



**FACULTAD DE BIOLOGÍA**

**UNIVERSIDAD DE SEVILLA**

**Departamento de Zoología**

**RELACIONES ENTRE LA PÉRDIDA DE  
BIODIVERSIDAD Y LAS ZONOSIS**

**Trabajo de Fin de Grado**

**Clara López Morales**

**Tutor: Juan Emilio Sánchez Moyano**

Junio 2022

# ÍNDICE

1. Resumen .....	1
2. Introducción. Zoonosis, pasado y presente.....	1
3. Biodiversidad como concepto. Situación actual.....	5
4. Acciones antrópicas y su relación en la pérdida de diversidad e incremento de zoonosis. ....	8
4.1. Intensificación de la agricultura y deforestación, transformación de la tierra, urbanización. Taxones y hábitats afectados.....	8
4.2. Caza, consumo y comercio. Especies invasivas, nuevas interacciones interespecíficas.....	10
4.3. Cambio climático, presión ecológica y nuestra vulnerabilidad. ¿El huésped perfecto?.....	12
5. COVID- 19: Una de muchas. ....	15
6. Discutiendo generalidades. Depredación y competitividad como reguladores. ....	16
7. Iniciativas de sostenibilidad y salud pública con perspectiva ecológica. <i>One Health</i> . ....	18
8. ¿Hacia dónde vamos? Perspectivas futuras. ....	22
9. Conclusiones.....	24
9. Bibliografía.....	26

## 1. Resumen

En las últimas décadas la acción humana ha modificado y perturbado los diferentes ecosistemas naturales, provocando una pérdida de biodiversidad sin precedentes y acelerando la tasa de extinción. Esta pérdida de biodiversidad está directamente relacionada con el incremento de zoonosis, enfermedades que pasan de animales salvajes a humanos. Actividades como la caza, el comercio y consumo ilegal, la agricultura intensiva y deforestación, o la urbanización masiva, tienen como consecuencia un incremento en el contacto entre animales (y sus patógenos) y seres humanos. Así, la salud humana, que depende en gran medida de la seriamente dañada salud animal, está en riesgo.

Por esta razón, es esencial analizar las distintas acciones antrópicas que alteran los diferentes sistemas naturales, junto con los mecanismos intrínsecos de la naturaleza que regulan las dinámicas poblacionales y la transmisión de patógenos, y en dirección hacia posibles soluciones a este incremento de zoonosis, en las que se deberá optar por una perspectiva ecológica y una gestión eficiente en el área de conservación de especies que asegure una convivencia segura y saludable entre poblaciones humanas y animales.

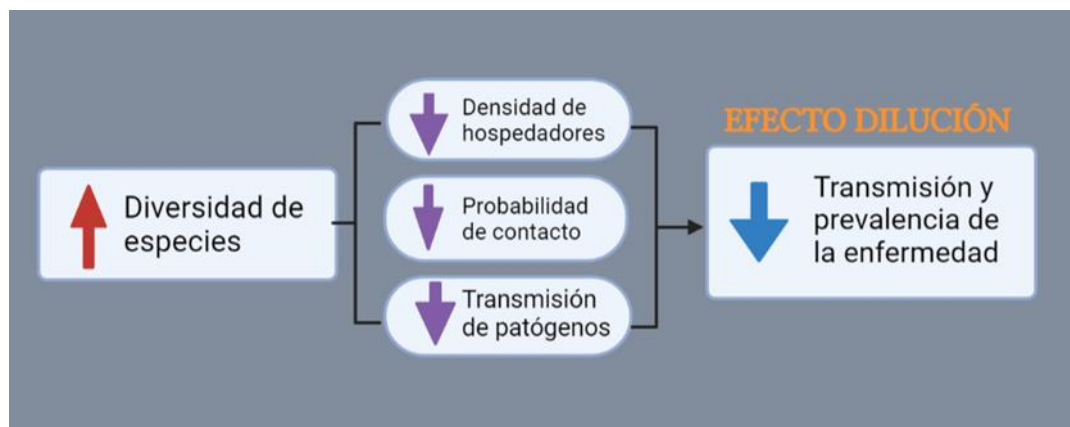
## 2. Introducción. Zoonosis, pasado y presente.

“Entre la población humana circulan miles de patógenos; cientos de estos son bacterias, otros cientos son virus; un menor, pero aún considerable número, son hongos” (Keesing y Ostfeld, 2021). Dentro de esta amplia gama de agentes infecciosos, existe una gran porción que circulaba previamente entre otros animales vertebrados, como mamíferos y pájaros. Si bien en sus hospedadores originales podrían haber vivido sin provocar daño, su salto a humanos sí conllevó la aparición de nuevas enfermedades infecciosas (Keesing y Ostfeld, 2021). Estas enfermedades que tienen su origen en otras especies de animales se denominan zoonosis.

Y esto no es algo nuevo. La transferencia de patógenos desde otros animales a la especie humana es un fenómeno que se ha dado durante milenios. Sin embargo, un alto porcentaje de los hábitats se están viendo afectados por la acción antrópica y el cambio climático, alterando las dinámicas de transmisión (Gibb et al., 2020b).

En la comunidad científica, ha sido difícil llegar a un acuerdo respecto a si la biodiversidad aumenta o reduce el riesgo de contagio por enfermedades infecciosas. En

el pasado, las áreas con alta biodiversidad eran vistas como fuentes de nuevos patógenos zoonóticos, provocando el llamado “efecto de amplificación” por un incremento en el contacto entre organismos (Keesing et al., 2006). Por otro lado, la biodiversidad se había determinado como un posible factor beneficioso para la salud humana, relacionando ecosistemas biodiversos y sanos con un menor trasiego interespecífico de microbios (Glidden et al., 2021). Esta segunda hipótesis, es en la que se sustenta el llamado “efecto de dilución”, término de gran interés en la actualidad del estudio sobre la relación entre pérdida de biodiversidad y zoonosis emergentes. Según el efecto de dilución, un mantenimiento de la biodiversidad está directamente relacionado con la estabilidad del papel de los patógenos dentro de un sistema, y, por consiguiente, un menor riesgo de cascadas de infección a nuevas especies, entre ellas humanos (Khalil et al., 2016) (*Figura 1*).



*Figura 1.* Efecto de dilución, según el cual una alta diversidad de especies minimiza el riesgo de cascadas de transmisión. (Adaptada de Luis et al., 2018).

Se han teorizado mecanismos sobre el funcionamiento concreto de este efecto de dilución, entre los que se ha propuesto que los parásitos son guiados por la selección natural hacia la infección de hospedadores abundantes (Rohr et al., 2020). Estos hospedadores abundantes tendrían menor probabilidad de ser extirpados de los ecosistemas, y una alta biodiversidad reduciría la probabilidad de encuentro con vectores (Rohr et al., 2020). Además, se propone que la introducción de hospedadores raros disminuye la abundancia de hospedadores comunes en zonas de elevada diversidad (Rohr et al., 2020).

Existe abundante evidencia de que el efecto de dilución atraviesa diferentes sistemas con variedad de taxones, sin embargo, parece no ser universal y depender de la composición de la comunidad animal, ecología de los hospedadores y los patógenos, y el nivel al que

el sistema es examinado (Luis et al., 2018). Por tanto, cabe considerar el estudio y la conservación de la biodiversidad como un factor esencial para tener en cuenta en la búsqueda de una forma de proteger la salud humana.

A esta era de pérdida de biodiversidad sin precedentes, se une una explosión demográfica del ser humano que le ha llevado a colonizar y transformar nuevos espacios, a través de actividades como la agricultura, urbanización y cambio en el uso de las tierras (Wilkinson et al., 2018). Por ejemplo, debido a procesos de deforestación, importantes patógenos han emergido durante las últimas décadas, como es el caso del Virus del Ébola y del Virus de la Inmunodeficiencia Humana (VIH) (Cunningham et al., 2017). También por cambios en los ecosistemas derivados de actividades agrícolas, se ha observado una expansión en el virus del Nilo y virus Nipah, entre otros (Hosseini et al., 2017). Además, se ha demostrado que otras transformaciones como proyectos de irrigación y creación de humedales artificiales incrementan el riesgo de nuevas zoonosis, como es el caso de esquistosomiasis en ciertas partes de África (Janoušková et al., 2022).

Todos estos aspectos alteran la fuerza de infección de los diferentes patógenos. Respecto a las zoonosis, esta fuerza de infección es definida como la facilidad con la que una enfermedad puede alcanzar poblaciones humanas, y se ve perturbada y magnificada por estas modificaciones (McMahon et al., 2018).

El resultado de estas acciones, por tanto, ha concluido en un incremento del contacto de humanos con animales tanto domésticos como salvajes, provocando la fragmentación y, en muchas ocasiones, pérdida de hábitats. Como consecuencia de ello, son varias las enfermedades que han incrementado su incidencia en humanos en las últimas décadas (Tabla 1).

En la comunidad científica se ha querido hacer hincapié en la diferencia entre peligro (o en su voz inglesa, “*Hazard*”) y riesgo (o en su voz inglesa “*Risk*”). Podemos definir peligro como el número relativo de agentes infecciosos zoonóticos en un espacio y tiempo determinado, que actúan como posibles fuentes de daño (Gibb et al., 2020a). En cambio, el concepto de riesgo recoge la intersección entre el peligro existente, la exposición de los hospedadores, y la vulnerabilidad de estos (Gibb et al., 2020a) (*Figura 2*).

Tabla 1. Ejemplos de diferentes alteraciones a nivel de ecosistema y su repercusión en la dinámica de ciertas enfermedades (Glidden et al., 2021).

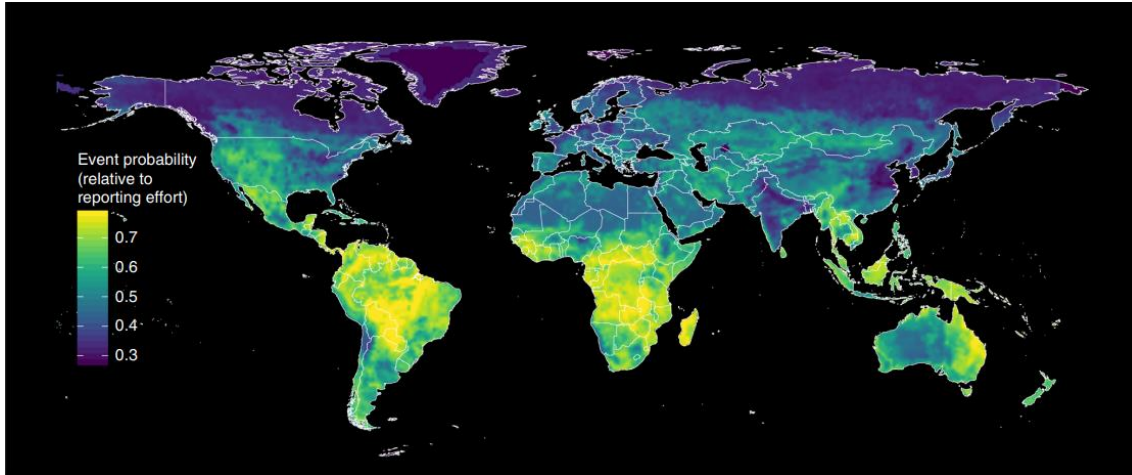
Modificación del ecosistema	Impacto en la proliferación de zoonosis
Extensión e intensificación de la agricultura	Incrementó la prevalencia del género <i>Bartonella</i> en roedores de Kenia, y provocó cascadas de infección de <i>Plasmodium knowlesi</i> (malaria) en Borneo.
Urbanización	Expansión del virus Hendra.
Nuevas interacciones interespecíficas derivadas del cambio climático	Mayor riesgo de cascadas de infección del virus de la Rabia en Alaska, y de <i>Escherichia coli</i> en Botswana.
Especies invasivas	Mayor riesgo de cascadas de infección del virus Everglade en Florida.
Comercio de animales silvestres	Aumento de riesgo de infección por virus del Ébola en la Cuenca del Congo. Dispersión de los virus SARS.



Figura 2. Riesgo como intersección entre peligro, exposición y vulnerabilidad (Adaptada de Gibb et al., 2020a).

Teniendo en cuenta estos diferentes factores, se han modelado mapas a nivel global que exponen las áreas con alta probabilidad de presentar enfermedades infecciosas emergentes (Figura 3). Se han determinado las regiones tropicales, altas en diversidad de mamíferos y que están experimentando severas transformaciones derivadas de la agricultura y deforestación, como las zonas con mayor idoneidad para la ocurrencia de estos fenómenos. También las ciudades con gran densidad de población, como algunas

de Europa, Estados Unidos, Asia y Latinoamérica presentan este elevado riesgo (Allen et al., 2017).



*Figura 3.* Probabilidad de aparición de enfermedades infecciosas emergentes a nivel global (Allen et al., 2017).

Así, observamos que la aparición de nuevas enfermedades infecciosas es una realidad a nivel global, que pone en jaque a la población humana de todos los continentes. Es por ello por lo que un entendimiento en profundidad de la relación entre la pérdida de biodiversidad y la aparición de nuevas zoonosis resulta imperante para frenar una situación que podría llevar a una degradación de la salud humana sin precedentes (Luis et al., 2018).

Por ende, es necesario llevar a cabo un análisis que abarque desde las acciones antrópicas que alteran los diferentes sistemas naturales, hasta los mecanismos intrínsecos de la naturaleza que regulan las dinámicas poblacionales y la transmisión de patógenos, pasando por posibles soluciones a este incremento de zoonosis, en las que se deberá optar por una perspectiva ecológica y una gestión eficiente en el área de conservación de especies que asegure una convivencia segura y saludable entre poblaciones humanas y animales.

### 3. Biodiversidad como concepto. Situación actual.

De una manera directa, la biodiversidad o diversidad biológica es la “variedad de vida”, y se refiere de manera colectiva a todos los niveles de organización biológica (Gaston y Spicer, 2004). Existen innumerables definiciones más elaboradas de este término, sin embargo, una de gran importancia es la contenida en el Convenio sobre la Biodiversidad

Ecológica, tratado histórico que fue firmado por 150 naciones el 5 de junio de 1992 en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo:

*“Por diversidad ecológica se entiende la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos, y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas”.*

Otra definición de peso en la comunidad científica describe la biodiversidad como la totalidad (número) y variabilidad (tipos) de organismos vivos en el ecosistema, la región y el medio ambiente (Shah Habibullah et al, 2021).

La necesidad de conservar la biodiversidad ha propiciado la firma de muchos acuerdos internacionales en los que se ha buscado establecer compromisos que asegurasen una protección en este ámbito, como las Metas de Diversidad de Aichi en 2020, o los objetivos de Desarrollo Sostenible para la Agenda 2030. Sin embargo, el proceso para frenar la pérdida de biodiversidad se ha estancado, y es poco probable que estas metas se cumplan teniendo en cuenta el previsto aumento de población humana y el consiguiente incremento en la demanda de recursos naturales (Seddon et al., 2016).

De acuerdo con el Informe de Evaluación Global de IPBES sobre Biodiversidad y Ecosistemas (2019), 1 millón de especies pueden estar actualmente en extinción. Algunos autores afirman que la tasa de extinción actual puede haberse acelerado entre 100 y 1000 veces respecto a la tasa de extinción de fondo hipotética (la extinción registrada como promedio durante los últimos 60 millones de años) (Lamkin y Miller, 2016) (*Figura 4*). Según datos publicados por la IUCN, entre las 618 especies perdidas desde finales del siglo XIX, el 67'64% se perdieron en los últimos 70 años (IUCN, 2020) (*Figura 5*).



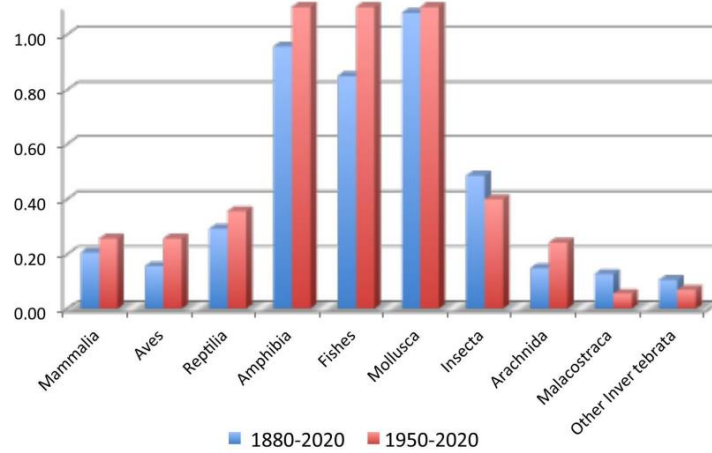


Figura 4. Comparación entre la tasa de extinción de diferentes grupos animales, en los últimos 140 años (azul) y últimos 70 años (rojo) (Palombo, 2021).

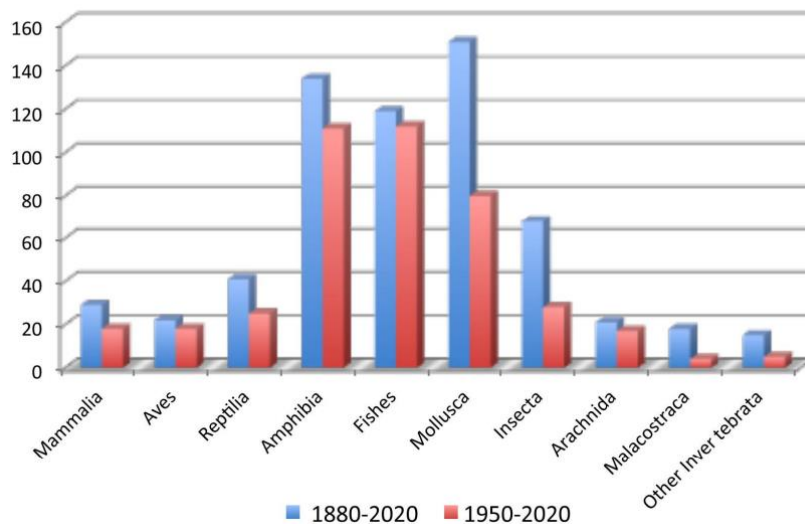


Figura 5. Comparación entre el número de especies extintas de diferentes grupos animales, en los últimos 140 años (azul) y últimos 70 años (rojo) (Palombo, 2021).

Por otro lado, el Living Planet Index (Índice Planeta Vivo) es una medida del estado de la diversidad a nivel global, que ha sido adoptado por el Convenio sobre Diversidad Biológica como un indicador para su progreso respecto a su objetivo 2020 de “tomar medidas efectivas y urgentes para defender la pérdida de biodiversidad”. Este índice en el año 2020 reflejó un decrecimiento promedio del 68% entre 1970 y 2016, en casi 21.000 poblaciones de mamíferos, aves, reptiles, anfibios y peces monitoreados a escala mundial (Lopes et al., 2020) (Figura 6).

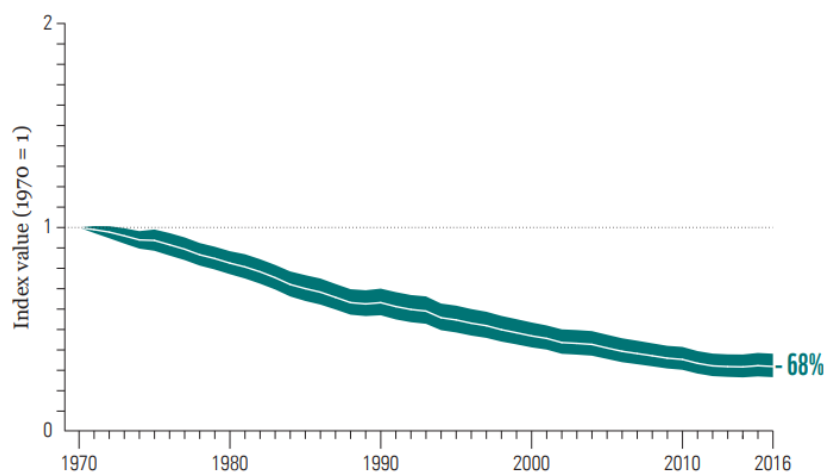


Figura 6. Abundancia promedio de 20811 poblaciones, representando 4392 especies. La línea blanca muestra los valores del índice, mientras que la zona verde representa la certeza estadística al 95% que rodea la tendencia (WWF/ZSL, 2020).

Frente a semejante escenario, resulta lógico destacar la importancia del entendimiento entre esta degradación y pérdida de especies animales, y su repercusión en el incremento de zoonosis que amenazan la salud humana.

#### 4. Acciones antrópicas y su relación en la pérdida de diversidad e incremento de zoonosis.

4.1. Intensificación de la agricultura y deforestación, transformación de la tierra, urbanización. Taxones y hábitats afectados.

La probabilidad de que una persona contraiga una enfermedad proveniente de fauna salvaje depende de la distribución del patógeno en la población animal y de los patrones de interacción entre animales y humanos (Plowright et al., 2021). Un murciélago portador de una enfermedad zoonótica que vive en zonas profundas del Amazonas no tendrá contacto con personas, disminuyendo así la probabilidad de cascadas de infección. Sin embargo, si ese murciélago, debido a una degradación de su hábitat, se ve forzado a alimentarse de árboles cercanos a ciudades, o es utilizado para consumo humano, se incrementa la probabilidad de transmisión de la enfermedad (Faust et al., 2018).

Los bosques tropicales son el epicentro de la biodiversidad a nivel global y en ellos se encuentran el 50% de las especies descritas, y un aún mayor porcentaje de las todavía no descritas (Wright, 2010). La agricultura se está abriendo paso a través de estos ecosistemas, que originalmente abarcaban 17 millones de km<sup>2</sup> a escala global, y cuya extensión ha sido reducida a 11 millones de km<sup>2</sup> en la actualidad. Este número seguirá

empequeñeciendo durante este siglo, con un 11-36% de los bosques existentes en el año 2000 desapareciendo para el 2050 (Laurance et al., 2014).

Mediante esta fragmentación y pérdida de hábitats, se incrementa el contacto entre la fauna salvaje y las poblaciones humanas, y, al igual que ocurre también en los procesos de urbanización, estos ecosistemas fragmentados sufren contaminación de aguas, tierra y aire (Glidden et al., 2021). Así, encontramos una proporción mayor de animales salvajes reservorios de patógenos compartidos con humanos (entre 18 – 72% más) en ambientes que están alterados por acción antrópica, en comparación con aquellos cercanos inalterados (Gibb et al., 2020b). Estas especies reservorio suelen ser especies generalistas, con grandes densidades poblacionales y la capacidad de vivir y adaptarse a una gran variedad de hábitats (Dharmarajan et al., 2021).

Resulta destacable el ejemplo de los roedores, que juegan papeles claves en la transmisión de diversas enfermedades a humanos. Son al menos 60 las enfermedades zoonóticas que se transmiten por estos animales (salmonelosis, peste, leptospirosis, leishmaniasis, fiebre de Lassa, toxoplasmosis, síndrome cardiopulmonar por Hantavirus, entre otras) (Dahmana et al., 2020). Se han realizado estudios sobre la presencia de roedores reservorios en zonas modificadas y no modificadas por actividad humana, determinando que el cambio en el uso de las tierras tiene un significativo efecto positivo en la proliferación de especies de roedores reservorio, mientras que las especies no reservorio son más abundantes en los espacios no alterados (Mendoza et al., 2020). Concretamente en Kenia, es destacable el caso de las especies de roedores portadoras del género bacteriano *Bartonella*, cuyas poblaciones han aumentado, incrementando el riesgo de cascadas de infección (Glidden et al., 2021).

También, respecto a las enfermedades zoonóticas transmitidas por murciélagos, se ha observado un incremento en ecosistemas modificados por el ser humano. En concreto en el Amazonas, los casos de rabia transmitida por murciélagos han aumentado en la población humana debido a la deforestación y agricultura intensiva en la zona (Ellwanger et al., 2020). Además, murciélagos del género *Pteropus* han visto sus hábitats naturales reducidos, siendo empujados hacia una mayor incursión en zonas urbanas, e incrementando así el contacto de las personas con estos hospedadores del virus *Hendra* (Glidden et al., 2021).

Tanto en procesos de agricultura intensiva y deforestación, como en procesos de urbanización masivos, el resultado es una disminución y fragmentación de los hábitats naturales, reduciendo el área total y la conectividad entre ellos, y aumentando el denominado efecto borde (Liu et al., 2016), es decir, incrementando el contacto entre los límites de un hábitat natural y uno perturbado por acción antrópica.

Mediante la optimización del uso de las tierras y gestiones a nivel global que incrementen su eficiencia, se ha estimado que podría salvaguardarse hasta el 88% de la biodiversidad que se prevé que va a perderse para 2040 debido a estas técnicas. Es más, hasta el 33% de esta biodiversidad podría mantenerse con los esfuerzos de tan sólo 10 países (Egli et al., 2018).

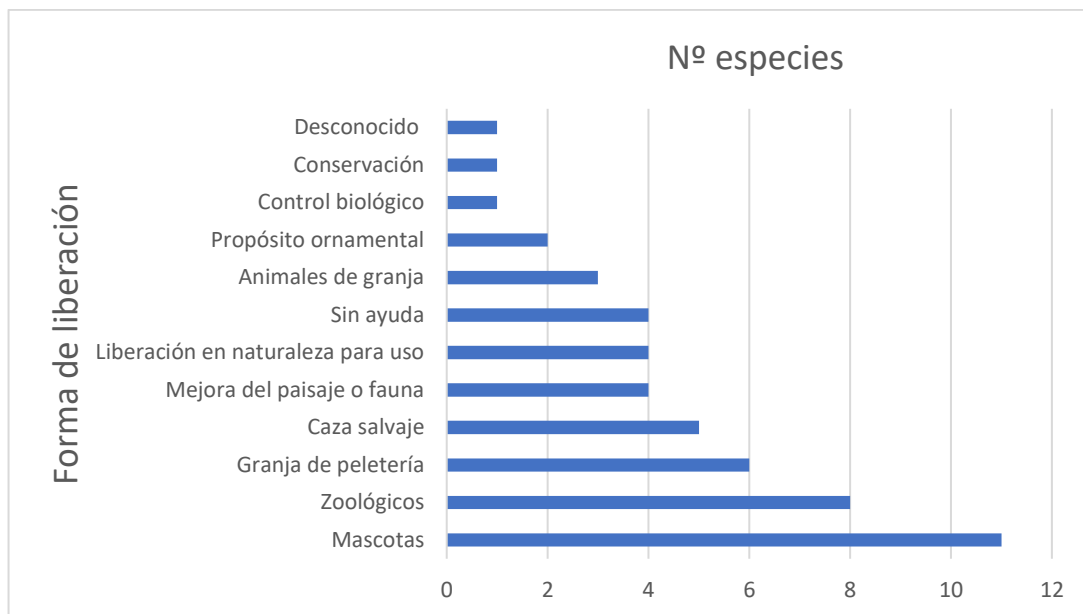
#### 4.2. Caza, consumo y comercio. Especies invasivas, nuevas interacciones interespecíficas.

La magnitud del comercio de especies ha alcanzado tal nivel, que se ha convertido en uno de los impulsores antropogénicos de extinción más importantes. Este comercio ocurre en el 65% del total de familias de vertebrados terrestres, siendo los mamíferos y los reptiles los grupos más afectados (Scheffers et al., 2019). A nivel global, cientos de millones de animales se ven afectados por esta práctica cada año, entre los que se encuentran alrededor de 40000 primates y 4 millones de aves comercializadas anualmente (Fèvre et al., 2006). Estos tipos de animales son demandados en gran cantidad como mascotas exóticas, siendo un foco de peligro para la transmisión de agentes zoonóticos y facilitando la colonización y establecimiento de especies invasoras en ecosistemas locales, poniendo en riesgo a las especies autóctonas (Bezerra-Santos et al., 2021). Por ejemplo, se detectó la presencia de *Salmonella enterica* en tortugas importadas ilegalmente desde el norte de África a Italia, incrementando el riesgo de infección humana con este patógeno (Percipalle et al., 2011). En otro estudio realizado en Japón, se detectó un genotipo zoonótico del género protista *Cryptosporidium* en un erizo de cuatro dedos (*Atelerix albiventris*), mascota exótica muy popular en el país (Bezerra-Santos et al., 2021). También cabe mencionar los casos registrados en Estados Unidos de virus Monkeypox debido a la importación de roedores desde Ghana (Halbwax, 2020).

Existe un gran riesgo de transferencia de enfermedades infecciosas en los mercados de vida silvestre, debido al estrés que compromete el sistema inmunológico de los animales, el alto número de especies en cercanía con distintos orígenes geográficos y las

condiciones insalubres que suelen presentar estos mercados (Karesh et al, 2005; Lorusso et al., 2020)

La demanda de mascotas exóticas representa casi una quinta parte de los informes sobre el comercio mundial de vida silvestre (Baker et al., 2013). En investigaciones realizadas acerca de la presencia de especies invasoras en países de la Unión Europea, se determinó que al menos el 81% de las 16 especies estudiadas estaban implicadas en el ciclo epidemiológico de agentes zoonóticos (Tedeschi et al., 2021). La principal forma de introducción de estas especies fue el comercio de mascotas (*Figura 7*), concretamente un 69% escapó durante el transporte, y otro 50% escapó de zoológicos y zonas públicas de exposición (Tedeschi et al., 2021).



*Figura 7.* Formas de introducción de especies exóticas en Europa. A cada especie le fue asignada una o más formas (Adaptada de Tedeschi et al., 2021).

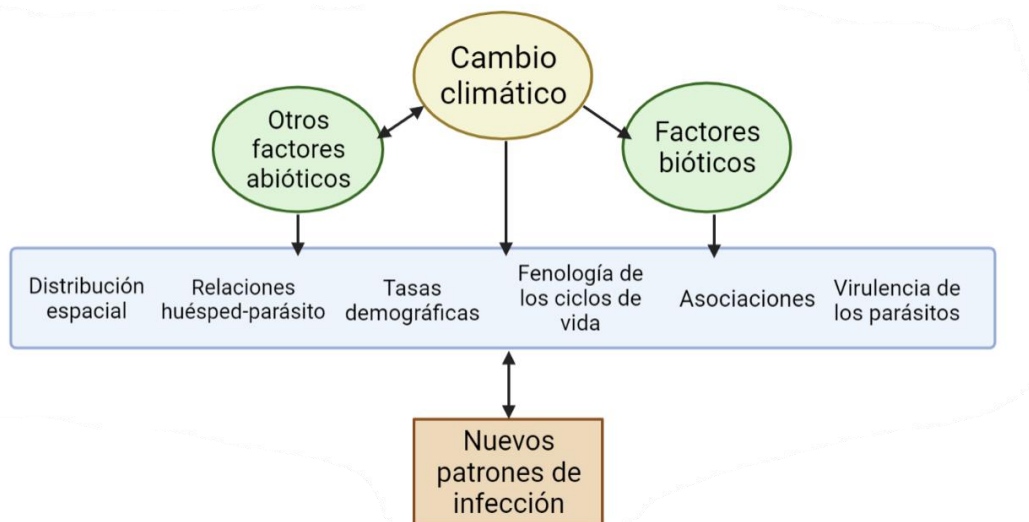
Sin embargo, también la caza excesiva de vida silvestre para obtener alimentos y ganancias comerciales presenta una gran amenaza para la biodiversidad en los bosques tropicales y plantea riesgos para la salud de los humanos (Cantlay et al., 2017). Existe una amplia documentación sobre enfermedades infecciosas derivadas de la caza. A partir de la manipulación de cadáveres infectados de chimpancés y gorilas, se han registrado diversos brotes de Ébola en África occidental (Leroy et al., 2004). La caza de primates derivó en la gran epidemia de VIH (Pike et al., 2010), que conllevó la muerte de 35 millones de personas (Bell y Bedford, 2017). Otro ejemplo de enfermedades zoonóticas derivadas de la caza de primates es la actual epidemia de virus linfotrópico de células T

humanas (HTLV), un virus potencialmente mortal que hoy día afecta a 22 millones de personas (Halbwax, 2020). También, por caza de jabalíes, se han conocido casos de brucelosis en cazadores australianos (Eales et al., 2010).

#### 4.3. Cambio climático, presión ecológica y nuestra vulnerabilidad. ¿El huésped perfecto?

El incremento en las temperaturas y los cambios en patrones de precipitación y humedad del suelo asociados al cambio climático están modificando nuestra exposición a varias enfermedades zoonóticas a través de alteraciones en el hábitat, ciclo de vida y comportamiento alimenticio de los vectores (Altizer et al., 2013). Son muchos los parásitos zoonóticos vulnerables a los cambios climáticos, en los que se ve modificada su transmisión y persistencia y resultan en un impacto en la salud de los hospedadores (Polley y Thompson, 2009). La mayor parte de los estudios realizados acerca de cómo afecta el cambio climático a la distribución de los patógenos se ha llevado a cabo sobre mosquitos y otros artrópodos, y existe evidencia de que enfermedades como la leishmaniasis o la enfermedad de Chagas están expandiéndose debido a las alteraciones climáticas (Harrus y Baneth, 2005). También cabe destacar el Virus del Nilo, que se ha extendido por el Mediterráneo durante los últimos años (Tong et al., 2022).

Los cambios en la distribución geográfica tanto de patógenos como hospedadores pueden llevar al establecimiento de nuevas asociaciones, modificando factores como la virulencia de los parásitos, la disponibilidad de hospedadores o el ciclo biológico de los patógenos (*Figura 8*), así, diversas especies que por degradación de su hábitat se ven obligadas a migrar a nuevos espacios alteran las cadenas de infección y las redes tróficas (Polley y Thompson, 2009). La invasión humana de estos espacios, en los que está teniendo lugar una mezcla e incremento de patógenos, conlleva la exposición de las poblaciones humanas a nuevas enfermedades infecciosas (Kilpatrick et al., 2017)



*Figura 8.* Cambio climático como modulador de factores bióticos y abióticos, desencadenando nuevos patrones de infección (Adaptada de Polley y Thompson, 2009).

Por otro lado, la actividad humana está modificando los factores que influyen y sustentan el sistema de producción de alimentos: temperatura, precipitaciones, composición atmosférica, disponibilidad y calidad de las reservas de agua, cantidad y estado de tierra cultivable, ciclos biológicos de especies polinizadoras y patógenos, etc (Myers, 2017). Estos cambios están teniendo, y tendrán, importantes impactos en la cantidad y calidad de la comida que producimos. Por ejemplo, ya se ha comprobado que ciertos alimentos cultivados en campo abierto con concentraciones crecientes de dióxido de carbono como las de las últimas décadas, presentan menor cantidad de hierro, zinc y proteínas que los cultivados en ambientes con menor concentración de dióxido de carbono (Myers et al., 2014).

Los efectos de este empobrecimiento nutricional en la salud humana serán grandes, y alrededor de 150-200 millones de personas experimentarán déficits dietarios de zinc y proteínas (Medek et al., 2017). Además, ya son más de un billón las personas que sufren deficiencias alimentarias a nivel global, cuya situación empeorará. En 1'4 billones de niños menores de 5 años y mujeres en edad reproductiva, quienes presentan una prevalencia de anemia del 20%, el déficit de hierro acarreará serias consecuencias para su salud (Smith et al., 2017).

El empobrecimiento de las tierras de cultivo debido a la agricultura intensiva está obligando al uso de fertilizantes artificiales en los campos, como nitrógeno y fósforo. En un caso estudiado en Belice (América Central), los nutrientes fueron arrastrados río abajo,

a nuevos espacios en los que modificaron la vegetación. Esta transformación propició el incremento de la población de mosquito *Anopheles vestipennis* frente a la de *Anopheles albimanus*, siendo el primero un importante vector de malaria para humanos (Myers, 2017). En otro estudio que incluyó 41 patógenos de 6 continentes diferentes, se observó que la adición de nutrientes a cultivos provocó cambios en los ecosistemas que, en un 95% de los casos, incrementaron la exposición de humanos a enfermedades (McKenzie y Townsend, 2007).

Adicionalmente, este exceso de nutrientes puede llevar a las comunidades acuáticas continentales como ríos y lagos a una eutrofización que derive en la pérdida de biodiversidad y la simplificación del ecosistema (Wang et al., 2021), en el que los parásitos generalistas se verán favorecidos (Budria, 2017).

También el uso de pesticidas y herbicidas afecta negativamente a la diversidad de especies, y conlleva la desaparición de especies claves sin las cuales los ecosistemas no pueden funcionar correctamente (Powney et al., 2019). Es el caso de las abejas polinizadoras. La desaparición de polinizadores derivada de las nuevas condiciones climáticas podría dirigirnos hacia una crisis alimenticia que conlleve la aparición de enfermedades en las poblaciones humanas, por una reducción en el consumo de vitamina A, frutas, vegetales o frutos secos, esenciales para el mantenimiento de un sistema inmunológico eficiente (Smith et al., 2015).

Por otro lado, se debe tener presente que, asociada a la desaparición de especies, encontramos una limitación en el potencial descubrimiento de compuestos medicinales derivados de organismos que podrían ser utilizados para la elaboración de medicamentos (Chivian y Bernstein, 2004).

En definitiva, los humanos estamos colonizando todos los sistemas naturales, muchos de los cuales están sufriendo serias transformaciones en las cascadas de infección derivadas de la degradación del medio y pérdida de especies. Sumado a un probable empobrecimiento de la salud humana en las décadas venideras, consecuencia de déficits nutricionales, quizá nos convirtamos en la presa más fácil para los patógenos que queden “huérfanos”. ¿Seremos el huésped perfecto?



## 5. COVID- 19: Una de muchas.

El coronavirus de tipo 2 causante del síndrome respiratorio agudo severo (SRAS-CoV-2) es el ejemplo más tangible que tenemos en la actualidad acerca de lo que puede suceder cuando mezclamos las interfaces humana y animal sin respetar el medio ambiente y amenazando la estabilidad de las especies y ecosistemas. Cualquier persona que haya vivido los últimos y traumáticos 2 años puede prescindir de introducción respecto a este tema.

El Centro Chino para el Control y Prevención de Enfermedades confirmó que este virus tuvo su origen en animales salvajes cuya carne estaba siendo vendida en el mercado de Hankou, en Wuhan, en el cual se comercializaban alrededor de 120 animales de 75 especies diferentes (O'Callaghan-Gordo y Antó, 2020). Está bien establecido que los murciélagos son el reservorio de varios virus con la capacidad de saltar entre especies (Lorentzen et al, 2020). Cuevas, puentes y árboles constituyen el hábitat natural de estos animales que, tras la perturbación y destrucción de estos, se ven obligados a ocupar áreas cada vez más pequeñas o a encontrar nuevos hábitats seminaturales en la cercanía de poblaciones humanas (Lorentzen et al, 2020).

La COVID-19 es por tanto un ejemplo paradigmático de una enfermedad del Antropoceno, época geológica propuesta por la comunidad científica para reemplazar al Holoceno y referenciar el significativo impacto de la humanidad en los ecosistemas naturales (Lewis y Maslin, 2015).

Siguiendo una secuencia compleja en la que encontramos interrupción de sistemas naturales, destrucción de hábitats y extinción de especies, captura, comercialización y consumo mal regulados de animales salvajes, presión para anular o retrasar medidas de protección para el medio ambiente, limitación del conocimiento científico actual y desprecio por parte de los gobiernos de la evidencia disponible (O'Callaghan-Gordo y Antó, 2020), hemos obtenido como resultado la primera de las pandemias zoonóticas del siglo XXI, y, si nada cambia, probablemente no la última.

En las últimas décadas han tenido lugar brotes de diversas enfermedades (*Figura 9*) en las que los murciélagos han sido el principal agente zoonótico, y se observa una tendencia a intervalos más cortos de tiempo entre estos brotes (Lorentzen et al, 2020).

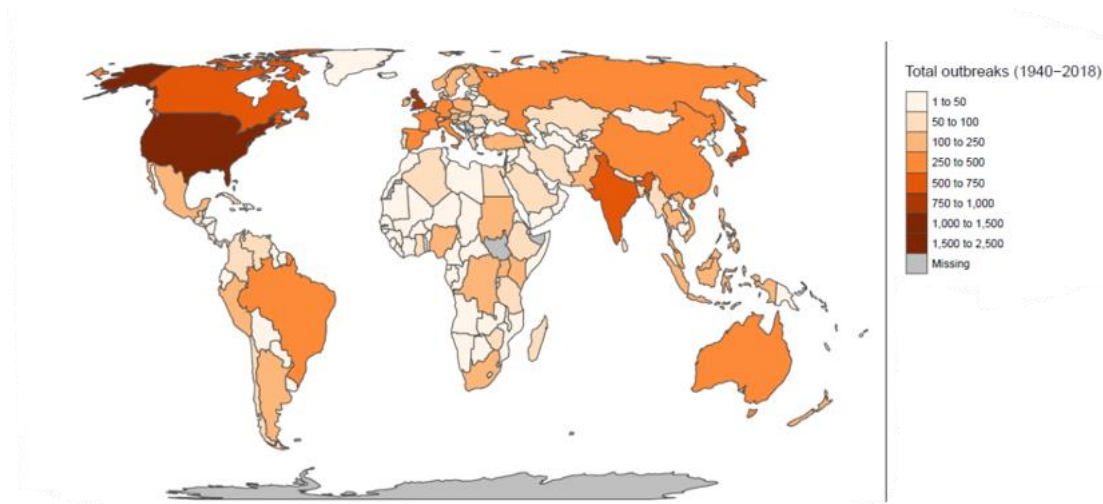


Figura 9. Mapa mundial con el número total de brotes desde 1940 hasta 2018 (Morand y Walther, 2020).

Nuevamente, esto no hace más que poner de manifiesto la seria amenaza que suponen las zoonosis para la salud humana a nivel global. Si de algo ha servido esta pandemia que aún estamos viviendo, ha sido para subrayar la importancia de la conservación de la naturaleza y la urgente necesidad de comprender en profundidad el papel que juega la pérdida de biodiversidad en la dinámica y transmisión de enfermedades, remarcando una realidad ya innegable: nuestra forma de relacionarnos con el medio ambiente debe cambiar si no queremos que la excepción se convierta en la regla.

#### 6. Discutiendo generalidades. Depredación y competitividad como reguladores.

Como se ha mencionado anteriormente, existe un denominado “efecto dilución” que hace referencia a la capacidad disuasora de una alta diversidad de especies en lo referente a la expansión de enfermedades dentro de un ecosistema. Es decir, un sistema con una biodiversidad preservada previene de la propagación de enfermedades a otros sistemas o especies, entre ellas poblaciones humanas.

Partiendo de esta base, se ha establecido que una abundancia de depredadores y especies carroñeras en un ecosistema también favorece el control de enfermedades y evita fenómenos cascada (O’Byrne et al., 2020). Estos organismos tienen un papel dual, pudiendo limitar a la vez la densidad de herbívoros mediante depredación, y de mesocarnívoros a través de la competencia, evitando que especies hospedadoras crezcan descontroladamente (Ripple et al., 2014). Leopardos, osos polares, murciélagos insectívoros y buitres carroñeros son algunos ejemplos de especies cruciales en las redes

alimentarias, que controlan la densidad de vectores de enfermedades. Sin embargo, la mayoría se encuentran en peligro de extinción y se sabe que su disminución es un fuerte impulsor de la propagación zoonótica (O'Bryan et al., 2020).

Los depredadores autóctonos parecen ser especialmente sensibles frente a las alteraciones antrópicas del medio natural, siendo sus poblaciones terriblemente reducidas cuando los ecosistemas son transformados por el hombre (Ostfeld y Holt, 2004). Además, en sistemas perturbados con abundancia de enfermedades los depredadores sufren fenómenos de bioacumulación de patógenos provenientes de sus presas, y a lo largo de su vida pueden albergar dosis clínicamente significativas de diferentes patógenos (coinfeción sinérgica) y propiciar eventos de recombinación genética (Malmberg et al., 2021). Esto puede incrementar el riesgo de cascadas de infección.

Se han estudiado diferentes escenarios en los que un decrecimiento de poblaciones de depredadores ha conllevado un aumento en la presencia de una enfermedad en poblaciones humanas cercanas al medio salvaje. Por ejemplo, entre los años 1990 y 2000, se observó una reducción del 92% en la población de buitres en India, asociada a un crecimiento en poblaciones de perros callejeros que aprovechan el alimento que queda disponible. Por consiguiente, aumentó la exposición a mordeduras, dándose un incremento de casos de rabia en varias zonas del país (O'Bryan et al., 2020)

Por otro lado, también se tiene conocimiento de diversos casos en los que una población de depredadores de tamaño adecuado ha mantenido a raya ciertas enfermedades peligrosas para las personas. La enfermedad de Lyme se produce por infección de bacterias del género *Borrelia*, y puede cursar con un cuadro clínico severo que recoge desde sarpullidos y fiebre, hasta problemas neurológicos como parálisis facial, pasando por episodios de mareos, carditis, artritis o problemas de memoria, entre otros (Johnson et al., 2018). Se trata de la principal enfermedad transmitida por vectores en América del Norte. Las bacterias utilizan como hospedador principal a las garrapatas, que a su vez viajan a través de las poblaciones de roedores llegando a los humanos (Ginsberg et al., 2021).

El zorro ha demostrado ser una especie clave en el control de esta enfermedad, pues regula el tamaño poblacional de los roedores a través de la depredación, disminuyendo la posible exposición de las personas a estos animales y sus patógenos (O'Bryan et al., 2020). Otros depredadores como las rapaces y serpientes también se alimentan de roedores y

murciélagos, importantes hospedadores de multitud de enfermedades zoonóticas como el Hantavirus ((Min et al., 2021). En adición, cuando se habla de especies reguladoras dentro de un ecosistema, no puede quedar sin mencionar el lobo. Se trata del depredador más ampliamente distribuido en el hemisferio norte gracias a su capacidad de adaptación a gran variedad de hábitats, y su papel como especie clave ha sido estudiado y reconocido en la comunidad científica en repetidas ocasiones (Lavallée y Lavallée, 2018; Hale Koprowski, 2018). Con el jabalí y el ciervo como principales presas, los lobos controlan las poblaciones de ungulados, y modelos matemáticos han sugerido que contribuyen al control de enfermedades en sus presas, como por ejemplo la caquexia crónica en ciervos norteamericanos (Tanner et al., 2019).

Así, la disminución de depredadores puede resultar en el crecimiento descontrolado de especies hospedadores con altas tasas de crecimiento, que suelen ser a su vez especies generalistas bien adaptadas a ambientes transformados por el ser humano y que incrementan el riesgo de transmisión de enfermedades a personas. También un bajo número de depredadores provoca un empeoramiento en la salud de las especies de las que se alimentan, al perderse la capacidad reguladora de estos para reducir el número de individuos enfermos, lo que conlleva una mayor persistencia y contagio de enfermedades entre las poblaciones de presas (Glidden et al., 2021).

#### 7. Iniciativas de sostenibilidad y salud pública con perspectiva ecológica. *One Health*.

La perturbación y fragmentación de los hábitats salvajes es uno de los principales motores de expansión zoonótica (UNEP/ILRI, 2020). Con el objetivo de minimizar el riesgo de contagio por estas enfermedades la correcta conservación de los espacios naturales resulta una medida fundamental (Gibb et al., 2020b), manteniendo la existencia de corredores entre ellos para promover la conectividad entre subgrupos de la población (Bartón et al., 2019). Actividades como la deforestación, urbanización, y agricultura y ganadería intensivas deben regularse y estar gestionadas desde un punto de vista ecológico que permita un desarrollo sostenible y limite la pérdida de biodiversidad derivada de estas acciones.

Como se ha mencionado anteriormente, otro foco de enfermedades zoonóticas son los espacios en los que se acumulan animales de diferentes especies. En muchas ocasiones los animales de granja o de comercio están sometidos a unas condiciones estresantes y antihigiénicas que comprometen su sistema inmunológico y promueven la aparición de

enfermedades que pueden ser propagadas a las poblaciones humanas circundantes (Bertoni, 2021). Con intervenciones basadas en ecología que reducen tanto la susceptibilidad a la enfermedad como las oportunidades de transmisión puede lograrse controlar estos peligrosos hervideros de patógenos. Por ejemplo, se realizó un estudio en 120 granjas británicas en el cual se demostró que la presencia de setos salteados en el espacio de pastoreo, y el mantenimiento de franjas de vida silvestre adyacentes a estos, reducía el riesgo de tuberculosis bovina en el ganado (Mathews, 2009). Medidas similares se encuentran recogidas en la Política Agrícola Común Europea (UE, 2020).

También, frente a enfermedades infecciosas, la vacunación surge como respuesta lógica. Sin embargo, muchas de estas enfermedades son emergentes, por lo que no existen vacunas previas y deben desarrollarse en el momento que aparecen, haciendo que sea difícil detener la propagación (Paul-Pierre, 2009). Por esto, el trabajo de campo de equipos multidisciplinarios que incluyan ecólogos, ambientalistas, epidemiólogos y biólogos moleculares y genéticos es esencial para realizar investigaciones sobre zoonosis emergentes que permitan frenar de forma eficiente los posibles brotes. El enfoque ecológico ha sido fundamental en muchos programas de control de enfermedades, y será cada vez más necesario frente al futuro cambio climático (Gibb et al., 2020a).

También es crucial el uso de técnicas matemáticas y estadísticas capaces de pronosticar el desarrollo de las enfermedades y las alteraciones derivadas de este cambio climático. Podemos diferenciar dos enfoques o modelos de predicción utilizados para analizar futuros escenarios zoonóticos con el objetivo de anteponerse a ellos. En primer lugar, los enfoques basados en rasgos predicen posibles hospedadores y vectores, realizando comparaciones con características específicas de los hospedadores y vectores ya conocidos, como morfología, ecología y filogenia (Wille et al., 2021). En segundo lugar, los enfoques basados en redes tienen en cuenta redes de asociaciones entre distintos hospedadores y virus asociados, y estiman posibles interacciones (Wille et al., 2021).

Además de estos enfoques, científicos especializados en epidemiología y enfermedades infecciosas han desarrollado una herramienta denominada “Spillover” (<https://spillover.global/>). Utilizando la ciencia más reciente disponible y con la ayuda de opiniones de expertos de la comunidad científica, Spillover es capaz de estimar riesgos de contagio de cada virus gracias a una gran base de datos que recoge hallazgos de virus en la fauna salvaje y diversos factores de riesgo ambientales. Realizando una búsqueda sobre un virus determinado podemos obtener información sobre la epidemiología,

ecología y genética de los hospedadores y del propio virus, y también conocer el papel de diversos factores ambientales en la propagación de la enfermedad, como son la transformación de tierras, deforestación, densidad de poblaciones humanas cercanas o urbanización. Así, SpillOver se establece como una herramienta muy útil a la hora de comprender la dinámica de las enfermedades infecciosas, pudiendo contribuir a la difusión de información clave para la concienciación de la problemática que supone el incremento de zoonosis. Además, gracias a que nos ofrece información detallada sobre la ecología de los individuos, puede resultar de gran ayuda en el desarrollo de planes de protección y contención frente a estas enfermedades.

Existen diversas áreas en las que la aplicación de políticas con perspectiva ecológica podría resultar de gran utilidad a la hora de disminuir riesgos de infección y favorecer la conservación de los espacios naturales, con el fin de mantener la estabilidad de los ecosistemas y por ende de las dinámicas de infección (Gibb et al., 2020a) (Tabla 2).

Tabla 2. Aportaciones de un enfoque ecológico en diferentes sectores (Gibb et al., 2020a).

Sector	Aportaciones de la ecología
<b>Planificación urbana</b>	Comprensión de la ecología de hospedadores/vectores para un diseño de edificios que los excluya, mejoras en sistemas de saneamiento y mantenimiento de espacios verdes que disminuyen la temperatura para evitar la proliferación de patógenos y hospedadores.
<b>Agricultura</b>	Los paisajes y prácticas agrícolas podrían diseñarse para regular las poblaciones de hospedadores o vectores, y para evitar el contacto entre ganado y fauna salvaje. Controlar las condiciones de los microclimas podría también beneficiar la seguridad alimentaria.
<b>Salud pública</b>	Monitoreo de poblaciones para una detección precoz, fortalecimiento específico de sistemas de salud en zonas con mayor riesgo.
<b>Degradación y pérdida de hábitats</b>	Estudiar el uso de hábitats de los actuales o previstos hospedadores de patógenos prioritarios, bajo las presentes y futuras condiciones ambientales. Abordar las principales perturbaciones, como la deforestación y expansión agrícola.
<b>Caza y comercio</b>	La caza y el comercio de especies salvajes está fuertemente impulsado por necesidades nutricionales o económicas. Inversiones para aumentar las alternativas que sean rentables de cara al futuro cambio climático podrían reducir la dependencia de productos de animales salvajes y a la vez beneficiar la seguridad alimenticia y la conservación de la biodiversidad.

El concepto *One Health* no es nuevo, pero ha cobrado importancia en las últimas décadas debido al aumento de brotes de enfermedades infecciosas a nivel global (Mackenzie y Jeggo, 2019). No existe una definición única acordada, aunque se han sugerido varias. La más utilizada es la compartida por los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades de EE. UU. y la Comisión *One Health*: “*One Health* se define como un enfoque colaborativo, multisectorial y transdisciplinario, que trabaja a nivel local, regional, nacional y global, con el objetivo de lograr resultados de salud óptimos reconociendo la interconexión entre las personas, los animales, las plantas y su entorno compartido”. Otra definición de peso es la sugerida por *One Health* Global Network: “*One Health* reconoce que la salud de los humanos, los animales y los ecosistemas están interconectados. Implica aplicar un enfoque coordinado, colaborativo, multidisciplinario e intersectorial para abordar los riesgos potenciales o existentes que se originan en la interfaz animal-humano-ecosistemas”. El Instituto *One Health* de la Universidad de California une estas dos definiciones en una más simple pero igualmente acertada: “*One Health* es un enfoque que busca garantizar el bienestar de las personas, los animales y el medio ambiente a través de la resolución colaborativa de problemas, a nivel local, nacional, y global” (Mackenzie y Jeggo, 2019).

El brote de SARS en 2003, la primera enfermedad novedosa grave y fácilmente transmisible que surgió en el siglo XXI, hizo que la comunidad científica y las esferas políticas se dieran cuenta de que (a) en cualquier momento un patógeno desconocido hasta entonces podía saltar de un organismo silvestre a una población humana y amenazar la salud y economía de todas las sociedades; (b) los países necesitaban tener un sistema de alerta y respuesta efectivo, y mantener una comunicación rápida y transparente a nivel global que ayudase a controlar los brotes; y (c) una respuesta internacional debía estar sustentada en los principios consagrados de *One Health* (Mackenzie y Jeggo, 2019).

Los enfoques de *One Health* están siendo cada vez más valorados respecto a su utilidad para afrontar las amenazas de enfermedades infecciosas emergentes. Sin embargo, el paso de la teoría a la práctica sigue siendo un desafío. La mayoría de los países no presentan mecanismos formales que permitan una coordinación e integración fluida entre los sectores de salud humana, agricultura y medio ambiente, que tradicionalmente se distribuyen en ministerios u organismos gubernamentales separados con diferentes mandatos sobre actividades y gastos (Kelly et al., 2020)

Aun así, la aplicación de algunos principios de *One Health* ya ha demostrado su gran utilidad en diferentes escenarios. Por ejemplo, la detección de casos de virus del Ébola en grandes simios ha servido para prevenir casos en humanos, y esto puede combinarse con medidas de mitigación de riesgos, como evitar los cadáveres por parte de los cazadores (Rouquet et al., 2005). El monitoreo de variaciones climáticas también se ha utilizado para predecir brotes de la fiebre del Valle del Rift, y puede aplicarse en campañas de vacunación y control de mosquitos (Anyamba et al., 2009). La vigilancia humana, animal y ambiental integrada también puede dilucidar las vías de intercambio de patógenos y colaborar en la elaboración de soluciones que acaten el problema desde la raíz.

Informar a nivel internacional sobre brotes y evoluciones de las diferentes enfermedades tanto en humanos como en animales, y registrar historiales de casos detallados para la incidencia de infecciones es primordial para *One Health*. Deberán crearse estructuras nacionales de información, como la establecida después del brote de fiebre Q en los Países Bajos (Mori y Roest, 2018). Los instrumentos internacionales para recopilar datos, como el Atlas de Vigilancia de Enfermedades Infecciosas del ECDC, o la herramienta digital previamente mencionada “SpillOver” pueden ser de gran ayuda para los profesionales de todos los sectores que trabajan hacia *One Health* (Cross et al., 2019).

#### 8. ¿Hacia dónde vamos? Perspectivas futuras.

Como se ha mencionado en apartados anteriores, entre los principales impulsores del incremento de zoonosis encontramos la destrucción de hábitats naturales y la alteración de diversos factores ambientales por el cambio climático derivado de la acción antrópica. El calentamiento global y las variaciones geoclimáticas influyen en la epidemiología de las enfermedades zoonóticas al alterar la dinámica de hospedadores, vectores y patógenos, así como sus interacciones (Naicker, 2011).

Si estos ciclos de oscilación son intensos en el futuro como se predice en los modelos de cambio climático, son muchas las enfermedades zoonóticas que pueden extenderse y tener un mayor impacto en las sociedades humanas durante las décadas próximas (Tabla 3) (Rupasinghe et al., 2022).



Tabla 3. Ejemplos de enfermedades zoonóticas cuyo incremento podrá suponer una amenaza en las décadas venideras (Rupasinghe et al., 2022).

<b>Enfermedad</b>	<b>Alteración prevista</b>	<b>Región afectada</b>
Virus del Nilo	Mayor probabilidad de infección y expansión entre 2025 y 2050.	Norte de Serbia, Hungría central, Grecia.
Fiebre del Dengue	Aumento del 25% de la población en riesgo de infección para el año 2085, incremento del potencial epidémico del virus.	A nivel global, con especial intensidad en Europa.
Malaria	Incremento en el número de días por año propicios para la transmisión de malaria, aumento entre 8-14% del riesgo de infección para 2050.	A nivel global, hincapié en Portugal, Reino Unido, regiones del este de África, regiones subsaharianas.
Leishmaniasis	Mayor área apropiada para el desarrollo de vectores, incremento del 15% en hospitalizaciones para finales del siglo XXI, duplicación del número de individuos expuestos para 2080.	Europa, Brasil, América del Norte.
Lyme	Expansión del vector <i>Ixodes scapularis</i> con un aumento del espacio habitable del 213% para 2080, inicio de la enfermedad entre 0.7-1.9 semanas antes para 2065, incremento de la actividad de las ninfas y larvas de <i>I. scapularis</i> entre 8-14 días para 2050.	América del Norte, Canadá.
Salmonelosis	Incremento del 50% en casos relacionados con la temperatura para finales de siglo.	Europa, especialmente Reino Unido, Francia y Suiza.
Schistosomiasis	Aumento del 20% en el riesgo de infección durante los próximos 20-50 años.	Este de África, China.
Trypanosomiasis africana	Del hábitat desfavorable actual, hasta un 63% podrá volverse favorable para el vector para el año 2090.	Este y sur de África.
Hantavirus	Mayor riesgo de infección.	Europa y Estados Unidos.

Para una vuelta a la salud global después de la epidemia de COVID-19, y también con el objetivo de evitar futuras pandemias, la Organización Mundial de la Salud propone varias prescripciones basadas en los principios de *One Health* entre las que destaca la primera y quizá más esencial:

Proteger y preservar la fuente de la salud humana: la naturaleza. Entre las acciones que proponen encontramos a) la implementación y actualización de planes de protección de la biodiversidad y los ecosistemas, destacando el papel fundamental de estos en relación con el sector sanitario b) eliminar o reformar las principales acciones dañinas para la diversidad animal, luchando principalmente contra el cambio climático y la deforestación c) limitar o controlar el contacto entre humanos y fauna salvaje d) desarrollar e implementar políticas sanitarias intersectoriales (WHO, 2020).

## 9. Conclusiones.

La pérdida de biodiversidad es un ave rapaz que lleva acechando a la humanidad desde las alturas durante décadas, me atrevería a decir siglos, desde el momento en el que los humanos difuminaron la línea que separa los hábitats salvajes de los hábitats perturbados por acción antrópica. Nos acecha y sabemos que está ahí. Es palpable gracias a innumerables investigaciones científicas, está presente en nuestros telediarios y se habla sobre ella a los niños en los colegios. Planea dibujando círculos sobre nosotros y aun así su sombra no parece ser suficiente para frenar la situación o apaciguar los desesperanzadores escenarios futuros.

Y es que esa línea antes mencionada no sólo se ha difuminado, sino que se ha enredado, estirado, y reducido el área que encierra con el pretexto de no limitar el desarrollo humano y el objetivo omnipresente de sacar beneficio de cuanto nos rodea. Así, cuando se intenta poner en alza esta amenaza, a menudo surgen muros contruidos sobre prioridades económicas que entorpecen el proceso. La protección de la biodiversidad se extiende a la conservación de espacios naturales, mermando posibles ganancias que se obtienen gracias a la explotación de estos.

A lo largo de este trabajo, se han mencionado diferentes acciones que afectan de forma negativa a los ecosistemas salvajes empujando a muchas especies a desplazarse, y empujándolas también a la extinción en numerosos casos. Urbanización, agricultura y ganadería intensivas, deforestación y comercio ilegal son los principales propulsores de la degradación de la naturaleza y del colapso climático al que nos enfrentamos. Mediante

la fragmentación y la reducción de hábitats que conllevan estas acciones, sabemos que se incrementa la probabilidad de contacto entre personas y animales hospedadores de patógenos nuevos para el ser humano. También sabemos que ambientes altamente perturbados favorecen la proliferación de grupos animales que frecuentan el papel de hospedador, como es el caso de los roedores o murciélagos. Además, la caza excesiva y el comercio de vida salvaje también son propulsores de extinción y suponen peligrosos focos de enfermedades infecciosas. Sin olvidar que la crisis climática derivada de la propia acción humana está induciendo la conquista de nuevos hábitats por parte de especies vectores y hospedadores, y modificando sus ciclos biológicos y su virulencia.

A esto debemos sumarle que la pérdida de especies no se limita al reino animal, y las repercusiones en el reino vegetal también son preocupantes. Se ha discutido en apartados anteriores el probable empeoramiento de la salud humana como consecuencia de una reducción en la producción de alimentos vegetales, provocado por el desgaste y la contaminación de tierras de cultivo y la alteración de condiciones ambientales, y por la desaparición de especies polinizadoras. Alrededor de 150-200 millones de personas experimentarán déficits dietarios de zinc y proteínas, y la salud humana a nivel global podrá verse empobrecida, dificultando nuestra supervivencia frente a nuevas zoonosis.

Por tanto, la carta de la preservación de la biodiversidad puede ponerse sobre la mesa desde un enfoque que tal vez las esferas políticas centradas en preservar la economía entiendan mejor. Si la responsabilidad moral respecto a la naturaleza y al resto de los seres vivos que habitan este planeta no es suficiente para motivar gestiones decididas y eficientes que aseguren la protección de los ecosistemas naturales y velen por un desarrollo realmente sostenible, entonces quizá la idea de que la salud humana depende completamente de la salud animal surta mayor efecto. No hay mejor ejemplo que la actual pandemia por COVID-19 para ilustrar las consecuencias que pueden tener las zoonosis, y las pérdidas que acarrear en todos los sentidos de la palabra.

No hay discusión posible sobre la facilidad con la que una enfermedad puede dismantelar las bases de nuestra sociedad, hasta el punto de tenernos entre paredes durante meses.

No hay dudas acerca de que nuestra explotación desmesurada de la naturaleza no se trata de un proceso que vaya a poder darse de forma infinita sin repercusiones inasumibles.

No hay futuro posible para la humanidad sin biodiversidad.

## 9. Bibliografia

- Allen, T., Murray, K. A., Zambrana-Torrel, C., Morse, S. S., Rondinini, C., di Marco, M., Breit, N., Olival, K. J., & Daszak, P. (2017). Global hotspots and correlates of emerging zoonotic diseases. *Nature Communications*, 8(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-017-00923-8>
- Altizer, S., Ostfeld, R. S., Johnson, P. T. J., Kutz, S., & Harvell, C. D. (2013). Climate change and infectious diseases: From evidence to a predictive framework. In *Science* (Vol. 341, Issue 6145, pp. 514–519). American Association for the Advancement of Science. <https://doi.org/10.1126/science.1239401>
- Anyamba, A., Chretien, J.-P., Small, J., Tucker, C. J., Formenty, P. B., Richardson, J. H., Britch, S. C., Schnabel, D. C., Erickson, R. L., & Linthicum, K. J. (2009). Prediction of a Rift Valley fever outbreak. [www.pnas.org/cgi/content/full/](http://www.pnas.org/cgi/content/full/)
- Baker, S. E., Cain, R., Kesteren, F. van, Zommers, Z. A., D’Cruze, N., & MacDonald, D. W. (2013). Rough trade: Animal welfare in the global wildlife trade. In *BioScience* (Vol. 63, Issue 12, pp. 928–938). <https://doi.org/10.1525/bio.2013.63.12.6>
- Bartoń, K. A., Zwiłacz-Kozica, T., Zięba, F., Sergiel, A., & Selva, N. (2019). Bears without borders: Long-distance movement in human-dominated landscapes. *Global Ecology and Conservation*, 17. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00541>
- Bell, S. M., & Bedford, T. (2017). Modern-day SIV viral diversity generated by extensive recombination and cross-species transmission. *PLoS Pathogens*, 13(7). <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1006466>
- Bertoni, G. (2021). Human, animal and planet health for complete sustainability. In *Animals* (Vol. 11, Issue 5). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/ani11051301>
- Bezerra-Santos, M. A., Mendoza-Roldan, J. A., Thompson, R. C. A., Dantas-Torres, F., & Otranto, D. (2021). Illegal Wildlife Trade: A Gateway to Zoonotic Infectious Diseases. In *Trends in Parasitology* (Vol. 37, Issue 3, pp. 181–184). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2020.12.005>
- Budria, A. (2017). Beyond troubled waters: the influence of eutrophication on host–parasite interactions. In *Functional Ecology* (Vol. 31, Issue 7, pp. 1348–1358). Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12880>
- Cantlay, J. C., Ingram, D. J., & Meredith, A. L. (2017). A Review of Zoonotic Infection Risks Associated with the Wild Meat Trade in Malaysia. In *EcoHealth* (Vol. 14, Issue 2, pp. 361–388). Springer New York LLC. <https://doi.org/10.1007/s10393-017-1229-x>
- Chivian, E., & Bernstein, A. S. (2004). Embedded in nature: human health and biodiversity. *Environmental Health Perspectives*, 112(1). <https://doi.org/10.1289/ehp.112-a12>
- Cross, A. R., Baldwin, V. M., Roy, S., Essex-Lopresti, A. E., Prior, J. L., & Harmer, N. J. (2019). Zoonoses under our noses. In *Microbes and Infection* (Vol. 21, Issue 1, pp. 10–19). Elsevier Masson SAS. <https://doi.org/10.1016/j.micinf.2018.06.001>
- Cunningham, A. A., Daszak, P., & Wood, J. L. N. (2017). One health, emerging infectious diseases and wildlife: Two decades of progress? In *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* (Vol. 372, Issue 1725). Royal Society. <https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0167>
- Dahmana, H., Granjon, L., Diagne, C., Davoust, B., Fenollar, F., & Mediannikov, O. (2020). Rodents as hosts of pathogens and related zoonotic disease risk. *Pathogens*, 9(3). <https://doi.org/10.3390/pathogens9030202>
- Dharmarajan, G., Gupta, P., Vishnudas, C. K., & Robin, V. v. (2021). Anthropogenic disturbance favours generalist over specialist parasites in bird communities: Implications for risk of disease emergence. In *Ecology Letters* (Vol. 24, Issue 9, pp. 1859–1868). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1111/ele.13818>
- Eales, K. M., Norton, R. E., & Ketheesan, N. (2010). Short report: Brucellosis in Northern Australia. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 83(4), 876–878. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.2010.10-0237>
- Egli, L., Meyer, C., Scherber, C., Kreft, H., & Tschirntke, T. (2018). Winners and losers of national and global efforts to reconcile agricultural intensification and biodiversity conservation. *Global Change Biology*, 24(5), 2212–2228. <https://doi.org/10.1111/gcb.14076>
- Ellwanger, J. H., Kulmann-Leal, B., Kaminski, V. L., Valverde-Villegas, J. M., da VEIGA, A. B. G., Spilki, F. R., Fearnside, P. M., Caesar, L., Giatti, L. L., Wallau, G. L., Almeida, S. E. M., Borba, M. R., da HORA, V. P., & Chies,

- J. A. B. (2020). Beyond diversity loss and climate change: Impacts of Amazon deforestation on infectious diseases and public health. *Anais Da Academia Brasileira de Ciencias*, 92(1). <https://doi.org/10.1590/0001-3765202020191375>
- Faust, C. L., McCallum, H. I., Bloomfield, L. S. P., Gottdenker, N. L., Gillespie, T. R., Torney, C. J., Dobson, A. P., & Plowright, R. K. (2018). Pathogen spillover during land conversion. In *Ecology Letters* (Vol. 21, Issue 4, pp. 471–483). Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1111/ele.12904>
- Fèvre, E. M., Bronsvoort, B. M. D. C., Hamilton, K. A., & Cleaveland, S. (2006). Animal movements and the spread of infectious diseases. In *Trends in Microbiology* (Vol. 14, Issue 3, pp. 125–131). <https://doi.org/10.1016/j.tim.2006.01.004>
- Gaston, K., & Spicer, J., I. (2004). *Biodiversity: An Introduction* (2nd ed., pp. 3). Wiley-Blackwell.
- Gibb, R., Franklins, L. H. V., Redding, D. W., & Jones, K. E. (2020a). Ecosystem perspectives are needed to manage zoonotic risks in a changing climate. *The BMJ*, 371. <https://doi.org/10.1136/bmj.m3389>
- Gibb, R., Redding, D. W., Chin, K. Q., Donnelly, C. A., Blackburn, T. M., Newbold, T., & Jones, K. E. (2020b). Zoonotic host diversity increases in human-dominated ecosystems. *Nature*, 584(7821), 398–402. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2562-8>
- Ginsberg, H. S., Hickling, G. J., Burke, R. L., Ogden, N. H., Beati, L., LeBrun, R. A., Arsnoe, I. M., Gerhold, R., Han, S., Jackson, K., Maestas, L., Moody, T., Pang, G., Ross, B., Rulison, E. L., & Tsao, J. I. (2021). Why Lyme disease is common in the northern US, but rare in the south: The roles of host choice, host-seeking behavior, and tick density. *PLoS Biology*, 19(1). <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3001066>
- Glidden, C. K., Nova, N., Kain, M. P., Lagerstrom, K. M., Skinner, E. B., Mandle, L., Sokolow, S. H., Plowright, R. K., Dirzo, R., de Leo, G. A., & Mordecai, E. A. (2021). Human-mediated impacts on biodiversity and the consequences for zoonotic disease spillover. In *Current Biology* (Vol. 31, Issue 19, pp. R1342–R1361). Cell Press. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.08.070>
- Halbwax, M. (2020). Addressing the illegal wildlife trade in the European Union as a public health issue to draw decision makers attention. In *Biological Conservation* (Vol. 251). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108798>
- Hale, S. L., & Koprowski, J. L. (2018). Ecosystem-level effects of keystone species reintroduction: a literature review. In *Restoration Ecology* (Vol. 26, Issue 3, pp. 439–445). Blackwell Publishing Inc. <https://doi.org/10.1111/rec.12684>
- Harrus, S., & Baneth, G. (2005). Drivers for the emergence and re-emergence of vector-borne protozoal and bacterial diseases. In *International Journal for Parasitology* (Vol. 35, Issues 11–12, pp. 1309–1318). <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2005.06.005>
- Hosseini, P. R., Mills, J. N., Prieur-Richard, A. H., Ezenwa, V. O., Bailly, X., Rizzoli, A., Suzán, G., Vittecoq, M., García-Penã, G. E., Daszak, P., Guégan, J. F., & Roche, B. (2017). Does the impact of biodiversity differ between emerging and endemic pathogens? The need to separate the concepts of hazard and risk. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 372(1722). <https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0129>
- IPBES (2019). Global assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Brondízio, E. S., Settele, J., Díaz, S., Ngo, H. T. (eds). IPBES secretariat, Bonn, Germany. pp. 1144.
- IUCN (2020). Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza informe anual 2019. Gland, Suiza. pp. 52.
- Janoušková, E., Janouškov, J., Janoušková, J., Clark, J., Kajero, O., Alonso, S., Lamberton, P. H. L., Betson, M., Prada, J. M., & Janouškov, E. (2022). *Public health policy pillars for the sustainable elimination of zoonotic schistosomiasis*. <https://doi.org/10.20944/preprints202201.0121.v2>
- Johnson, K. O., Nelder, M. P., Russell, C., Li, Y., Badiani, T., Sander, B., Sider, D., & Patel, S. N. (2018). Clinical manifestations of reported Lyme disease cases in Ontario, Canada: 2005–2014. *PLoS ONE*, 13(6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198509>
- Karesh, W. B., Cook, R. A., Bennett, E. L., & Newcomb, J. (2005). Wildlife Trade and Global Disease Emergence. *Emerging Infectious Diseases*, 11(7), 1000–1002. <https://doi.org/10.3201/eid1107.050194>
- Keesing, F., Holt, R. D., & Ostfeld, R. S. (2006). Effects of species diversity on disease risk. In *Ecology Letters* (Vol. 9, Issue 4, pp. 485–498). <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2006.00885.x>
- Keesing, F., & Ostfeld, R. S. (n.d.). *Impacts of biodiversity and biodiversity loss on zoonotic diseases A Confusing Role for Biodiversity in Pathogen Transmission?* <https://doi.org/10.1073/pnas.2023540118/-/DCSupplemental>

- Kelly, T. R., Machalaba, C., Karesh, W. B., Crook, P. Z., Gilardi, K., Nziza, J., Uhart, M. M., Robles, E. A., Saylor, K., Joly, D. O., Monagin, C., Mangombo, P. M., Kingebeni, P. M., Kazwala, R., Wolking, D., Smith, W., & Mazet, J. A. K. (2020). Implementing One Health approaches to confront emerging and re-emerging zoonotic disease threats: lessons from PREDICT. *One Health Outlook*, 2(1), 1. <https://doi.org/10.1186/s42522-019-0007-9>
- Khalil, H., Ecker, F., Evander, M., Magnusson, M., & Hörnfeldt, B. (2016). Declining ecosystem health and the dilution effect. *Scientific Reports*, 6. <https://doi.org/10.1038/srep31314>
- Kilpatrick, A. M., Salkeld, D. J., Titcomb, G., & Hahn, M. B. (2017). Conservation of biodiversity as a strategy for improving human health and well-being. In *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* (Vol. 372, Issue 1722). Royal Society. <https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0131>
- Lamkin, M., & Miller, A. I. (2016). On the challenge of comparing contemporary and deep-time biological-extinction rates. In *BioScience* (Vol. 66, Issue 9, pp. 785–789). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/biosci/biw088>
- Laurance, W. F., Sayer, J., & Cassman, K. G. (2014). Agricultural expansion and its impacts on tropical nature. In *Trends in Ecology and Evolution* (Vol. 29, Issue 2, pp. 107–116). <https://doi.org/10.1016/j.tree.2013.12.001>
- Lavallée, C. D., & Lavallée, C. D. (2018). *Mini-Review Trophic Interactions of Gray Wolves (Canis lupus), the Keystone Species in Yellowstone National Park*. 4(1). <https://doi.org/10.5203/pmuser.201841659>
- Leroy, E. M., Rouquet, P., Formenty, P., Souquière, S., Kilbourne, A., Froment, J. M., Bermejo, M., Smit, S., Karesh, W., Swanepoel, R., Zaki, S. R., & Rollin, P. E. (2004). Multiple Ebola Virus Transmission Events and Rapid Decline of Central African Wildlife. *Science*, 303(5656), 387–390. <https://doi.org/10.1126/science.1092528>
- Lewis, S. L., & Maslin, M. A. (2015). Defining the Anthropocene. In *Nature* (Vol. 519, Issue 7542, pp. 171–180). Nature Publishing Group. <https://doi.org/10.1038/nature14258>
- Liu, Z., He, C., & Wu, J. (2016). The relationship between habitat loss and fragmentation during urbanization: An empirical evaluation from 16 world cities. *PLoS ONE*, 11(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0154613>
- Lopes, R. P., Pereira, J. C., Kerber, L., & Dillenburger, S. R. (2020). The extinction of the Pleistocene megafauna in the Pampa of southern Brazil. *Quaternary Science Reviews*, 242. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2020.106428>
- Lorentzen, H. F., Benfield, T., Stisen, S., & Rahbek, C. (2020). Covid-19 is possibly a consequence of the anthropogenic biodiversity crisis and climate changes. *Danish Medical Journal*, 67(5), [A205025].
- Lorusso, A., Calistri, P., Petrini, A., Savini, G., & Decaro, N. (2020). Novel coronavirus (Sars-cov-2) epidemic: A veterinary perspective. In *Veterinaria Italiana* (Vol. 56, Issue 1, pp. 5–10). Istituto Zooprofilattico dell'Abruzzo e del Molise. <https://doi.org/10.12834/VetIt.2173.11599.1>
- Luis, A. D., Kuenzi, A. J., & Mills, J. N. (2018). Species diversity concurrently dilutes and amplifies transmission in a zoonotic host–pathogen system through competing mechanisms. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 115(31), 7979–7984. <https://doi.org/10.1073/pnas.1807106115>
- Mackenzie, J. S., & Jeggo, M. (2019). The one health approach—why is it so important? In *Tropical Medicine and Infectious Disease* (Vol. 4, Issue 2). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/tropicalmed4020088>
- Malmberg, J. L., White, L. A., & VandeWoude, S. (2021). Bioaccumulation of Pathogen Exposure in Top Predators. In *Trends in Ecology and Evolution* (Vol. 36, Issue 5, pp. 411–420). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2021.01.008>
- Mathews, F. (2009). Chapter 8 Zoonoses in Wildlife. Integrating Ecology into Management. In *Advances in Parasitology* (Vol. 68, pp. 185–209). [https://doi.org/10.1016/S0065-308X\(08\)00608-8](https://doi.org/10.1016/S0065-308X(08)00608-8)
- McKenzie, V. J., & Townsend, A. R. (2007). Parasitic and infectious disease responses to changing global nutrient cycles. In *EcoHealth* (Vol. 4, Issue 4, pp. 384–396). Springer New York. <https://doi.org/10.1007/s10393-007-0131-3>
- McMahon, B. J., Morand, S., & Gray, J. S. (2018). Ecosystem change and zoonoses in the Anthropocene. *Zoonoses and Public Health*, 65(7), 755–765. <https://doi.org/10.1111/zph.12489>
- Medek, D. E., Schwartz, J., & Myers, S. S. (2017). Estimated effects of future atmospheric CO<sub>2</sub> concentrations on protein intake and the risk of protein deficiency by country and region. *Environmental Health Perspectives*, 125(8). <https://doi.org/10.1289/EHP41>
- Mendoza, H., Rubio, A. v., García-Peña, G. E., Suzán, G., & Simonetti, J. A. (2020). Does land-use change increase the abundance of zoonotic reservoirs? Rodents say yes. *European Journal of Wildlife Research*, 66(1). <https://doi.org/10.1007/s10344-019-1344-9>

- Min, K. D., Schneider, M. C., & Cho, S. il. (2021). Association between predator species richness and human hantavirus infection emergence in Brazil. *One Health*, 11. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2020.100196>
- Morand, S., & Walther, B. A. (2020). The accelerated infectious disease risk in the Anthropocene: more outbreaks and wider global spread. <https://doi.org/10.1101/2020.04.20.049866>
- Mori, M., & Roest, H. J. (2018). Farming, Q fever and public health: Agricultural practices and beyond. *Archives of Public Health*, 76(1). <https://doi.org/10.1186/s13690-017-0248-y>
- Myers, S. S. (2017). Planetary health: protecting human health on a rapidly changing planet. In *The Lancet* (Vol. 390, Issue 10114, pp. 2860–2868). Lancet Publishing Group. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32846-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32846-5)
- Myers, S. S., Zanutti, A., Kloog, I., Huybers, P., Leakey, A. D. B., Bloom, A. J., Carlisle, E., Dietterich, L. H., Fitzgerald, G., Hasegawa, T., Holbrook, N. M., Nelson, R. L., Ottman, M. J., Raboy, V., Sakai, H., Sartor, K. A., Schwartz, J., Seneweera, S., Tausz, M., & Usui, Y. (2014). Increasing CO2 threatens human nutrition. *Nature*, 510(7503), 139–142. <https://doi.org/10.1038/nature13179>
- Naicker, P. R. (2011). *iMedPub Journals ARCHIVES OF CLINICAL MICROBIOLOGY* The impact of climate change and other factors on zoonotic diseases (Vol. 2, Issue 2). <http://www.acmicrob.com>
- O'Bryan, C. J., Brackowski, A. R., Magalhães, R. J. S., & McDonald-Madden, E. (2020). Conservation epidemiology of predators and scavengers to reduce zoonotic risk. In *The Lancet Planetary Health* (Vol. 4, Issue 8, pp. e304–e305). Elsevier B.V. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(20\)30166-2](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(20)30166-2)
- O'Callaghan-Gordo, C., & Antó, J. M. (2020). COVID-19: The disease of the anthropocene. In *Environmental Research* (Vol. 187). Academic Press Inc. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109683>
- Ostfeld, R. S., & Holt, R. D. (2004). Are predators good for your health? Evaluating evidence for top-down regulation of zoonotic disease reservoirs. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2(1), 13–20.
- Palombo, M. R. (2021). Thinking about the biodiversity loss in this changing world. *Geosciences (Switzerland)*, 11(9). <https://doi.org/10.3390/geosciences11090370>
- Paul-Pierre, P. (2009). Emerging diseases, zoonoses and vaccines to control them. *Vaccine*, 27(46), 6435–6438. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2009.06.021>
- Percipalle, M., Giardina, G., Lipari, L., Piraino, C., Macri, D., & Ferrantelli, V. (2011). Salmonella infection in illegally imported spur-thighed tortoises (*Testudo graeca*). *Zoonoses and Public Health*, 58(4), 262–269. <https://doi.org/10.1111/j.1863-2378.2010.01345.x>
- Pike, B. L., Saylor, K. E., Fair, J. N., Lebreton, M., Tamoufe, U., Djoko, C. F., Rimoin, A. W., & Wolfe, N. D. (2010). The origin and prevention of pandemics. In *Clinical Infectious Diseases* (Vol. 50, Issue 12, pp. 1636–1640). <https://doi.org/10.1086/652860>
- Plowright, R. K., Reaser, J. K., Locke, H., Woodley, S. J., Patz, J. A., Becker, D. J., Oppler, G., Hudson, P. J., & Tabor, G. M. (2021). Land use-induced spillover: a call to action to safeguard environmental, animal, and human health. In *The Lancet Planetary Health* (Vol. 5, Issue 4, pp. e237–e245). Elsevier B.V. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(21\)00031-0](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(21)00031-0)
- Polley, L., & Thompson, R. C. A. (2009). Parasite zoonoses and climate change: molecular tools for tracking shifting boundaries. In *Trends in Parasitology* (Vol. 25, Issue 6, pp. 285–291). <https://doi.org/10.1016/j.pt.2009.03.007>
- Powney, G. D., Carvell, C., Edwards, M., Morris, R. K. A., Roy, H. E., Woodcock, B. A., & Isaac, N. J. B. (2019). Widespread losses of pollinating insects in Britain. *Nature Communications*, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-019-08974-9>
- Ripple, W. J., Estes, J. A., Beschta, R. L., Wilmers, C. C., Ritchie, E. G., Hebblewhite, M., Berger, J., Elmhagen, B., Letnic, M., Nelson, M. P., Schmitz, O. J., Smith, D. W., Wallach, A. D., & Wirsing, A. J. (2014). Status and ecological effects of the world's largest carnivores. In *Science* (Vol. 343, Issue 6167). American Association for the Advancement of Science. <https://doi.org/10.1126/science.1241484>
- Rohr, J. R., Civitello, D. J., Halliday, F. W., Hudson, P. J., Lafferty, K. D., Wood, C. L., & Mordecai, E. A. (2020). Towards common ground in the biodiversity–disease debate. In *Nature Ecology and Evolution* (Vol. 4, Issue 1, pp. 24–33). Nature Research. <https://doi.org/10.1038/s41559-019-1060-6>
- Rouquet, P., Froment, J. M., Bermejo, M., Kilbourn, A., Karesh, W., Reed, P., Kumulungui, B., Yaba, P., Délicat, A., Rollin, P. E., & Leroy, E. M. (2005). Wild Animal Mortality Monitoring and Human Ebola Outbreaks, Gabon and

- Republic of Congo, 2001–2003. *Emerging Infectious Diseases*, 11(2), 283–290.  
<https://doi.org/10.3201/eid1102.040533>
- Rupasinghe, R., Chomel, B. B., & Martínez-López, B. (2022). Climate change and zoonoses: A review of the current status, knowledge gaps, and future trends. In *Acta Tropica* (Vol. 226). Elsevier B.V.  
<https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2021.106225>
- Scheffers, B. R., Oliveira, B. F., Lamb, I., & Edwards, D. P. (2019). Global wildlife trade across the tree of life.  
<https://www.science.org>
- Seddon, N., Mace, G. M., Naeem, S., Tobias, J. A., Pigot, A. L., Cavanagh, R., Mouillot, D., Vause, J., & Walpole, M. (2016). Biodiversity in the anthropocene: Prospects and policy. In *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* (Vol. 283, Issue 1844). Royal Society of London. <https://doi.org/10.1098/rspb.2016.2094>
- Shah Habibullah, M., Haji Din, B., Tan, S.-H., & Zahid, H. (2021). Impact of climate change on biodiversity loss: global evidence. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15702-8/Published>
- Smith, M. R., Golden, C. D., & Myers, S. S. (2017). Potential rise in iron deficiency due to future anthropogenic carbon dioxide emissions. *GeoHealth*, 1(6), 248–257. <https://doi.org/10.1002/2016GH000018>
- Smith, M. R., Singh, G. M., Mozaffarian, D., & Myers, S. S. (2015). Effects of decreases of animal pollinators on human nutrition and global health: A modelling analysis. *The Lancet*, 386(10007), 1964–1972.  
[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)61085-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)61085-6)
- Tanner, E., White, A., Acevedo, P., Balseiro, A., Marcos, J., & Gortázar, C. (2019). Wolves contribute to disease control in a multi-host system. *Scientific Reports*, 9(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44148-9>
- Tedeschi, L., Biancolini, D., Capinha, C., Rondinini, C., & Essl, F. (2022). Introduction, spread, and impacts of invasive alien mammal species in Europe. In *Mammal Review* (Vol. 52, Issue 2, pp. 252–266). John Wiley and Sons Inc.  
<https://doi.org/10.1111/mam.12277>
- Tong, S., Bambrick, H., Beggs, P. J., Chen, L., Hu, Y., Ma, W., Steffen, W., & Tan, J. (2022). Current and future threats to human health in the Anthropocene. In *Environment International* (Vol. 158). Elsevier Ltd.  
<https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106892>
- UE (2022). La Política Agrícola Común (PAC) y el tratado. Fichas técnicas sobre la Unión Europea.  
<https://www.europarl.europa.eu/factsheets/es/>
- UNEP/ILRI (2020). Prevenir próximas pandemias. Zoonosis: cómo romper la cadena de transmisión. Nairobi, Kenya. pp. 82.
- Wang, H., García Molinos, J., Heino, J., Zhang, H., Zhang, P., & Xu, J. (2021). Eutrophication causes invertebrate biodiversity loss and decreases cross-taxon congruence across anthropogenically-disturbed lakes. *Environment International*, 153. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106494>
- WHO (2020). Manifiesto for a healthy recovery from COVID-19. Geneva: World Health Organization. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- Wilkinson, D. A., Marshall, J. C., French, N. P., & Hayman, D. T. S. (2018). Habitat fragmentation, biodiversity loss and the risk of novel infectious disease emergence. *Journal of the Royal Society Interface*, 15(149).  
<https://doi.org/10.1098/rsif.2018.0403>
- Wille, M., Geoghegan, J. L., & Holmes, E. C. (2021). How accurately can we assess zoonotic risk? *PLoS Biology*, 19(4).  
<https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3001135>
- Wright, S. J. (2010). The future of tropical forests. In *Annals of the New York Academy of Sciences* (Vol. 1195, pp. 1–27). Blackwell Publishing Inc. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2010.05455.x>
- WWF (2020). Living Planet Report 2020 - Bending the curve of biodiversity loss. Almond, R.E.A., Grooten M. and Petersen, T. (Eds). WWF, Gland, Switzerland. pp. 164.