en diferentes áreas. Del mismo modo, los microorganismos como los hongos o los parásitos pueden migrar a través de los tejidos o sistemas corporales, buscando condiciones más favorables para su supervivencia y multiplicación como en el caso de *Ascaris lumbricoides* (Álvarez-Solís *et al.*, 2012).

Las migraciones erráticas de los microorganismos en el cuerpo humano pueden ser una complicación en la salud, ya que pueden contribuir a la diseminación de la infección y dificultar su tratamiento. La capacidad de estos microorganismos para moverse dentro del cuerpo puede afectar la progresión de enfermedades, la respuesta a los tratamientos y la evolución clínica de los pacientes (Álvarez-Solís *et al.*, 2012). El estudio de las migraciones erráticas de los microorganismos en el cuerpo humano es esencial para comprender mejor las infecciones y desarrollar estrategias de diagnóstico y tratamiento más efectivas. También ayuda a identificar posibles vías de propagación de las infecciones y desarrollar medidas preventivas para limitar la migración y diseminación de los microorganismos en el organismo.

Oportunismo, vencer al huésped (Enfermedad)

El oportunismo en el contexto de las enfermedades se refiere a la capacidad que tienen ciertos microorganismos para aprovechar las oportunidades que se presentan en un huésped vulnerable, con el objetivo de causar infección y enfermedad. Los patógenos oportunistas pueden explotar debilidades en la respuesta inmunológica del huésped, como una disminución en la función de los leucocitos o una alteración en la barrera epitelial, para invadir los tejidos y causar daño (Martín del Campo & Sifontes, 2004; Lopera & Lemos, 2019). La capacidad de los patógenos oportunistas para vencer al huésped está relacionada con una serie de factores, incluyendo su capacidad para adherirse a las células del huésped, evadir el sistema inmunológico, producir toxinas o enzimas que dañen los tejidos, y resistir los tratamientos antimicrobianos. Estos mecanismos les permiten colonizar y proliferar en el huésped, causando enfermedades que pueden variar desde infecciones leves hasta infecciones sistémicas potencialmente mortales (Lopera & Lemos, 2019).

Es importante destacar que el éxito del patógeno oportunista no solo depende de su capacidad de vencer al huésped, sino también de la susceptibilidad del huésped a la infección. La presencia de condiciones médicas subyacentes, como inmunodeficiencias, enfermedades crónicas o tratamientos inmunosupresores, puede facilitar el establecimiento de la infección por patógenos oportunistas. La comprensión del oportunismo y la capacidad de los patógenos oportunistas son fundamentales en el campo de la medicina, ya que permite la identificación de factores de riesgo, el desarrollo de estrategias

preventivas y el diseño de enfoques terapéuticos dirigidos para contrarrestar estas infecciones oportunistas (Lopera & Lemos, 2019; Moutou, 2020).

Consideraciones finales

El estudio de los microbios y sus caminos biológicos a través de la especie humana son de gran importancia en el campo de la microbiología y la salud pública. Estos microorganismos, incluyendo bacterias, virus, hongos y otros patógenos, han evolucionado a lo largo del tiempo y han desarrollado una capacidad única para colonizar y adaptarse a los distintos nichos ecológicos del cuerpo humano. Pudiendo estar influenciado por factores ambientales, socioeconómicos y de comportamiento como densidades poblacionales, condiciones de higiene, acceso a servicios de salud y prácticas de prevención de enfermedades, lo que puede llegar a afectar la transmisión y propagación de los mismos.

Una vez que el microbio ha ingresado al cuerpo humano, su camino biológico implica una serie de interacciones y procesos que determinarán su capacidad para establecer una infección. Esto incluye su capacidad de adherirse a las células huésped, evadir el sistema inmunológico, multiplicarse en el ambiente propicio del huésped y producir toxinas o enzimas que causen daño tisular. Algunos microorganismos pueden permanecer localizados en un sitio específico del cuerpo, mientras que otros pueden diseminarse a través de la sangre o el sistema linfático y afectar diferentes órganos y tejidos.

Comprender el camino biológico del microbio en la especie humana es fundamental para el diagnóstico, tratamiento y prevención de las enfermedades infecciosas. El estudio de la epidemiología y la microbiología permite identificar los factores de riesgo asociados con la transmisión de microorganismos, desarrollar estrategias de control de infecciones, así como diseñar y evaluar intervenciones para prevenir la propagación de enfermedades y promover la salud pública.

Conflicto de intereses

No se reporta conflicto de intereses.

Agradecimientos

Agradecemos a Dios todopoderoso por darnos el don de la ciencia

Referencias

- Álvarez-Solís, R. M., Vargas-Vallejo, M., Orozco-Barrientos, G., Quero-Hernández, A., García-Hernández, G. G., & Bulnes-Mendizábal, D. (2012b). Migración errática de *Ascaris lumbricoides* a escroto. *Boletín médico del Hospital Infantil de México*, 69(6), 481-486. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/bmhim/hi-2012/hi126i.pdf> (Acceso febrero 2023).
- Bordenstein, S. R., & Theis, K. R. (2015b). Host Biology in Light of the Microbiome: Ten Principles of Holobionts and Hologenomes. *PLOS Biology*, 13(8), e1002226. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1002226>
- Cristina, D. S. (s. f.). Contaminación bacteriológica en los sistemas de distribución de agua potable: Revisión de las estrategias de control. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-46482008000100002&lng=es&tlng=es. (Acceso febrero 2023).
- Delpiano, L., L. A., & Toro, J. R. (2015). Sarampión: la enfermedad, epidemiología, historia y los programas de vacunación en Chile. *Revista Chilena De Infectología*. <https://doi.org/10.4067/s0716-10182015000500008>
- Fernández-Cruz, E., & Rodríguez-Sainz, C. (2013). Inmunología de la poliomielitis: Vacunas, problemas para la prevención/erradicación e brotes de futuro. *Revista Española de Salud Pública*. 87 (5): 443-454. <https://dx.doi.org/10.4321/S1135-57272013000500003>.
- Frantchez, V., & Medina, J. (2018). Rabia: 99,9% mortal, 100% prevenible. *Rev Méd Urug* 2018. 34(3):164-171. Disponible en: <http://www.scielo.edu.uy/pdf/rmu/v34n3/1688-0390-rmu-34-03-86.pdf>. (Acceso febrero 2023).
- Galo, A. (2004). A dispersion model of an open microstrip-line using the LSM propagation mode. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*. 27(3): 161-167. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702004000300003&lng=es&tlng=es. (Acceso febrero 2023).
- Garza-Velasco, R., Ávila-de Jesús, J., & Perea-Mejía, L. M. (2017). Tuberculosis pulmonar: la epidemia mundial continúa y la enseñanza de este tema resulta crucial y compleja. *Educación química*. 28(1): 38-43. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2016.09.009>.

- Gómez-Duarte, O. G. (2018). Contaminación del agua en países de bajos y medianos recursos, un problema de salud pública. *Revista de la Facultad de Medicina*. 66 (1): 7-8. <https://doi.org/10.15446/revfacmed.v66n1.70775>.
- González, A., Vaquero, I., Mendizábal, M., Martínez, M., & Herranz, M. (2015). Parotiditis crónica recurrente juvenil. *Pediatría Atención Primaria*. 17(66): e147-e149. <https://dx.doi.org/10.4321/S1139-76322015000300015>.
- González-González, M., Correa-Sierra, C., Hermida-Álava, K., Machado-Díaz, A., Gómez-Andrade, L. F., Castillo-Segovia, M., Pérez-Santos, C. L., & Kourí-Cardellá, V. (2018). Análisis genético de las mutaciones presentes en las poblaciones virales en pacientes con infección por VIH-1 en Ecuador. *Revista chilena de infectología*. 35(1): 49-61. <https://dx.doi.org/10.4067/s0716-10182018000100049->
- González-Manrique, G., Arrieta-Mendoza, M. E., Claros-Ortíz, K. V., Rangel-Meza, C. R., & Vargas, D. C. (2021). Tétanos generalizado: Una amenaza persistente, informe de tres casos y revisión de la literatura. *Acta Neurológica Colombiana*. 37 (4): 210-218. <https://doi.org/10.22379/24224022390>.
- G-Santoyo, I., Urquiza, M., H., Martínez-Pelayo, M., Jiménez-Trejo, F. J., Aguilar-Díaz, H., Tapia Rodríguez, M. (2021). Coevolución microbiota-humano y sus implicaciones en salud: de cazadores-recolectores a sedentarios industrializados. *Revista del Centro de Investigación de la Universidad La Salle*. 14(56):1-16. <http://doi.org/10.26457/recein.v14i56.2859>.
- Guillot, C. C., Martínez, R. M., & Falcón, A. L. (2021). Grandes pandemias y sus desafíos. Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores. <https://doi.org/10.46377/dilemas.v8i3.2671>
- Herrera, J. A. & Badilla, J. (2019). Hepatitis A. *Medicina Legal de Costa Rica*. 36 (2): 101-107. Disponible en: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-00152019000200101&lng=en&tlng=es. (Acceso febrero 2023).
- Juliño, M. F., Ocaña, F., Concha, J. E. (2021). Contaminación ambiental y su influencia en la salud. *Revista Nacional Científica Estudiantil- ReNaCientE*. 2(1): 75-90. Disponible en: [file:///C:/Users/Diamantes%20pc/Downloads/eavila.+Renaciente+2021\(5\).pdf](file:///C:/Users/Diamantes%20pc/Downloads/eavila.+Renaciente+2021(5).pdf). (Acceso febrero 2023).
- Lopera, M. M. & Lemos, Y. (2019). Factores socioeconómicos y clínicos asociados con infecciones oportunistas en pacientes con VIH afiliados al sistema de salud. *Biomédica*. 39 (1): 186-204. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v39i2.4508>.
- Manzi, L. V., & Mayz, J. C. (2003). Valorando los microorganismos. *Rev. Soc. Ven. Microbiol*. 23(1): 85-88. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-25562003000100018&lng=es. (Acceso febrero 2023).
- Martín del Campo, L. E., & Sifuentes, J. (2004). Infecciones oportunistas en el síndrome de inmunodeficiencia adquirida: La historia en México a 20 años del inicio de la epidemia. *Revista de investigación clínica*, 56(2), 169-180. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-83762004000200007&lng=es&tlng=es. (Acceso febrero 2023).
- Mendez-Guerra, C., Montenegro-Idrogo, J. J., Resurrección-Delgado, C., Quevedo-Ramírez, A., Cornejo-Venegas, G., Berrio-Martínez, S., Arévalo-Abanto, J., & Chiappe-Gonzalez, A. (2020). Lepra: sospecha diagnóstica en área no endémica. Serie de casos y revisión de la literatura. *Acta Médica Peruana*. 37(3): 346-351. <https://dx.doi.org/10.35663/amp.2020.373.910>.
- Moutou, F. (2020). Las zoonosis, entre humanos y animales. *Revista Nueva Sociedad*. 288. ISSN: 0251-3552.
- Oliart-Ros, R. M., Manresa-Presas, Á., & Sánchez-Otero, M. G. (2016). Utilización de microorganismos de ambientes extremos y sus productos en el desarrollo biotecnológico. *CienciaUAT*. 11(1): 79-90. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-78582016000200079&lng=es&tlng=es. (Acceso febrero 2023).
- Organización de las Naciones Unidas para Alimentación y Agricultura. Resolución N° 18. Declaración de la erradicación mundial de la peste bovina y aplicación de medidas de seguimiento para mantener el mundo libre de peste bovina. Roma: FAO; 2011. Disponible en: http://www.fao.org/ag/againfo/programmes/documents/grep/A_RESO_18_FMD_Eradication_es.pdf. (Acceso febrero 2023).
- Organización Mundial de la Salud. (2023). Se acaba la emergencia por la pandemia, pero la COVID-19 continúa. Disponible en: <https://www.paho.org/es/noticias/6-5-2023-se-acaba-emergencia-por-pandemia-pero-covid-19-continua>. (Acceso febrero 2023).
- Organización Panamericana de la Salud. (2011). Módulo de Principios de Epidemiología para el Control de Enfermedades (MOPECE) Segunda Edición Revisada. Disponible en: <https://www3.paho.org/col/dmdocuments/MOPECE2.pdf>. (Acceso febrero 2023).

- Organización Panamericana de la Salud. (2020). Rubéola. Disponible en: <https://www.paho.org/es/temas/rubeola>. (Acceso febrero 2023).
- Organización Panamericana de la Salud. (2021). Influenza y otros virus respiratorios. Disponible en: <https://www.paho.org/es/temas/influenza-otros-virus-respiratorios>. (Acceso febrero 2023).
- Padilla-Ramos, R., Salas-Muñoz, V. S., Velásquez, R., & Reveles-Torres, L. R. (2019). Un nuevo enfoque molecular en el estudio de la interacción parásito-hospedero. *Revista mexicana de fitopatología*. 37(1): 95-114. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1808-6>.
- Paneque, E., Rojas, L. Y., & Pérez, M. (2018). La Tuberculosis a través de la Historia: un enemigo de la humanidad. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*. 17(3): 353-363. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-519X2018000300353&lng=es&tlng=es. (Acceso febrero 2023).
- Pastrana-Tovar, V. (2022). Factores asociados a conjuntivitis bacteriana en recién nacidos. *Perinatología y reproducción humana*. 36(1): 11-15. <https://doi.org/10.24875/per.20000019>.
- Rodríguez, D. J., Pedroso, M., Olivares, J. L., Sánchez-Castilleja, Y. M., & Arece, J. (2014). La interacción hospedero-parásito. Una visión evolutiva. *Revista de Salud Animal*. 36(1); 1-6. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-570X2014000100001&lng=es&tlng=es. (Acceso febrero 2023).
- Rojo, D., Méndez-García, C., Raczowska, B. A., Bargiela, R., Moya, A., Ferrer, M., & Barbas, C. (2017). Exploring the human microbiome from multiple perspectives: factors altering its composition and function. *FEMS microbiology reviews*, 41(4), 453–478. <https://doi.org/10.1093/femsre/fuw046>
- Salas-Salvadó, J., Maraver, F., Rodríguez-Mañas, L., Sáenz de Pipaon, M., & Moreno, L. A. (2020). Importancia del consumo de agua en la salud y la prevención de la enfermedad: situación actual. *Nutrición Hospitalaria*. 37(5): 1072-1086. <https://dx.doi.org/10.20960/nh.03160>.
- Sandoval de Mora, M., Dommar de Nuccio, L., Mosqueda, R., & Valenzuela, F. (2008). Infección por el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH) en servicios de medicina. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*. 28(2): 116-120. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-25562008000200008&lng=es&tlng=es. (Acceso febrero 2023).
- Santa María, L. A. (2018). Intervenciones en salud pública: bases conceptuales para la determinación de objetivos y evaluación. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*. 35(2): 321-325. <https://dx.doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.2967>.
- Solórzano-Santos, F., & Miranda-Novales, M. G. (2009). Influenza. *Boletín médico del Hospital Infantil de México*. 66(5): 461-473. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-11462009000500010&lng=es&tlng=es. (Acceso febrero 2023).