



**PROPUESTAS PARA LA
PREVENCIÓN Y DETECCIÓN DE
ENFERMEDADES INFECCIOSAS
EMERGENTES (EIE) EN GUATEMALA**



**RIESGOS CATASTRÓFICOS
GLOBALES
AGOSTO 2023**

Resumen ejecutivo

Desde la Plaga de Justiniano hasta la reciente pandemia del COVID-19, las enfermedades infecciosas han causado algunos de los mayores episodios de mortalidad de la historia. Muchos de los patógenos causantes han existido durante milenios, pero el cambio en el comportamiento humano ha facilitado su propagación. El aumento de la población humana, la globalización y el daño ambiental están contribuyendo a la aparición de nuevas y peligrosas enfermedades humanas, conocidas como enfermedades infecciosas emergentes (EIE), como el síndrome respiratorio agudo severo (SARS), el sida, la enfermedad del Ébola, el dengue o la fiebre amarilla. De hecho, en el periodo comprendido entre 1940 y 2004, se han identificado al menos 335 EIE. Durante este periodo, se ha observado un claro aumento en el número de EIE por década de acuerdo con datos de la OMS, lo que indica una tendencia al alza que se espera que continúe en el futuro.

En los últimos años, la mayoría de las enfermedades emergentes en humanos han sido transmitidas por agentes patógenos zoonóticos, es decir, aquellos que se transmiten entre animales y seres humanos. Se estima que aproximadamente el 60,3% de las EIE en las últimas décadas tienen origen zoonótico, lo que representa un importante desafío para la salud pública.

En este contexto, Guatemala emerge como un país de particular interés para nuestro análisis, ya que cuenta con una combinación de factores que favorecen la aparición de *hotspots epidemiológicos*¹. Entre estos factores se encuentran el clima cálido, la presencia de bosques tropicales y una amplia variedad de especies silvestres, así como la cercanía entre núcleos de población humana y hábitats naturales. Esto se suma a una rápida urbanización, un desarrollo agrícola insostenible y una alta densidad poblacional. En efecto, Centroamérica es una de las regiones de más rápido crecimiento urbano en el mundo, y Guatemala destaca en esta región con una tasa anual de crecimiento de la población urbana del 3,4%, lo que la convierte en uno de los principales impulsores de esta tendencia.

A su vez, en Guatemala se han reportado brotes de enfermedades como la fiebre del dengue, la enfermedad de Chagas y la influenza aviar. Esta dinámica es en parte propiciada por las actividades ganaderas y avícolas, las cuales son comunes en la población rural

¹ Estos *hotspots* son áreas geográficas que presentan un alto riesgo de aparición y propagación de enfermedades infecciosas (K. E. Jones et al., 2008a).

guatemalteca. El 60% de la proteína animal consumida por los guatemaltecos proviene de la cría local de aves, las cuales pueden ser reservorios de enfermedades ya conocidas, como la influenza aviar o el virus del Nilo Occidental. Estos brotes se han agravado por la deficiente infraestructura sanitaria en algunas áreas. Por ejemplo, el acceso deficiente a servicios de saneamiento, especialmente en áreas rurales y entre grupos indígenas, contribuye a la propagación de enfermedades infecciosas. Según datos de la OMS y UNICEF, aproximadamente el 44% de la población rural guatemalteca no tiene acceso a un saneamiento básico, y casi la mitad de la población en el país carece de acceso a saneamiento mejorado.

Por último, en cuanto a la inversión en salud pública, Guatemala muestra un gasto per cápita relativamente bajo en comparación con otros países de la región. En el año 2022, el gasto público en salud se ubicó en 82 euros per cápita, mientras que países como Costa Rica y Panamá tuvieron un gasto per cápita de 634 y 590 euros, respectivamente. México, por su parte, tuvo un gasto de 246 euros per cápita, mientras que otros países de América Central se ubicaron entre los 99 y 169 euros.

Considerando estos factores, en el presente informe identificamos posibilidades de mejora y realizamos recomendaciones en las áreas de detección y prevención de enfermedades infecciosas. Se han propuesto cuatro objetivos de prevención: mejorar las condiciones de saneamiento a través de intervenciones en la infraestructura esencial, como domicilios y servicios públicos de agua y residuos, así como a través de medidas sanitarias a adoptar en el contacto con animales domesticados –ganadería, veterinaria, etc.– o silvestres –entornos de alto riesgo como las cuevas–; combatir el tráfico ilegal de vida silvestre; detener la deforestación y otras formas de degradación ambiental; y evitar el abuso de antibióticos en la industria animal.

En cuanto a las áreas de detección, se propone una mayor articulación de los sistemas de vigilancia epidemiológica, incluyendo una mayor coordinación entre el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS) y el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), así como una mayor participación de las comunidades locales. También se sugiere implementar un enfoque proactivo para la detección de patógenos a través del monitoreo sistemático en población de alto riesgo y del establecimiento de clínicas móviles de testeo que realicen pruebas de amplio espectro en comunidades rurales. Por último, se recomienda mejorar la transparencia y accesibilidad de los datos, además de implementar soluciones tecnológicas como la secuenciación genómica y el procesamiento de lenguaje natural para rastrear focos de infección en redes sociales.

Todas estas propuestas han sido fundamentadas en la literatura científica y en entrevistas realizadas a expertos en la materia. Se considera que su implementación es viable en el contexto de Guatemala y se espera que reporten beneficios significativos para la salud pública y otros sectores, sin suponer un coste excesivo.

Área	Objetivo	Propuestas
Prevención	Realizar intervenciones para mejorar el saneamiento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mejoras en la infraestructura esencial y los servicios públicos 2. Prácticas sanitarias en el contacto humano con animales
	Detener el tráfico ilegal de vida silvestre	<ol style="list-style-type: none"> 1. Coordinación interinstitucional, control y vigilancia 2. Educación, sensibilización y capacitación 3. Vinculación de la sociedad civil
	Detener la deforestación y otras formas de degradación ambiental	<ol style="list-style-type: none"> 1. Gobernanza de zonas forestales 2. Intensificación agrícola sostenible 3. Ordenamiento municipal 4. Otras intervenciones ecológicas
	Evitar el abuso de antibióticos en la industria animal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Restricción del uso no terapéutico de antibióticos en la industria animal
Detección	Diseñar sistemas integrales de vigilancia epidemiológica	<ol style="list-style-type: none"> 1. Coordinación entre sectores de sanidad humana y sanidad animal 2. Participación de las comunidades locales
	Adoptar un enfoque proactivo a la detección de patógenos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Monitoreo de patógenos presentes en la vida silvestre 2. Testeo frecuente de población de alto riesgo
	Asegurar la transparencia y accesibilidad de los datos epidemiológicos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Redes para compartir datos entre departamentos 2. Comunicación efectiva con la comunidad internacional
	Implementar soluciones tecnológicas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Impulso a los laboratorios con equipos de secuenciación genómica 2. Uso de modelos de lenguaje natural para monitorizar redes sociales.

Resumen ejecutivo..... 1

1. Introducción..... 5

2. Enfermedades infecciosas emergentes..... 7

3. Institucionalidad en Guatemala..... 24

4. Políticas..... 34

Prevención..... 36

Detección..... 51

5. Conclusiones..... 61

6. Apéndice..... 63

Apéndice 1 Entrevistas..... 63

7. Referencias..... 80

1. Introducción

La aparición de riesgos biológicos catastróficos globales ha planteado una serie de desafíos sin precedentes en el mundo contemporáneo. Estos eventos de amplio alcance, que incluyen pandemias y desastres biológicos, representan una amenaza inminente para la salud pública, la estabilidad socioeconómica y la seguridad a nivel global. Su capacidad de trascender las fronteras nacionales y afectar simultáneamente a múltiples regiones y países resalta la necesidad de abordar de forma coordinada y global la gestión de estos riesgos.

Aspectos como la creciente movilidad humana, el comercio internacional, el cambio climático y la urbanización acelerada han generado un entorno propicio para la propagación de enfermedades infecciosas y otros peligros biológicos a escala global (Gottdenker et al., 2014a). La pandemia de COVID-19 ha sido un recordatorio de la vulnerabilidad de las naciones y la necesidad de una respuesta global coordinada ante los riesgos biológicos catastróficos. Sus efectos socioeconómicos y humanitarios han dejado en claro la importancia de la preparación y la resiliencia en el ámbito de la salud pública y la gestión de crisis. Por este motivo, la gestión de estos riesgos requiere una visión integral y una cooperación activa entre países, organismos internacionales, instituciones de investigación, profesionales de la salud y la sociedad civil (Destoumieux-Garzón et al., 2018; Ghai et al., 2022).

En este contexto, Guatemala, como parte de la comunidad global, se enfrenta al desafío de prepararse y responder de manera efectiva a los riesgos biológicos. La detección temprana de enfermedades, la capacidad de respuesta rápida y la coordinación entre agencias gubernamentales y organizaciones internacionales son fundamentales para prevenir o mitigar los efectos devastadores de estos eventos y proteger la vida y el bienestar de la población guatemalteca. En particular, el sistema de salud guatemalteco se enfrenta a desafíos importantes en términos de capacidad y recursos. La infraestructura de salud, incluyendo la disponibilidad de personal médico, equipos de diagnóstico y medicamentos, es limitada en áreas rurales y comunidades marginadas (OMS, 2017), lo que dificulta la detección temprana, el control y el manejo adecuado de las enfermedades infecciosas.

Este informe tiene como objetivo explorar los desafíos específicos que enfrenta Guatemala en la gestión de riesgos biológicos relacionados con enfermedades infecciosas

emergentes (EIE), así como analizar medidas y estrategias potenciales para prepararse y responder a estas amenazas. Para ello, se inicia con un análisis exhaustivo de los factores que contribuyen a la aparición y propagación de EIE en el país, haciendo una revisión de las actividades humanas que favorecen la aparición de estos riesgos, como la deforestación, las malas prácticas agropecuarias y el tráfico ilegal de animales silvestres. Posteriormente, se examinan los sistemas de salud y vigilancia existentes en el país y se describen los procedimientos y manuales implementados para una respuesta eficiente. Por último, se exploran las oportunidades de mejora en la prevención y detección de los riesgos biológicos en Guatemala, proponiendo recomendaciones específicas para fortalecer los sistemas de salud y vigilancia, mejorar la capacidad de respuesta ante brotes y promover la colaboración entre los diferentes actores involucrados.

2. Enfermedades infecciosas emergentes

Las enfermedades infecciosas emergentes (EIE) son aquellas cuya incidencia ha crecido en los últimos veinte años o amenaza con incrementarse en un futuro próximo (World Health Organization, 2005). Esta categoría comprende aquellas enfermedades que no habían afectado a humanos anteriormente, que habían afectado solamente a pequeñas poblaciones aisladas o que se han asociado recientemente a un agente infeccioso (Tabish, 2009). Las EIE suelen categorizarse junto a las enfermedades infecciosas reemergentes (EIR). Estas últimas son enfermedades que en algún momento del pasado tuvieron una incidencia notable, pero que después de un periodo de inactividad, resurgen en la población (Tabish, 2009).

Se han identificado al menos 335 EIE entre 1940 y 2004 (K. E. Jones et al., 2008a). En este periodo, el número de EIE por década fue claramente en aumento, una tendencia que se espera que continúe en el futuro por causas mayoritariamente antropogénicas (Baker et al., 2022). Según un estudio, la probabilidad anual de una “epidemia extrema”² podría triplicarse en las próximas décadas (Marani et al., 2021).

En 2019, las enfermedades infecciosas³ provocaron alrededor de 7,9 millones de muertes en el mundo, es decir, 102 muertes por cada 100.000 personas. En el caso de Guatemala, las cifras fueron de unas 14.540 muertes totales, equivalente a 82 muertes por cada 100.000 habitantes. Las infecciones conformaron el 13,9% de todas las causas de mortalidad en el mundo y el 15,3% en Guatemala. Para este país, tuvieron un mayor peso las infecciones respiratorias (10,9%), seguidas de las infecciones entéricas (3,1%) (Institute for Health Metrics and Evaluation, 2020).

Las EIE suponen un riesgo significativo para la salud pública porque las poblaciones afectadas no se encuentran preparadas para afrontarlas. Al no haber existido exposición al patógeno, los individuos no han desarrollado anticuerpos y la sociedad no cuenta con un tratamiento específico. Por este motivo, las EIE han sido las causantes de los brotes con

² Los autores identifican “epidemias extremas” a partir de tres criterios: (1) las epidemias ocurridas en el mismo periodo se fusionan en una sola; (2) las epidemias solamente se consideran si no están activas actualmente; y (3) las epidemias que terminaron con la introducción de vacunas o tratamientos efectivos son excluidas.

³ En este contexto, se incluyen las infecciones respiratorias, las infecciones entéricas, la malaria y las enfermedades tropicales desatendidas, el VIH/sida y otras enfermedades infecciosas.

mayores tasas de morbilidad y mortalidad⁴ (Spernovasilis et al., 2022). Destacan como ejemplos recientes las diversas variantes de la familia de coronavirus, el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH), la influenza A y el Ébola, entre otros (McCloskey et al., 2014). Las pandemias, junto con las grandes guerras y las hambrunas, han sido históricamente responsables de los episodios con las tasas de mortalidad más altas. La peste negra (1346-1353), la pandemia de influenza A (1918-1920), la pandemia de VIH (1981-presente), la plaga de Justiniano (541-750) y la pandemia del COVID-19 (2019-2023) dejaron todas ellas decenas de millones de fallecidos (Castañeda Guillot et al., 2021).

En la última década, aproximadamente un 60,3% de las EIE en humanos han sido causadas por agentes patógenos zoonóticos, es decir, agentes responsables de la transmisión de enfermedades entre animales y seres humanos (K. E. Jones et al., 2008a). Si bien no todas las zoonosis son consideradas como EIE y viceversa, es indudable que las zoonosis tienen un impacto considerable en áreas clave como la salud pública, la economía y la seguridad a escala global (K. E. Jones et al., 2008a). En particular, el entorno de alta biodiversidad y la estrecha interacción entre humanos y animales en Guatemala propician una mayor probabilidad de aparición y transmisión de este tipo de enfermedades. Es por eso que las siguientes secciones estarán enfocadas en las zoonosis, con el objetivo de identificar y controlar eficazmente los factores de riesgo en el país, implementar medidas preventivas y promover la adopción de prácticas de bioseguridad que contribuyan a prevenir futuros brotes.

2.1. Zoonosis

Las zoonosis pueden ser causadas por bacterias, virus, hongos, parásitos u otros agentes patógenos. Su transmisión puede ocurrir a través del contacto directo con animales infectados, sus productos o fluidos, así como mediante la exposición a vectores como mosquitos, garrapatas o pulgas. La transmisión de patógenos zoonóticos puede producirse por diversas vías: por la ingesta de agua y comida contaminada (42% de todos los patógenos), por vectores (42%), por aire (36%), por contacto directo con el huésped (29%) y por contacto con entornos y fómites contaminados (24%) (Loh et al., 2015).

⁴ La morbilidad es el 'número de personas que enferman en una población y período determinados', mientras que la mortalidad, es el 'número de defunciones en una población y período determinados'. (Fundéu RAE, 2023)

Se calcula que el 60,3% de las EIE surgidas en las últimas décadas fueron zoonóticas, mientras que el 71,8% de estas zoonosis se originó en la vida silvestre (K. E. Jones et al., 2008a). Algunas estimaciones apuntan a la existencia de aproximadamente 1.670.000 virus desconocidos ya presentes en mamíferos y aves, de los cuales entre 631.000 y 827.000 tienen potencial zoonótico (Carroll et al., 2018).

Zoonosis en América Central

Las zoonosis representan un problema de salud significativo en América Central. Existe una amplia variedad de patógenos zoonóticos, que incluyen bacterias, virus, parásitos y, en menor medida, hongos y priones. Sin embargo, la información epidemiológica es limitada para muchos de ellos (Rasche, 2021). Se han registrado casos de reemergencia de ciertos arbovirus, como el virus Mayaro, que junto con los virus Zika, Chikungunya y Dengue, forman parte del cuadro epidemiológico en países del hemisferio occidental, incluyendo América Central (Patterson et al., 2016). También se tiene enfermedades endémicas como el Chagas, que prosperan principalmente en áreas rurales con condiciones socioeconómicas precarias (Mosca Salvadore, 2020).

Los virus zoonóticos como el dengue, zika, fiebre amarilla y otros arbovirus, así como la influenza A (H1N1), el virus de la rabia, el hantavirus y el virus de la hepatitis E son prevalentes en la región y se transmiten principalmente a través de vectores artrópodos. Otras enfermedades son responsabilidad de protozoos y otros protistas, como en el caso del Chagas (*Trypanosoma cruzi*), la leishmaniasis (*Leishmania spp.*), la toxoplasmosis (*Toxoplasma gondii*) y la malaria (*Plasmodium spp.*). Además, existen enfermedades zoonóticas causadas por gusanos multicelulares, como las filariasis, triquinelosis, gnathostomiasis, himenolepsis, teniasis, cisticercosis y equinococosis. Estos parásitos se transmiten a través de contacto directo con animales infectados y otros vectores (Rasche, 2021).

La deforestación y los cambios en el uso del suelo, como la transformación de bosques y selvas, representan igualmente un riesgo de enfermedades zoonóticas emergentes transmitidas por animales silvestres en regiones tropicales como América Central. La conectividad del paisaje juega un papel clave en la conservación de la biodiversidad y en el mantenimiento de las funciones ecológicas (G. Leija & Mendoza, 2021). Los cambios en el

clima también pueden afectar la propagación de estas enfermedades zoonóticas en la región a través de patrones como las sequías (Tamayo et al., 2022; Zhao et al., 2022). Incluso las crisis políticas y económicas pueden exacerbar los problemas de salud pública. Estos factores pueden aumentar la vulnerabilidad de las poblaciones humanas a las zoonosis y dificultar los esfuerzos para controlar y prevenir estas enfermedades (Martí I Puig & Rodríguez Suárez, 2022).

Por último, Centroamérica y el Caribe se han identificado como las regiones con mayor riqueza de virus potencialmente zoonóticos en mamíferos silvestres (Olival et al., 2017). El riesgo de estos patógenos para la salud no está claro y no se puede identificar de manera precisa. Sin embargo, estudiar patógenos presentes en especies del reino animal permite evaluar el riesgo de transmisión entre diferentes especies y descubrir especies huéspedes de patógenos hasta ahora desconocidas en América Central (Rasche, 2021).

Categoría	Descripción
Patógenos Zoonóticos	Bacterias, Virus, Parásitos, Hongos, Priones.
Arbovirus	Mayaro, Zika, Chikungunya, Dengue.
Protozoos y Protistas	Chagas (<i>Trypanosoma cruzi</i>), Leishmaniasis (<i>Leishmania</i> spp.), Toxoplasmosis (<i>Toxoplasma gondii</i>), Malaria (<i>Plasmodium</i> spp.).
Gusanos Multicelulares	Filariasis, Triquinelosis, Gnathostomiasis, Himenolepsis, Teniasis, Cisticercosis, Equinococosis.
Enfermedades Endémicas	Chagas.
Virus Prevalentes	Dengue, Zika, Fiebre Amarilla, Influenza A (H1N1), Rabia, Hantavirus, Hepatitis E.
Factores de Riesgo	Deforestación, cambios en uso del suelo, cambios climáticos, y crisis políticas y económicas.
Patógenos Zoonóticos Futuros	Gran riqueza de patógenos cuyo riesgo no está claro. Estudiar patógenos presentes en el reino animal permite evaluar el riesgo de transmisión entre diferentes especies y descubrir huéspedes desconocidos.

Tabla 1. Resumen de la zoonosis en América Central.

Zoonosis en Guatemala

Guatemala presenta una serie de desafíos importantes con respecto a la bioseguridad. Como se observa en la tabla 2, las enfermedades transmitidas por vectores como el dengue, la malaria y el chagas, entre otras, son prevalentes y representan una amenaza significativa para la salud en el país (MSPAS, 2023). Estas enfermedades no se limitan a áreas remotas, sino que también se presentan en las ciudades. En algunos casos, estas enfermedades han resultado en la muerte de individuos, especialmente cuando no se tienen los recursos adecuados para el tratamiento (Apéndice 1, entrevista a Paulina Paiz).

Enfermedad	2018	2019	2020	2021	2022	Total
Dengue	7.523	50.957	6.011	2.918	8.505	75.914
Malaria	3.082	2.071	1.058	1.269	1.854	9.334
Chagas	355	470	303	349	397	1.874
Chikungunya	248	344	45	14	38	689
Zika	224	338	22	18	7	609
Total de casos	11.432	54.180	7.439	4.568	10.801	88.420

Tabla 2. Principales 5 enfermedades más transmitidas por vectores en Guatemala durante 2018-2022.

El país tiene además una población diversa y en crecimiento, y una serie de factores socioeconómicos y ambientales que contribuyen a la aparición de *hotspots epidemiológicos*. Estos *hotspots* son áreas geográficas que presentan un alto riesgo de aparición y propagación de enfermedades infecciosas (K. E. Jones et al., 2008a). Algunos de los factores comunes para definir un *hotspot* son el clima cálido, los bosques tropicales, la biodiversidad de vida silvestre y la cercanía con núcleos de población humana (Allen et al., 2017). Todos ellos se encuentran en el caso de Guatemala.

En particular, el país ha experimentado brotes de enfermedades como la fiebre del dengue, la enfermedad de Chagas y la influenza aviar (Patterson et al., 2016), que son agravadas por la falta de infraestructura sanitaria adecuada en algunas regiones. Ello se combina con factores como la densidad de población, la urbanización y la expansión agrícola insostenible en estas áreas (Matthys et al., 2006). Además, las áreas rurales, donde las

prácticas agrícolas y de crianza de animales pueden fomentar la aparición de enfermedades zoonóticas, también presentan retos significativos.

El manejo de estas áreas geográficas también se ve obstaculizado por las disparidades en el acceso a la atención de la salud, la infraestructura sanitaria y la capacidad de vigilancia epidemiológica. Además, existen varias prácticas antropogénicas que pueden exacerbar el riesgo en este país, como la expansión e intensificación agrícola, la expansión urbana, el tráfico de vida silvestre y el acceso no controlado a entornos silvestre (G. Leija & Mendoza, 2021; Martí I Puig & Rodríguez Suárez, 2022; Tamayo et al., 2022; Zhao et al., 2022).

El surgimiento de *hotspots* puede ser agravado por múltiples situaciones, como la falta de conocimiento y malentendidos sobre las causas, rutas de transmisión, síntomas o consecuencias de la enfermedad, así como una escasa percepción del riesgo, falta de coordinación entre las autoridades y las comunidades, y falta de equipamiento e infraestructura (Palomares Velosa et al., 2022a). Este último factor es particularmente problemático en regiones de bajos ingresos donde las instalaciones de salud y los sistemas de vigilancia pueden ser insuficientes. Incluso, las industrias agrícolas y ganaderas pueden contribuir a la aparición de *hotspots* de bioseguridad al facilitar la propagación de enfermedades zoonóticas (B. A. Jones et al., 2013), como también la resistencia antimicrobiana (RAM). En la actualidad, se calcula que el 25% de muertes asociadas a bacterias se debe a esta resistencia (Murray et al., 2022).

2.1.1. Zoonosis provenientes de animales silvestres

Los animales silvestres son portadores de una gran variedad de patógenos zoonóticos, muchos de los cuales podrían causar una EIE si llegaran a transmitirse a humanos. En este sentido, la creación de nuevas interfaces entre la vida silvestre y las personas o los animales domesticados puede facilitar la transmisión de estas enfermedades. Como mencionamos anteriormente, el 72% de las EIE zoonóticas provienen de la vida silvestre (K. E. Jones et al., 2008b).

La diversidad de patógenos presentes en las poblaciones de animales silvestres y la capacidad de estos patógenos para saltar a los humanos es un área de investigación activa.

Los estudios han demostrado que los virus, bacterias y parásitos pueden ser transmitidos de animales silvestres a humanos (Rohr et al., 2019a). Estos pueden causar una variedad de enfermedades, desde infecciones leves hasta enfermedades graves y potencialmente mortales. La prevención y el control de las zoonosis provenientes de animales silvestres es un desafío debido a la complejidad de los ecosistemas y las interacciones entre las especies (Rohr et al., 2019a).

2.1.1.1. Factores agravantes del riesgo

A continuación, se identifican tres dinámicas que podrían acelerar el proceso descrito: las pérdidas de vegetación nativa, el tráfico ilegal de vida silvestre y el acceso no responsable a entornos silvestres de alto riesgo.

- **Pérdidas de vegetación nativa**

La relación entre la biodiversidad y la emergencia de enfermedades es compleja y, a menudo, paradójica. Si bien es cierto que un nivel alto de biodiversidad es una variable predictiva de un *hotspot* epidemiológico, los cambios bruscos en la naturaleza y distribución de esta biodiversidad también implican un mayor riesgo de transmisión zoonótica (Keesing & Ostfeld, 2021). En esta sección, se exponen varios motivos por los que las alteraciones del ecosistema pueden incrementar la exposición de los humanos a diversas enfermedades.

La expansión urbana y agrícola en detrimento de las áreas de vegetación nativa provocan modificaciones en la estructura trófica del ecosistema y crean nuevas interfaces entre humanos, animales domesticados y animales silvestres (Hassell et al., 2017). Entre estos últimos, los mamíferos que mejor se adaptan a ecosistemas antropizados –como los murciélagos y los roedores– son también aquellos que más patógenos hospedan (Gibb et al., 2020; McFarlane et al., 2012).

Varias prácticas antropogénicas también están asociadas a la pérdida de depredadores y otros competidores que ayudan a regular las poblaciones de huéspedes y vectores (Glidden et al., 2021). Por ejemplo, la construcción de presas en varios puntos de África ha bloqueado la proliferación de una especie nativa de camarones consumidora de los caracoles que hospedan

el parásito causante de la esquistosomiasis, una enfermedad parasitaria aguda (Sokolow et al., 2017).

Finalmente, la fragmentación del hábitat en pequeños parches también puede afectar la disponibilidad nutricional del entorno e incrementar la densidad de especies en un mismo lugar (Glidden et al., 2021). Por ejemplo, la deforestación en Malasia se ha vinculado a un mayor contacto entre macacos –huéspedes de un parásito causante de malaria– y mosquitos que actúan como vectores (Davidson et al., 2019).

Asimismo, la expansión de los asentamientos humanos podría conducir a la creación de más hábitats fronterizos con una mayor interacción entre humanos y vida silvestre, provocando un acercamiento inédito a reservorios de patógenos y aumentando el riesgo de EIE (Barbier, 2021; Wilkinson et al., 2018). Varios estudios demuestran que la probabilidad de brotes de Ébola en África occidental y central es más alta en zonas recientemente deforestadas (Olivero et al., 2017; Rulli et al., 2017). Con todo, la pérdida de vegetación nativa parece aumentar las probabilidades de transmisión de patógenos (Gottdenker et al., 2014b).

Expansión e intensificación agrícola y ganadera

La agricultura es uno de los principales motores de la modificación antropogénica de los entornos naturales. Por supuesto, el sector agrícola es fundamental para garantizar la seguridad alimentaria y económica de un país. Sin embargo, el riesgo de transmisión zoonótica podría agravarse por un crecimiento descontrolado del sector, y concretamente, por la expansión de las zonas cultivadas o el uso de tecnologías y prácticas no sostenibles.

En primer lugar, el avance de la frontera agrícola puede provocar fragmentación del hábitat y aumentar el contacto con la vida silvestre. Por ejemplo, la expansión de las plantaciones de aceite de palma se ha vinculado estrechamente al incremento de las enfermedades transmitidas por vectores (Morand & Lajaunie, 2021). Guatemala cuenta con una extensión de 180.614 hectáreas en plantaciones de palma (GREPALMA, 2021), algunas de las cuales penetran tierras de las comunidades indígenas y alteran sus ecosistemas (Cuffe, 2021; Leonardo, 2023).

La redistribución de agua dulce causada por la irrigación también ha sido asociada a un incremento de vectores y huéspedes de patógenos humanos (Rohr et al., 2019b). En concreto, los cambios en el flujo del agua, la ecología y salinidad de los ríos, la proximidad humana y la contaminación pueden haber incrementado la prevalencia de esquistosomiasis, malaria, encefalitis, fiebres hemorrágicas, gastroenteritis, parásitos intestinales y filariasis en varios puntos del mundo (Lerer & Scudder, 1999). En Guatemala, el desarrollo de grandes sistemas de irrigación requerido por las plantaciones de palma y caña de azúcar ya ha alterado el uso público del agua en entornos rurales, con consecuencias socioeconómicas graves (Granovsky-Larsen, 2018).

Asimismo, el uso excesivo de pesticidas puede provocar resistencia en los vectores, afectar la susceptibilidad a los parásitos por parte de los huéspedes y alterar la composición de los ecosistemas (Rohr et al., 2019). En Guatemala, las campañas de erradicación de la enfermedad de Chagas, basadas en el uso masivo de insecticidas, han resultado ineficaces por la resistencia de los vectores *T. dimidiata* y *T. infestans* (Castro-Arroyave et al., 2020; Samuels et al., 2013).

Finalmente, la ganadería también implica riesgos significativos de enfermedades zoonóticas debido a la demanda de grandes terrenos en el caso de la ganadería extensiva y el manejo densificado de ganado en el caso de la ganadería intensiva (Hayek, 2022). El primer sistema es el más habitual en Latinoamérica y ha sido identificado como una de las causas de deforestación principales en Guatemala (Devine, Currit, et al., 2020a) y en otros puntos del continente como la Amazonia (Skidmore et al., 2021).

Expansión urbana

Centroamérica es la segunda región de más rápida urbanización del mundo, solo por detrás de África. Con una tasa anual de crecimiento de la población urbana del 3,4%, Guatemala es uno de los principales motores de esta tendencia (Maria et al., 2018).

A diferencia de otras regiones, este crecimiento no ha provocado necesariamente una mayor densidad en las ciudades, sino un aumento de los niveles de expansión urbana de baja densidad. En América Central, la superficie total urbanizada se triplicó entre 1975 y 2014, pero

gran parte de esta expansión no es atribuible a las capitales y otras grandes aglomeraciones (Maria et al., 2018). En Guatemala, las ciudades secundarias representan aproximadamente dos tercios de la población urbana, una proporción que ha aumentado notablemente en las últimas dos décadas. Mientras que el área metropolitana de la Ciudad de Guatemala se ha mantenido relativamente estable en el tiempo, las ciudades intermedias –entre 50.000 y 250.000 habitantes— y las ciudades mayores y menores –entre 20.000 y 50.000— aumentaron su población en un 135% y un 61% respectivamente (PNUD, 2020).

Esta dispersión puede ser positiva para el equilibrio territorial del país, pero también conlleva riesgos. Algunos de ellos están asociados a la aparición de “nuevas ruralidades” en las que las actividades agrícolas tradicionales se sustituyen progresivamente por dinámicas ligadas al ocio o la industrialización rural, entre otros (PNUD, 2020). Esta transformación puede tener consecuencias negativas si los cambios de uso de suelo se producen de forma desordenada, como ha sucedido en muchos municipios guatemaltecos (Zurita et al., 2020).

Para el propósito de este informe, una de las tendencias a vigilar más de cerca es la urbanización del departamento de Petén. El conurbano Flores-San Benito ha sido identificado como un centro estratégico para la articulación de ciudades a nivel nacional y regional, pero su crecimiento ha sido espontáneo, bajo una lógica de mercado y generando presión sobre los recursos naturales (SEGEPLAN, 2013). El desarrollo de estos y otros municipios, como San José y San Andrés, podría plantear una amenaza para los ecosistemas del lago Petén Itzá y la Reserva de la Biosfera Maya.

- **Tráfico de vida silvestre**

El tráfico de vida silvestre es uno de los negocios ilegales más lucrativos del mundo, con un valor estimado de entre 7.000 y 23.000 millones de dólares anuales (Nellemann et al., 2016). Los animales comercializados son usados principalmente para el consumo de carne, como mascotas exóticas, para prácticas de medicina tradicional y para moda y decoración (Mozer & Prost, 2023).

Esta realidad constituye una amenaza para la salud global. Entre 1990 y 2020, se han reportado un total de 240 patógenos en animales silvestres traficados, de los cuales cinco

fueron transmitidos a humanos; no obstante, se calcula que la cifra sería mucho mayor con un monitoreo adecuado (Rush et al., 2021). Por ejemplo, la transmisión de virus como el VIH, el Ébola o las distintas variantes de coronavirus se ha trazado en el consumo de carne silvestre, pero la falta de investigación impide alcanzar certezas en cualquiera de estos casos (Karesh et al., 2005). En cuanto a los huéspedes principales, se ha identificado que diversos grupos de mamíferos –primates, ungulados, carnívoros y murciélagos– concentran el 58% de todos los patógenos presentes en el tráfico de vida silvestre, mientras que otros –roedores y marsupiales– podrían constituir un riesgo equivalente o mayor a futuro (Shivaprakash et al., 2021).

Las personas que se encuentran más expuestas a un potencial contagio son los cazadores, los vendedores y los consumidores finales. Se calcula que, anualmente, se producen unos 1.000 millones de contactos entre animales silvestres y humanos o animales domesticados (Karesh et al., 2005). En el caso del tráfico ilegal, la falta de estándares normativos permite condiciones sanitarias inadecuadas, lo cual exacerba el riesgo (Bezerra-Santos et al., 2021).

En este contexto, América Latina se ha convertido en uno de los exportadores más importantes de animales silvestres. La región combina una extraordinaria biodiversidad con la presencia de poderosas redes criminales que se han interesado en la industria (Guynup, 2022). En la legislación guatemalteca, la recolección y comercialización no autorizada de fauna y flora silvestre están penadas por el Decreto N° 4-89 con prisión de cinco a diez años y multa de diez mil a veinte mil quetzales. Sin embargo, las capacidades de las fuerzas de seguridad no han resultado suficientes para erradicar el tráfico, que sigue aún muy vigente (Ochoa López, 2022). Gran parte de los animales se destinan a Asia oriental, donde están altamente valorados (Guynup, 2022).

Los animales que se exportan con más frecuencia son el loro y el guacamayo, así como diversas especies de reptiles –el lagarto enchaquirado, la víbora de pestañas, la salamandra y la abronia– (Ochoa López, 2022). Aun así, entre 2004 y 2018, se decomisaron 276 especímenes de mamíferos, incluyendo principalmente primates –mono araña y saraguato–, prociónidos –mapache y coatí–, roedores –tepezcuintle–, dasipódidos –armadillo–, cérvidos –venado de cola blanca– y lepóridos –conejo de Florida– (Flores & CONAP, 2020).

Muchas de estas especies constituyen un alto riesgo de transmisión zoonótica. Por ejemplo, el armadillo puede contagiar la lepra a humanos (Sharma et al., 2015), el coatí parece tener un rol importante en el ciclo de transmisión de la rabia (Puebla-Rodríguez et al., 2023) y el tepezcuintle puede albergar parásitos como el causante de la equinococosis quística (Mayor et al., 2015).

- **Acceso no responsable a entornos silvestres de alto riesgo**

Las cuevas constituyen un entorno único en la Tierra por su ausencia de luz natural y constancia de las temperaturas. Estas peculiaridades influyen en la composición y distribución de la fauna, favoreciendo generalmente a especies que se han identificado como reservorios de varias enfermedades –murciélagos, roedores, artrópodos, etc.– (Igreja, 2011). Así pues, las personas que acceden a las cuevas son especialmente vulnerables a potenciales infecciones. En Guatemala, es habitual el uso de cuevas con varios propósitos culturales, como ceremonias religiosas, turismo y refugio (L. Stevens et al., 2014).

Existen varios ejemplos de brotes originados en cuevas. El huésped natural del virus de Marburgo, uno de los más letales para las personas, es el murciélago egipcio de la fruta, y se tiene evidencia sólida de que su transmisión a humanos está asociada a visitas en cuevas de Kenia y Uganda (Kuzmin et al., 2010). En Guatemala, se identificó por primera vez una nueva variante de influenza A en murciélagos (Tong et al., 2012) y otros estudios han identificado en estos animales la prevalencia de *Bartonella* (Bai, 2011) y rabia (Ellison et al., 2014). Sin embargo, los niveles de concientización de las poblaciones más expuestas al riesgo se mantienen bajos (Moran et al., 2015).

Además de las mencionadas infecciones virales y bacterianas, las cuevas guatemaltecas también presentan un peligro de contraer enfermedades fúngicas y parasitarias. Así por ejemplo, se han reportado brotes de histoplasmosis originados en cuevas de toda América, incluyendo uno que se inició con una expedición australiana en la Cueva de Juan Flores, Petén (Muhi et al., 2019). El uso de cuevas también se ha asociado a una mayor exposición al insecto *T. dimidiata*, uno de los vectores más importantes de la enfermedad de Chagas. La cueva de Santa Isabel en Petén y las de Lanquín y Cahabón en Alta Verapaz, todas

ellas frecuentadas por humanos, presentaron evidencia de consumo significativo de sangre humana en este insecto (L. Stevens et al., 2014).

2.1.2. Zoonosis provenientes de animales domesticados

Según un estudio realizado por Kock y Caceres-Escobar (2022), se estima que el 28,2% de las enfermedades zoonóticas se originan en animales domesticados que conviven estrechamente con los seres humanos. Esta situación se produce cuando existe una convivencia ocasional o sistemática con animales como perros, gatos, aves de corral, cerdos, vacas, caballos e incluso especies menos comunes como primates, roedores, reptiles, aves y mamíferos salvajes, las cuales representan potenciales fuentes de enfermedades transmisibles al ser humano en forma de diversas zoonosis (Matamoros et al., 2000).

En particular, la ganadería es una actividad económica crucial en Guatemala, donde muchas familias dependen de ella para su subsistencia. Para la ganadería bovina, las fincas familiares representan el 94% del total de fincas ganaderas a nivel nacional, una proporción más alta que en el resto de la región centroamericana (MAGA, 2013), lo cual aumenta el contacto cercano y constante con el ganado que expone a los trabajadores a diversas enfermedades zoonóticas. A su vez, la avicultura es una actividad común en la población rural guatemalteca. En la actualidad, el 60% de la proteína animal consumida por los guatemaltecos proviene de la cría de aves (MAGA, 2019), que pueden ser reservorio de enfermedades como la influenza aviar, Newcastle o el virus del Nilo Occidental.

2.1.2.1. Factores agravantes del riesgo

A continuación, se identifican tres dinámicas que suelen agravar las zoonosis provenientes de animales domesticados: falta de saneamiento básico, el uso excesivo de antibióticos y factores socioculturales.

- **Falta de saneamiento básico**

El saneamiento básico se refiere a las condiciones y prácticas que promueven la higiene y previenen la contaminación del entorno, como el acceso a agua potable, el tratamiento adecuado de aguas residuales o la gestión adecuada de desechos sólidos. Cuando las condiciones de saneamiento básico son deficientes o inexistentes, se crea un entorno propicio para la proliferación de agentes patógenos, como bacterias, virus, parásitos y hongos. Estos agentes pueden encontrarse en el agua contaminada, los desechos humanos y animales sin tratar, los residuos sólidos mal gestionados y otros medios de transmisión.

Más de la mitad de las personas guatemaltecas carecen de acceso a saneamiento adecuado y existen desigualdades significativas entre las diferentes regiones geográficas, con la población rural y los grupos indígenas frecuentemente marginados y desatendidos (World Bank, 2018). Según datos de la OMS y UNICEF, el 44% de la población rural guatemalteca no tiene acceso a un saneamiento básico (OMS & UNICEF, 2022) y casi la mitad de la población guatemalteca carece de acceso a saneamiento mejorado.

Asimismo, la brecha entre áreas urbanas y rurales es significativa, con las áreas rurales rezagadas en un 55% en comparación con las áreas urbanas. Las letrinas no mejoradas o pozos siguen siendo la forma más común de saneamiento, especialmente en áreas rurales. Aunque se han logrado pequeños cambios positivos, como la disminución de la defecación al aire libre y el aumento de la cobertura de alcantarillado, aún queda mucho por hacer para equilibrar y mejorar la situación del saneamiento en el país (World Bank, 2018).

A su vez, Guatemala aún enfrenta desafíos significativos en cuanto a la cobertura de agua potable. Si bien ha habido un aumento general en el acceso al agua mejorada desde 1990, la cobertura de agua se concentra principalmente a lo largo de la costa del Pacífico, mientras que en el norte y oeste del país sigue siendo insuficiente. Al igual que en el saneamiento básico, existe una disparidad en el acceso al agua entre áreas urbanas y rurales, siendo las áreas rurales las más afectadas (World Bank, 2018).

Según el Plan Nacional de Agua y Saneamiento del Ministerio de Salud en 2015, se encontraron problemas en cuanto a la calidad del agua. En el año 2014, solo el 40% de las muestras de agua analizadas para determinar la presencia de cloro residual cumplían con los estándares establecidos por la normativa nacional. En muchos casos, el agua se extrae directamente de ríos o lagos y se distribuye sin someterse a ningún tipo de tratamiento. Como

resultado, los niveles de bacterias del grupo coliforme y de bacterias patógenas son elevados (OPS, 2015).

- **Uso excesivo de antibióticos y agentes antifúngicos**

La resistencia antimicrobiana (RAM) es un fenómeno evolutivo que ocurre cuando los microorganismos que se exponen a los antibióticos desarrollan rasgos de adaptación a estos antimicrobianos a través de mecanismos de selección natural (Prestinaci et al., 2015). Desde hace años, la Organización Mundial de la Salud ha considerado la RAM como una amenaza grave a la salud global (WHO, 2001).

En la actualidad, aproximadamente 4,95 millones de muertes están asociadas a la RAM a bacterias, de las cuales 1,27 millones es directamente atribuible a esa resistencia (Murray et al., 2022). Para 2050, se estima que las muertes anuales atribuibles a la RAM podrían alcanzar los 10 millones (The Review on Antimicrobial Resistance, 2014). Asimismo, a largo plazo, la RAM podría provocar una escasez general de antibióticos efectivos, lo que tendría un impacto desastroso en la medicina moderna, ya que la seguridad de muchas intervenciones médicas –como las cirugías o la quimioterapia– depende de estos antibióticos (Teillant et al., 2015).

Uno de los causantes de la RAM es el abuso de los antibióticos en la medicina humana, ya sea por prescripción excesiva o automedicación (Prestinaci et al., 2015). En el caso de Guatemala, existe evidencia de altas tasas de automedicación (Ramay et al., 2015) facilitadas por la gran disponibilidad de antibióticos en tiendas de conveniencia, donde estos medicamentos se venden sin prescripción médica (Moreno et al., 2020).

Sin embargo, la RAM podría ser impulsada principalmente por el uso de antibióticos en animales, bastante más significativo en volumen. Se estima que, en 2020, el uso global de antibióticos en bovinos, ovinos, pollos y cerdos fue de 99.502 toneladas, una cifra que podría subir a las 107.472 toneladas en 2030 (Mulchandani et al., 2023). Gran parte del incremento reciente y futuro se debe a la creciente demanda de carne, que exige una intensificación de la producción animal (Van Boeckel et al., 2019). En términos relativos, se calcula que el 73% de

todos los antibióticos vendidos en el mundo es administrado en animales (Van Boeckel et al., 2017).

La principal controversia relacionada con el uso de antibióticos en animales es que, en muchos casos, estos tienen usos no terapéuticos, es decir, sirven propósitos diferentes al tratamiento de enfermedades, como la promoción del crecimiento. Este abuso es considerado uno de los principales motores del incremento de RAM en animales, la cual puede ser transmitida a los humanos a través de la cadena alimentaria o el entorno –agua, aire, suelo o estiércol contaminados– (Ghosh & LaPara, 2007; Ma et al., 2021).

En Guatemala, se ha detectado RAM en cepas de *E. coli* aisladas de carne de cerdo comercializada en mercados municipales (Porrás et al., 2022) y en cepas bacterianas patógenas aisladas de tilapias recolectadas en diversos centros de producción acuícola (García-Pérez et al., 2021).

Finalmente, un fenómeno relacionado es la resistencia antifúngica, es decir, la capacidad de los hongos para adaptarse a los agentes antifúngicos. El hallazgo de *Candida Auris*, que obligó a Guatemala a emitir una alerta epidemiológica, es una posible consecuencia de ello (MSPAS, 2021). En este caso, la administración excesiva de antifúngicos en la agricultura es uno de los principales motores de la resistencia (Brauer et al., 2019).

- **Factores socioculturales**

Los procesos de salud y enfermedad se relacionan con dos líneas de interacción: los factores de riesgo y los determinantes sociales. Esto lleva a que los procesos sean dinámicos e interactivos entre los factores biológicos, físicos, ambientales y humanos, como la densidad poblacional, el hacinamiento, las migraciones y los desplazamientos, los factores socioeconómicos, la educación y la actividad laboral.

Las variaciones en el comportamiento humano tienen un profundo efecto en la epidemiología de las zoonosis parasitarias y su aparición o reaparición (Matamoros et al., 2000). La probabilidad de transmisión de enfermedades aumenta en contextos con mayor interacción entre animales y humanos, como la caza, la cría de animales, los mercados, las megalópolis y la tenencia de animales de compañía (Moutou, 2020). Además, aspectos como la dieta, las prácticas agrícolas, la manipulación de animales, la medicina tradicional y las creencias relacionadas con los animales pueden influir en la exposición a enfermedades zoonóticas.

Aunado a esto, los movimientos recientes y sin precedentes de personas, animales y sus parásitos en todo el mundo han llevado a la introducción y mezcla de aspectos culturales como prácticas, costumbres y patrones de comportamiento. Entre ellos, se ha observado un aumento en la ingesta de carne, pescado, cangrejos, camarones, moluscos crudos o poco cocidos, ahumados, encurtidos o secos. Esto ha facilitado la propagación de una serie de parásitos como protozoos (*Toxoplasma*), trematodos (*Fasciola* sp., *Paragonimus* spp., *Clonorchis* sp., *Opisthorchis* spp., *Heterophyes* sp., *Metagonimus* sp., *Echinostoma* spp., *Nanophyetus* sp.), cestodos (*Taenia* spp., *Diphyllobothrum* sp.) y nematodos (*Trichinella* spp., *Capillaria* spp., *Gnathostoma* spp., *Anisakis* sp., *Parastrongylus* spp.) que pueden causar zoonosis (Matamoros et al., 2000).

A su vez, existen otros factores socioeconómicos y culturales que agravan el riesgo de transmisión zoonótica. En cuanto al primer elemento, la pobreza merma la calidad de la infraestructura y los servicios públicos, agravando el problema (Palomares Velosa et al., 2022b). En Guatemala, la infestación de la enfermedad de Chagas a nivel doméstico se ha asociado con la presencia de grietas en construcciones de adobe y bahareque (Penados et al., 2020).

Otro elemento a tener en cuenta es la falta de educación y, más concretamente, la baja percepción del riesgo y el desconocimiento sobre las causas, vías de transmisión, síntomas y consecuencias de las enfermedades (Palomares Velosa et al., 2022b). Por ejemplo, en Guatemala, las brechas de conocimiento y uso del lenguaje entre las comunidades rurales y los profesionales del sector sanitario a menudo constituyen impedimentos para la implementación de sistemas de biovigilancia y otras medidas de prevención (Cerón et al., 2016).

3. Institucionalidad en Guatemala

Guatemala es una república democrática unitaria con un sistema político basado en el centralismo administrativo y la división de poderes. El Poder Ejecutivo es ejercido por el presidente de la República, quien es jefe de estado y jefe de gobierno, asistido por un consejo de ministros compuesto por el vicepresidente y los ministros de diversas carteras. Entre estos, el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS) y el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) son los principales encargados de los temas epidemiológicos. Asimismo, es preciso citar el Poder Legislativo, pues el Congreso asume la responsabilidad de promulgar leyes concernientes a la salud pública, la organización administrativa y el presupuesto nacional, lo cual puede tener efectos en los asuntos epidemiológicos. Por otro lado, desde lo judicial, se emiten sentencias y directrices judiciales tendientes a garantizar el derecho a la salud de las personas guatemaltecas.

Como se puede observar en la Figura 1, el MSPAS, particularmente, es el principal organismo responsable de la detección, prevención y respuesta a enfermedades infecciosas emergentes, epidemias y pandemias. Dentro del MSPAS, el Departamento de Epidemiología es el encargado de la vigilancia epidemiológica. Este Departamento de Epidemiología es, a su vez, el encargado del Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica (SINAVE), el cual busca contar con un sistema único, actualizado y estandarizado en el país. De la misma manera, este establece un manual de normas y procedimientos que sirven de referencia para todas aquellas oficinas y departamentos que desarrollan acciones de vigilancia epidemiológica en Guatemala.

El sistema de vigilancia epidemiológica en Guatemala se estableció en 1945 con la creación de la Sección de Epidemiología dentro del MSPAS. En sus inicios, se enfocó en eventos infecciosos y logró importantes avances en la salud pública, como la erradicación de la viruela en la década de 1970 y la detección del último caso de poliomielitis en 1992. A mediados de la década de 1980, se comenzó a incluir la vigilancia de enfermedades no transmisibles y se implementó la notificación telegráfica de enfermedades obligatorias (MSPAS, 2018).

Desde finales de los años noventa, el sistema ha experimentado cambios y reorganizaciones. En 2016, se definió que el Departamento de Epidemiología es el principal órgano del sistema y establecer dos secciones particulares: Vigilancia Epidemiológica y

Desarrollo Epidemiológico. Se han realizado cuatro ediciones de los protocolos de vigilancia epidemiológica, siendo la última en 2018. La función principal del Departamento de Epidemiología es revisar, evaluar, definir y actualizar el Sistema Nacional de Vigilancia de la Salud Pública, con el objetivo de proporcionar insumos para las otras cinco funciones básicas del departamento (MSPAS, 2018).

El SINAVE está integrado funcionalmente por cuatro niveles: el primero corresponde a los niveles mínimos locales comunitarios (población civil); el segundo está conformado por los centros de salud, hospitales y unidades médicas del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS), unidades de atención del sector privado y organizaciones no gubernamentales; el tercero corresponde a las Direcciones de Áreas de Salud; y el cuarto es el nivel central (Gobierno Nacional).

Por otro lado, el MAGA juega un papel crucial en la detección y prevención de enfermedades infecciosas en animales, algunas de las cuales pueden tener el potencial de propagarse a humanos. Este ministerio tiene cuatro viceministerios. Para el propósito de este informe, el más relevante es el Viceministerio de Sanidad Agropecuaria y Regulaciones, que tiene a su cargo el Departamento de Vigilancia Epidemiológica y Análisis de Riesgo (DEVEAR) dentro de la Dirección de Sanidad Animal (DSA).

Este Departamento de Vigilancia Epidemiológica y Análisis de Riesgo, similar al del MSPAS, es el encargado de la Red de Vigilancia Epidemiológica de Salud Animal (REVESA), que se constituye como la base técnica de las actividades de detección y prevención de riesgos epidemiológicos en animales. La estructura de la REVESA se compone de tres niveles. El primer nivel es local y comunitario, incluyendo la participación de propietarios de animales, extensionistas del MAGA, autoridades municipales, veterinarios autorizados, voluntarios, líderes comunitarios, maestros y ONGs. El segundo nivel se ubica en el departamento, donde participan epidemiólogos de la DSA y sus asistentes, así como veterinarios oficiales y técnicos de campo en los programas avícola y porcino. El tercer y último nivel es el DEVEAR, encargado de la filtración, análisis e interpretación de la información, y de la coordinación con los epidemiólogos departamentales, dependiendo de la gravedad de la notificación y su impacto en la población animal donde se detecta el brote o el evento.

En cuanto a la vigilancia pasiva, se cuenta con una red de informantes activos que notifican sobre enfermedades en animales. Se confía en su participación, y en caso de no recibir notificaciones, se realiza un monitoreo y se consulta a otras dependencias, autoridades o comités locales para obtener información sobre posibles brotes o enfermedades (Apéndice 1. Entrevista a Juan Carlos Moreira).

En relación con la respuesta a emergencias, la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED) desempeña un papel importante a nivel nacional. La CONRED se estructura en cinco niveles. El Nivel Nacional comprende toda la institucionalidad central e incluye el Consejo Nacional y la Junta y Secretaría Ejecutiva para la Reducción de Desastres. El Nivel Regional se define según la regionalización del país e integra organizaciones públicas, privadas y ciudadanas de orden regional. El Nivel Departamental abarca la jurisdicción de un departamento e incluye la Coordinadora Departamental para la Reducción de Desastres, compuesta por organizaciones y cuerpos de socorro departamentales. El Nivel Municipal cubre la totalidad del municipio e incluye la Coordinadora Municipal para la Reducción de Desastres, compuesta por organizaciones y cuerpos de socorro municipales. Finalmente, el Nivel Local está compuesto por la Coordinadora Local para la Reducción de Desastres, que incluye organizaciones y cuerpos de socorro locales.

El Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) también puede tener un papel en la biovigilancia, monitorizando la salud de la fauna dentro de las áreas protegidas y colaborando con otras instituciones en la detección de enfermedades infecciosas emergentes. El CONAP tiene una estructura organizativa que incluye una serie de unidades y direcciones, que abarcan, por ejemplo, temas como los Pueblos Indígenas y las Comunidades Locales. Existen direcciones regionales en diferentes zonas del país: Metropolitana (la capital), Altiplano Central, Costa Sur, Altiplano Occidental, Noroccidente, Verapaces, Petén, Nororiente, Suroriente y Oriente. El CONAP tiene, por ejemplo, una investigación en curso sobre zoonosis financiada por cooperación alemana, realizada en la región de Petén, que incluye la participación de varias entidades como el Ministerio de Salud, Ministerio de Agricultura, y la academia. Se habló también de un proyecto regional en la Selva Maya, que involucra a México, Guatemala y Belice, y que recientemente recibió más fondos para su expansión. También recibe cooperación internacional de varias instituciones y países, incluyendo Alemania (GIZ y KfW), USAID de Estados Unidos, la agencia de cooperación brasileña, el fondo de Canadá, y la Unión Europea. Además, se planea un próximo proyecto llamado "Transición Ecológica de Petén", el cual

también involucra a varias instituciones guatemaltecas (Apéndice 1. Entrevista a Merle Fernández).

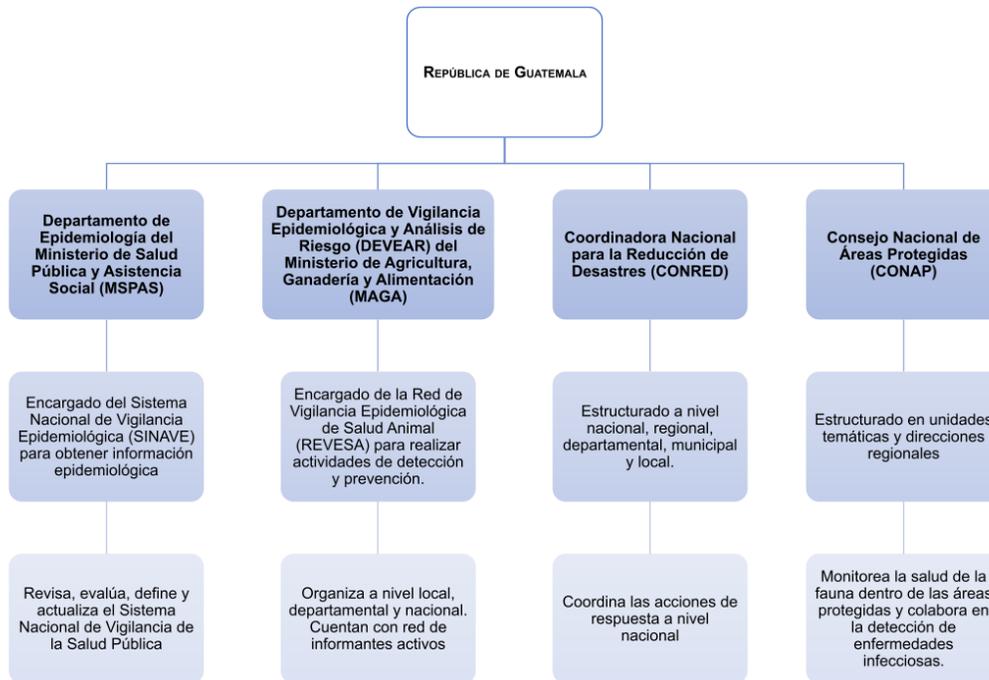


Figura 1. Institucionalidad en Guatemala relacionada con enfermedades infecciosas emergentes y gestión de riesgos de epidemias y pandemias.

Presupuesto

En general, la biovigilancia en países de ingresos bajos y medianos se lleva a cabo principalmente a través de la notificación pasiva de casos y por separado dentro de los sectores de salud humana y animal. Estos sistemas se ven limitados por la dependencia de la búsqueda de atención médica, la detección inoportuna de eventos, la falta de reconocimiento de la presencia de enfermedades y el sesgo de selección presente en los casos que se detectan en los servicios de salud (Grajeda et al., 2021).

La biovigilancia es una estrategia crucial para prevenir y controlar los brotes de enfermedades infecciosas. La biovigilancia se refiere a la recopilación, integración, interpretación y comunicación de datos de salud para detectar y responder a las amenazas de

enfermedades (Toner et al., 2011a). En el contexto de América Latina, la biovigilancia es especialmente importante debido a la diversidad de enfermedades zoonóticas y emergentes en la región, como vimos anteriormente.

El presupuesto asignado para la biovigilancia es un factor crítico que determina la eficacia del sistema. Sin embargo, la asignación de presupuesto varía significativamente entre los países. En el informe "Investing in Global Health Security: How to Build a Fund for Pandemic Preparedness in 2022" (NTI Bio & Pandemic Action Network, 2022), se discute la necesidad de una inversión adecuada en la vigilancia epidemiológica para mejorar la preparación ante pandemias. Esta inversión debe ser proporcional a la amenaza de enfermedades infecciosas en un país, y es esencial para prevenir y responder a las amenazas biológicas de alto impacto (Yassif et al., 2021).

En el caso particular de Guatemala, el gasto público en salud para el año 2022 se ubicó en 89 USD per cápita, levemente superior a Honduras, donde fue de 76 USD. En comparación, Costa Rica y Panamá tuvieron un gasto per cápita de 688 y 640 USD, respectivamente. México tuvo un gasto de 267 USD per cápita, y los demás países de América Central se ubicaron entre los 107 y 183 USD. Comparado con otros países más desarrollados, Estados Unidos tuvo un gasto de 9.546 USD per cápita y países de Europa como Alemania, Francia y España, de 5.517, 4.248 y 2.235, USD respectivamente (Datosmacro.com, 2022).

Indicadores

Los indicadores son herramientas esenciales para evaluar la efectividad de los sistemas de biovigilancia. Los indicadores pueden incluir la capacidad de detección temprana, la velocidad de respuesta, la cobertura geográfica del sistema y la capacidad para identificar y caracterizar patógenos (Stoto, 2014). La situación de salud en Guatemala, de acuerdo con el Global Health Index 2021, presenta una serie de desafíos que ameritan atención, resumidos en la Tabla 3.

Indicador	Puntaje Guatemala	Puntaje global	Comentarios
Escala global	29.1	38.9	Guatemala ocupó el puesto 142 de 194 países evaluados. La evaluación se centra en aspectos claves como la prevención de la aparición de patógenos, la detección temprana y notificación de epidemias, y la respuesta a estos eventos, así como el fortalecimiento del sector de la salud y la capacidad nacional para enfrentar estas amenazas.
RAM	33	45.3	Evidencian la necesidad de fortalecer políticas de uso de antibióticos y la supervisión de la RAM.
Zoonosis	14.2	19.8	Necesidad de fortalecer los mecanismos de detección y prevención de enfermedades transmitidas de animales a humanos.
Sistema de laboratorios	50	44.9	Esto indica una calidad aceptable y la capacidad para realizar pruebas y análisis pertinentes.
Cadenas de suministro de laboratorios	0	15.9	Señala deficiencias en la gestión de estas cadenas, fundamentales para la disponibilidad de reactivos y equipos necesarios para los análisis.
Vigilancia y reportes	25	34.6	Esto apunta a desafíos en la detección temprana de enfermedades infecciosas, la transmisión oportuna de información y la disponibilidad y transparencia de los datos de salud.
Accesibilidad y transparencia de datos	10	34.7	
Investigación	0	16.9	Fundamental para entender y controlar las enfermedades infecciosas
Personal de epidemiología	100	46.5	Sugiere que el país ha hecho un buen trabajo en formar y mantener personal competente en este campo, crucial para la vigilancia, detección y respuesta a las enfermedades infecciosas.

Tabla 3. Puntaje por indicadores del sistema de salud de Guatemala del Global Health Index 2021.

Además de los indicadores mencionados anteriormente, otros indicadores como la capacidad de análisis de laboratorio, la capacidad de caracterizar patógenos y la capacidad de comunicación de riesgos también son importantes para evaluar la efectividad de los sistemas de biovigilancia (Miller & Hagan, 2017; Stoto, 2014; Yassif et al., 2021).

Actores

Los actores en la vigilancia y protección de riesgos biológicos incluyen instituciones gubernamentales, organizaciones internacionales, laboratorios de investigación y comunidades locales e indígenas. Además de estos, los profesionales de la salud, los veterinarios y los científicos también juegan un papel crucial.

Es importante destacar el Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA) que es una entidad intergubernamental de carácter internacional, formada por nueve Estados miembros, con funciones comparables a las de la OPS en materia agropecuaria. El OIRSA se financia principalmente a través de servicios delegados, como tratamientos cuarentenarios en puertos, aeropuertos y fronteras terrestres, que generan aproximadamente el 90% de sus recursos. Además, gestiona proyectos con la cooperación internacional. La tarifa de estos servicios es usada para prevenir la entrada de plagas y enfermedades. En el caso de Guatemala, estos ingresos ascienden a alrededor de 10 millones de dólares, de los cuales el 80% es reinvertido en proyectos locales y el 20% es destinado a la sede para programas regionales. También se mantiene un fondo de emergencia para actuar en caso de emergencias fitosanitarias (Apéndice 1. Juan Carlos Argueta y Abelardo De Gracia).

En cuanto al sector privado y la academia, se destaca el trabajo de Fundación para la Salud Integral de los Guatemaltecos (FunSalud), una organización iniciada por el Dr. Edwin Asturias, quien hizo parte del equipo de respuesta al COVID-19 en el país. FunSalud utiliza la tecnología de Oxford Nanopore para la detección de enfermedades (Apéndice 1. Entrevista a Paulina Paiz). La Universidad del Valle de Guatemala también es otro actor importante a considerar. Esta universidad está realizando investigaciones conjuntas con la Universidad de Washington State, en la que se han tomado muestras a un número significativo de personas (Apéndice 1. Entrevista a Paulina Paiz). Esta universidad tiene además fuertes vínculos con instituciones como el CDC y ha recibido cooperación de Suiza y USAID. La universidad es reconocida por su enfoque en tecnología, innovación y ciencia, y ha tenido una influencia significativa en varios ministerios gubernamentales, incluyendo el Ministerio de Salud. La universidad ha mejorado recientemente su infraestructura y cuenta con laboratorios innovadores, incluyendo un laboratorio aeroespacial y laboratorios para física, biología, mecánica y alimentos (Apéndice 1. Entrevista a Daniela Ochaíta).

Manuales y procedimientos

Los procedimientos y manuales son fundamentales para guiar las operaciones de biovigilancia. Por ejemplo, en Guatemala, se cuenta con el Protocolo del Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica y el Manual de Vigilancia Epidemiológica para Enfermedades en Animales, los cuales proporcionan directrices sobre cómo llevar a cabo la vigilancia de enfermedades infecciosas emergentes.

Los sistemas de detección y reporte son componentes igualmente clave de la biovigilancia. Por ejemplo, el sistema de vigilancia colaborativa integrada (ViCo) en Guatemala demostró ser eficaz para la detección y reporte de enfermedades (Jaramillo et al., 2022). Además del protocolo y el manual mencionado anteriormente, otros documentos como las Normas y Procedimientos del Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica (MSPAS, 2007) también proporcionaron directrices para la biovigilancia.

A pesar de los avances, aún existen oportunidades de mejora. Por ejemplo, la mejora de la capacidad de detección temprana y la expansión de la cobertura geográfica del sistema de biovigilancia podrían mejorar significativamente la capacidad de respuesta a las amenazas de enfermedades (Cameron et al., 2020). Otro aspecto crucial es la capacidad de detección, que se refiere a la capacidad de un sistema para identificar rápidamente un brote de enfermedad (Stoto, 2014).

Cooperación internacional

En la lucha contra las amenazas biológicas y la biovigilancia, la cooperación internacional es un componente esencial. Las enfermedades infecciosas no reconocen fronteras

y un brote en cualquier rincón del mundo puede convertirse rápidamente en una amenaza de alcance global. Por ello, la cooperación entre naciones es fundamental para dar una respuesta efectiva a las amenazas de enfermedades. La cooperación internacional también reviste un papel primordial en la mejora y desarrollo de la biovigilancia, un concepto que va más allá de la detección, prevención y respuesta a enfermedades. Este principio de colaboración mundial ha sido particularmente relevante en la lucha contra las EIE zoonóticas, tal como lo evidencia la Organización Mundial de Sanidad Animal (Hamilton, 2021).

Las organizaciones internacionales son fundamentales para la cooperación multilateral. Estas entidades pueden facilitar la cooperación entre los países, coordinar las respuestas a los brotes de enfermedades y promover normas y directrices internacionales para la gestión de riesgos biológicas (World Health Organization et al., 2019). Destaca por ejemplo, el Sistema Global de Alerta Temprana (GLEWS), que es una colaboración entre la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización Mundial de Sanidad Animal (OMSA), y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Este sistema combina y coordina los mecanismos de alerta y respuesta de las tres organizaciones, y ayuda en la predicción, prevención y control de las amenazas de enfermedades animales, incluyendo zoonosis.

También se destaca la Estrategia de Reducción del Territorio Biológico de la OMSA que se centra en cinco áreas esenciales: políticas, estándares, operaciones, inteligencia y entrenamiento. Esta organización asiste a los países en la modernización de las legislaciones veterinarias, alineándolas con los marcos internacionales y respaldando la creación e implementación de planes nacionales de control de enfermedades. También establece estándares de salud animal a través de cuatro documentos fundamentales que se actualizan anualmente, incluyendo procedimientos laboratoriales y protocolos de comunicación. En operaciones, la organización dispone de una red de expertos, entre centros de colaboración y laboratorios de referencia, que apoyan en la gestión de enfermedades y en la mejora de los servicios veterinarios. Para la inteligencia de riesgos biológicos, exige reportes de enfermedades y brotes a través de la plataforma WAHIS, complementado con actividades de escaneo de riesgos y búsqueda activa a nivel global. Finalmente, ofrece formaciones en temas clave para la reducción de riesgos biológicos y gestión de emergencias, adaptando su contenido a las necesidades de cada país mediante encuestas previas a los participantes (Apéndice 1, entrevista a Ian Peter Busuulwa).

Esta cooperación global puede adoptar diversas formas, como el intercambio de información, la colaboración en la investigación, el desarrollo de nuevas soluciones médicas y el auxilio mutuo en respuesta a brotes de enfermedades. Un enfoque multisectorial que encarne el principio de 'Una Salud' puede ser altamente efectivo para abordar las enfermedades zoonóticas en los diferentes países (World Health Organization et al., 2019).

Este intercambio de información incluye compartir datos sobre brotes de enfermedades, investigaciones y hallazgos científicos, y mejores prácticas en la gestión de riesgos biológicos. Esta circulación de información permite a los países aprender mutuamente y optimizar sus propios sistemas de biovigilancia (Stoto, 2014). Los países pueden igualmente colaborar en la investigación de nuevas enfermedades, el desarrollo de vacunas y tratamientos, y el mejoramiento de las tecnologías de detección y diagnóstico. Esta colaboración puede impulsar el progreso científico y mejorar la capacidad global para prevenir y controlar las enfermedades infecciosas (Yassif et al., 2021). En el caso de un brote de enfermedad, los países pueden prestar asistencia mutua a través de la provisión de recursos, experiencia y apoyo logístico. Dicha asistencia puede ser fundamental para controlar un brote y minimizar su impacto (NTI Bio & Pandemic Action Network, 2022).

No obstante su importancia, la cooperación internacional enfrenta desafíos. Entre ellos, las diferencias en las capacidades y prioridades de los países, las barreras legales y regulatorias, y las dificultades en la coordinación de los esfuerzos a nivel global (Haines & Gronvall, 2023). Superar estos desafíos es fundamental para optimizar la cooperación internacional en la gestión de riesgos biológicos. A medida que las enfermedades infecciosas continúen evolucionando y surjan nuevas amenazas, la cooperación internacional será cada vez más importante para proteger la salud a escala global. Esta cooperación exigirá un compromiso constante de los países y la voluntad de trabajar juntos para prevenir y controlar las enfermedades infecciosas (Cameron et al., 2020).

4. Propuestas

Esta sección presenta una serie de recomendaciones para reforzar la prevención y detección de enfermedades infecciosas emergentes en Guatemala. Las medidas de prevención

tienen como objetivo evitar que una enfermedad se transmita a humanos en primera instancia, por lo que tratan de mitigar los factores agravantes del riesgo zoonótico. Las medidas de detección tienen como objetivo hallar brotes con rapidez o incluso anticiparse a ellos para asegurar una respuesta temprana.

El área de prevención incluye cuatro objetivos: i) realizar intervenciones para mejorar el saneamiento, ii) detener el tráfico ilegal de vida silvestre, iii) detener la deforestación y otras formas de degradación ambiental, y iv) evitar el abuso de antibióticos en la industria animal. El área de detección incluye otros cuatro: i) diseñar sistemas integrales de vigilancia epidemiológica, ii) adoptar un enfoque proactivo a la detección de patógenos, iii) asegurar la transparencia y accesibilidad de los datos e iv) implementar soluciones tecnológicas. Las propuestas de las áreas de prevención y detección se presentan en orden de prioridad. Finalmente, la consecución de los objetivos se desglosa en propuestas concretas. La Tabla 4 recoge un resumen de todas las recomendaciones.

Todas las propuestas están alineadas con la literatura (Vora et al., 2023) y las entrevistas con expertos (Apéndice 1). Su implementación es asequible para Guatemala y reportaría beneficios notables para la salud pública e incluso para otros sectores, por lo que resultan costo-efectivas. Un estudio calcula que el coste total de las medidas preventivas que se plantean en él⁵ serían de entre 22.000 y 31.000 millones de dólares al año a nivel global, una cifra mucho menor que, por ejemplo, los 5 billones en pérdidas causadas por el COVID-19 en 2020 (Dobson et al., 2020). Otro estudio determina que el coste total de las medidas propuestas⁶ sería de unos 20.000 millones de dólares anuales, menos de una vigésima parte del valor anualizado de las vidas perdidas por zoonosis emergentes en el mundo (Bernstein et al., 2022).

⁵ Estas medidas incluyen reducir la deforestación, monitorear y gobernar el tráfico de vida silvestre, mejorar prácticas agropecuarias y reforzar los sistemas de biovigilancia para detección temprana.

⁶ Estas medidas pueden clasificarse en las mismas categorías recogidas en el anterior estudio.

Tabla 4. Recomendaciones

Área	Objetivo	Propuestas
Prevención	Realizar intervenciones para mejorar el saneamiento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mejoras en la infraestructura esencial y los servicios públicos 2. Prácticas sanitarias en el contacto humano con animales
	Detener el tráfico ilegal de vida silvestre	<ol style="list-style-type: none"> 1. Coordinación interinstitucional, control y vigilancia 2. Educación, sensibilización y capacitación 3. Vinculación de la sociedad civil
	Detener la deforestación y otras formas de degradación ambiental	<ol style="list-style-type: none"> 1. Gobernanza de zonas forestales 2. Intensificación agrícola sostenible 3. Ordenamiento municipal 4. Otras intervenciones ecológicas
	Evitar el uso excesivo de antibióticos en la industria animal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Restricción del uso no terapéutico de antibióticos en la industria animal
Detección	Diseñar sistemas integrales de vigilancia epidemiológica	<ol style="list-style-type: none"> 1. Coordinación entre sectores de sanidad humana y sanidad animal 2. Participación de las comunidades locales
	Adoptar un enfoque proactivo a la detección de patógenos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Monitoreo de patógenos presentes en la vida silvestre 2. Testeo frecuente de población de alto riesgo
	Asegurar la transparencia y accesibilidad de los datos epidemiológicos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Redes para compartir datos entre departamentos 2. Comunicación efectiva con la comunidad internacional
	Implementar soluciones tecnológicas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Impulso a los laboratorios con equipos de secuenciación genómica 2. Uso de modelos de lenguaje natural para monitorizar redes sociales.

Prevención

- **Realizar intervenciones para mejorar el saneamiento**

A menudo, el contagio de muchas enfermedades está vinculado a prácticas inadecuadas en la interacción con el entorno. En esta sección, recogemos varias intervenciones en entornos domésticos y servicios públicos que pueden ayudar a la población a prevenir activamente la transmisión de varios patógenos a humanos.

Mejoras en la infraestructura esencial

Las condiciones de la infraestructura local son un factor importante en la prevención de enfermedades y tienen beneficios económicos y de salud que, por sí solos, justifican las mejoras. En este sentido, proponemos varias intervenciones para **mejorar los servicios de agua y saneamiento, la gestión de residuos y los entornos domésticos**.

El acceso al agua corriente incrementa la calidad de vida y, además, elimina la necesidad de almacenar agua en recipientes en los entornos domésticos, ayudando a frenar la proliferación de vectores como *Aedes aegypti*, mosquito transmisor del dengue (Telle et al., 2021). En este contexto, resulta fundamental mejorar y ampliar la cobertura de los servicios públicos de agua potable y saneamiento, uno de los objetivos principales de la Política Nacional de Agua. Asimismo, cuando el acceso a agua corriente es realmente inviable, limpiar periódicamente los contenedores de agua y cubrirlos con tapas herméticas puede ayudar a reducir la presencia de *Aedes aegypti* y, consecuentemente, del Zika y otras enfermedades transmitidas por este vector (Pinchoff et al., 2021).

Por otro lado, la gestión de residuos en entornos urbanos también es crucial para evitar que los desechos sólidos se acumulen y atraigan a vectores y huéspedes de enfermedades zoonóticas (Krystosik et al., 2020). En este sentido, celebramos y llamamos al cumplimiento del Reglamento para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos comunes, que regula la recolección, traslado, tratamiento y disposición final de los residuos y desechos sólidos en Guatemala.

Hay otras intervenciones de bajo coste que pueden implementarse a nivel doméstico. Un proyecto realizado entre 2001 y 2008 en la aldea guatemalteca La Brea consiguió reducir los niveles de infestación de *T. dimidiata*, principal vector de la enfermedad de Chagas, con medidas relativamente sencillas: revestir paredes agrietadas, cubrir pisos de tierra con una sustancia similar al cemento o construir gallineros de alambre al aire libre para evitar animales dentro de las casas. Las tasas de infestación pasaron del 41,8% en 2001 al 2,2% en 2022, años después de finalizar la intervención, lo cual indica una gran efectividad a largo plazo (Pereira et al., 2022).

Prácticas sanitarias en el contacto humano con animales

Es importante que **las personas que estén más en contacto con animales debido a sus actividades profesionales adopten buenas prácticas en el manejo de estos animales.** En este sentido, ponemos en valor el Reglamento Técnico Centroamericano sobre Productos Utilizados en Alimentación Animal: Buenas Prácticas de Manufactura. En concreto, destacamos la importancia de diseñar, mantener e higienizar adecuadamente las instalaciones y equipos, incluyendo una correcta distribución espacial, sistemas de ventilación y evacuación de aguas residuales y desechos, y procesos de limpieza y desinfección de las superficies de trabajo.

Por su parte, es crucial entrenar al personal en técnicas de manejo de alimentos, principios de inocuidad y calidad alimentaria, e higiene personal. En este caso, recomendamos que los programas de capacitación se expandan más allá de los grandes centros de producción, puesto que la mayoría de fincas ganaderas de Guatemala son familiares.

También sería positivo estandarizar estas prácticas sanitarias e implementar esquemas de certificación de calidad e inocuidad de productos animales (Apéndice 1. Entrevista a OIRSA). Las instituciones públicas podrían explorar programas de incentivos y otros apoyos económicos para los ganaderos certificados, incluyendo subsidios para la adquisición de equipos y créditos preferenciales.

Por último, resulta importante controlar la interfaz entre humanos y vida silvestre. Anteriormente, ya se ha explicado cómo las personas en contacto con las cuevas están especialmente expuestas a enfermedades zoonóticas. Las autoridades deben educar a la

población y requerir que aquellos que accedan a cuevas lleven una indumentaria adecuada, mascarillas y otros equipos de protección, según proceda (Petrovan et al., 2021). Asimismo, el acceso a las zonas de más alto riesgo debe estar restringido a espeleólogos profesionales, cuya preparación debe incluir la vacunación y los medicamentos profilácticos necesarios (Igreja, 2011).

- **Detener el tráfico ilegal de vida silvestre**

Como se ha explicado anteriormente, el tráfico ilegal de vida silvestre (TIVS) está asociado a un incremento del riesgo de transmisión zoonótica. Es muy probable que al menos algunos de los principales brotes de la historia reciente –SARS-CoV-2, ébola, VIH/sida– se deban al tráfico, por lo que el tráfico podría haber resultado indirectamente en la pérdida de millones de vidas y miles de millones de dólares. (Doody et al., 2021). En contraste, se calcula que, para ser efectivo en la prevención de pandemias, el presupuesto global destinado al monitoreo y manejo del TIVS debería ser de entre 250 y 750 millones de dólares anuales⁷ (Dobson et al., 2020).

Además de las consideraciones sanitarias, detener el TIVS puede comportar beneficios asociados a los servicios del ecosistema (Cardoso et al., 2021) y promover actividades económicas como el turismo o la caza de trofeos. En un estudio realizado en Namibia, se estimó que los esfuerzos del país para frenar el TIVS costaban un total de 2.000 millones de dólares en un plazo de diez años⁸, pero reportaban unos 5.345 millones de beneficio en comparación con un escenario sin medidas. Asimismo, una inversión adicional de 550 millones podría suponer beneficios de 3.690 millones (Briceno & Perche, 2021).

No obstante, discernir qué inversiones son realmente efectivas constituye un desafío. El TIVS es un asunto intrincado y con muchas vertientes, por lo que prohibirlo categóricamente sin tener en cuenta los matices puede resultar contraproducente (Bonwitt et al., 2018; Roe et al., 2020). Las soluciones, pues, deben ser integrales.

⁷ En el contexto del estudio, este presupuesto iría destinado principalmente a financiar organismos como la Organización Mundial de Sanidad Animal o las Redes de Observancia y de Aplicación de la Normativa de la Vida Silvestre, una de las cuales trabaja en Centroamérica.

⁸ Esta cifra incluye salarios de trabajadores en oficinas de protección de la vida silvestre y de parques naturales, costes de patrullaje y control de fronteras, un 1% del presupuesto del Ministerio de Justicia y el presupuesto asignado de ONGs como World Wildlife Fund y Namibia Nature Foundation, entre otros.

Guatemala parece haber considerado esta complejidad en el desarrollo de políticas. El CONAP ya elaboró una Estrategia Nacional contra el Tráfico Ilegal de Vida Silvestre (ENTIVS) para el periodo 2020-2029, que cuenta con tres líneas estratégicas: i) coordinación interinstitucional, control y vigilancia; ii) educación, sensibilización y capacitación; y iii) facilitación del acceso a mecanismos legales de aprovechamiento y vinculación con la sociedad civil (Flores & CONAP, 2020). La iniciativa dispone de un presupuesto inicial de 18,828,000 quetzales. En esta sección, presentamos varias recomendaciones que encajan en las tres líneas de acción planteadas.

Coordinación interinstitucional, control y vigilancia

Asegurar el cumplimiento de la ley es el objetivo central para detener el TIVS y la responsabilidad principal del estado. Sin embargo, también es un desafío que requiere de recursos y coordinación. En este apartado, proponemos dos grupos de acciones para detener el tráfico ilegal de vida silvestre: **el monitoreo de especies de alto riesgo y el control de fronteras y mercados**. De este modo, se pretende detectar e impedir que se produzcan tanto el inicio del proceso –la captura del animal– como el final –la comercialización nacional o internacional–.

En primer lugar, recomendamos que, juntamente con los estados de conservación –los Apéndices de la CITES y el Índice LEA–, se tenga en cuenta el riesgo zoonótico en la priorización de especies a seguir. Esto supondría un mayor monitoreo de distintas especies de mamíferos, incluyendo roedores, prociónidos y dasipódidos. Los primates también entrarían en el grupo a controlar de cerca, si bien los niveles de protección ya son generalmente altos.

Adicionalmente, pedimos fortalecer las patrullas. La DIPRONA cuenta con 19 delegaciones y 540 profesionales (MINGOB, 2020), unas cifras que parecen insuficientes para garantizar una protección efectiva de la fauna silvestre (Ochoa López, 2022). Recomendamos que se refuerce la labor de la DIPRONA con más recursos humanos y técnicos o, incluso, el apoyo de otras divisiones como la DEIC o la DAIA. Para reducir los costes, sugerimos que los esfuerzos se centren prioritariamente en los departamentos de Petén, Alta Verapaz e Izabal,

que sufren un mayor número de casos registrados de TIVS (Flores & CONAP, 2020). Esta priorización debe reevaluarse con el tiempo y reasignarse cuando sea necesario.

Para facilitar las tareas de monitoreo, proponemos explorar el uso de satélites y drones, que pueden ser una buena alternativa para áreas remotas donde la investigación es difícil (LaRue et al., 2017). Los tres departamentos mencionados, regiones con altos niveles de biodiversidad y criminalidad, parecen un buen objetivo para iniciar el proyecto (Yazici, 2022). Guatemala ya tiene experiencia con tecnología satelital para el monitoreo de la tala ilegal (British Embassy Guatemala City, 2017) y con herramientas de monitoreo espacial y reporte (SMART) en el norte de Petén (GIZ, 2021). Recomendamos que los resultados de estos sistemas de recopilación y procesamiento de datos se integren para monitorear de cerca las especies a proteger.

Como se plantea en la ENTIVS, el CONAP debería hacer este seguimiento y coordinar el patrullaje con un protocolo interinstitucional adaptado a cada región. La judicialización en varios departamentos también ha funcionado para aumentar la atención de casos ligados al TIVS (Flores & CONAP, 2020), por lo que sugerimos que los organismos judiciales nacionales se involucren más activamente en la causa. Finalmente, llamamos a explorar todas las vías de cooperación posibles con los países de la región y el resto del mundo, así como a atraer iniciativas como el Consortio Internacional para Combatir Crímenes contra la Vida Silvestre.

En otro orden de cosas, recomendamos reforzar el control fronterizo para evitar que las consecuencias del TIVS se magnifiquen. En este sentido, la situación es especialmente delicada en las fronteras por carretera. La difícil accesibilidad en la frontera con Belice, caracterizada por tensiones políticas, facilita que el tráfico de fauna silvestre que se desarrolla en la zona pase desapercibido para las autoridades (Soberanes, 2018). Lo mismo ocurre con la frontera noroccidental con México, altamente controlada por los llamados narco-ganaderos (Devine, Wrathall, et al., 2020a). Finalmente, la frontera con El Salvador también se cita como una de las más comunes (Ochoa López, 2022), siendo Anguiatú un punto de cruce para la fauna proveniente del Valle del Motagua (Flores & CONAP, 2020).

No obstante, los aeropuertos son el principal punto del tráfico internacional (Utermohlen & Baine, 2018). En este sentido, Guatemala tiene dos aeropuertos internacionales importantes: La Aurora (Guatemala) y Mundo Maya (Petén). En este caso, la labor de la DIPAFRONT debe

coordinarse con todo el personal involucrado en la industria aerocomercial, que deberá seguir programas de capacitación y elaborar protocolos de actuación en línea con las pautas de la iniciativa ROUTES.

En cuanto al transporte marítimo, destacan los puertos de Santo Tomás de Castilla y de Quetzal, principales embarcaderos del país en el Caribe y el Pacífico, respectivamente (TRAFFIC, 2009). No obstante, también resulta importante realizar controles en puertos menos transitados –Puerto Barrios y Santo Tomás de Santo en el Caribe; San José y Champerico en el Pacífico–, así como otros puntos con menor infraestructura. Esto es debido a que, a medida que los traficantes de vida silvestre se profesionalizan, también se vuelven más indetectables. Para eludir los controles, se utilizan puntos fronterizos extraoficiales en tierra y mar, trasladando las especies silvestres por la noche a través de ríos, bosques, asentamientos humanos y rutas marítimas (Gluszek et al., 2021).

Finalmente, los mercados municipales deberían ser el blanco principal para asegurar un consumo responsable de productos de animales silvestres. Varios mercados guatemaltecos comercializan especies silvestres, incluyendo los de Flores, Poptún, Huehuetenango, Sayaxché, Chimaltenango, Retalhuleu y El Guarda, entre muchos otros (Flores & CONAP, 2020). Es importante que se hagan inspecciones habituales en estos mercados para asegurar que se puede incautar la fauna comercializada ilegalmente y verificar el cumplimiento de estándares sanitarios para los productos comercializados legalmente.

Educación, sensibilización y capacitación

El rol de Guatemala en el comercio ilegal de animales silvestres no está tan vinculado al consumo, sino a los beneficios económicos de la exportación. Sin embargo, existen ciertos hábitos y tradiciones en el país que incentivan la actividad. Un ejemplo de ello es el consumo de carne silvestre como el armadillo chojineado o el tepezcuintle (Flores & CONAP, 2020). Para concienciar sobre los riesgos asociados a estos hábitos, recomendamos que la protección de la fauna silvestre ante el tráfico ilegal sea uno de los ejes principales de las **campañas de educación y sensibilización de la población** en educación ambiental. La Política Nacional de Educación Ambiental, aprobada en 2017, no incluye este elemento. Sin embargo, sugerimos que se considere introducirlo en el nuevo plan de implementación 2024-2028 que se está

negociando (MARN, 2023) o que se cree una política nacional paralela enfocada en la fauna silvestre. Ambas propuestas están incluidas en la ENTIVS, pero ninguna se ha implementado hasta la fecha. Tampoco hay evidencia de campañas sistemáticas más allá de iniciativas como #ViveYDejaVivir o llamados a denunciar instancias de TIVS a las autoridades. En ninguno de estos casos se ha enfatizado el riesgo de enfermedades, un factor que podría ayudar a la persuasión.

Por otro lado, existe una necesidad urgente de **capacitar a todas las fuerzas de seguridad**. Recomendamos que la DIPRONA, la DIPAFRONT y la DEIC sean preparadas para la identificación y manejo de especies de fauna silvestre de alto riesgo zoonótico, que deberán estar sometidas a protocolos específicos.

Vinculación de la sociedad civil

El tráfico de vida silvestre constituye un medio de vida para muchas personas y, en algunos casos, contribuye a la seguridad alimentaria (Booth et al., 2021). En Guatemala, muchas comunidades locales sin medios de subsistencia alternativos se ven arrastradas a participar en las redes de tráfico, principalmente en las tareas de captura (IIED & IUCN-SULi, 2019).

Para revertir la situación, Guatemala puede guiarse por una teoría del cambio con tres potenciales vías de acción: i) desincentivar comportamientos ilegales, ii) incentivar la protección y iii) apoyar medios de vida alternativos (Biggs et al., 2015).

Desincentivar comportamientos ilegales conlleva principalmente implicar a las comunidades locales en los esfuerzos de patrullaje y cumplimiento de la ley. La colaboración de la sociedad civil es especialmente importante allí donde la capacidad de las autoridades es menor y las comunidades podrían verse tentadas a facilitar el tráfico, como en el caso de la frontera entre Guatemala y Belice (Cremona et al., 2018). Actualmente, proyectos como el Grupo Génesis de Fundaeco patrullan la Selva Maya para detectar actividades ilegales (Melgoza & Papadovassilakis, 2022). Estas iniciativas podrían reforzarse a través de incentivos monetarios o sociales, como ocurre con los pagos por servicios ambientales.

Incentivar la protección hace referencia a la oferta de beneficios financieros y no financieros vinculados al manejo sostenible de la vida silvestre. En este caso, una de las soluciones más habituales es el turismo local (Roe & Booker, 2019). En Guatemala, la ONG Zootropic consiguió restringir el tráfico de lagartos a través de la creación de la Reserva Natural Heloderma, ubicada en el Arenal, que se ha convertido en un centro turístico y permite contratar a aldeanos locales como guardas forestales, guías y otros servicios (IIED & IUCN-SULi, 2019).

Finalmente, apoyar medios de vida alternativos implica la promoción de actividades económicas no dependientes de la vida silvestre. Por ejemplo, un proyecto para la conservación del guacamayo escarlata en Guatemala y Belice ofreció a decenas de mujeres la oportunidad de administrar parcelas agroforestales y microempresas comunitarias de panadería y granja de gallinas (IIED & IUCN-SULi, 2019).

Los ejemplos mencionados demuestran que los tres cursos de acción pueden tener éxito en Guatemala. Recomendamos apoyar las actividades de las ONG que han demostrado ser efectivas. También sugerimos que, cuando sea necesario, las instituciones públicas desarrollen un plan de acción coordinado para **integrar a las comunidades en los esfuerzos de patrullaje y ofrecer medios de vida alternativos al tráfico**. Los Consejos Comunitarios de Desarrollo deberían adquirir un papel mucho más activo en la definición de esta estrategia.

- **Detener la deforestación y otras formas de degradación ambiental**

Se estima que, a nivel global, el coste anual de reducir la deforestación al 40% en las áreas con mayor riesgo de propagación zoonótica es de entre 1.500 y 9.600 millones de dólares (Dobson et al., 2020). El vínculo entre deforestación y emergencia de enfermedades sugiere que los esfuerzos para mantener intacta la cubierta forestal reducirían el riesgo de transmisión zoonótica. Adicionalmente, estas acciones tendrían efectos positivos en el secuestro de carbono y, por lo tanto, en la mitigación del cambio climático (Busch & Engelmann, 2017).

En este apartado, presentamos varias propuestas para regular el cambio de uso de suelo y proteger los ecosistemas guatemaltecos. Ninguna de estas recomendaciones es particularmente novedosa; en algunos casos, de hecho, Guatemala ya se encuentra en el buen

camino. Sin embargo, esta sección pretende que la salud pública sea añadida como un factor importante para sustentar la creación y mantenimiento de estas iniciativas.

Gobernanza de zonas forestales

El territorio guatemalteco cuenta con extensas áreas forestales, concentradas especialmente en el departamento de Petén, que son administradas por diversos modelos de gobernanza con resultados dispares.

Uno de los modelos más exitosos han sido las concesiones forestales en la Zona de Uso Múltiple (ZUM) de la Reserva de la Biosfera Maya (RBM). A través de las concesiones, el estado otorga derechos de uso y aprovechamiento sostenible del bosque a la comunidad que lo habita. Puesto que la protección del bosque reside en el interés de la comunidad que lo maneja, estas concesiones pueden conformar una forma eficaz de reducir la deforestación (Barsimantov & Kendall, 2012; Oldekop et al., 2019; C. Stevens et al., 2014).

Entre 1994 y 2002, el CONAP otorgó doce concesiones para un ciclo de 25 años a empresas forestales comunitarias. Entre 2000 y 2013, las tasas de deforestación en las nueve concesiones que permanecieron activas fueron de prácticamente el 0% (Hodgdon et al., 2015). Este dato contrasta con las cifras de las áreas aledañas de la RBM –situadas entre el 1% y 5,5%– y aún más con las de toda la región del Petén –31% de deforestación total y 23% en bosque primario húmedo entre 2002 y 2022, según datos de Global Forest Watch--.

Entre 2020 y 2023, el CONAP prorrogó todos los contratos vigentes, otorgó dos nuevas concesiones y anunció el procesamiento de otras dos, sumando un total de 617,878 hectáreas concedidas o el 73% de toda la ZUM (Larios, 2023). Celebramos el compromiso de las instituciones con el mantenimiento de las concesiones y apoyamos los esfuerzos por consolidar el modelo. Asimismo, recomendamos que, en la medida de lo posible, **el sistema de concesiones se mantenga y expanda en la ZUM o incluso fuera de ella**, explorando la viabilidad de implementarlo en zonas cercanas a ecosistemas diversos y con comunidades locales establecidas desde hace tiempo.

Otra política destacada es el esquema de incentivos conformado por el Programa de Incentivos Forestales para Poseedores de Pequeñas Extensiones de Tierra de Vocación Forestal o Agroforestal (PINPEP), establecido en 2005, y el programa PROBOSQUE,

establecido en 2017. Ambas iniciativas tienen como objetivo promover el desarrollo forestal del país mediante el manejo sostenible de los bosques a través de subvenciones por servicios ambientales al sector comunitario, en el caso del PINPEP, y a los grandes propietarios de tierra, en el caso de PROBOSQUE. Entre los dos, ya se han financiado 59,330 proyectos en todo el país, de los cuales 46,158 –y 263,033 hectáreas– están enfocados en la protección del bosque

Los programas de pago por servicios ambientales también han demostrado su potencial para reducir la deforestación y conservar la biodiversidad (Jayachandran et al., 2017; Schirpke et al., 2018; Vorlauffer et al., 2017), también en el caso de Guatemala (vonHedemann, 2020). Recomendamos que **el diseño de futuros pagos por servicios ambientales integre consideraciones de salud pública e incentive actividades como la protección de los ecosistemas y los recursos hídricos.**

Finalmente, en contraste con los mencionados sistemas, la parte occidental de la RBM presentó altas tasas de deforestación en los últimos años (Figura 1). Según estudios satelitales, esta deforestación fue causada principalmente por ranchos ilegales en los parques nacionales Laguna del Tigre (87%) y Sierra del Lacandón (67%) (Devine, Currit, et al., 2020b). En esta zona, buena parte de la ganadería extensiva está muy vinculada al tráfico de drogas, por lo que se conoce como narco-ganadería. El atractivo de esta actividad es doble: lavar dinero comprando ganado en efectivo para venderlo a compradores lícitos en México o Guatemala y controlar territorialmente los pastizales para convertirlos en sitios estratégicos y puntos ciegos (Devine, Wrathall, et al., 2020b).

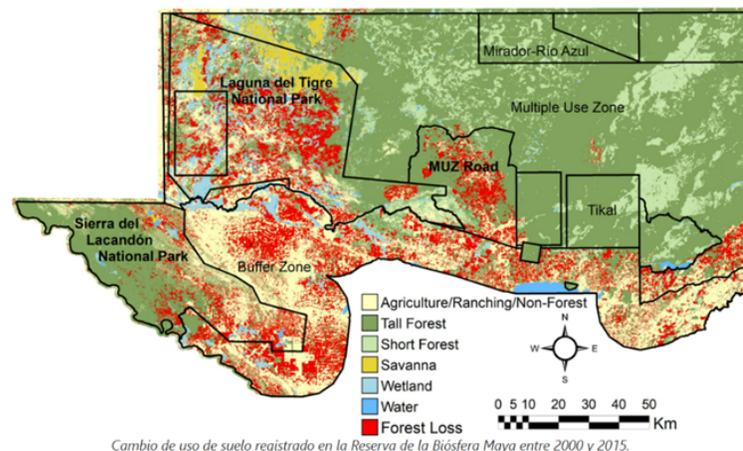


Figura 1. Recuperada de Devine et al. (2020b)

Para hacer frente a este desafío, recomendamos **priorizar la financiación, capacitación y coordinación del CONAP, el INAB y la DIPRONA**. La protección del parque Laguna del Tigre se ve mermada por la falta de presupuesto y profesionales que trabajan en él, y a menudo depende de organizaciones no gubernamentales como Wildlife Conservation Society (Radwin, 2019).

Sin embargo, las fuerzas de seguridad difícilmente podrán solventar el problema por sí solas. La actividad de los narco-ganaderos es posible gracias a la impunidad y la intimidación sufrida por las mayoritarias comunidades locales (Devine, Wrathall, et al., 2020b). Esta realidad es ampliamente reconocida por las autoridades, que apuntan a la ingobernabilidad como una de las principales amenazas al manejo de la Reserva de la Biosfera Maya (CONAP, 2016). De hecho, la presencia de fuerzas de seguridad y otras instituciones del estado podría incluso ser contraproducente si estas no cuentan con la confianza de las comunidades locales (Apéndice 1. Entrevista a Paula Prist). Por este motivo, recomendamos **diseñar cualquier política en consonancia con los intereses y preferencias locales**, y proponemos explorar vías para empoderar a las comunidades reconsiderando el modelo de estas áreas protegidas. Expandir la franja oriental de Laguna del Tigre, comúnmente llamada el escudo, puede ser un primer paso para ello.

Intensificación agrícola sostenible

Según datos del MAPA, los cultivos con mayor extensión en Guatemala son el maíz (1,160,351 hectáreas), el café (539,000 Ha), la caña de azúcar (323,688 Ha), el frijol (208,771 Ha), la palma de aceite (180,000 Ha), el cardamomo (169,429 Ha) y el hule (131,000 Ha). Conjuntamente, ocupan aproximadamente una cuarta parte del territorio nacional.

La agricultura es un pilar socioeconómico del país. Cultivos como el maíz o el frijol son fundamentales para la seguridad alimentaria de gran parte de la población, cuya dieta depende de estos dos granos. Otros como la palma de aceite o el cardamomo constituyen una importante fuente de ingresos de Guatemala, que se encuentra entre los principales exportadores de estos productos a nivel mundial.

Sin embargo, la expansión agrícola descontrolada puede tener consecuencias negativas en los ecosistemas. El cultivo de granos básicos fue el causante del 31% de la deforestación en Guatemala para el periodo 2001-2010, si bien la cobertura de estos cultivos ha sido más bien decreciente y muy vinculada a la subsistencia (GCI, 2018). Para estos casos, proponemos **invertir en técnicas de intensificación agrícola sostenible**. La intensificación tecnológica⁹ permite ahorrar suelo y, por lo tanto, puede reducir la presión sobre los bosques (Byerlee et al., 2014). Esta solución podría ser una buena forma de asegurar la seguridad alimentaria a la vez que se reduce la deforestación, pero muchos campesinos guatemaltecos no tienen los recursos necesarios para implementarla (Shriar, 2002).

Otro cultivo relevante es la palma africana, responsable del 4% de la deforestación entre 2001 y 2010¹⁰. Existen reportes de comunidades afectadas por las expansiones de este cultivo en la Franja Transversal del Norte (Gamazo, 2017), el departamento de Escuintla (Del Cid & Figueroa, 2021) y el municipio de Sayaxché (Santiago, 2018), entre otros. Además, esta actividad agrícola ha sido asociada a la contaminación del río La Pasión en 2015, un grave ejemplo de crisis ecológica (Barreto, 2018). Sugerimos **ofrecer apoyo técnico y financiero al Gremial de Palmicultores de Guatemala en la implementación de su Política Ambiental y de Cambio Climático**. En particular, resultan importantes el manejo del agua (Eje Estratégico 1), el manejo y conservación del suelo (Eje 4) y la conservación y restauración de la biodiversidad (Eje 5).

Finalmente, los cultivos de café (18% de la deforestación), cardamomo (3%) y hule (3%) son prácticas a tener en cuenta, pero son consideradas más sostenibles por estar asociadas con especies arbóreas con menos impacto en los recursos forestales (GCI, 2018). El 98% del café de Guatemala se cultiva en sistemas agroforestales con árboles de sombra, en consonancia con la Ley Forestal (Alvarado, 2022). De forma similar, el cardamomo está en manos de pequeños productores que conforman un sistema de cadenas de producción agroforestal en armonía con el medio ambiente (Lobera, 2020). Finalmente, el hule es una plantación sostenible que puede reducir el impacto negativo de las talas ilegales y la presión sobre los recursos forestales (INAB, 2020). Recomendamos **seguir potenciando estos cultivos para consolidar un sistema agrícola sostenible económica y ambientalmente**.

⁹ En este contexto, la intensificación tecnológica se refiere al proceso por el que cambios técnicos en un cultivo permiten más producción por unidad de tierra para el mismo nivel de insumos.

¹⁰ Según estimaciones del propio sector palmicultor, la deforestación entre 1989 y 2020 fue bastante menor, del 0,67% (GREPALMA, 2021).

Ordenamiento municipal

En Guatemala, resulta fundamental asegurar una expansión urbana sostenible, ya que existen numerosos centros urbanos emergentes cercanos a entornos silvestres. Flores (Petén), San Pedro Soloma (Huehuetenango), Cobán (Alta Verapaz), El Estor (Izabal), Gualán (Zacapa) y Santa Lucía Cotzumalguapa (Escuintla) son solo algunos ejemplos de ello. El crecimiento de estas ciudades más allá de los límites reconocidos plantea dos serias amenazas para la salud pública: la ocupación y degradación de los ecosistemas y la dificultad de ofrecer servicios públicos como el agua o la gestión de residuos en las zonas periféricas. Esto es especialmente importante, dada la persistencia y proliferación de mosquitos en áreas marginales que suelen ser de alta pendiente.

En este contexto, reconocemos el esfuerzo invertido en robustecer los Planes de Desarrollo Municipal y Ordenamiento Territorial (PDM-OT), mayoritariamente actualizados hasta 2032. Asimismo, celebramos la implicación de las autoridades nacionales en el desarrollo urbano, ejemplificado en la Guía para la Implementación del PDM-OT. Recomendamos que la implementación de los PDM-OT de las localidades cercanas a ecosistemas silvestres sea monitoreada para **evitar cambios de uso de suelo que supongan la ocupación indebida de estos entornos**.

Otras intervenciones ecológicas

Con las anteriores recomendaciones, hemos expuesto maneras de detener el avance de las fronteras agrícolas y urbanas, así como otras formas de degradación medioambiental. Aquí, presentamos posibles formas de **revertir y mitigar alteraciones ya causadas en los ecosistemas** para reducir el riesgo de zoonosis.

Una de estas formas es la reforestación. Si bien no se han podido determinar empíricamente los efectos de la reforestación en el riesgo de transmisión zoonótica, existen estudios que sugieren una relación. Por ejemplo, se estima que restaurar la mata atlántica en Brasil podría disminuir la presencia de roedores que hospedan el Hantavirus, reduciendo el riesgo de transmisión en un 45% (Prist et al., 2021). En los últimos años, Guatemala ha

desarrollado planes de reforestación progresiva, con 550,000 árboles plantados en 2020, 3,100,000 en 2021 y 5,660,000 proyectados en 2022 (MARN, 2022).

Otro tipo de intervenciones tratan de incidir directamente en la fauna a través de procesos naturales¹¹. Por ejemplo, se ha evidenciado que las alteraciones en los ecosistemas pueden provocar disrupciones en la cadena trófica. En este sentido, se ha sugerido que la reintroducción de depredadores de roedores puede ayudar a reducir el volumen y densidad de las poblaciones de estos roedores, potencialmente disminuyendo el riesgo de transmisión zoonótica (Ostfeld & Holt, 2004).

Finalmente, algunas intervenciones se enfocan en controlar la interfaz entre animales domesticados y silvestres. Para prevenir la propagación del virus Hendra, por ejemplo, se ha propuesto bloquear el acceso nocturno de los caballos a los pastos, ya que estos pueden contener secreciones de murciélago recientes y potencialmente contaminadas (Martin et al., 2015). Asimismo, existen formas de alejar naturalmente a la fauna silvestre de los asentamientos humanos. Ordenar que la plantación de árboles frutales –principal recurso alimentario de murciélagos frugívoros– se realice lejos de pocilgas parece haber impedido la introducción del virus Nipah en las poblaciones de cerdos de Malasia desde 1999 (Pulliam et al., 2012).

- **Evitar el uso excesivo de antibióticos en la industria animal**

En 2001, la Organización Mundial de la Salud publicó una *Estrategia mundial de la OMS para contener la resistencia a los antimicrobianos*. Uno de los puntos tratados en el documento es la administración de antimicrobianos a los animales destinados al consumo humano. Entre otras cuestiones, se recomienda hacer obligatoria la prescripción de todos los antimicrobianos y formular directrices dirigidas a los veterinarios a fin de reducir la administración excesiva o indebida.

¹¹ Soluciones convencionales como el sacrificio de animales o el control químico pueden tener consecuencias adversas en el entorno y generar resistencia. Además, son difíciles de implementar y sostener logísticamente, por lo que suponen altos costes y sus beneficios disminuyen con el tiempo (Sokolow et al., 2019).

La Unión Europea es una de las jurisdicciones que más ha avanzado en estas recomendaciones. El Reglamento (CE) n° 1831/2003 prohíbe el uso de antibióticos como promotores de crecimiento, mientras que el Reglamento (UE) 2019/6 prohíbe que los antibióticos se usen de forma rutinaria o para compensar falta de higiene o cuidado. En Guatemala, el Acuerdo Ministerial N° 181-2019 ya obliga a los establecimientos a dispensar antibióticos solo con receta médica. Sin embargo, no existe regulación específica sobre el uso de antimicrobianos en la industria animal. Según el Tracking AMR Country Self Assessment Survey de 2022, el uso de antibióticos en animales terrestres y acuáticos en el país es generalmente inadecuado y sub-óptimo.

En este contexto, recomendamos aprobar una regulación más estricta sobre el uso de antibióticos no terapéuticos en la industria animal. Más concretamente, proponemos una **restricción gradual del uso de antibióticos**, con especial énfasis en aquellos de mayor importancia en medicina humana. La nueva legislación podría alimentarse del Plan de Acción sobre Resistencia Antimicrobiana de OIRSA, que ya está trabajando en fomentar el buen uso de medicamentos veterinarios y elaborar propuestas de normativa. También es importante que se busquen alternativas a los antibióticos prohibidos. Para la promoción del crecimiento, pueden serlo los probióticos, los prebióticos, los péptidos antimicrobianos, las enzimas en la alimentación, los ácidos orgánicos y los fitoquímicos. Para la prevención de enfermedades, pueden serlo las vacunas, los moduladores inmunes y los bacteriófagos (The Pew Charitable Trusts, 2017). Recomendamos que esta transición sea gradual, de modo que los costos de producción no se incrementen repentinamente. La adopción de sustitutos cuya eficacia esté más científicamente demostrada, como los probióticos, puede ser un buen primer paso.

También proponemos que esta nueva legislación incluya un registro central de prescripciones veterinarias, que centralice todas las prescripciones de antibióticos y vincule cada prescripción a un médico veterinario autorizado. Además, la legislación podría requerir la autorización electrónica de cada prescripción de antibióticos por parte de un médico veterinario registrado, garantizando que solo profesionales autorizados emitan prescripciones y permitiendo un rastreo efectivo.

En cuanto a políticas de monitoreo, recomendamos que el Sistema Oficial de Inspección de Carnes examine periódicamente los niveles de resistencia antimicrobiana en los productos cárnicos destinados al consumo humano. De forma más anticipatoria, proponemos que el

Departamento de Registro de Insumos para Uso en Animales adapte los estándares de uso de antibióticos a las recomendaciones internacionales y, en conformidad, realice inspecciones en las plantas de producción. En ese sentido, es especialmente importante garantizar no solo que no se utilicen antibióticos prohibidos o sin prescripción, sino también que se administren cantidades óptimas y proporcionales.

Finalmente, recomendamos la elaboración de programas de sensibilización y capacitación del sector veterinario. En este contexto, sugerimos impulsar la labor de la Red Nacional de Vigilancia y Control de la Resistencia Antimicrobiana (RED RAM), un grupo multidisciplinario de profesionales que promueven el uso adecuado de los antimicrobianos en la salud humana y animal, y que ya ha sido apoyado por el MSPAS y el MAGA entre otros.

Asimismo, recomendamos que las medidas para prevenir la resistencia a los antifúngicos se integren en los esfuerzos contra la RAM. En ese sentido, es crucial incluir progresivamente las infecciones fúngicas en los programas de vigilancia existentes (Fisher et al., 2022), así como sustituir los fungicidas en la agricultura por alternativas como los hongos endófitos, que han demostrado ser agentes efectivos para el control de enfermedades y plagas (Brauer et al., 2019).

Detección

- **Sistemas integrales de vigilancia epidemiológica**

En esta sección, proponemos expandir los sistemas de vigilancia epidemiológica horizontal y verticalmente. Es decir, estos sistemas deben integrar varios sectores y varios segmentos de la población a través de las siguientes acciones:

Coordinar los sectores de sanidad humana y animal

La *Guía tripartita para hacer frente a las enfermedades zoonóticas en los países*, elaborada por la Organización Mundial de la Salud, la Organización Mundial de Sanidad Animal y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, ofrece orientación y herramientas operativas para la implementación del enfoque multisectorial "Una

Salud" en la lucha contra las enfermedades zoonóticas. En este contexto, se ha evidenciado la necesidad de profundizar en la coordinación entre la salud animal y humana, ya que actualmente la investigación veterinaria se lleva a cabo de manera aislada, sin una conexión efectiva con el sistema de salud (Apéndice 1. Entrevista a Ediner Fuentes).

En Guatemala, la colaboración entre los departamentos de salud pública y los centros sanitarios depende de cada oficina municipal o coordinación departamental, y existen dificultades para llegar a acuerdos y trabajar de manera conjunta entre la salud pública y la salud veterinaria (Ver Apéndice 1. Entrevista a Juan Carlos Moreira). Esta falta de coordinación dificulta la implementación efectiva de una biovigilancia integral. Por ese motivo, proponemos una **mayor coordinación entre el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS) y el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), con el objetivo de mejorar la articulación de los sistemas de vigilancia epidemiológica humana y animal.**

Para ello, sugerimos i) crear un comité intersectorial compuesto por representantes de los ministerios de salud y agricultura, que sea responsable de coordinar y promover la colaboración entre ambos sectores; ii) organizar programas de capacitación conjuntos para profesionales de la salud humana y veterinaria, con el objetivo de aumentar la comprensión y la cooperación entre ambas disciplinas; iii) establecer canales de comunicación claros y eficientes entre los departamentos de salud pública y los centros sanitarios, así como entre los organismos encargados de la salud animal y humana; y iv) implementar sistemas de vigilancia integrados (salud humana y animal) que permitan la detección temprana, el monitoreo continuo y la respuesta rápida a posibles brotes de enfermedades zoonóticas.

Involucrar a las comunidades locales para una vigilancia participativa

Obtener información de primera mano y a tiempo real por parte de los segmentos de población que se encuentran en contacto con animales es clave para un sistema de biovigilancia eficaz. Sin embargo, los niveles de coordinación necesarios para garantizar la transmisión de esta información no siempre son suficientes. En este apartado, recomendamos **reforzar el rol de las comunidades en la vigilancia participativa a través de soluciones tecnológicas de bajo coste, programas educativos y una mayor eficiencia logística.**

Las tecnologías móviles son una excelente herramienta para facilitar reportes a tiempo real. En Tailandia, a través del Participatory One Health Disease Detection (PODD), centenares de voluntarios reportan, con texto o imágenes, eventos anormales en la comunidad, especialmente en animales –muertes repentinas, síndromes visibles, etc.–. Todos los reportes son analizados automáticamente y, si coinciden con la definición de un caso relevante, son enviados al epicentro del sistema, que determina si existe algún patrón consistente en los datos y, en tal caso, etiqueta los eventos en cuestión como “sospecha de brote” para iniciar una investigación más detenida (Yano et al., 2018). En Tanzania, la aplicación AfyaData se alimenta de la información enviada a tiempo real por reporteros comunitarios, oficiales de salud y propietarios de animales, lo cual permite la detección temprana de casos clínicos (Karimuribo et al., 2017).

Las aplicaciones móviles ya han sido utilizadas con éxito en Guatemala en al menos dos pilotos de biovigilancia participativa. En un caso, los participantes reportaron síndromes gripales con base en recordatorios semanales y compensaciones en forma de créditos telefónicos (Prieto et al., 2017). En el otro, los habitantes de un área rural reportaron semanalmente síntomas de fiebre aguda y gastroenteritis, potenciales indicadores de dengue y norovirus (Olson et al., 2017). Ambos proyectos se consideraron un buen complemento para los mecanismos de vigilancia epidemiológica más tradicionales. Ahora, proponemos que el uso de aplicaciones se implemente de forma más sistemática y se extienda a la vigilancia de animales.

Por otro lado, también es importante impulsar proyectos de capacitación. Las brechas de conocimiento y lenguaje entre las comunidades locales y las autoridades sanitarias se han identificado como un obstáculo importante para el desarrollo de sistemas de biovigilancia comunitarios (Cerón et al., 2016). En este contexto, resulta importante desarrollar programas de capacitación para acortar distancias entre ambos grupos. Por ejemplo, la iniciativa tailandesa PODD incluyó un programa educativo sobre prevención y control de enfermedades en aves de corral, a través del cual se definían las principales enfermedades y sus correspondientes síntomas (Yano et al., 2018).

A nivel logístico, es fundamental establecer nodulos para la recepción y el procesamiento de muestras, lo que permitiría un seguimiento más efectivo de situaciones epidemiológicas. Estos nodulos podrían tener un papel significativo en la gestión de muestras y la inclusión de comunidades locales en la toma de muestras, lo que fortalecería la conexión

social con el seguimiento de enfermedades. Dado que existen limitaciones en cuanto a la capacidad de enviar técnicos a tomar muestras en todas las ubicaciones requeridas, los centros de salud más pequeños y remotos podrían funcionar como estos nódulos, estableciendo una conexión con el centro principal y actuando como repositorios donde se pueden almacenar y enviar muestras. Esta estrategia aprovecharía la capacidad de almacenamiento incrementada durante la pandemia y facilitaría la obtención y el procesamiento de muestras esenciales (Apéndice 1. Entrevista a Ediner Fuentes).

- **Enfoque proactivo en la detección de patógenos**

La detección proactiva de patógenos es una estrategia que busca identificar y monitorear la presencia de agentes infecciosos en diversos entornos. A diferencia del enfoque tradicional, que espera a que los síntomas se manifiesten o que los pacientes busquen atención médica, esta iniciativa se basa en la detección temprana de patógenos incluso antes de que se presenten los signos clínicos. El enfoque proactivo se fundamenta en la implementación de técnicas de vigilancia y monitoreo continuo, a través de la recopilación y análisis sistemáticos de muestras para detectar la presencia de patógenos en poblaciones de vida silvestre o en poblaciones humanas ubicadas en zonas de alto riesgo de propagación de enfermedades infecciosas. Hemos identificado dos aspectos principales para la implementación de este enfoque:

Monitoreo de patógenos presentes en la vida silvestre

Es crucial fortalecer la capacidad de los laboratorios y establecer sistemas de vigilancia integrados para realizar un seguimiento exhaustivo de los patógenos en la interfaz entre humanos, animales domésticos y vida silvestre (Vora et al., 2023). Algunas propuestas que pueden mejorar los programas de monitoreo de patógenos en la vida silvestre ya implementados (Ellison et al., 2014) implican fortalecer la capacidad de laboratorios y equiparlos con tecnología adecuada para el diagnóstico de enfermedades infecciosas en animales silvestres y formar personal especializado en el manejo de muestras y en técnicas de detección y análisis de patógenos.

Será necesario **implementar un sistema de vigilancia activa en áreas estratégicas que alberguen animales de alto riesgo**, como reservas naturales, parques nacionales y zonas

de interacción humana-animal. Además, se debe establecer un mecanismo regular de recolección de muestras de animales silvestres, seguido de su análisis en laboratorios especializados. Consideramos importante notificar de manera oportuna los resultados relevantes de estos análisis a la sociedad civil, especialmente a las comunidades locales que residen en áreas cercanas a los hábitats de vida silvestre, con el fin de mantenerlos informados y promover su participación.

También sugerimos sistematizar los resultados estudios epidemiológicos en poblaciones de animales silvestres para comprender mejor la prevalencia, distribución y factores de riesgo asociados a patógenos específicos, incluyendo la recolección de datos demográficos, el análisis de seroprevalencia y la identificación de especies hospedadoras. Para complementar esta sistematización, es posible usar herramientas como SpillOver, que clasifica el potencial de propagación de virus presentes en la vida silvestre, incluyendo aquellos que podrían causar enfermedades infecciosas emergentes (EIE) si se transmiten a humanos. La información proporcionada por herramientas como esta es de vital importancia para informar a los tomadores de decisiones y profesionales de la salud en el diseño de medidas de prevención y control (Grange et al., 2021).

No obstante, a la hora de implementar cualquier intervención, es importante tener en cuenta los riesgos asociados a ellos. En este sentido, el gobierno de los Estados Unidos ha cancelado programas de búsqueda de nuevos virus por las posibles consecuencias adversas de la actividad en términos de bioseguridad. Más concretamente, la caracterización genómica de virus es una información que puede ser usada por actores malintencionados para diseñar esos patógenos (Willman, 2023). Por este motivo, recomendamos que el monitoreo se enfoque en patógenos cuyas consecuencias y potencial de propagación son conocidos.

Testeo frecuente de población de alto riesgo

El testeo frecuente de la población de alto riesgo es una estrategia para la detección temprana de enfermedades zoonóticas. Al enfocar el monitoreo en personas con alta exposición a animales salvajes, como cazadores, veterinarios de animales silvestres y trabajadores de zoológicos y de mercados de vida silvestre, es posible identificar y rastrear infecciones virales transmitidas por animales, contribuyendo al sistema de alerta temprana y al archivo de

patógenos que infectan tanto a humanos como a animales (Wolfe et al., 2007). La implementación de vigilancia centinela en poblaciones de alto riesgo permite realizar pruebas rápidas para descartar causas conocidas de enfermedades. El monitoreo a través de pruebas rápidas utilizando tecnologías como la PCR puede ser útil a estos propósitos (Ver Apéndice 1, Entrevista a Alex Demarsh).

Sugerimos **establecer clínicas móviles de testeo que se desplacen a las comunidades donde se concentra la población de alto riesgo**, las cuales podrían ofrecer pruebas rápidas y accesibles, como pruebas específicas de antígenos o pruebas serológicas con resultados en el lugar y una respuesta rápida en caso de detección positivo. Además, como complemento a estas pruebas, recomendamos realizar testeos de amplio espectro (Poggi M et al., 2009) y llevar a cabo una recolección sistemática de muestras que serían transportadas de manera segura a un laboratorio especializado para su análisis (Sánchez-Romero et al., 2019). La combinación de pruebas de amplio espectro y la toma sistemática de muestras aumentará la capacidad de detectar posibles patógenos emergentes.

En relación al funcionamiento de estas clínicas móviles, proponemos establecer un programa periódico de testeo específico para la población de alto riesgo, donde la frecuencia de las pruebas se determinaría según el nivel de exposición y riesgo asociado a cada grupo. A modo de ilustración, podría considerarse realizar pruebas piloto cada tres meses para comunidades en contacto permanente con animales silvestres o con acceso a cuevas, mientras que los veterinarios de animales silvestres y los trabajadores de zoológicos podrían someterse a pruebas mensuales.

Por último, consideramos que es necesario asegurar que haya suficientes kits de prueba, equipos de laboratorio y recursos humanos capacitados para realizar el testeo frecuente de manera efectiva, e implementar estrategias de seguimiento y notificación para los resultados de las pruebas de la población de alto riesgo, con el fin de realizar un monitoreo efectivo de los casos positivos, la identificación de contactos cercanos y la implementación y seguimiento de medidas de control y prevención adecuadas, como el aislamiento y la cuarentena.

- **Accesibilidad y transparencia de datos**

La accesibilidad y transparencia de datos en riesgos biológicos es un aspecto crucial para fortalecer el sistema de salud en Guatemala. En el índice de GHS, el país obtiene una puntuación de 10 puntos sobre 100 en accesibilidad y transparencia de datos, situándose por debajo de la media global de 34.7 (NTI, 2021). Esto se traduce en una escasa disponibilidad de registros sanitarios electrónicos, intercambio de datos y falta de accesibilidad pública a la información, lo cual dificulta la investigación en salud pública y la coordinación durante posibles emergencias.

Mejorar la infraestructura digital para recopilar y procesar datos de manera efectiva permite una disponibilidad oportuna de información en los momentos y lugares adecuados, lo cual es vital para una respuesta efectiva (Toner et al., 2011b). Algunas capacidades que debe tener un sistema transparente de biovigilancia en tiempo real son (NTI, 2020):

- Redes de sistemas bioinformáticos y plataformas para compartir información.
- Estándares para el reporte transparente de emergencias sanitarias.
- Análisis de diagnósticos y datos de laboratorios para detección temprana.

Para abordar esta problemática, es importante establecer medidas de transparencia en colaboración entre diferentes sectores, promoviendo informes públicos y el intercambio científico, entre otras acciones (NTI, 2020). Para ello, nos hemos enfocado en dos iniciativas: i) redes para compartir datos entre departamentos y ii) comunicación efectiva con la comunidad internacional.

Redes para compartir datos entre departamentos

La gestión efectiva de riesgos biológicos requiere una colaboración estrecha y una coordinación eficiente entre los diferentes departamentos y entidades involucradas en la salud humana, salud animal y medio ambiente. Es necesaria una aproximación integrada que genere sinergias entre diversas instituciones para identificar brechas, desarrollar estrategias de mitigación y mejorar la capacidad de respuesta del sistema de salud (Ver Apéndice 1. Entrevista a Luis Alberto Ochoa). Para lograr esta integración, se propone implementar un sistema de intercambio de datos entre los departamentos pertinentes.

Esta propuesta comprende establecer protocolos claros y estándares de intercambio de datos para asegurar la coherencia y la calidad de la información compartida, incluyendo formatos de datos estandarizados, procedimientos de actualización de datos y políticas de seguridad de la información. Para lograrlo, proponemos el **establecimiento de una plataforma centralizada que permita el intercambio de datos entre los departamentos involucrados en la gestión de riesgos biológicos**. Esta plataforma debe ser accesible y fácil de usar, garantizando la protección de la privacidad y la confidencialidad de los datos. Será necesario desarrollar indicadores de monitoreo y paneles de control que permitan una visualización clara y comprensible de los datos compartidos, para que sirvan como herramientas de gestión para evaluar la situación, identificar tendencias y apoyar la toma de decisiones basada en datos. Para la eficacia de la implementación de esta plataforma, será necesario:

- Generar protocolos estandarizados de reporte de datos para garantizar la consistencia y la calidad de la información recolectada, facilitando la comparación y el análisis de datos a nivel local, regional y nacional.
- Brindar capacitación en gestión de datos y bioinformática a los profesionales de la salud y a otros actores involucrados en la recopilación y análisis de datos de la plataforma. Esto, con el fin de fortalecer sus habilidades técnicas para manejar y utilizar eficientemente la información generada, aumentando la capacidad institucional para interpretar y hacer un uso eficiente de los datos.

A su vez, sugerimos implementar mecanismos de retroalimentación y realizar una evaluación periódica del sistema de intercambio de datos para identificar áreas de mejora y asegurar su eficacia. Esto implica la revisión de los procesos de intercambio, la retroalimentación de los usuarios y la implementación de mejoras según sea necesario. Por último, consideramos útil contar con la asesoría de entidades especializadas en salud digital, como RECAINSA, para garantizar la interoperabilidad de la nueva plataforma con los sistemas ya existentes.

Comunicación efectiva con la comunidad internacional

La cooperación internacional facilita la identificación de patrones de transmisión, la comprensión de la ecología de los agentes patógenos y permite una coordinación más efectiva

en la detección y respuesta a brotes transfronterizos y el intercambio de mejores prácticas a nivel regional. Para ello, es fundamental que Guatemala promueva una cultura de transparencia en la que todos los estados se comprometan a proporcionar información clara, oportuna y precisa sobre los brotes o situaciones epidemiológicas que puedan representar un riesgo para la salud pública. En caso de que presente en algún momento una limitación para generar información fiable de manera inmediata, se propone poner a disposición los datos de los centros clínicos para que sean analizados directamente por los organismos internacionales, con el fin de contar con una evaluación imparcial y experta de la situación.

A su vez, se sugiere que Guatemala fortalezca sus vínculos con organizaciones internacionales como el Organismo Internacional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA), la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y el Sistema de la Integración Centroamericana (SICA). Asimismo, se alienta a Guatemala a **unirse a redes y plataformas internacionales dedicadas a la comunicación y cooperación** en el ámbito de las enfermedades infecciosas emergentes, como la Red Mundial de Alerta y Respuesta ante Brotes (GOARN), la Red de Laboratorios de la Organización Mundial de la Salud (OMS) o la Plataforma Mundial de Datos Genómicos de GISAID. Para ello, es fundamental que Guatemala mejore su sistema de divulgación de informes epidemiológicos, garantizando la prontitud en la comunicación de datos relevantes sobre brotes, transmisión y control de enfermedades.

Como complemento, Guatemala puede establecer alianzas de investigación con instituciones, universidades y expertos internacionales. Mediante la participación en proyectos de investigación conjuntos, Guatemala podría contribuir con sus recursos y experiencias locales y beneficiarse de la experiencia y la financiación de las instituciones internacionales, fortaleciendo multilateralmente las capacidades de detección temprana y vigilancia epidemiológica.

- **Implementar soluciones tecnológicas**

Las actividades que tradicionalmente se enmarcan en el ámbito de la vigilancia epidemiológica y la salud pública no son suficientes por sí solas para abordar de manera adecuada y exhaustiva el problema de las enfermedades infecciosas (Morens et al., 2004). La

implementación de soluciones de alta tecnología puede contribuir a la respuesta a este problema, ya que brindan una detección más precisa y rápida de patógenos, y esto a su vez mejora la vigilancia epidemiológica en tiempo real. Herramientas como **la secuenciación genómica y el uso de sistemas de procesamiento de lenguaje natural** diseñados para la vigilancia epidemiológica son especialmente valiosas para fortalecer la capacidad de detección, respuesta y control del Estado ante brotes epidémicos.

Las tecnologías de secuenciación, como las ofrecidas por Oxford Nanopore, han demostrado ser útiles en la detección de variantes genéticas, la identificación de patógenos y la comprensión de la evolución de enfermedades (Xu et al., 2021). Estas tecnologías permiten identificar patógenos de manera rápida y sencilla, sin la necesidad de un laboratorio altamente equipado. Aunque la inversión inicial podría ser alta, los beneficios a largo plazo son considerables, ya que mejoran la capacidad de respuesta ante brotes epidémicos y facilitan la detección temprana de variantes genéticas y la evolución de los patógenos. Una de las ventajas clave es su capacidad para secuenciar moléculas largas de ADN o ARN en tiempo real, lo que permite la detección rápida y directa de secuencias genéticas. Esto es especialmente útil en la vigilancia epidemiológica de enfermedades infecciosas, donde la identificación precisa y rápida de patógenos es esencial.

Por otra parte, a través de inteligencia artificial, es posible analizar grandes volúmenes de datos, lo que permite una vigilancia epidemiológica más eficaz y detallada en la identificación de patrones, tendencias y áreas de riesgo. A su vez, estos son una herramienta útil para facilitar el uso de guías clínicas durante la atención y brindar asesoramiento sobre posibles diagnósticos o planes de tratamiento (OMS, 2022). Varias organizaciones han desarrollado herramientas para rastrear información, permitiendo a los profesionales de la salud pública identificar qué información existe y se comparte en una comunidad, cómo se discute esa información y qué vacíos existen en ella. La mayoría de estas herramientas son de escucha social y utilizan procesamiento de lenguaje natural para rastrear tendencias en redes sociales populares, como la plataforma EARS de la OMS (Johns Hopkins Center for Health Security, 2023).

Consideramos que la adopción de estas y otras nuevas soluciones tecnológicas (OMS, 2021) será fundamental para fortalecer la capacidad de vigilancia y tomar decisiones más informadas frente a los brotes epidémicos, lo que a su vez permitirá proteger la salud de la población guatemalteca de manera más efectiva.

5. Conclusiones

Las enfermedades infecciosas emergentes representan un desafío significativo a nivel mundial. Estas enfermedades han experimentado un aumento en su incidencia en las últimas décadas debido a múltiples factores como la urbanización acelerada, la deforestación, el avance de las fronteras agrícolas y ganaderas, el contacto con animales silvestres, los cambios ambientales, la movilidad humana y los patrones de comercio global. La falta de preparación y la falta de tratamiento específico hacen que estas enfermedades sean especialmente peligrosas. Específicamente, la región de América Central, incluyendo Guatemala, enfrenta desafíos en el manejo de enfermedades zoonóticas debido a factores socioeconómicos, ambientales y de salud relacionados con la falta de infraestructura sanitaria, la rápida urbanización, la expansión agrícola insostenible y la falta de coordinación y recursos.

En este informe, se realizaron recomendaciones para reforzar la prevención y detección de enfermedades infecciosas emergentes en Guatemala, dentro de las cuales se encuentran medidas como detener la deforestación, combatir el tráfico ilegal de vida silvestre, prevenir el abuso de antibióticos en la industria animal y realizar intervenciones a nivel local. Además, sugerimos diseñar sistemas integrales de vigilancia epidemiológica, adoptar un enfoque proactivo en la detección de patógenos, asegurar la transparencia y accesibilidad de los datos e implementar soluciones tecnológicas. La implementación de estas recomendaciones requerirá la colaboración de diferentes actores, incluyendo instituciones gubernamentales, organizaciones internacionales, laboratorios de investigación y comunidades locales.

Nombre		Afiliación
Mónica A.	Ulloa Ruiz	Riesgos Catastróficos Globales
Guillem	Bas Graells	Riesgos Catastróficos Globales
Roberto	Tinoco	Riesgos Catastróficos Globales
Jorge	Torres Celis	Riesgos Catastróficos Globales
Claudette	Salinas Leyva	Riesgos Catastróficos Globales
Jaime	Sevilla Molina	Riesgos Catastróficos Globales, Epoch, Centre for the Study of Existential Risk (Cambridge University)
Michelle	Bruno	Omica.bio, IFBA
Alonso	Flores	iGEM
Paulina	Paiz	Genentech

Agradecimientos

Agradecimientos especiales por su ayuda y comentarios a Ediner Fuentes, Paula Prist, David Manheim, Jasper Götting, Ian Peter Busuulwa, Jacob Graabak, Jasmin Kaur, Tessa Alexanian.

6. Apéndice

Apéndice 1 Entrevistas

Luis Alberto Ochoa

High Containment Lab/Pandemic Safety Manager, Michigan State University

El sistema de salud actual, con carencias significativas evidenciadas durante la pandemia de COVID-19, necesita revitalización en planificación y respuesta a emergencias, pero también para aspectos de recuperación. Muchos laboratorios, que tuvieron que adaptarse y adquirieron valiosa experiencia durante la crisis, deben continuar su capacitación para futuras pandemias, y fortalecer las actividades de inversión y utilización eficiente de recursos.

La disponibilidad de información en los lugares y momentos correctos es vital. En lugar de abordar estos componentes por separado, una aproximación integrada que genere sinergias entre diversas instituciones para identificar brechas, desarrollar estrategias de mitigación y mejorar la capacidad de respuesta del sistema de salud, puede resultar más efectiva y benéfica a corto, mediano y largo plazo.

Existen actualmente muchos candidatos potenciales que están siendo referentes en la región de las Américas (p.ej., Argentina, Brasil y México). Estos países han demostrado tener una buena experiencia en la respuesta a diferentes sucesos y son países con capacidad instalada y representación activa en reuniones relevantes.

No obstante, se requiere continuar trabajando en la región para poder elevar el nivel de respuesta y posteriormente el poder trabajar en forma conjunta con diversos países para evaluar el estatus actual y la potencial aplicación de estrategias para problemas en común.

Ediner Fuentes

**Consultor del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) y
Fundador y Director Ejecutivo de The Bridge Biofoundry**

Ediner Fuentes señala que el foco de la investigación debería dirigirse hacia los "hotspots" regionales en América Latina, en lugar de limitarse a un enfoque nacional por país. Muchos centros de investigación se encuentran en áreas metropolitanas, pero carecemos de centros receptores en ubicaciones clave para el procesamiento de muestras. Es fundamental establecer "nódulos" para la recepción y el procesamiento de muestras, lo que permitiría un seguimiento más efectivo de situaciones epidemiológicas. Estos nódulos podrían tener un papel significativo en la gestión de muestras y la inclusión de comunidades locales en la toma de muestras, lo que fortalecería la conexión social con el seguimiento de enfermedades.

Sin embargo, existen limitaciones en cuanto a la capacidad de enviar técnicos a tomar muestras en todas las ubicaciones requeridas. Por lo tanto, los centros de salud más pequeños y remotos podrían funcionar como estos nódulos, estableciendo una conexión con el centro principal y actuando como repositorios donde se pueden almacenar y enviar muestras. Esto implicaría un cambio crucial en la forma en que se obtienen las muestras, permitiendo que se almacenen hasta que haya presupuesto para analizarlas y procesarlas. Esta estrategia aprovecharía la capacidad de almacenamiento incrementada durante la pandemia, y facilitaría la obtención y el procesamiento de muestras esenciales.

Otro desafío es la comunicación entre las entidades veterinarias y los ministerios de salud en muchos países, agravado por problemas burocráticos. Sin embargo, con la iniciativa de un enfoque de "One Health" se puede mejorar esta conexión, permitiendo una mejor colaboración entre estos sectores. Es crucial profundizar en la relación entre la salud animal y humana, dado que la mayoría de las nuevas enfermedades emergentes provienen de animales. Actualmente, la investigación veterinaria se lleva a cabo principalmente en los ministerios de desarrollo agrícola y en las secretarías nacionales de seguridad, pero sucede de forma aislada del sistema de salud. Para prepararnos adecuadamente para futuras pandemias, es esencial integrar estos campos y reconocer la importancia de los animales como posibles fuentes de nuevas enfermedades.

En cuanto a una selección de un país, señala que es importante enfocar los estudios en países con una buena cantidad de información ya existente, como México, Argentina y Brasil, que tienen una gran capacidad de investigación y monitoreo. Sin embargo, seleccionar un país que cumpla con las condiciones mínimas básicas es también esencial, permitiendo entender y extrapolar datos a otros países con sistemas de administración y normatividad similares (Perú,

Paraguay, Guatemala y Honduras podrían ser una muy buena opción). Esto ayudaría a proponer soluciones y evaluar su viabilidad y funcionalidad en distintos contextos. Se puede aprender mucho estudiando y caracterizando casos exitosos en detalle, lo que permite generar recomendaciones valiosas basadas en experiencias prácticas. Por ejemplo, una herramienta efectiva puede ser el mapeo del proceso de importación y seguridad de material biológico en la región, aprendiendo de lo que ha funcionado en un país y adaptándolo a otro. En lugar de simplemente hacer un análisis situacional, sería más útil trabajar sobre lo que ha funcionado bien en la región y llevarlo a otros países para impactar funcionalmente en el sistema gubernamental.

Merle Alejandra Fernández

Directora de Cooperación Nacional e Internacional en el Consejo Nacional de Áreas Protegidas de Guatemala (CONAP)

La doctora Fernández explicó la estructura y funciones del Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP). Señala que participan el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala, el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, el Ministerio de Cultura y Deportes, universidades a través de centros de conservación, y ONGs orientadas al medio ambiente. El Instituto Guatemalteco de Turismo (INGUAT) y la Secretaría Ejecutiva del CONAP, una entidad de la presidencia de la república, también forman parte de este cuerpo.

El CONAP se encarga de la dirección de las áreas protegidas en Guatemala, así como la protección de los recursos naturales y culturales del país. En el norte del país, en Petén, existe una alta concentración de áreas protegidas que alojan importantes sitios turísticos como Tikal. En estas áreas, el CONAP tiene autoridad o coadministración.

A nivel nacional, el CONAP tiene once oficinas. La Secretaría Ejecutiva del CONAP se encarga de la administración del Consejo y este se encarga de delegar funciones y autorizaciones de sus participantes. El CONAP realiza el monitoreo de las áreas protegidas con el apoyo de cooperación internacional. Un problema importante en estas áreas es el cambio de uso de suelo, principalmente causado por incendios forestales. Según la normativa, sólo pueden habitar estas áreas las personas que vivían allí antes de la declaración de área protegida, pero hay casos de migrantes que usurpan tierras ilegalmente, lo cual está prohibido.

Mencionó igualmente una investigación en curso sobre zoonosis financiada por cooperación alemana, realizada en la región de Petén, que incluye la participación de varias entidades como el Ministerio de Salud, Ministerio de Agricultura, y la academia. Se habló también de un proyecto regional en la Selva Maya, que involucra a México, Guatemala y Belice, y que recientemente recibió más fondos para su expansión.

El Consejo se reúne dos veces al mes y, en función de los temas a tratar, se firman convenios de cooperación técnica con otras instituciones gubernamentales y académicas, tanto públicas como privadas. El CONAP también recibe cooperación internacional de varias instituciones y países, incluyendo Alemania (GIZ y KfW), USAID de Estados Unidos, la agencia de cooperación brasileña, el fondo de Canadá, y la Unión Europea. Además, se mencionó un próximo proyecto llamado "Transición Ecológica de Petén", el cual también involucra a varias instituciones guatemaltecas.

Juan Carlos Moreira Sáenz

Epidemiólogo de la Dirección de Sanidad Animal del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación

Durante la entrevista, Juan Carlos Moreira mencionó la existencia de una coordinación departamental del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) en cada departamento. Él, por ejemplo, se encarga del área pecuaria. Además, destacó la presencia de oficinas de extensión agropecuaria en cada municipio, pertenecientes al Viceministerio de Extensión Rural del MAGA. En cuanto a la vigilancia pasiva, se cuenta con una red de informantes activos que notifican sobre enfermedades en animales. Se confía en su participación, y en caso de no recibir notificaciones, se realiza un monitoreo y se consulta a otras dependencias, autoridades o comités locales para obtener información sobre posibles brotes o enfermedades.

Sobre la Dirección de Sanidad, mencionó la presencia de epidemiólogos y programas sanitarios que se agrupan por especies, como bovinos, cerdos y aves. Para cada una de las especies se ha conformado un consejo técnico que coordina las acciones correspondientes. En el contexto de las áreas silvestres, se indicó que es el Consejo Nacional de Áreas Protegidas

(CONAP) la autoridad encargada y que la Dirección de Sanidad Animal no tiene competencia para evaluar esos casos. Sin embargo, cuando se presentan casos específicos de brotes, se solicita la participación de los veterinarios para realizar los muestreos necesarios.

En términos de capacidades y recursos, mencionó que no existe un programa de sanidad animal específico para fortalecer las capacidades, por lo que se depende en gran medida de la cooperación internacional y las capacitaciones brindadas por organizaciones como la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Resaltó la importancia de contar con un sistema de trazabilidad pecuaria vinculado a la Organización Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA) y un fondo de emergencias para atender situaciones como por ejemplo la peste porcina clásica.

En cuanto a la colaboración y cooperación entre la salud humana y la salud animal, las acciones concretas de coordinación dependen de cada oficina municipal o coordinación departamental. Pero en general, la coordinación entre salud pública y salud veterinaria presenta dificultades para llegar a acuerdos y trabajar de manera conjunta en algunos casos.

Alex Demarsh

Senior Research Fellow, BlueDot

En cuanto a Global Catastrophic Biological Risks (GCBR), aunque el Covid-19 no representó un riesgo significativo de colapso civilizatorio, no se descarta su origen natural y que sí pueda generar un escenario de esta categoría. Igualmente, la manipulación arriesgada de patógenos en la investigación puede causar accidentes de laboratorio a este nivel.

Expertos en salud pública y defensa biológica se preocupan más por el origen natural de los riesgos, a lo que Guatemala podría tener un ranking relativamente alto de riesgo de pandemia natural debido a su alta biodiversidad y otros factores. Además, la recolección de muestras podría extenderse a lugares como la selva tropical de Guatemala. Surge la pregunta de si existen proyectos en curso para descubrir patógenos en la vida silvestre y dónde se llevan a cabo. También es importante evaluar la seguridad y confiabilidad del transporte de patógenos desde Guatemala a otros lugares como Argentina o Brasil, lo cual podría obtenerse a través de registros públicos, solicitudes de financiamiento o publicaciones científicas.

Los sistemas bien establecidos para contar y analizar infecciones desconocidas son bastante raros a nivel mundial. Algunos países como Estados Unidos y Reino Unido tienen una vigilancia sindrómica en curso que analiza grupos de síndromes y realiza investigaciones secundarias para descartar causas conocidas, pero no es especialmente sólido en ningún lugar del mundo. Además, es un proceso lento que requiere acumular suficientes casos para que una fracción significativa llegue a los hospitales y se realice un análisis diagnóstico.

También existe la vigilancia centinela en poblaciones de alto riesgo, como trabajadores en mercados de vida silvestre o veterinarios, que realizan pruebas rápidas para descartar causas conocidas, junto con la confiscación y prueba de productos animales decomisados en el comercio ilegal de vida silvestre. Estas poblaciones de riesgo reducido podrían tener un impacto significativo con un monitoreo más intensivo. Además, existen métodos de vigilancia basados en eventos que utilizan fuentes no tradicionales como noticias y redes sociales para detectar posibles eventos de salud pública. Aunque no se tiene información específica sobre la vigilancia basada en eventos en Guatemala, la mayoría de los países cuentan con algún proceso similar y existen sistemas globales monitoreados por la OMS.

Recomienda que para tener éxito en Guatemala tal vez sea mejor vincular las actividades propuestas con la productividad económica y la salud de la población, en lugar de centrarse en la seguridad de la salud global y el riesgo de pandemia. El monitoreo basado en eventos es económico pero lento y menos informativo que los métodos basados en secuenciación. La secuenciación metagenómica es complicada y costosa, por lo que sería más eficiente en términos de costo identificar poblaciones de alto riesgo y dirigirse de manera más agresiva para reducir el número de muestras y secuencias. Además, es posible obtener información bastante precisa mediante la combinación de muestreo poblacional cuidadoso con tecnologías más simples como PCR o paneles de pruebas de PCR múltiples.

Tessa Alexanian

Ending Bioweapons Fellow, The Council on Strategic Risks

Tessa destaca la importancia de entender los riesgos y desafíos específicos de diferentes países. Aboga por el uso de resúmenes detallados de justificación de la puntuación

del país, que proporcionan una visión completa de las circunstancias únicas de cada uno. Este enfoque, sugiere, permite estrategias de gestión de riesgos más matizadas y efectivas.

Señala el concepto de compromisos de mercado avanzados (Advanced Market Commitments - AMCs) en el contexto del desarrollo de vacunas. Los AMCs son acuerdos en los que un gobierno promete comprar una cantidad específica de una vacuna una vez que se produce. Esto proporciona un incentivo para que las empresas inviertan en investigación y desarrollo. Tessa argumenta que este enfoque es particularmente efectivo para los medicamentos centrados en la prevención, ya que asegura un mercado para el producto incluso antes de que su desarrollo esté completo.

Tessa enfatiza la importancia de fomentar una cultura de responsabilidad en las ciencias de la vida. Argumenta que esto es crucial para prevenir resultados negativos de la investigación y aplicaciones biológicas. Sugiere que la gobernanza debería extenderse más allá de la regulación y la política, ya que la formulación de políticas puede ser lenta y compleja. En su lugar, aboga por un enfoque más amplio que incluya consideraciones culturales y éticas.

Finalmente, conversa sobre el riesgo de doble uso en la biología sintética, que se refiere al potencial de la investigación para ser utilizada con fines perjudiciales. Argumenta la necesidad de múltiples enfoques para mitigar el riesgo de mal uso. En lugar de simplemente abstenerse de realizar investigaciones potencialmente riesgosas, sugiere que hay muchas estrategias que se pueden emplear para asegurar que los beneficios de la investigación se realicen mientras que los riesgos se gestionan de manera efectiva, como el desarrollo de contramedidas, como los impulsores genéticos que se eliminan naturalmente o requieren una cierta concentración para funcionar; la divulgación responsable de la investigación, limitando la publicación de información potencialmente dañina; y el equilibrio entre la ofensa y la defensa, evaluando cómo la investigación puede ayudar tanto en la prevención de pandemias como en su posible creación.

Paulina Paiz

Computational Biologist, GEM Fellow en Genentech

Paulina Paiz señala que las enfermedades transmitidas por vectores como el Zika, Chikungunya y el dengue hemorrágico son prevalentes y representan una amenaza significativa para la salud en Guatemala. Estas enfermedades no se limitan a áreas remotas, sino que también se presentan en las ciudades. En algunos casos, estas enfermedades han resultado en la muerte de individuos, especialmente cuando no se tienen los recursos adecuados para el tratamiento.

En términos de detección de enfermedades, ha habido mejoras significativas. Un actor clave en este ámbito ha sido FunSalud en Guatemala, que no debe confundirse con la organización del mismo nombre en México. FunSalud en Guatemala fue iniciada por el Dr. Edwin Asturias, quien hizo parte del equipo de respuesta al COVID-19 en el país. FunSalud utiliza la tecnología de Oxford Nanopore para la detección de enfermedades.

La Universidad del Valle de Guatemala también es otro actor importante a considerar. Esta universidad está realizando investigaciones conjuntas con la Universidad de Washington State, en la que se han tomado muestras de más de 1.000 personas (dato sin confirmar), un número significativamente mayor que el tamaño de muestra habitual de 200.

En cuanto a la vigilancia de aguas residuales, este método aún no se ha implementado en Guatemala (se pide confirmar). Sin embargo, tiene la ventaja de que no se secuencian por persona, sino que se toman muestras más grandes, lo que puede proporcionar una visión más amplia de la prevalencia de enfermedades en una población. Es importante aclarar qué porcentaje de las Enfermedades Infecciosas Emergentes (EIE) proviene de fuentes clínicas, zoonóticas o ambientales. Aunque en Asia, la fuente zoonótica podría ser más relevante, en el caso de Guatemala, se da más importancia a las enfermedades transmitidas por vectores.

Ian Peter Busuulwa

Project Officer, Biological Threat Reduction in the World Organisation for Animal Health (WOAH)

Ian Peter Busuulwa habla sobre la Estrategia de Reducción de Amenazas Biológicas publicada por la World Organisation for Animal Health (WOAH), que cubre cinco áreas:

1. Políticas, promoción y comunicación
2. Mantener la experiencia y establecer estándares, pautas y recomendaciones
3. Cooperación internacional
4. Inteligencia mundial sobre enfermedades
5. Desarrollo de capacidades y solidaridad

Señala que desde la organización apoyan a los países en la actualización de su legislación veterinaria para alinearse con los marcos internacionales para la reducción de bio-riesgos, así como asisten a cada uno de estos en el desarrollo de planes nacionales para controlar enfermedades de producción y apoyan la implementación de estos planes.

La organización también es responsable de establecer estándares en el sector de la salud animal. Tienen cuatro documentos principales: el Código de Animales Terrestres, el Código de Animales Acuáticos y los manuales para ambos. Estos estándares guían aspectos como vigilancia, comercio, diagnósticos y definiciones de enfermedades. También guían cómo el personal de laboratorio debe trabajar y comunicar en asuntos relacionados con la salud animal. Estas pautas se revisan anualmente para asegurar que se mantengan al día con el progreso científico.

La organización tiene una red de expertos dividida en dos grupos: centros de colaboración y laboratorios de referencia. Tienen ocho centros de colaboración y seis laboratorios de referencia para diversas enfermedades y temas en África. También apoyan a los países en la elaboración de planes nacionales para controlar enfermedades y los apoyan en la implementación de estos planes. Tienen un programa llamado Rendimiento de los Servicios Veterinarios (PVS, por sus siglas en inglés), que evalúa el rendimiento del sector animal de un país y hace recomendaciones sobre cómo se pueden mejorar varios aspectos.

La organización contribuye a la inteligencia de bio-riesgos obligando a los países miembros a informar sobre las enfermedades listadas por WOA, brotes de estas enfermedades y cualquier otra enfermedad emergente a través de una plataforma llamada WAHIS. También realizan actividades de escaneo de riesgos y búsqueda activa para mantenerse al día sobre la situación de salud actual a nivel mundial. Apoyan la construcción de redes específicas de enfermedades para compartir conocimientos y experiencias entre expertos, países e instituciones.

Por último, la organización realiza formaciones sobre varios temas relevantes para la reducción de bio-riesgos, como bioseguridad, bioprotección, inteligencia y vigilancia. También realizan formación en gestión de emergencias. Envían una encuesta previa a la formación a los participantes para averiguar sus necesidades y capacidades de formación, lo que ayuda a planificar el contenido de la formación. También involucran a los países en la evaluación de consultores para asegurar que la formación que se imparte es la que los países necesitan.

Daniela Ochaita

Científica social en el Centro de Estudios de Salud (CES) de la Universidad del Valle de Guatemala

Daniela menciona que durante la pandemia las barreras de comunicación y lenguaje fueron significativas, especialmente en las áreas rurales y entre la población indígena. Además, hubo problemas con la distribución de las vacunas, que se realizó principalmente a nivel central, y los recursos llegaron por último a los proveedores de atención primaria. También hubo políticas que no facilitaban una cobertura adecuada, como la regla de que se tenía que abrir un blíster de vacunas solo cuando ya había diez personas listas para vacunarse. Si había menos de diez personas, se les enviaba a casa porque si el personal de salud abría el blíster, tendrían que pagar por él, a pesar de que las vacunas habían sido donadas.

Daniela sugiere que los ejes de trabajo que se proponen en el informe de RCG necesitan formas diferentes de implementarse. Por ejemplo, las prácticas en cuevas, que son parte de la cosmovisión indígena, son prácticas ancestrales que no van a terminar, pero tampoco se realiza mucha incidencia en educación y promoción respecto a cómo poder realizar estas prácticas de una forma segura. Además, menciona que es necesario divulgar información en los idiomas locales y que a veces no hay traducciones del español para conceptos técnicos.

Por otro lado, la Universidad del Valle de Guatemala es uno de los principales actores en temas de bioseguridad en el país. Tiene fuertes vínculos con instituciones como el CDC y ha recibido cooperación de Suiza y USAID. La universidad es reconocida por su enfoque en tecnología, innovación y ciencia, y ha tenido una influencia significativa en varios ministerios gubernamentales, incluyendo el Ministerio de Salud. La universidad ha mejorado recientemente

su infraestructura y cuenta con laboratorios innovadores, incluyendo un laboratorio aeroespacial y laboratorios para física, biología, mecánica y alimentos.

Juan Carlos Argueta

Jefe de Planificación Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA)

El Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA) es una entidad intergubernamental de carácter internacional, formada por nueve Estados miembros, con funciones comparables a las de la ONU o la Organización Mundial del Comercio. El OIRSA se financia principalmente a través de servicios delegados, como tratamientos cuarentenarios en puertos, aeropuertos y fronteras terrestres, que generan aproximadamente el 90% de sus recursos. Además, gestiona proyectos con la cooperación internacional. La tarifa de estos servicios es usada para prevenir la entrada de plagas y enfermedades. En el caso de Guatemala, estos ingresos ascienden a alrededor de 10 millones de dólares, de los cuales el 80% es reinvertido en proyectos locales y el 20% es destinado a la sede para programas regionales. También se mantiene un fondo de emergencia para actuar en caso de emergencias fitosanitarias.

Amenazas sanitarias actuales en la región incluyen la influenza aviar, el caracol gigante africano y un hongo que afecta al banano, pero son los ministerios de Agricultura de los países miembros los que establecen los proyectos y programas prioritarios.

Se resaltó la importancia de la normativa para asegurar la inocuidad de los alimentos y la prevención de enfermedades en la agricultura y la ganadería. Se menciona que la organización trabaja para cumplir con normas internacionales establecidas por diversas organizaciones, como la Organización Mundial de Comercio, la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria y la Organización Mundial de Salud Animal.

También se enfatizó en la necesidad de mejorar la demostración de los estatus fito y zoonos sanitarios de los países, ya que este es un problema recurrente para la exportación de productos, como la carne, a Estados Unidos desde Guatemala. La falta de recursos técnicos para realizar los necesarios muestreos y pruebas de laboratorio puede ser un obstáculo. Se

argumentó que la sanidad agropecuaria está interrelacionada con otros elementos, como la seguridad alimentaria, y se sugirió que hay áreas de cooperación que podrían explotarse más.

En relación con el cambio climático, se subrayó que este fenómeno crea condiciones más favorables para la proliferación de plagas y enfermedades. El uso masivo de agroquímicos sin considerar alternativas como controles biológicos y productos orgánicos, puede contribuir a la resistencia de las plagas. Aseguró que es crucial mejorar la trazabilidad de los productos agrícolas y desarrollar sistemas de vigilancia eficaces.

Finalmente, se mencionó el fortalecimiento de las plataformas de vigilancia como un logro significativo, citando el ejemplo de la exportación de aguacate a los Estados Unidos, que había enfrentado problemas fitosanitarios durante más de una década.

Paula Prist

Senior Research Scientist en EcoHealth Alliance

El cambio en el uso del suelo es uno de los principales impulsores en la transmisión de enfermedades zoonóticas, siendo la composición y configuración del paisaje factores clave. Además, cada enfermedad tiene una "firma de paisaje" única, mostrando diferentes características del mismo. Existen ejemplos de cómo la composición y configuración del paisaje pueden afectar la transmisión de enfermedades: el hantavirus se ve afectado por la presencia y cantidad de áreas forestales (específicamente la deforestación), lo cual afecta la abundancia de especies reservorio, mientras que la fiebre amarilla depende en gran medida de la configuración del paisaje (principalmente la cantidad de bordes estrechos de bosque).

La metodología de la ecología del paisaje implica entender los mecanismos y procesos a través de la lente del cambio de uso del suelo. Para hacerlo, es importante seleccionar paisajes controlando los aspectos que no se van a medir (por ejemplo, cantidades de cobertura forestal, disposición espacial de áreas forestales, tipo de matriz) y tomar muestras de la población de roedores/murciélagos/mosquitos para ver cómo las comunidades cambian con diferentes grados de cobertura forestal o aspectos de configuración.

Las estrategias para hacer que los paisajes sean más saludables incluyen la planificación espacial de las áreas forestales restantes, ya sea a través de la deforestación legal o la restauración del bosque. Aunque la deforestación es desafiante de abordar debido a la necesidad de trabajar directamente con el sistema ambiental y coordinar a muchos actores. Las desventajas de la restauración y la deforestación incluyen cambios en las comunidades de vida silvestre, con algunas especies incapaces de sobrevivir en especies degradadas y las especies portadoras de enfermedades más propensas a adaptarse a áreas antrópicas (rurales) y urbanas.

Se destaca la importancia de la comunicación, especialmente con los pueblos indígenas, y la necesidad de considerar a los científicos sociales en los esfuerzos de prevención y control de enfermedades. Se discute el papel del gobierno en estos esfuerzos, con la sugerencia de que es posible construir estrategias locales de prevención sin la participación directa del gobierno en el campo, incluso si hay apoyo gubernamental.

La estrategia variará en cada país y es importante establecer una red de colaboración con investigadores locales y ONGs, proponiendo varias estrategias, tales como intervenciones ecológicas, planificación del cambio del paisaje cuando va a ocurrir y el desarrollo de modelos de predicción para ser utilizados por diferentes partes interesadas en el apoyo de la planificación del paisaje (predecir el riesgo de algunas enfermedades zoonóticas si ciertas áreas van a ser deforestadas).

Jon Arizti Sanz

Medical Engineering PhD student en el joint Harvard-MIT Health Sciences and Technology Department

Jon Arizti habló de diferentes tecnologías de diagnóstico incluyendo PCR, pruebas de antígenos y diagnósticos CRISPR (CRISPR-Dx). Estos últimos, se basan en proteínas CRISPR – principalmente Cas12 y Cas13 – y se pueden programar fácilmente para buscar una secuencia genética específica (correspondiente a un patógenos de interés). Aunque es necesario saber exactamente qué se está buscando, la tecnología puede adaptarse con facilidad para buscar regiones del genoma que estén conservados dentro la misma familia de patógenos.

Sugirió que esta tecnología podría ser útil en regiones como África, donde los desafíos principales radican en la adquisición de reactivos y la distribución, especialmente en países con poco acceso, como Sierra Leona. A pesar de los obstáculos, argumentó que la mayoría de los elementos necesarios podrían crearse en el propio país, aunque esto requeriría una inversión significativa. La clave para un uso sostenible de la tecnología sería crear capacidad dentro del país.

Afirmó que CRISPR-Dx funciona muy bien a nivel de investigación y pronto irrumpirá en el mercado, citando empresas como Mammoth Biosciences y Sherlock Biosciences como líderes en el campo. Aunque la mayoría de los desarrollos en este ámbito aún están en fases previas, se ve un gran potencial en la aplicación global de la tecnología. Señaló que las muestras nasales son adecuadas para esta tecnología debido a su menor complejidad y que los patógenos con alta carga viral son fáciles de detectar.

La implementación de esta tecnología presenta algunos desafíos, como asegurar cadenas de distribución y validar las muestras que se quieran utilizar. Sin embargo, sostuvo que el costo de los tests, que actualmente es de alrededor de 8 dólares, en su mayoría debido a los reactivos utilizados, podría reducirse mediante la producción local. Mencionó el caso de Sherlock, que aunque inicialmente caro, ha establecido una subcompañía sin fines de lucro con el objetivo de implementar la tecnología en países en desarrollo.

En último término, destacó la importancia de involucrar a las comunidades locales en el uso y regulación de la tecnología. Enfatizó que estas tecnologías son prometedoras y fáciles de usar fuera de los laboratorios convencionales, y que regularlas para el beneficio de todos podría potenciar la bioeconomía del país y reducir la dependencia de otros países. Este enfoque de democratización de la tecnología, junto con las inversiones y la creación de capacidades, podría fortalecer la resiliencia de las economías emergentes en términos de bioseguridad.

Edgar Bailey

Epidemiólogo en Centers for Disease Control and Prevention (CDC)

Edgar Bailey detalla los métodos de cooperación que utilizan para lidiar con enfermedades emergentes y zoonóticas, especialmente en Guatemala. Habla de los acuerdos de investigación que se llevan a cabo con socios estratégicos como el Consejo de Ministros de Salud Pública de Centroamérica (COMISCA) y el mismo Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA). La cooperación incluye la asistencia técnica y administrativa a los ministerios, así como la notificación temprana de posibles brotes de enfermedades.

Explicó cómo funciona el protocolo de respuesta a enfermedades y la red de vigilancia en Guatemala. El enfoque por ejemplo está en la detección temprana y respuesta a la influenza aviar, entre otras enfermedades, así como en la coordinación de acciones desde el ámbito agrícola. Resaltó la importancia de la notificación temprana y mencionó una herramienta que habían desarrollado con OIRSA para este fin, la cual está a disposición del público.

Abordó también el papel crucial de la comunicación en la prevención de enfermedades. Habló de una campaña de concienciación para que la población utilice la herramienta de notificación temprana, y resaltó la necesidad de superar los desafíos existentes en cuanto a la prevención y control de enfermedades infecciosas, como la falta de comunicación de riesgo y la ausencia de una cultura de bioseguridad y prevención.

Al discutir el papel en el fortalecimiento de los sistemas de vigilancia, destacó que el trabajo de CDC se centra en apoyar las medidas implementadas por organizaciones internacionales y ministerios locales. Su labor incluye la gestión de planes de trabajo, desarrollo de marcos de proyectos, identificación de necesidades, gestión de recursos y seguimiento de resultados.

Destacó los esfuerzos significativos realizados durante la campaña de vacunación contra COVID-19 y comentó sobre la campaña de comunicación de riesgo que están diseñando para concienciar sobre la influenza y la necesidad de implementar medidas de bioseguridad básicas. También habló sobre la existencia de la división de migración de CDC que trabaja en las fronteras de los países y en Centroamérica para prevenir la propagación de enfermedades de un país a otro.

(Los hallazgos y conclusiones de este informe son los de su(s) autor(es) y no necesariamente representan la posición oficial de los CDC).

Abelardo De Gracia

Director Regional de Salud Animal de la Organización Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA)

La Organización Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA) es una organización que celebra su 70 aniversario este año, especializada en la prevención, control y erradicación de enfermedades. Inicialmente se centró en la plaga de la langosta voladora en Centroamérica, creando un sistema para que las cuadrillas pudieran cruzar rápidamente las fronteras y controlar la plaga. Posteriormente, la organización se expandió para especializarse en Sanidad Agropecuaria, abordando amenazas como la fiebre aftosa en Sudamérica.

Hoy en día, OIRSA tiene cuatro divisiones principales: Salud Animal, Salud Vegetal, Cuarentena y Servicios de Tratamiento Cuarentenarios. Y trabajan en cuatro grandes ejes: control y prevención de enfermedades endémicas con connotación zoonótica, enfermedades transfronterizas, fortalecimiento del diagnóstico en salud animal y medicamentos veterinarios, y colaboración con otras organizaciones internacionales.

OIRSA está llevando a cabo una serie de investigaciones y proyectos para entender mejor la correlación entre el mal uso de medicamentos o antibióticos en los animales y su impacto en la resistencia antimicrobiana en humanos. Esta resistencia antimicrobiana puede ser multifactorial, y puede ser causada tanto por el uso de antibióticos en animales que luego pasan a los humanos, como por la mala praxis en el uso de antibióticos en general. OIRSA está trabajando en la educación y concienciación sobre el uso adecuado de antibióticos, destacando la importancia de seguir las dosis y tiempos indicados, y de no usar antibióticos sin necesidad.

También menciona el "periodo de depleción", durante el cual un animal no debe ser sacrificado ni su leche utilizada después de la administración de un antibiótico. Finalmente, señala que la presencia de antibióticos en la leche puede afectar la producción de queso, creando no solo un problema de salud pública, sino también un problema industrial.

Señala que se está trabajando en mejorar la notificación en la vigilancia de la salud animal. A pesar de que se reciben informes y denuncias, existe una subnotificación, lo que significa que hay más eventos de salud animal que ocurren de los que se llegan a conocer. Para mejorar esto, OIRSA está trabajando en la digitalización de los sistemas de notificación. Esto permitiría a las personas, incluyendo a los veterinarios, hacer un reporte a través de dispositivos móviles como smartphones o tablets. Esta información podría ser recibida en tiempo real por el personal central, permitiendo un análisis rápido de la información y una respuesta más rápida a posibles problemas de salud animal.

Igualmente se está trabajando en colaboración con otras agencias y organizaciones para maximizar el uso de recursos y evitar la repetición de acciones. Están sumando recursos técnicos, financieros y logísticos para obtener mejores resultados. La cooperación entre diferentes agencias y organizaciones ha permitido un mejor manejo de los desafíos de salud animal en la región. Esta cooperación incluye la realización de seminarios en línea y discusiones sobre temas comunes, y la suma de esfuerzos para trabajar en conjunto. Esto ha permitido un mejor uso de los recursos y una mayor eficacia en el manejo de los desafíos de salud animal.

7. Referencias

- 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), 1124.
<https://doi.org/10.1038/s41467-017-00923-8>
- Alvarado, M. A. (2022). *Sistemas agroforestales de café y cumplimiento de la normativa forestal*. Anacafé.
- Bai, Y. (2011). Bartonella spp. In Bats, Guatemala. *Emerging Infectious Diseases*, *17*(7), 1269-1272. <https://doi.org/10.3201/eid1707.101867>
- Baker, R. E., Mahmud, A. S., Miller, I. F., Rajeev, M., Rasambainarivo, F., Rice, B. L., Takahashi, S., Tatem, A. J., Wagner, C. E., Wang, L.-F., Wesolowski, A., & Metcalf, C. J. E. (2022). Infectious disease in an era of global change. *Nature Reviews Microbiology*, *20*(4), 193-205. <https://doi.org/10.1038/s41579-021-00639-z>
- Barbier, E. B. (2021). Habitat loss and the risk of disease outbreak. *Journal of Environmental Economics and Management*, *108*, 102451. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2021.102451>
- Barreto, B. (2018, noviembre 27). Guatemala: A tres años del ecocidio en el río La Pasión, el proceso judicial sigue detenido. *Mongabay*.
<https://es.mongabay.com/2018/11/palma-africana-en-guatemala/>
- Barsimantov, J., & Kendall, J. (2012). Community Forestry, Common Property, and Deforestation in Eight Mexican States. *The Journal of Environment & Development*, *21*(4), 414-437.
<https://doi.org/10.1177/1070496512447249>
- Bernstein, A. S., Ando, A. W., Loch-Temzelides, T., Vale, M. M., Li, B. V., Li, H., Busch, J., Chapman, C. A., Kinnaird, M., Nowak, K., Castro, M. C., Zambrana-Torrel, C., Ahumada, J. A., Xiao, L., Roehrdanz, P., Kaufman, L., Hannah, L., Daszak, P., Pimm, S.

- L., & Dobson, A. P. (2022). The costs and benefits of primary prevention of zoonotic pandemics. *Science Advances*, 8(5), eabl4183. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abl4183>
- 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. *Trends in Parasitology*, 37(3), 181-184. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2020.12.005>
- Biggs, D., Cooney, R., Roe, D., Dublin, H., Allan, J., Challender, D., & Skinner, D. (2015). *Engaging local communities in tackling illegal wildlife trade. Can a 'Theory of Change' help?*
- Bonwitt, J., Dawson, M., Kandeh, M., Ansumana, R., Sahr, F., Brown, H., & Kelly, A. H. (2018). Unintended consequences of the 'bushmeat ban' in West Africa during the 2013–2016 Ebola virus disease epidemic. *Social Science & Medicine*, 200, 166-173. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2017.12.028>
- Booth, H., Arias, M., Brittain, S., Challender, D. W. S., Khanyari, M., Kuiper, T., Li, Y., Olmedo, A., Oyanedel, R., Pienkowski, T., & Milner-Gulland, E. J. (2021). "Saving Lives, Protecting Livelihoods, and Safeguarding Nature": Risk-Based Wildlife Trade Policy for Sustainable Development Outcomes Post-COVID-19. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9, 639216. <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.639216>
- Brauer, V. S., Rezende, C. P., Pessoni, A. M., De Paula, R. G., Rangappa, K. S., Nayaka, S. C., Gupta, V. K., & Almeida, F. (2019). Antifungal Agents in Agriculture: Friends and Foes of Public Health. *Biomolecules*, 9(10), 521. <https://doi.org/10.3390/biom9100521>
- Briceno, T., & Perche, J. (2021). *Namibia Case Study: Cost-Benefit Analysis of Curbing Illegal Wildlife Trade*. United States Agency for International Development.
- British Embassy Guatemala City. (2017, febrero 27). *INAB and the UK Space Agency sign agreement to protect Guatemala's forests*. <https://www.gov.uk/government/news/inab-and-the-uk-space-agency-sign-agreement-to-protect-guatemalas-forests>

- Busch, J., & Engelmann, J. (2017). Cost-effectiveness of reducing emissions from tropical deforestation, 2016–2050. *Environmental Research Letters*, 13(1), 015001.
<https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa907c>
- Byerlee, D., Stevenson, J., & Villoria, N. (2014). Does intensification slow crop land expansion or encourage deforestation? *Global Food Security*, 3(2), 92-98.
<https://doi.org/10.1016/j.gfs.2014.04.001>
- Cameron, B., Yassif, J., Jordan, J., & Eckles, J. (2020). *Preventing Global Catastrophic Biological Risks: Lessons and Recommendations from a Tabletop Exercise Held at the 2020 Munich Security Conference*. NTI Bio.
- Cardoso, P., Amponsah-Mensah, K., Barreiros, J. P., Bouhuys, J., Cheung, H., Davies, A., Kumschick, S., Longhorn, S. J., Martínez-Muñoz, C. A., Morcatty, T. Q., Peters, G., Ripple, W. J., Rivera-Téllez, E., Stringham, O. C., Toomes, A., Tricorache, P., & Fukushima, C. S. (2021). Scientists' warning to humanity on illegal or unsustainable wildlife trade. *Biological Conservation*, 263, 109341.
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109341>
- Carroll, D., Daszak, P., Wolfe, N. D., Gao, G. F., Morel, C. M., Morzaria, S., Pablos-Méndez, A., Tomori, O., & Mazet, J. A. K. (2018). The Global Virome Project. *Science*, 359(6378), 872-874. <https://doi.org/10.1126/science.aap7463>
- Castañeda Guillot, C., Martínez Martínez, R., López Falcón, A., Castañeda Guillot, C., Martínez Martínez, R., & López Falcón, A. (2021). Grandes pandemias y sus desafíos. *Dilemas contemporáneos: educación, política y valores*, 8(3).
<https://doi.org/10.46377/dilemas.v8i3.2671>
- Castro-Arroyave, D., Monroy, M. C., & Irurita, M. I. (2020). Integrated vector control of Chagas disease in Guatemala: A case of social innovation in health. *Infectious Diseases of Poverty*, 9(1), 25. <https://doi.org/10.1186/s40249-020-00639-w>
- Cerón, A., Ortiz, M. R., Álvarez, D., Palmer, G. H., & Cerdón-Rosales, C. (2016). Local disease

concepts relevant to the design of a community-based surveillance program for influenza in rural Guatemala. *International Journal for Equity in Health*, 15(1), 69.

<https://doi.org/10.1186/s12939-016-0359-z>

CONAP. (2016). *Reserva de la Biosfera Maya. Plan Maestro Tomo I* (Documento técnico 20-2016).

Cremona, P., McNab, R., Morales, J., Manzanero, R., Castellanos, B., & Castillo, J. M. (2018). *Bi-national Collaboration to Eradicate Wildlife Trafficking in Belize and Guatemala: Lessons Learned & Recommendations*. Wildlife Conservation Society.

Cuffe, S. (2021, octubre 15). Guatemala's growing palm oil industry fuels Indigenous land fight. *Al Jazeera*.

<https://www.aljazeera.com/news/2021/10/15/guatemala-growing-palm-oil-industry-fuels-indigenous-land-fight>

Datosmacro.com. (2022). *Gasto Público Salud* [dataset].

Davidson, G., Chua, T. H., Cook, A., Speldewinde, P., & Weinstein, P. (2019). Defining the ecological and evolutionary drivers of *Plasmodium knowlesi* transmission within a multi-scale framework. *Malaria Journal*, 18(1), 66.

<https://doi.org/10.1186/s12936-019-2693-2>

Del Cid, M., & Figueroa, S. (2021). El conflictivo avance de la palma aceitera en Guatemala. *Connectas*.

<https://www.connectas.org/el-conflictivo-avance-de-la-palma-aceitera-en-guatemala/>

Destoumieux-Garzón, D., Mavingui, P., Boetsch, G., Boissier, J., Darriet, F., Duboz, P., Fritsch, C., Giraudoux, P., Le Roux, F., Morand, S., Paillard, C., Pontier, D., Sueur, C., & Voituren, Y. (2018). The One Health Concept: 10 Years Old and a Long Road Ahead. *Frontiers in Veterinary Science*, 5, 14. <https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00014>

Devine, J. A., Currit, N., Reygadas, Y., Liller, L. I., & Allen, G. (2020a). Drug trafficking, cattle ranching and Land use and Land cover change in Guatemala's Maya Biosphere

- Reserve. *Land Use Policy*, 95, 104578. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104578>
- Devine, J. A., Currit, N., Reygadas, Y., Liller, L. I., & Allen, G. (2020b). Drug trafficking, cattle ranching and Land use and Land cover change in Guatemala's Maya Biosphere Reserve. *Land Use Policy*, 95, 104578. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104578>
- Devine, J. A., Wrathall, D., Currit, N., Tellman, B., & Langarica, Y. R. (2020a). Narco-Cattle Ranching in Political Forests. *Antipode*, 52(4), 1018-1038. <https://doi.org/10.1111/anti.12469>
- Devine, J. A., Wrathall, D., Currit, N., Tellman, B., & Langarica, Y. R. (2020b). Narco-Cattle Ranching in Political Forests. *Antipode*, 52(4), 1018-1038. <https://doi.org/10.1111/anti.12469>
- Dobson, A. P., Pimm, S. L., Hannah, L., Kaufman, L., Ahumada, J. A., Ando, A. W., Bernstein, A., Busch, J., Daszak, P., Engelmann, J., Kinnaird, M. F., Li, B. V., Loch-Temzelides, T., Lovejoy, T., Nowak, K., Roehrdanz, P. R., & Vale, M. M. (2020). Ecology and economics for pandemic prevention. *Science*, 369(6502), 379-381. <https://doi.org/10.1126/science.abc3189>
- Doody, J. S., Reid, J. A., Bilali, K., Diaz, J., & Mattheus, N. (2021). In the post-COVID-19 era, is the illegal wildlife trade the most serious form of trafficking? *Crime Science*, 10(1), 19. <https://doi.org/10.1186/s40163-021-00154-9>
- Ellison, J. A., Gilbert, A. T., Recuenco, S., Moran, D., Alvarez, D. A., Kuzmina, N., Garcia, D. L., Peruski, L. F., Mendonça, M. T., Lindblade, K. A., & Rupprecht, C. E. (2014). Bat Rabies in Guatemala. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 8(7), e3070. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0003070>
- Flores, E., & CONAP. (2020). *Estrategia Nacional contra el Tráfico de Vida Silvestre en Guatemala 2020-2029* (Publicación Técnica No. 7-2020.). Wildlife Conservation Society.
- G. Leija, E., & Mendoza, M. E. (2021). Landscape connectivity as a strategy to mitigate the risk of zoonoses from deforestation and defaunation. *Ecosistemas*, 30(3), 2235.

<https://doi.org/10.7818/ECOS.2235>

- Gamazo, C. (2017, noviembre 26). La palma aceitera sigue devastando los bosques del norte de Guatemala. *Mongabay*.
<https://es.mongabay.com/2017/11/palma-africana-sigue-devastando-bosques-de-guatemala/>
- García-Pérez, J., Ulloa-Rojas, J. B., & Mendoza-Elvira, S. (2021). Patógenos bacterianos y su resistencia a los antimicrobianos en los cultivos de tilapia en Guatemala. *Uniciencia*, 35(2), 1-14. <https://doi.org/10.15359/ru.35-2.4>
- GCI. (2018). *Evaluación preliminar de los factores causantes del uso de la tierra, causas y agentes de deforestación y degradación de bosques en Guatemala*.
- Ghai, R. R., Wallace, R. M., Kile, J. C., Shoemaker, T. R., Vieira, A. R., Negron, M. E., Shadomy, S. V., Sinclair, J. R., Goryoka, G. W., Salyer, S. J., & Barton Behravesh, C. (2022). A generalizable one health framework for the control of zoonotic diseases. *Scientific Reports*, 12(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-12619-1>
- Ghosh, S., & LaPara, T. M. (2007). The effects of subtherapeutic antibiotic use in farm animals on the proliferation and persistence of antibiotic resistance among soil bacteria. *The ISME Journal*, 1(3), 191-203. <https://doi.org/10.1038/ismej.2007.31>
- Gibb, R., Redding, D. W., Chin, K. Q., Donnelly, C. A., Blackburn, T. M., Newbold, T., & Jones, K. E. (2020). Zoonotic host diversity increases in human-dominated ecosystems. *Nature*, 584(7821), 398-402. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2562-8>
- GIZ. (2021). *Sistematización de la implementación y de los impactos de las líneas de monitoreo del proyecto “Fomento del monitoreo de la biodiversidad y cambio climático en la región de la Selva Maya”. Control y Vigilancia y monitoreo de la biodiversidad (SMART)*.
- 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. *Current*

Biology, 31(19), R1342-R1361. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.08.070>

- Gluszek, S., Ariano-Sánchez, D., Cremona, P., Goyenechea, A., Luque Vergara, D. A., Mcloughlin, L., Morales, A., Reuter Cortes, A., Rodríguez Fonseca, J., Radachowsky, J., & Knight, A. (2021). Emerging trends of the illegal wildlife trade in Mesoamerica. *Oryx*, 55(5), 708-716. <https://doi.org/10.1017/S0030605319001133>
- Gottdenker, N. L., Streicker, D. G., Faust, C. L., & Carroll, C. R. (2014a). Anthropogenic land use change and infectious diseases: A review of the evidence. *EcoHealth*, 11(4), 619-632. <https://doi.org/10.1007/s10393-014-0941-z>
- Gottdenker, N. L., Streicker, D. G., Faust, C. L., & Carroll, C. R. (2014b). Anthropogenic Land Use Change and Infectious Diseases: A Review of the Evidence. *EcoHealth*, 11(4), 619-632. <https://doi.org/10.1007/s10393-014-0941-z>
- Grajeda, L. M., McCracken, J. P., Berger-González, M., López, M. R., Álvarez, D., Méndez, S., Pérez, O., Cordón-Rosales, C., & Zinsstag, J. (2021). Sensitivity and representativeness of one-health surveillance for diseases of zoonotic potential at health facilities relative to household visits in rural Guatemala. *One Health*, 13, 100336. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2021.100336>
- Grange, Z. L., Goldstein, T., Johnson, C. K., Anthony, S., Gilardi, K., Daszak, P., Olival, K. J., O'Rourke, T., Murray, S., Olson, S. H., Togami, E., Vidal, G., Expert Panel, PREDICT Consortium, & Mazet, J. A. K. (2021). Ranking the risk of animal-to-human spillover for newly discovered viruses. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(15), e2002324118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2002324118>
- Granovsky-Larsen, S. (2018, septiembre 5). Farmers in Guatemala are destroying dams to fight 'dirty' renewable energy. *The Conversation*. <https://theconversation.com/farmers-in-guatemala-are-destroying-dams-to-fight-dirty-renewable-energy-100789>
- GREPALMA. (2021). *Estadísticas socioeconómicas al año 2021*.

- Guynup, S. (2022). *The Latin America-to-Asia Wildlife Trade*. Wilson Center.
- Hamilton, K. (2021). *Global cooperation in countering emerging animal and zoonotic diseases*.
- Hassell, J. M., Begon, M., Ward, M. J., & Fèvre, E. M. (2017). Urbanization and Disease Emergence: Dynamics at the Wildlife–Livestock–Human Interface. *Trends in Ecology & Evolution*, 32(1), 55-67. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2016.09.012>
- Hayek, M. N. (2022). The infectious disease trap of animal agriculture. *Science Advances*, 8(44), eadd6681. <https://doi.org/10.1126/sciadv.add6681>
- Hodgdon, B., Hughell, D., Ramos, V. H., & McNab, R. B. (2015). *Tendencias en la deforestación de la Reserva de Biósfera Maya, Guatemala*. Rainforest Alliance.
- Igreja, R. P. (2011). Infectious Diseases Associated with Caves. *Wilderness & Environmental Medicine*, 22(2), 115-121. <https://doi.org/10.1016/j.wem.2011.02.012>
- IIED, & IUCN-SULi. (2019). *Community-led approaches to tackling illegal wildlife trade. Case studies from Latin America*. IIED.
- INAB. (2020). *Las plantaciones de hule reducen la tala ilegal en bosques naturales del altiplano de Guatemala* [Boletín informativo].
- Institute for Health Metrics and Evaluation. (2020, octubre 15). *GBD Results*.
- Jaramillo, J., Ning, M. F., Cadena, L., Park, M., Lo, T., Zielinski-Gutierrez, E., Espinosa-Bode, A., Reyes, M., Del Rosario Polo, M., & Henao, O. (2022). Evaluation of the collaborative integrated surveillance system (ViCo) in Guatemala: A qualitative study on lessons learned and future perspectives. *BMC Public Health*, 22(1), 350. <https://doi.org/10.1186/s12889-022-12719-7>
- Jayachandran, S., De Laat, J., Lambin, E. F., Stanton, C. Y., Audy, R., & Thomas, N. E. (2017). Cash for carbon: A randomized trial of payments for ecosystem services to reduce deforestation. *Science*, 357(6348), 267-273. <https://doi.org/10.1126/science.aan0568>
- Johns Hopkins Center for Health Security. (2023). *Infodemic Management Approaches Leading up to, During, and Following the COVID-19 Pandemic*. The Johns Hopkins University.

- Jones, B. A., Grace, D., Kock, R., Alonso, S., Rushton, J., Said, M. Y., McKeever, D., Mutua, F., Young, J., McDermott, J., & Pfeiffer, D. U. (2013). Zoonosis emergence linked to agricultural intensification and environmental change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *110*(21), 8399-8404. <https://doi.org/10.1073/pnas.1208059110>
- Jones, K. E., Patel, N. G., Levy, M. A., Storeygard, A., Balk, D., Gittleman, J. L., & Daszak, P. (2008a). Global trends in emerging infectious diseases. *Nature*, *451*(7181), 990-993. <https://doi.org/10.1038/nature06536>
- Jones, K. E., Patel, N. G., Levy, M. A., Storeygard, A., Balk, D., Gittleman, J. L., & Daszak, P. (2008b). Global trends in emerging infectious diseases. *Nature*, *451*(7181), 990-993. <https://doi.org/10.1038/nature06536>
- 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>
- Karimuribo, E. D., Mutagahywa, E., Sindato, C., Mboera, L., Mwabukusi, M., Kariuki Njenga, M., Teesdale, S., Olsen, J., & Rweyemamu, M. (2017). A Smartphone App (AfyaData) for Innovative One Health Disease Surveillance from Community to National Levels in Africa: Intervention in Disease Surveillance. *JMIR Public Health and Surveillance*, *3*(4), e94. <https://doi.org/10.2196/publichealth.7373>
- Keesing, F., & Ostfeld, R. S. (2021). Impacts of biodiversity and biodiversity loss on zoonotic diseases. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *118*(17), e2023540118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2023540118>
- Kock, R., & Caceres-Escobar, H. (2022). *Situation analysis on the roles and risks of wildlife in the emergence of human infectious diseases*. IUCN, International Union for Conservation of Nature. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2022.01.en>
- Krystosik, A., Njoroge, G., Odhiambo, L., Forsyth, J. E., Mutuku, F., & LaBeaud, A. D. (2020). Solid Wastes Provide Breeding Sites, Burrows, and Food for Biological Disease Vectors,

- and Urban Zoonotic Reservoirs: A Call to Action for Solutions-Based Research. *Frontiers in Public Health*, 7, 405. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2019.00405>
- Kuzmin, I. V., Niezgodá, M., Franka, R., Agwanda, B., Markotter, W., Breiman, R. F., Shieh, W.-J., Zaki, S. R., & Rupprecht, C. E. (2010). Marburg Virus in Fruit Bat, Kenya. *Emerging Infectious Diseases*, 16(2), 352-354. <https://doi.org/10.3201/eid1602.091269>
- Larios, B. (2023, junio 23). *Gobierno ha entregado más de 71 mil hectáreas de concesiones forestales*. <https://agn.gt/gobierno-ha-entregado-mas-de-71-mil-hectareas-de-concesiones-forestales/>
- LaRue, M. A., Stapleton, S., & Anderson, M. (2017). Feasibility of using high-resolution satellite imagery to assess vertebrate wildlife populations: Satellite Imagery for Wildlife Research. *Conservation Biology*, 31(1), 213-220. <https://doi.org/10.1111/cobi.12809>
- Leonardo, R. O. (2023, febrero 9). Palm Oil Plantations Disrupt Indigenous Communities in Petén, Guatemala. *Earth Journalism*. <https://earthjournalism.net/stories/palm-oil-plantations-disrupt-indigenous-communities-in-peten-guatemala>
- Lerer, L. B., & Scudder, T. (1999). Health impacts of large dams. *Environmental Impact Assessment Review*, 19(2), 113-123. [https://doi.org/10.1016/S0195-9255\(98\)00041-9](https://doi.org/10.1016/S0195-9255(98)00041-9)
- Lobera, J. L. (2020). Lecciones del cardamomo para la recuperación verde. *Banco Interamericano de Desarrollo*. <https://www.iadb.org/es/mejorando/vidas/lecciones-del-cardamomo-para-la-recuperacion-verde>
- Loh, E. H., Zambrana-Torrelío, C., Olival, K. J., Bogich, T. L., Johnson, C. K., Mazet, J. A. K., Karesh, W., & Daszak, P. (2015). Targeting Transmission Pathways for Emerging Zoonotic Disease Surveillance and Control. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 15(7), 432-437. <https://doi.org/10.1089/vbz.2013.1563>

- Ma, F., Xu, S., Tang, Z., Li, Z., & Zhang, L. (2021). Use of antimicrobials in food animals and impact of transmission of antimicrobial resistance on humans. *Biosafety and Health*, 3(1), 32-38. <https://doi.org/10.1016/j.bsheal.2020.09.004>
- MAGA. (2013). *Política Ganadera Bovina Nacional*. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. [https://www.maga.gob.gt/download/politica-ganadera\(2\).pdf](https://www.maga.gob.gt/download/politica-ganadera(2).pdf)
- MAGA. (2019). *Manual de Vigilancia Epidemiológica para Enfermedades Animales* (p. 157). Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. <https://visar.maga.gob.gt/visar/2019/20/Manualvig20.pdf>
- Marani, M., Katul, G. G., Pan, W. K., & Parolari, A. J. (2021). Intensity and frequency of extreme novel epidemics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(35), e2105482118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2105482118>
- Maria, A., Acero, J. L., Aguilera, A., & García Lozano, M. (2018). *Estudio de la urbanización en Centroamérica. Oportunidades de una Centroamérica urbana*. Grupo Banco Mundial.
- MARN. (2022, junio 7). *Plan de reforestación 2022 permitirá restaurar zonas degradadas en todo el país*. <https://guatemala.gob.gt/plan-de-reforestacion-2022-permitira-restaurar-zonas-degradadas-en-todo-el-pais/>
- MARN. (2023, junio 17). *Educadores ambientales aportan a la construcción de un nuevo plan para la Política Nacional de Educación Ambiental*. <https://prensa.gob.gt/comunicado/educadores-ambientales-aportan-la-construccion-de-un-nuevo-plan-para-la-politica>
- Martí I Puig, S., & Rodríguez Suárez, D. (2022). Central America Facing the Bicentennial Crisis: Political Uncertainty, Economic Hardship and Climate Challenges. *Vestnik RUDN. International Relations*, 22(3), 495-505. <https://doi.org/10.22363/2313-0660-2022-22-3-495-505>
- Martin, G., Plowright, R., Chen, C., Kault, D., Selleck, P., & Skerratt, L. F. (2015). Hendra virus

survival does not explain spillover patterns and implicates relatively direct transmission routes from flying foxes to horses. *Journal of General Virology*, 96(6), 1229-1237.

<https://doi.org/10.1099/vir.0.000073>

Matamoros, J. A., SanÁn, L. H., & Santillana, M. A. (2000). Las Zoonosis y sus Determinantes Sociales: Una Perspectiva a Considerar en Salud Pública. *Revista de Salud Pública*, 2, 17-35.

Matthys, B., Vounatsou, P., Raso, G., Tschannen, A. B., Becket, E. G., Gosoni, L., Ciss , G., Tanner, M., N'goran, E. K., & Utzinger, J. (2006). Urban farming and malaria risk factors in a medium-sized town in Cote d'Ivoire. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 75(6), 1223-1231.

Mayor, P., Baquedano, L. E., Sanchez, E., Aramburu, J., Gomez-Puerta, L. A., Mamani, V. J., & Gavidia, C. M. (2015). Polycystic Echinococcosis in Pacas, Amazon Region, Peru. *Emerging Infectious Diseases*, 21(3), 456-459. <https://doi.org/10.3201/eid2103.141197>

McCloskey, B., Dar, O., Zumla, A., & Heymann, D. L. (2014). Emerging infectious diseases and pandemic potential: Status quo and reducing risk of global spread. *The Lancet Infectious Diseases*, 14(10), 1001-1010. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(14\)70846-1](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(14)70846-1)

McFarlane, R., Sleigh, A., & McMichael, T. (2012). Synanthropy of Wild Mammals as a Determinant of Emerging Infectious Diseases in the Asian–Australasian Region. *EcoHealth*, 9(1), 24-35. <https://doi.org/10.1007/s10393-012-0763-9>

Melgoza, A., & Papadovassilakis, A. (2022). *The Jungle Patrol: Fighting Illegal Loggers on the Guatemala-Mexico Border*. InSight Crime.

Miller, M., & Hagan, E. (2017). Integrated biological–behavioural surveillance in pandemic-threat warning systems. *Bulletin of the World Health Organization*, 95(1), 62-68.

<https://doi.org/10.2471/BLT.16.175984>

MINGOB. (2020, diciembre 8). *19 delegaciones de DIPRONA protegen al territorio nacional de depredadores de la flora y la fauna*.

<https://mingob.gob.gt/19-delegaciones-de-diprona-protecten-al-territorio-nacional-de-depradores-de-la-flora-y-la-fauna/>

- Moran, D., Juliao, P., Alvarez, D., Lindblade, K. A., Ellison, J. A., Gilbert, A. T., Petersen, B., Rupprecht, C., & Recuenco, S. (2015). Knowledge, attitudes and practices regarding rabies and exposure to bats in two rural communities in Guatemala. *BMC Research Notes*, 8(1), 955. <https://doi.org/10.1186/s13104-014-0955-1>
- Morand, S., & Lajaunie, C. (2021). Outbreaks of Vector-Borne and Zoonotic Diseases Are Associated With Changes in Forest Cover and Oil Palm Expansion at Global Scale. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 661063. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.661063>
- Moreno, P., Cerón, A., Sosa, K., Morales, M., Grajeda, L. M., Lopez, M. R., McCracken, J. P., Cordón-Rosales, C., Palmer, G. H., Call, D. R., & Ramay, B. M. (2020). Availability of over-the-counter antibiotics in Guatemalan corner stores. *PLOS ONE*, 15(9), e0239873. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239873>
- Morens, D. M., Folkers, G. K., & Fauci, A. S. (2004). The challenge of emerging and re-emerging infectious diseases. *Nature*, 430(6996), Article 6996. <https://doi.org/10.1038/nature02759>
- Mosca Salvadore, W. (2020). Chagas Disease: The new realities revisit old paradigms. *CientMed*, 1(1). <https://doi.org/10.47449/CM.2020.1.1.8>
- Moutou, F. (2020). Las zoonosis, entre humanos y animales. *Nueva Sociedad*, 288, Article 288.
- Mozer, A., & Prost, S. (2023). An introduction to illegal wildlife trade and its effects on biodiversity and society. *Forensic Science International: Animals and Environments*, 3, 100064. <https://doi.org/10.1016/j.fsiae.2023.100064>
- MSPAS. (2007). *Normas y Procedimientos del Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica*.
- MSPAS. (2018). *Protocolo del Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica SINAVE*.
- MSPAS. (2021, febrero 10). *ATENCIÓN: Alerta epidemiológica por hallazgo de Candida Auris en Guatemala*.

<https://epidemiologia.mspas.gob.gt/institucional/noticias/covid-19-guatemala/atencion-alerta-epidemiologica-por-hallazgo-de-candida-auris-en-guatemala>

MSPAS. (2023). *Enfermedades Transmitidas por Vectores*.

<https://sigsa.mspas.gob.gt/datos-de-salud/morbilidad/enfermedades-transmitidas-por-vectores>

Muhi, S., Crowe, A., & Daffy, J. (2019). Acute Pulmonary Histoplasmosis Outbreak in A Documentary Film Crew Travelling from Guatemala to Australia. *Tropical Medicine and Infectious Disease*, 4(1), 25. <https://doi.org/10.3390/tropicalmed4010025>

Mulchandani, R., Wang, Y., Gilbert, M., & Van Boeckel, T. P. (2023). Global trends in antimicrobial use in food-producing animals: 2020 to 2030. *PLOS Global Public Health*, 3(2), e0001305. <https://doi.org/10.1371/journal.pgph.0001305>

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

Nellemann, C., Henriksen, R., Kreilhuber, A., Stewart, D., Kotsovou, M., Raxter, P., Mrema, E., & Barrat, S. (Eds.). (2016). *The rise of environmental crime: A growing threat to natural resources, peace, development and security*. United Nations Environment Programme.

NTI. (2020). *Preventing Global Catastrophic Biological Risks*.

<https://www.nti.org/analysis/articles/preventing-global-catastrophic-biological-risks/>

NTI. (2021). *The 2021 Global Health Security Index*. GHS Index. <https://www.ghsindex.org/>

NTI Bio, & Pandemic Action Network. (2022). *Investing in Global Health Security: How to Build a Fund for Pandemic Preparedness in 2022*.

Ochoa López, J. A. L. (2022). El tráfico ilegal transfronterizo de animales silvestres en

- Guatemala. *Revista Naturaleza, Sociedad y Ambiente*, 9(1), 25-34.
<https://doi.org/10.37533/cunsurori.v9i1.73>
- Oldekop, J. A., Sims, K. R. E., Karna, B. K., Whittingham, M. J., & Agrawal, A. (2019). Reductions in deforestation and poverty from decentralized forest management in Nepal. *Nature Sustainability*, 2(5), 421-428. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0277-3>
- Olival, K. J., Hosseini, P. R., Zambrana-Torrel, C., Ross, N., Bogich, T. L., & Daszak, P. (2017). Host and viral traits predict zoonotic spillover from mammals. *Nature*, 546(7660), 646-650. <https://doi.org/10.1038/nature22975>
- Olivero, J., Fa, J. E., Real, R., Márquez, A. L., Farfán, M. A., Vargas, J. M., Gaveau, D., Salim, M. A., Park, D., Suter, J., King, S., Leendertz, S. A., Sheil, D., & Nasi, R. (2017). Recent loss of closed forests is associated with Ebola virus disease outbreaks. *Scientific Reports*, 7(1), 14291. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-14727-9>
- Olson, D., Lamb, M., Lopez, M. R., Colborn, K., Paniagua-Avila, A., Zacarias, A., Zambrano-Perilla, R., Rodríguez-Castro, S. R., Cordon-Rosales, C., & Asturias, E. J. (2017). Performance of a Mobile Phone App-Based Participatory Syndromic Surveillance System for Acute Febrile Illness and Acute Gastroenteritis in Rural Guatemala. *Journal of Medical Internet Research*, 19(11), e368. <https://doi.org/10.2196/jmir.8041>
- OMS. (2017). *Estrategia de Cooperación—Guatemala*. Organización Mundial de la Salud. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/258930/ccsbrief_gtm_es.pdf?sequence=
- OMS. (2021). *Emerging technologies and dual-use concerns: A horizon scan for global public health*. Organización Mundial de la Salud. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/346862/9789240036161-eng.pdf>
- OMS. (2022). *Emerging trends and technologies: A horizon scan for global public health*. Organización Mundial de la Salud. <https://www.who.int/publications-detail-redirect/9789240044173>
- OMS & UNICEF. (2022). *Joint Monitoring Programme for Water Supply, Sanitation and Hygiene*

- (JMP) [dataset]. <https://washdata.org/data/household#!/table?geo0=country&geo1=GTM>
- OPS. (2015, septiembre 19). *Agua y Saneamiento*. Organización Panamericana de la Salud. <https://www.paho.org/es/noticias/19-8-2015-agua-saneamiento>
- 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. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2004\)002\[0013:APGFYH\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2004)002[0013:APGFYH]2.0.CO;2)
- Palomares Velosa, J. E., Riaño Sánchez, S., Martínez Marín, A., & Cediél Becerra, N. M. (2022a). Prevention of exposure to zoonoses in rural Latin America: Social ecological factors in a diverse regional context. *One Health*, 15, 100444. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2022.100444>
- Palomares Velosa, J. E., Riaño Sánchez, S., Martínez Marín, A., & Cediél Becerra, N. M. (2022b). Prevention of exposure to zoonoses in rural Latin America: Social ecological factors in a diverse regional context. *One Health*, 15, 100444. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2022.100444>
- Patterson, J., Sammon, M., & Garg, M. (2016). Dengue, Zika and Chikungunya: Emerging Arboviruses in the New World. *Western Journal of Emergency Medicine*, 17(6), 671-679. <https://doi.org/10.5811/westjem.2016.9.30904>
- Penados, D., Pineda, J., Catalan, M., Avila, M., Stevens, L., Agreda, E., & Monroy, C. (2020). Infestation dynamics of *Triatoma dimidiata* in highly deforested tropical dry forest regions of Guatemala. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 115, e200203. <https://doi.org/10.1590/0074-02760200203>
- Pereira, F. M., Penados, D., Dorn, P. L., Alcántara, B., & Monroy, M. C. (2022). The long-term impact of an Ecohealth intervention: Entomological data suggest the interruption of Chagas disease transmission in southeastern Guatemala. *Acta Tropica*, 235, 106655. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2022.106655>

- Petrovan, S. O., Aldridge, D. C., Bartlett, H., Bladon, A. J., Booth, H., Broad, S., Broom, D. M., Burgess, N. D., Cleaveland, S., Cunningham, A. A., Ferri, M., Hinsley, A., Hua, F., Hughes, A. C., Jones, K., Kelly, M., Mayes, G., Radakovic, M., Ugwu, C. A., ... Sutherland, W. J. (2021). Post COVID-19: A solution scan of options for preventing future zoonotic epidemics. *Biological Reviews*, 96(6), 2694-2715.
<https://doi.org/10.1111/brv.12774>
- Pinchoff, J., Silva, M., Spielman, K., & Hutchinson, P. (2021). Use of effective lids reduces presence of mosquito larvae in household water storage containers in urban and peri-urban Zika risk areas of Guatemala, Honduras, and El Salvador. *Parasites & Vectors*, 14(1), 167. <https://doi.org/10.1186/s13071-021-04668-8>
- PNUD. (2020). *Informe Nacional de Desarrollo Humano: Guatemala*. Organización de las Naciones Unidas.
- Poggi M, H., Guzmán D, A. M., García C, P., & Lagos L, M. (2009). PCR universal o de amplio espectro: Un aporte a la detección e identificación de bacterias y hongos en la práctica clínica. *Revista médica de Chile*, 137(8), 1122-1125.
<https://doi.org/10.4067/S0034-98872009000800020>
- Porras, F. D., Flores, K., & Escobar Muñoz, J. (2022). Evaluación de la resistencia a los antibióticos de cepas de *Escherichia coli* aisladas en carne de cerdo comercializada en los mercados municipales de la ciudad de Guatemala. *Ciencia, Tecnología y Salud*, 9(2), 182-188. <https://doi.org/10.36829/63CTS.v9i2.1058>
- Prestinaci, F., Pezzotti, P., & Pantosti, A. (2015). Antimicrobial resistance: A global multifaceted phenomenon. *Pathogens and Global Health*, 109(7), 309-318.
<https://doi.org/10.1179/2047773215Y.0000000030>
- Prieto, J. T., Jara, J. H., Alvis, J. P., Furlan, L. R., Murray, C. T., Garcia, J., Benghozi, P.-J., & Kaydos-Daniels, S. C. (2017). Will Participatory Syndromic Surveillance Work in Latin America? Piloting a Mobile Approach to Crowdsourcing Influenza-Like Illness Data in

Guatemala. *JMIR Public Health and Surveillance*, 3(4), e87.

<https://doi.org/10.2196/publichealth.8610>

Prist, P. R., Prado, A., Tambosi, L. R., Umetsu, F., De Arruda Bueno, A., Pardini, R., & Metzger, J. P. (2021). Moving to healthier landscapes: Forest restoration decreases the abundance of Hantavirus reservoir rodents in tropical forests. *Science of The Total Environment*, 752, 141967. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141967>

Puebla-Rodríguez, P., Almazán-Marín, C., Garcés-Ayala, F., Rendón-Franco, E., Chávez-López, S., Gómez-Sierra, M., Sandoval-Borja, A., Martínez-Solís, D., Escamilla-Ríos, B., Sauri-González, I., Alonzo-Góngora, A., López-Martínez, I., & Aréchiga-Ceballos, N. (2023). Rabies virus in white-nosed coatis (*Nasua narica*) in Mexico: What do we know so far? *Frontiers in Veterinary Science*, 10, 1090222. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1090222>

Pulliam, J. R. C., Epstein, J. H., Dushoff, J., Rahman, S. A., Bunning, M., Jamaluddin, A. A., Hyatt, A. D., Field, H. E., Dobson, A. P., & Daszak, P. (2012). Agricultural intensification, priming for persistence and the emergence of Nipah virus: A lethal bat-borne zoonosis. *Journal of The Royal Society Interface*, 9(66), 89-101. <https://doi.org/10.1098/rsif.2011.0223>

Radwin, M. (2019, junio 21). Fire, cattle, cocaine: Deforestation spikes in Guatemalan national park. *Mongabay*. <https://news.mongabay.com/2019/06/invaders-cattle-cocaine-deforestation-spikes-in-guatemalan-national-park/>

Ramay, B. M., Lambour, P., & Cerón, A. (2015). Comparing antibiotic self-medication in two socio-economic groups in Guatemala City: A descriptive cross-sectional study. *BMC Pharmacology & Toxicology*, 16, 11. <https://doi.org/10.1186/s40360-015-0011-3>

Rasche, A. (2021). *Evaluacion Zoonosis Selva Maya (GIZ)*. GIZ. <https://selvamaya.info/wp-content/uploads/2022/08/EvaluacionZoonosisSelvaMayaEspa>

nol_GIZ.pdf

- Roe, D., & Booker, F. (2019). Engaging local communities in tackling illegal wildlife trade: A synthesis of approaches and lessons for best practice. *Conservation Science and Practice*, 1(5), e26. <https://doi.org/10.1111/csp2.26>
- Roe, D., Dickman, A., Kock, R., Milner-Gulland, E. J., Rihoy, E., & 'T Sas-Rolfes, M. (2020). Beyond banning wildlife trade: COVID-19, conservation and development. *World Development*, 136, 105121. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.105121>
- Rohr, J. R., Barrett, C. B., Civitello, D. J., Craft, M. E., Delius, B., DeLeo, G. A., Hudson, P. J., Jouanard, N., Nguyen, K. H., Ostfeld, R. S., Remais, J. V., Riveau, G., Sokolow, S. H., & Tilman, D. (2019a). Emerging human infectious diseases and the links to global food production. *Nature Sustainability*, 2(6), 445-456. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0293-3>
- Rohr, J. R., Barrett, C. B., Civitello, D. J., Craft, M. E., Delius, B., DeLeo, G. A., Hudson, P. J., Jouanard, N., Nguyen, K. H., Ostfeld, R. S., Remais, J. V., Riveau, G., Sokolow, S. H., & Tilman, D. (2019b). Emerging human infectious diseases and the links to global food production. *Nature Sustainability*, 2(6), 445-456. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0293-3>
- Rulli, M. C., Santini, M., Hayman, D. T. S., & D'Odorico, P. (2017). The nexus between forest fragmentation in Africa and Ebola virus disease outbreaks. *Scientific Reports*, 7(1), 41613. <https://doi.org/10.1038/srep41613>
- Rush, E. R., Dale, E., & Aguirre, A. A. (2021). Illegal Wildlife Trade and Emerging Infectious Diseases: Pervasive Impacts to Species, Ecosystems and Human Health. *Animals*, 11(6), 1821. <https://doi.org/10.3390/ani11061821>
- Samuels, A. M., Clark, E. H., Galdos-Cardenas, G., Wiegand, R. E., Ferrufino, L., Menacho, S., Gil, J., Spicer, J., Budde, J., Levy, M. Z., Bozo, R. W., Gilman, R. H., Bern, C., & Working Group on Chagas Disease in Bolivia and Peru. (2013). Epidemiology of and impact of

- insecticide spraying on Chagas disease in communities in the Bolivian Chaco. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 7(8), e2358. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0002358>
- Sánchez-Romero, M. I., García-Lechuz Moya, J. M., González López, J. J., & Orta Mira, N. (2019). Recogida, transporte y procesamiento general de las muestras en el laboratorio de Microbiología. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 37(2), 127-134. <https://doi.org/10.1016/j.eimc.2017.12.002>
- Santiago, A. (2018, febrero 6). Palma de aceite y la transfiguración del norte de Guatemala. *Avispa*. <https://avispa.org/palma-de-aceite-y-la-transfiguracion-del-norte-de-guatemala/>
- Schirpke, U., Marino, D., Marucci, A., & Palmieri, M. (2018). Positive effects of payments for ecosystem services on biodiversity and socio-economic development: Examples from Natura 2000 sites in Italy. *Ecosystem Services*, 34, 96-105. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.10.006>
- SEGEPLAN. (2013). *Plan de Desarrollo Integral, Petén 2032*.
- Sharma, R., Singh, P., Loughry, W. J., Lockhart, J. M., Inman, W. B., Duthie, M. S., Pena, M. T., Marcos, L. A., Scollard, D. M., Cole, S. T., & Truman, R. W. (2015). Zoonotic Leprosy in the Southeastern United States. *Emerging Infectious Diseases*, 21(12). <https://doi.org/10.3201/eid2112.150501>
- Shivaprakash, K. N., Sen, S., Paul, S., Kiesecker, J. M., & Bawa, K. S. (2021). Mammals, wildlife trade, and the next global pandemic. *Current Biology*, 31(16), 3671-3677.e3. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.06.006>
- Shriar, A. J. (2002). Food security and land use deforestation in northern Guatemala. *Food Policy*, 27(4), 395-414. [https://doi.org/10.1016/S0306-9192\(02\)00046-5](https://doi.org/10.1016/S0306-9192(02)00046-5)
- Skidmore, M. E., Moffette, F., Rausch, L., Christie, M., Munger, J., & Gibbs, H. K. (2021). Cattle ranchers and deforestation in the Brazilian Amazon: Production, location, and policies. *Global Environmental Change*, 68, 102280. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2021.102280>

- Soberanes, R. (2018, agosto 15). La falta de control entre Guatemala y Belice beneficia a los traficantes de especies silvestres. *Mongabay*.
<https://es.mongabay.com/2018/08/traficantes-especies-silvestres-guatemala-belice/>
- Sokolow, S. H., Jones, I. J., Jocque, M., La, D., Cords, O., Knight, A., Lund, A., Wood, C. L., Lafferty, K. D., Hoover, C. M., Collender, P. A., Remais, J. V., Lopez-Carr, D., Fisk, J., Kuris, A. M., & De Leo, G. A. (2017). Nearly 400 million people are at higher risk of schistosomiasis because dams block the migration of snail-eating river prawns. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 372(1722), 20160127. <https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0127>
- Sokolow, S. H., Nova, N., Pepin, K. M., Peel, A. J., Pulliam, J. R. C., Manlove, K., Cross, P. C., Becker, D. J., Plowright, R. K., McCallum, H., & De Leo, G. A. (2019). Ecological interventions to prevent and manage zoonotic pathogen spillover. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 374(1782), 20180342. <https://doi.org/10.1098/rstb.2018.0342>
- Spernovasilis, N., Tsiodras, S., & Poulakou, G. (2022). Emerging and Re-Emerging Infectious Diseases: Humankind's Companions and Competitors. *Microorganisms*, 10(1), 98. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10010098>
- Stevens, C., Winterbottom, R., Springer, J., & Reytar, K. (2014). *Securing Rights, Combating Climate Change. How Strengthening Community Forest Rights Mitigates Climate Change*. World Resources Institute.
- Stevens, L., Monroy, M. C., Rodas, A. G., & Dorn, P. L. (2014). Hunting, Swimming, and Worshipping: Human Cultural Practices Illuminate the Blood Meal Sources of Cave Dwelling Chagas Vectors (*Triatoma dimidiata*) in Guatemala and Belize. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 8(9), e3047. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0003047>
- Stoto, M. A. (2014). Biosurveillance Capability Requirements for the Global Health Security Agenda: Lessons from the 2009 H1N1 Pandemic. *Biosecurity and Bioterrorism:*

Biodefense Strategy, Practice, and Science, 12(5), 225-230.

<https://doi.org/10.1089/bsp.2014.0030>

Tabish, S. A. (2009). Recent trends in emerging infectious diseases. *International Journal of Health Sciences*, 3(2), V-VIII.

Tamayo, J., Rodriguez-Camino, E., Hernanz, A., & Covaleda, S. (2022). Downscaled climate change scenarios for Central America. *Advances in Science and Research*, 19, 105-115.

<https://doi.org/10.5194/asr-19-105-2022>

Teillant, A., Gandra, S., Barter, D., Morgan, D. J., & Laxminarayan, R. (2015). Potential burden of antibiotic resistance on surgery and cancer chemotherapy antibiotic prophylaxis in the USA: A literature review and modelling study. *The Lancet Infectious Diseases*, 15(12), 1429-1437. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(15\)00270-4](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(15)00270-4)

Telle, O., Nikolay, B., Kumar, V., Benkimoun, S., Pal, R., Nagpal, B., & Paul, R. E. (2021). Social and environmental risk factors for dengue in Delhi city: A retrospective study. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 15(2), e0009024.

<https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0009024>

The Pew Charitable Trusts. (2017). *Alternatives to Antibiotics in Animal Agriculture*.

The Review on Antimicrobial Resistance. (2014). *Antimicrobial Resistance: Tackling a crisis for the health and wealth of nations*.

Toner, E. S., Nuzzo, J. B., Watson, M., Franco, C., Sell, T. K., Cicero, A., & Inglesby, T. V.

(2011a). Biosurveillance Where It Happens: State and Local Capabilities and Needs.

Biosecurity and Bioterrorism: Biodefense Strategy, Practice, and Science, 9(4), 321-330.

<https://doi.org/10.1089/bsp.2011.0049>

Toner, E. S., Nuzzo, J. B., Watson, M., Franco, C., Sell, T. K., Cicero, A., & Inglesby, T. V.

(2011b). Biosurveillance Where It Happens: State and Local Capabilities and Needs.

Biosecurity and Bioterrorism: Biodefense Strategy, Practice, and Science, 9(4), 321-330.

<https://doi.org/10.1089/bsp.2011.0049>

- Tong, S., Li, Y., Rivaller, P., Conrardy, C., Castillo, D. A. A., Chen, L.-M., Recuenco, S., Ellison, J. A., Davis, C. T., York, I. A., Turmelle, A. S., Moran, D., Rogers, S., Shi, M., Tao, Y., Weil, M. R., Tang, K., Rowe, L. A., Sammons, S., ... Donis, R. O. (2012). A distinct lineage of influenza A virus from bats. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *109*(11), 4269-4274. <https://doi.org/10.1073/pnas.1116200109>
- TRAFFIC. (2009). *Análisis de Vacíos y Necesidades para el Control del Comercio de Vida Silvestre en los países parte del CAFTA-DR*.
- Utermohlen, M., & Baine, P. (2018). *In Plane Sight: Wildlife Trafficking in the Air Transport Sector*. ROUTES Partnership.
- Van Boeckel, T. P., Glennon, E. E., Chen, D., Gilbert, M., Robinson, T. P., Grenfell, B. T., Levin, S. A., Bonhoeffer, S., & Laxminarayan, R. (2017). Reducing antimicrobial use in food animals. *Science*, *357*(6358), 1350-1352. <https://doi.org/10.1126/science.aao1495>
- Van Boeckel, T. P., Pires, J., Silvester, R., Zhao, C., Song, J., Criscuolo, N. G., Gilbert, M., Bonhoeffer, S., & Laxminarayan, R. (2019). Global trends in antimicrobial resistance in animals in low- and middle-income countries. *Science*, *365*(6459), eaaw1944. <https://doi.org/10.1126/science.aaw1944>
- vonHedemann, N. (2020). Transitions in Payments for Ecosystem Services in Guatemala: Embedding Forestry Incentives into Rural Development Value Systems. *Development and Change*, *51*(1), 117-143. <https://doi.org/10.1111/dech.12547>
- Vora, N. M., Hannah, L., Walzer, C., Vale, M. M., Lieberman, S., Emerson, A., Jennings, J., Alders, R., Bonds, M. H., Evans, J., Chilukuri, B., Cook, S., Sizer, N. C., & Epstein, J. H. (2023). Interventions to Reduce Risk for Pathogen Spillover and Early Disease Spread to Prevent Outbreaks, Epidemics, and Pandemics. *Emerging Infectious Diseases*, *29*(3), 1-9. <https://doi.org/10.3201/eid2903.221079>
- Vorlaufer, T., Falk, T., Dufhues, T., & Kirk, M. (2017). Payments for ecosystem services and agricultural intensification: Evidence from a choice experiment on deforestation in

- Zambia. *Ecological Economics*, 141, 95-105.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.05.024>
- WHO. (2001). *WHO Global Strategy for Containment of Antimicrobial Resistance* (WHO/CDS/CSR/DRS/2001.2).
- 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), 20180403.
<https://doi.org/10.1098/rsif.2018.0403>
- Willman, D. (2023). The US quietly terminates a controversial \$125m wildlife virus hunting programme amid safety fears. *BMJ*, p2002. <https://doi.org/10.1136/bmj.p2002>
- Wolfe, N. D., Dunavan, C. P., & Diamond, J. (2007). Origins of major human infectious diseases. *Nature*, 447(7142), 279-283. <https://doi.org/10.1038/nature05775>
- World Bank. (2018). *Guatemala's Water Supply, Sanitation, and Hygiene Poverty Diagnostic*. Washington, DC: Banco Mundial. <https://doi.org/10.1596/29454>
- World Health Organization. (2005). *Combating Emerging Infectious Diseases in the South-East Asia Region*.
- World Health Organization, Food and Agriculture Organization of the United Nations, & World Organisation for Animal Health. (2019). *Taking a multisectoral, one health approach: A tripartite guide to addressing zoonotic diseases in countries*. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/325620>
- Xu, Y., Lewandowski, K., Downs, L. O., Kavanagh, J., Hender, T., Lumley, S., Jeffery, K., Foster, D., Sanderson, N. D., Vaughan, A., Morgan, M., Vipond, R., Carroll, M., Peto, T., Crook, D., Walker, A. S., Matthews, P. C., & Pullan, S. T. (2021). Nanopore metagenomic sequencing of influenza virus directly from respiratory samples: Diagnosis, drug resistance and nosocomial transmission, United Kingdom, 2018/19 influenza season. *Eurosurveillance*, 26(27), 2000004.

<https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2021.26.27.2000004>

Yano, T., Phornwisetsirikun, S., Susumpow, P., Visrutaratna, S., Chanachai, K., Phetra, P., Chaisowwong, W., Trakarnsirinont, P., Hemwan, P., Kaewpinta, B., Singhapreecha, C., Kreausukon, K., Charoenpanyanet, A., Robert, C. S., Robert, L., Rodtian, P., Mahasing, S., Laiya, E., Pattamakaew, S., ... Srikitjakarn, L. (2018). A Participatory System for Preventing Pandemics of Animal Origins: Pilot Study of the Participatory One Health Disease Detection (PODD) System. *JMIR Public Health and Surveillance*, 4(1), e25. <https://doi.org/10.2196/publichealth.7375>

Yassif, J., O'Prey, K., & Isaac, C. (2021). *Strengthening Global Systems to Prevent and Respond to High-Consequence Biological Threats*. NTI Bio.

Yazici, T. (2022). A proposal for the usage of reconnaissance satellites to monitor international human and wildlife trafficking hotspots. *Acta Astronautica*, 195, 77-85. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2022.02.012>

Zhao, Z., Han, M., Yang, K., & Holbrook, N. J. (2022). *Signatures of Midsummer Droughts Over Central America and Mexico* [Preprint]. In Review. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1512893/v1>

Zurita, C., Tercero, M., Lautier, L., Rosales, S., & Aguilar, I. (2020). *Perfil urbano de Guatemala. Análisis del crecimiento de áreas urbanas*.