

# Desplazando escalas y temporalidades: desafíos socioecológicos del Antibioceno al debate ambiental

**Cristián Navarrete**

Pontificia Universidad Católica, Chile  
cristian.navarrete@alumni.uc.cl

DOI: 10.32995/0719-64232024v10n19-159

# Desplazando escalas y temporalidades: desafíos socioecológicos del Antibioceno al debate ambiental

Cristián Navarrete

## RESUMEN

Dentro de la tendencia sociológica por la atención a los problemas ambientales globales, este artículo explora las lecciones que tiene el “Antibioceno” para el debate tradicional sobre el Antropoceno. El “Antibioceno” refiere a una época caracterizada por la creciente resistencia a los antibióticos con causas antropogénicas. Los antibióticos son una tecnología que busca detener o eliminar el crecimiento bacteriano en un individuo, sin embargo, por diversos hechos microbiológicos estas tecnologías con objetivo individual tienen un efecto colectivo. Más allá, la conjunción histórica de los antibióticos con los procesos de industrialización del siglo pasado ha generado que la escala de la resistencia a antibióticos sea proporcional a la escala de las relaciones industriales, es decir, global. Este es un fenómeno que requiere mayor atención por la sociología, en tanto lleva a la especificación, ampliación o moderación de argumentos comunes en el debate sobre el Antropoceno. Específicamente, conduce a reconsiderar la invocación de largas temporalidades en el debate, a aceptar y ampliar la invitación de *geologizar* lo social, así como a una moderación de la crítica tecnocientífica. Todo lo cual tiene implicancias para la disciplina y el actuar político frente a la resistencia antibiótica.

## PALABRAS CLAVE

Resistencia a los antibióticos, socioecología, Antropoceno, Antibioceno, crisis ambiental

# Shifting scales and temporalities: Socioecological challenges from the Antibiocene to the environmental debate

**Cristián Navarrete**

## **ABSTRACT**

Within a sociological trend towards attention to global environmental problems, this article explores the lessons the “Antibiocene” can offer to the traditional debate on the Anthropocene. The “Antibiocene” refers to an era characterized by the increasing resistance to antibiotics with anthropogenic causes. Antibiotics are a technology aimed at stopping or eliminating bacterial growth in an individual. However, due to various microbiological factors, these technologies with individual objectives have a collective effect. Furthermore, the historical conjunction of antibiotics with the industrialization processes of the last century has led to the scale of antibiotic resistance being proportional to the scale of industrial relations, that is, global. This is a phenomenon that requires greater attention from sociology, as it leads to the specification, expansion, or moderation of common arguments in the Anthropocene debate. Specifically, it leads to reconsidering the invocation of long temporalities in the debate, to accepting and expanding the invitation to geologize the social, as well as to a moderation of the techno-scientific critique. All of which has implications for the discipline and political action in the face of antibiotic resistance.

## **KEYWORDS**

Antibiotic resistance, socioecology, Anthropocene, Antibiocene, environmental crisis

## INTRODUCCIÓN

La vida contemporánea está acechada por múltiples crisis ambientales. Estas crisis incluyen fenómenos como el cambio climático, cambios en los ciclos biogeoquímicos y la pérdida de biodiversidad (Malhi, 2017). Aunque involucran distintas causas y actores, suelen agruparse bajo el concepto del Antropoceno para indicar su naturaleza global y multifacética, así como sus orígenes humanos y el sentido de la rápida alteración del funcionamiento del planeta.

Originalmente, el Antropoceno fue planteado como un concepto que captura la magnitud de los efectos humanos en múltiples elementos del sistema Tierra (Crutzen, 2002; Crutzen y Stoermer, 2000). Después, se conceptualizó como una época geológica, lo que dio lugar a un debate científico propio (Lewis y Maslin, 2015; Zalasiewicz *et al.*, 2008). Desde entonces, ha sido parte de la discusión multidisciplinaria acerca de la relación entre la acción humana y las actuales crisis ambientales, suscitando intensas críticas y revalorizaciones del concepto (Demos, 2017; Lorimer, 2017; Malm y Hornborg, 2014; Tsing *et al.*, 2019). Más allá de esta heterogeneidad de perspectivas, el debate se ha caracterizado por abordar el cambio climático y la preocupación geológica como claves para entender el Antropoceno. En este sentido, se destacan los desafíos de *escala y tiempo* (Chernilo, 2021; Tironi y Undurraga, 2023): los cambios globales (aunque desiguales), el tiempo profundo de los cambios geológicos y, por último, los cambios relativamente rápidos de las instituciones sociales.

Recientemente, el problema ambiental asociado con el uso de antibióticos y la creciente resistencia a estos ha dado lugar al concepto de “Antibioceno” (Kirchhelle, 2023): una época geológica caracterizada por el explosivo aumento planetario de diversas exposiciones antimicrobianas antropogénicas. Es decir, una época en que el gran aumento de moléculas que eliminan o inhiben microorganismos se explica por la acción humana que, por ende, ha dejado su rastro en la biología global del sistema Tierra. La resistencia a los antibióticos (RAB, de ahora en adelante) es una amenaza crítica para la salud pública global del siglo XXI (OMS, 2016; Murray *et al.*, 2022), ya que estos medicamentos son fundamentales en la medicina moderna, la industria animal y las relaciones humanas (Chandler, 2019).

Sin embargo, la atención de las ciencias sociales a este fenómeno ha sido sustancialmente menor en comparación con otros problemas ecológicos contemporáneos, como por ejemplo el cambio climático (Frid-Nielsen *et al.*, 2019; Lu *et al.*, 2022). Esto es relevante dado que la escala y la temporalidad de las bacterias son completamente distintas a las geológicas y humanas. Lo que lleva a preguntarse: ¿qué lecciones puede aportar el “Antibioceno” al debate tradicional sobre el Antropoceno?

Para entender las (dis)continuidades que abre el concepto propuesto, este artículo busca situar la RAB como uno de los fenómenos socioecológicos partícipes de la crisis ambiental y el Antropoceno. Para ello, en primer lugar, describiré sus principales características. En segundo lugar, delinearé los puntos de encuentro y divergencia entre el problema de la destrucción ambiental a causa del cambio climático y la RAB. Con esto, sugeriré argumentos sobre el Antropoceno que deben ser extendidos o rearticulados a la luz de esta nueva perspectiva. Finalmente, exploraré algunas de las consecuencias de estos argumentos para el estudio empírico de la RAB y su relación con problemas clásicos de la sociología.

## LAS DINÁMICAS DE LA RESISTENCIA A LOS ANTIBIÓTICOS

Los antibióticos son un objeto sociológico por excelencia dado su carácter de tecnología pensada para la intervención en el cuerpo individual que, sin embargo, tiene un efecto colectivo y, en conjunto con los procesos de industrialización, incluso global (Landecker, 2016). Por lo tanto, se mueven entre el plano material, individual, colectivo y global que caracteriza las preocupaciones de las ciencias sociales desde sus inicios. Así, la RAB incluye distintos tipos de dinámicas asociadas a las particularidades de cada actor y su relación, las cuales pueden distinguirse debido a las temporalidades y elementos que distinguen el proceso de cambio de los actores, es decir, su historia (Landecker, 2024).

Los antibióticos operan a través de diferentes mecanismos, inhibiendo la producción de la pared celular y la síntesis de proteínas, bloqueando la actividad de enzimas, la replicación de ADN o el metabolismo de las bacterias (Mancuso *et al.*, 2021). La resistencia a los antibióticos se refiere a procesos de mutación en los que las bacterias adquieren nuevas funciones que les permiten resistir a estos medicamentos (Munita y Arias, 2016). Esto representa un grave problema, pues los antibióticos posibilitan una serie de operaciones fundamentales tanto en la medicina como en la vida social contemporánea.

Los antibióticos son solo un subconjunto humanamente “creado” de los antimicrobianos existentes. Cuando se habla de RAB, por lo tanto, nos referimos a un tipo específico de resistencia que ocurre cuando ciertos microorganismos ya no son susceptibles a antibióticos que anteriormente eran eficaces. Esta resistencia puede surgir por una mutación genética (transmisión vertical) o por la adquisición de genes externos mediante el contacto con otras bacterias (transmisión horizontal) (Munita y Arias, 2016).

Analíticamente, esto es lo que podría llamarse el *plano biológico* de la resistencia a los antimicrobianos. La dinámica de las bacterias se explica

aquí por el surgimiento de mecanismos genéticos o su traspaso entre bacterias, es decir, por los movimientos intra o inter-bacterianos. En este contexto, es común sostener que la resistencia es una respuesta evolutiva natural de las bacterias frente a presiones selectivas y su interacción. Sin embargo, la RAB no ocurre solo debido a esa evolución natural, como si las bacterias fueran un ente aislado.

La transmisión horizontal de genes entre bacterias es uno de los conductores más relevantes de su evolución y uno de los más frecuentes en la generación de resistencia (Munita y Arias, 2016). Esta transferencia, facilitada por elementos genéticos móviles como plásmidos y transposones, hace que el uso de un antibiótico en un individuo pueda llevar a la emergencia de un gen de resistencia y su rápido traslado al colectivo microbiano y humano con el que este interactúa, lo que ha dado lugar al término *resistoma*: el conjunto dinámico de genes que potencialmente pueden conferir mecanismos de resistencia y que opera como un recurso compartido entre bacterias (D'Costa *et al.*, 2007; Wright, 2007). Este concepto resalta que la resistencia puede generarse por bacterias más allá del limitado conjunto de genes clínicamente aislados, que en realidad representa solo una pequeña proporción (Gillings *et al.*, 2017).

Históricamente, el paso de la preocupación por la RAB como un evento aislado de fallo terapéutico, debido a la naturaleza misma de las bacterias, a un entendimiento de esta como una cuestión ambiental coincidió con el descubrimiento de elementos genéticos móviles en 1960 (Gradmann y Kirchhelle, 2023; Kirchhelle, 2018; Landecker, 2016). Este hallazgo marcó un punto de inflexión en la comprensión de la resistencia a los antibióticos, desplazando el foco desde eventos aislados hacia su conexión con múltiples actores y trasladándonos a una *dinámica ecológica de la resistencia*. Por ejemplo, un evento aparentemente individual, como el uso de antibióticos en un paciente, es en realidad un fenómeno colectivo que puede afectar la ecología microbiana del hospital, la ciudad e incluso extenderse globalmente a través de vuelos comerciales.

Lo anterior es precisamente el punto de Landecker (2016) cuando afirma que las terapias clínicas individuales son en realidad eventos ambientales y que la *escala* de la resistencia corresponde a la *escala* de la producción masiva de antibióticos. Por lo tanto, debemos comprender la RAB como un problema ecológico del capitalismo tardío, un problema que se inscribe en el contexto más amplio del Antropoceno. Los procesos de industrialización del siglo pasado han favorecido la producción masiva de antibióticos y su uso indiscriminado en humanos, animales y agricultura (Chatterjee *et al.*, 2018; Holmes *et al.*, 2016; Munita y Arias, 2016; Orzech y Nichter, 2008), creando las condiciones ideales para la emergencia y propagación de mecanismos de resistencia. Esto nos lleva al tercer punto analítico sobre el fenómeno abordado: la *sociología de la RAB* (Chandler *et al.*, 2016).

Actualmente, los países de ingresos medios y bajos presentan las mayores tasas de resistencia, mientras que los países de altos ingresos son los que tienen mayor tasa de consumo de antibióticos (Roope *et al.*, 2019). Esto se explica principalmente por características socioeconómicas en distintas localidades, como la infraestructura de saneamiento (Collignon *et al.*, 2018). De igual modo, la historia de la regulación del uso de antibióticos en la industria animal y humana resulta central para entender la situación que enfrentamos (Gradmann y Kirchhelle, 2023; Kirchhelle, 2018).

Así, los factores asociados a una mayor tasa de resistencia, como el uso excesivo de antibióticos en humanos, la falta de estructuras de saneamiento, la deficiente infraestructura hospitalaria y la desregulación del uso de antibióticos para promover el crecimiento en animales, son elementos que varían según la historia de cada país y sus relaciones internacionales. Por ejemplo, probablemente debido a la eficacia de sus sistemas de bienestar, los países escandinavos lograron introducir restricciones en el uso de antibióticos para promover el crecimiento animal desde 1977 en adelante (Kirchhelle, 2018), mientras que en Estados Unidos esas regulaciones encontraron resistencia por parte de la industria y el Congreso durante los noventa.



Por otra parte, dentro de los países es posible observar inequidades entre grupos de la población debido a su poder adquisitivo para responder a infecciones resistentes, costear antibióticos o tratamientos de última línea (Kirchhelle, 2023). También se observan mayores tasas de resistencia en localidades con peor infraestructura comunitaria (Allel *et al.*, 2023). Además, se debe prestar atención a los efectos indirectos y multi-generacionales en sitios de vulnerabilidad social y alta exposición a antimicrobianos (Ishaq *et al.*, 2021). Estos sitios de hiperexposición, como vertederos, hospitales e instituciones farmacéuticas, son relevantes porque presentan altos índices de contaminación antibiótica y grandes cantidades de genes de resistencia que pueden resultar perjudiciales para la salud (Anand *et al.*, 2021; Kirchhelle, 2023).

Esta huella antimicrobiana humana nos conduce a las *dinámicas globales* de las asociaciones humano-antibióticas. Como sostiene Kirchhelle (2023, p. 3, traducción propia), nos encontramos en una era “caracterizada por el aumento planetario explosivo y la persistencia de múltiples exposiciones antropogénicas a antimicrobianos”: el “Antibioceno”. Las consecuencias de esta serie de eventos biológicos e históricos son que el mundo contemporáneo presenta una *Biología Antropogénica* (Landecker, 2024), una situación en la que el desarrollo del conocimiento científico y su relación con los esfuerzos de industrialización y control de la vida han alterado los procesos biológicos del planeta. De esta forma, la masificación y solidificación de los antibióticos en las estructuras básicas de la medicina, la alimentación y las relaciones sociales (Chandler, 2019) han llevado a un cambio acelerado en los genes de las bacterias a escala global.

Con ello, las relaciones entre antibióticos, bacterias, humanos y sistemas sociales hacen que la RAB sea un asunto tanto biológico como ecológico y sociológico. De igual forma, muestra que el estudio de la resistencia antibiótica no debe concentrarse solo en la experiencia clínica del fallo terapéutico de un antibiótico (Kirchhelle, 2023), sino que debe entenderse también como un problema ambiental. En definitiva, hemos cambiado el

ambiente microbiano y humano, provocando que las mismas drogas “milagrosas” que utilizamos para hacer proliferar cierta vida pongan ahora en cuestión la manera en que vivimos.

## EL PROBLEMA INTERACTIVO DE DINÁMICAS HETEROGÉNEAS

Si bien he argumentado que existen distintas dinámicas entrelazadas en el problema de la RAB, la relación entre microbios, humanos, antibióticos y sistemas sociales que ha generado el “Antibioceno” sugiere que no es adecuado considerar estas dinámicas por separado (c.f. Latour, 1990). Dicho de otro modo, la biología de las bacterias resistentes es, a su vez, una cuestión sociológica, y viceversa.

Estudiar el “Antibioceno” implica no tratar las dinámicas antes descritas como cuestiones estrictamente separadas. Sin embargo, esto no significa que esas dinámicas operen al “mismo tiempo” o que no sea posible diferenciarlas analítica y empíricamente. El tiempo de acción “biológico” es distinto del “social”. Algunas bacterias pueden reproducirse cada 20 minutos en laboratorios y cada 15 horas en el ambiente (Gibson *et al.*, 2018), mientras que la formación y declive de los procesos de industrialización tienen una duración sustancialmente mayor. Aunque podamos hablar de instituciones y bacterias que *resisten*, los procesos y mecanismos que esto designa son diferentes y debemos atender a esas diferencias.

Siguiendo a Latour (1990), esto conlleva a que hacer socioecología de los antibióticos no es simplemente añadir “lo social” a un fenómeno biológico. Por el contrario, hacer socioecología de la RAB significa encontrar la creatividad teórico-metodológica para abordar la imbricación de las múltiples dinámicas del problema. Sin embargo, en contraste con Latour (2020a, 2020b), dado que la resistencia es explicada por la conjunción de dinámicas heterogéneas, se trata de un suceso *emergente*. No en el sentido de que “niveles inferiores” (las bacterias o humanos) llevan por algún moti-

vo a la creación de “niveles superiores” (la resistencia global o instituciones), sino como un fenómeno donde actores con *dinámicas, temporalidades* y *escalas* distintivas se asocian para estabilizar una propiedad o comportamiento dentro de un sistema (Navarrete y Fryer, 2024). Esto no implica la “creación milagrosa” (Latour, 2020b, p. 287) de una estructura irreducible, ya que la estabilidad del fenómeno de interés (la resistencia en este caso) es completamente explicable por los actores y sus particulares formas de asociación, temporalidades y dinámicas.

Esquemáticamente, si delimitamos un sistema en el que queremos explicar el surgimiento de mecanismos de resistencia, la red de asociaciones que constituye ese sistema se dividirá en *clusters* superpuestos, donde los grupos de actores tienden a moverse y asociarse de maneras distintivas. De modo que la emergencia de mecanismos de resistencia se explica por la interacción de actores a distintas *escalas*, con propiedades que operan a diferentes *temporalidades* y formas de asociación (véase Navarrete y Fryer, 2024). Por ejemplo, aunque tanto bacterias como leyes requieren de humanos para *movilizarse*, la reproducción de bacterias es más rápida y ocurre por mecanismos distintos a la producción de marcos reguladores de uso de antibióticos en animales.

El trabajo de Kirchhelle *et al.* (2019) resulta ilustrativo de las dinámicas heterogéneas que están en juego en la RAB. Utilizando metodologías históricas y genéticas, mostraron que la divergencia evolutiva en *Salmonella Typhi* se explica por el aumento global en el uso de antibióticos durante la década de los sesenta y el descuido en su control. Desde 1960 en adelante, se observó una cantidad progresiva de aislados de *S. Typhi* resistentes a múltiples antibióticos. Durante ese período, comentaristas en países de altos ingresos comenzaron a resaltar el carácter “antiguo” de la fiebre tifoidea y a asociarla con las condiciones “poco desarrolladas” de países de bajos ingresos. Así, la enfermedad y su resistencia múltiple empezaron a ser tratadas como un problema de bioseguridad que debía ser detenido en las fronteras, en lugar de un desafío colectivo que requería la mejora de sistemas de

vigilancia, saneamiento y salud en países de bajos ingresos. Esta situación se intensificó durante los setenta con el brote explosivo de *S. Typhi* resistente en Centroamérica, India y Vietnam.

Hacia 1980, el esfuerzo internacional se centró en el control biotecnológico vertical mediante vacunas y terapias de rehidratación oral. Junto con mejores diagnósticos y nuevas vacunas, esto generó un optimismo compartido en torno al control global de la fiebre tifoidea (Kirchhelle *et al.*, 2019). Sin embargo, en la década de los noventa este optimismo, combinado con la baja prioridad de la enfermedad respecto a otras más letales, el aumento del costo de las vacunas y las capacidades de vigilancia limitadas en zonas endémicas, llevó a que se infravaloraran los brotes aparentemente esporádicos de bacterias multirresistentes. Mientras tanto, en los países de bajos ingresos las cargas de resistencia a antibióticos eran prácticamente invisibles debido a la falta de recursos para su detección. Esta imagen epidemiológica y microbiológica comenzó a cambiar a fines los noventa con el surgimiento de nuevas tecnologías de secuenciación de ADN y esfuerzos posteriores de control.

En general, la fiebre tifoidea parece haber sido controlada en localidades que implementaron medidas de vacunación y mejoraron las infraestructuras ambientales de saneamiento (Feasey *et al.*, 2015; Gauld *et al.*, 2018; Marks *et al.*, 2017). Como muestra Kirchhelle *et al.* (2019), el surgimiento y evolución de *S. Typhi* multirresistente se explica en parte por procesos de regulación y por los marcos políticos creados para abordar la enfermedad, así como por las condiciones socioeconómicas que permiten el financiamiento de infraestructuras de saneamiento, vacunación y generación de evidencia científica.

## **(DIS)CONTINUIDADES DE LA DESTRUCCIÓN AMBIENTAL**

El concepto de Antropoceno ha sido utilizado de múltiples maneras (Lorimer, 2017; Tironi y Undurraga, 2023), ya sea de forma crítica o incluso

rechazándose (Demos, 2017; Malm y Hornborg, 2014). Sin embargo, precisamente debido a esta variabilidad es posible sostener que el concepto denomina un conjunto de crisis ecológicas antropogénicas que caracterizan la época presente y cuestionan la habitabilidad misma del planeta. Más aún, pese a dicha variabilidad parece posible señalar ciertas características clave del Antropoceno: (1) se refiere a fenómenos ecológicos de escala global y con origen humano; (2) aun cuando su escala es global, las causas y efectos negativos están distribuidos desigualmente; (3) esto se explica por la historia global y local de los procesos de industrialización; (4) pone en cuestión la relación entre naturaleza y sociedad; y (5) tensiona las soluciones políticas individuales o meramente tecnocientíficas.

Una de las crisis ecológicas que más ha llamado la atención política y académica es el cambio climático. Como muestra el último informe del IPCC (2023), este continuará incrementándose en el corto plazo (2021-2040) debido al aumento acumulativo de emisiones de CO<sub>2</sub>. Es probable que en se superen los 1.5°C sobre los niveles preindustriales, incluso en los escenarios más optimistas. Transformaciones profundas y rápidas podrían llevar a la mitigación sustantiva de efectos negativos en torno a dos décadas más. No obstante, hemos alcanzado un punto en el que múltiples riesgos que interactúan entre sí son ahora inevitables o irreversibles. Esto incluye cambios en el sistema climático que se caracterizan por su larga escala de tiempo de variación, como el aumento en el nivel del mar, que podría mantenerse por miles de años y llevar a la extinción de especies o a la pérdida irreversible de biodiversidad.

Esta crisis ambiental ha sido causada principalmente por la emisión de gases de efecto invernadero (IPCC, 2023), que suele asociarse con la Revolución Industrial y los procesos de industrialización que comenzaron alrededor de 1750 en adelante, los cuales han tenido un rápido aunque desigual efecto global sobre los sistemas terrestres (McNeill y Engelke, 2014; Tsing, 2016; Tsing *et al.*, 2019). Específicamente, debe notarse que, aunque la Revolución Industrial marcó el inicio del uso a gran escala de nuevas

fuentes de energía y combustibles fósiles, los grandes cambios en el sistema Tierra asociados al Antropoceno empiezan hacia 1950, después de la Segunda Guerra Mundial (Steffen *et al.*, 2015). Este momento marcó una rápida aceleración en el sistema socioeconómico global hasta al menos 2010, en aspectos como población, inversión, consumo de fertilizantes, uso de agua, producción de papel, transporte, telecomunicaciones y producto interno bruto (PIB). Esta aceleración se asocia con cambios rápidos en el sistema Tierra, tales como concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono, óxido nitroso, metano, pérdida de ozono, temperatura, acidificación del océano, toneladas de peces capturados, pérdida de bosques tropicales, porcentaje de tierra domesticada y degradación de la biosfera.

Si bien el alcance de los efectos negativos del cambio climático es potencialmente de escala planetaria, estos no están distribuidos de forma equitativa. Los efectos negativos afectarán más a ciertas localidades debido a su geografía y a las condiciones materiales en las que poblaciones históricamente desfavorecidas tienden a vivir (IPCC, 2023). Esto plantea un problema distributivo. Precisamente, aunque el mayor aumento de la población entre 1950 y 2010 se ha dado en países no pertenecientes a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), la economía mundial (medida en PIB) sigue estando dominada por los países de esa organización (Steffen *et al.*, 2015). De igual modo, aunque ha habido un giro hacia la producción en naciones BRICS, la mayor parte de la actividad económica se mantiene en los países de la OCDE. Por lo tanto, la mayor parte del efecto del consumo económico en el sistema Tierra proviene de estos países.

Aunque las ciencias sociales le han prestado menor atención (Frid-Nielsen *et al.*, 2019; Lu *et al.*, 2022), esto también es cierto para el “Antibioceno”. La resistencia antimicrobiana es anterior a la creación de los antibióticos, pero la RAB en su estado actual es el resultado de la escala de los procesos de industrialización y (des)regulación del uso de antibióticos (Gradmann y Kirchhelle, 2023; Landecker, 2016). Desde la introducción

de los primeros antibióticos de amplio espectro en 1935, su uso se expandió durante la Segunda Guerra Mundial y se globalizó con el flujo de alimentos, marcando el inicio de una producción y utilización a gran escala desde comienzos de la segunda mitad del siglo XX.

Para 1950, se estima que las principales categorías de medicamentos recetados en Estados Unidos eran: 100 millones de dólares en hormonas, 150 millones en sulfonamidas, 200 millones en vitaminas y 250 millones en antibióticos (Landecker, 2016). Al mismo tiempo, diversos países intentaban emular, importar o producir sus propias “drogas milagrosas” (Monnet, 2005; Lesch, 1993, 2007; Raper, 1952). Hacia 1970, el uso de antibióticos en la producción ya se había consolidado en países a ambos lados de la “Cortina de Hierro” y continuó expendiéndose, generando un aumento general en el consumo de antibióticos y en la resistencia antimicrobiana (RAB) hasta la fecha (Kirchhelle, 2018).

En América Latina, el proceso de sustitución de importaciones y la explosión en producción de grano y soja en Brasil entre 1968 y 1990 son ejemplares. En 2010, este país representaba el 9% del uso global de antibióticos en la agricultura (Van Boeckel *et al.*, 2015). Actualmente, es uno de los mayores productores de carne junto con Estados Unidos y China (OECD/FAO, 2024) y, entre los principales productores de la región, es el único que no cuenta con restricciones en el uso de antibióticos para la promoción del crecimiento animal, junto con Uruguay (Da Silva *et al.*, 2023).

Con esto, ambos fenómenos cuestionan las divisiones tradicionales entre “naturaleza” y “sociedad”. Ambas crisis ambientales afectan cada aspecto de la vida humana y no-humana, así como cada parte del globo (Chernilo, 2021). Una a través de la variabilidad climática, y la otra porque la pérdida de eficacia de los antibióticos implica prescindir de una tecnología fundamental para gran parte de las relaciones contemporáneas (Chandler, 2019).

Igualmente, tanto los factores antropogénicos que explican el cambio climático como la RAB, parecen relacionarse de algún modo con el intento

de controlar la vida (c.f. Tsing *et al.*, 2019). Como sostiene Lorimer (2020), esta aproximación al manejo de la vida bacteriana y humana se caracteriza por su intento de controlar *ecologías rebeldes*, que presentan formas de vida comunes en distintos lugares y que, en muchos casos, son necesarias para mantener otras funciones vitales. Por lo tanto, su control no solo es difícil y limitado, sino que muchas veces va en contra de las mismas funciones que se buscan lograr, como en el caso de la salud humana. Por ejemplo, la disrupción de la microbiota intestinal “saludable” causada por antibióticos de amplio espectro altera su composición y funciones (Matzaras *et al.*, 2022). Esto sugiere que las soluciones políticas a estos problemas tienen que ir más allá de los intentos de control tecnocientífico, que resultan limitados y contraproducentes.

Así, la RAB no es solo un fenómeno más dentro de las crisis ecológicas actuales, sino que, junto con el cambio climático, presenta características definitorias de lo que la literatura ha abarcado dentro del Antropoceno. Incluso, aunque todavía se requiere más evidencia, se ha mostrado que la RAB y el cambio climático no son fenómenos separados, dado que este último puede tener una serie de efectos indirectos sobre la primera (Mignano San Lio *et al.*, 2023). Específicamente, el aumento de la temperatura parece beneficiar la transmisión horizontal de genes, el crecimiento de ciertos patógenos, facilitar su transmisión a través de la reubicación de vectores y aumentar su infectividad (Rzymiski *et al.*, 2024). Por lo tanto, estas crisis no solo presentan continuidades analíticas substantivas, sino que probablemente también están interrelacionadas en sus dinámicas.

## DESAFÍOS DE LA RAB

Existen continuidades empíricas y teóricas relevantes entre el cambio climático y el “Antibioceno”. Sin embargo, los antibióticos y las bacterias no son el clima, y esto conlleva desafíos teóricos y normativos.



Frente al problema de la crisis ambiental, es común resaltar los procesos de larga data y su tiempo geológico, que “superan” los tiempos humanos (Chakrabarty, 2018; Clark y Gunaratnam, 2017; Tironi y Undurraga, 2023). Esto se relaciona con la definición del Antropoceno como una época geológica. Igualmente, este aspecto tiene sentido en relación con los elementos irreversibles y de larga data identificados por el IPCC (2023).

Sin embargo, este argumento es limitado si se busca definir el Antropoceno de forma más flexible, como los cambios que la acción humana agregada ha generado en el sistema Tierra, siendo esta ahora una de las mayores fuerzas de cambio de dicho sistema (Chernilo, 2021). Esto se debe a que el “Antibioceno” es uno de esos fenómenos, y, como se mostró, las bacterias tienen una temporalidad que es completamente distinta tanto a la humana como a la geológica. Como señala Kirchhelle (2023), la velocidad con la cual la vida microbiana se desarrolla y cambia implica que en tan solo una generación humana se puede experimentar la emergencia y diseminación global de microbios, genes y ecologías completamente nuevas. Esto lleva a una reconsideración de las múltiples temporalidades del Antropoceno.

Recientemente, se ha propuesto *geologizar* lo social debido a las lecciones del Antropoceno, con el objetivo de situar las relaciones humanas en su contexto geológico (Clark y Gunaratnam, 2017; Tironi y Undurraga, 2023). Esta invitación debe ser aceptada, pero también ampliada. Después de todo, la vida humana y los efectos del industrialismo en el sistema Tierra no se limitan a lo geológico y sus temporalidades. El “Antibioceno” nos sitúa “más acá” del tiempo profundo de la Tierra habitualmente destacado, y en “menor escala” en relación con los cambios de corto y mediano plazo asociados a la actividad humana.

En segundo lugar, las características de los antibióticos y las bacterias llevan a ciertas consideraciones normativas. En general, el abordaje político de la RAB ha consistido en respuestas tradicionales de corto plazo, orientadas a la innovación farmacéutica o al “uso racional de antibióticos” (Gradmann y Kirchhelle, 2023). Sin embargo, el carácter socioecológico

de la RAB cuestiona este enfoque farmacéutico-individual. Si los factores industriales y el uso infraestructural que caracteriza a los antibióticos se mantienen, ¿es posible evadir el problema de la RAB?

Este es un problema clásico en torno a los “arreglos tecnológicos” para problemas socioecológicos. A menudo se critica el pensamiento tecnocientífico y el dominio que busca ejercer sobre la naturaleza, viéndolos como generadores de la crisis ecológica y como distracciones que impiden considerar los cambios profundos que se requieren (Tironi y Undurraga, 2023). Sin embargo, la historia de la RAB implica ciertas moderaciones a dicha crítica.

Por una parte, es correcto sostener que la crisis ecológica nos ha llevado a repensar nuestras formas de relacionarnos con el mundo y de producir conocimiento. No obstante, en el caso de los antibióticos, es simultáneamente cierto que esta tecnología transformó el mundo y mejoró sustantivamente la medicina, pero que este esfuerzo de control se sabotea a sí mismo. También es cierto que la innovación farmacéutica por sí sola no es suficiente, y que el desarrollo de terapias alternativas a los antibióticos es una parte relevante de la solución al problema (Brives y Pourraz, 2020). Además, los antibióticos funcionan como *quick fixes* a problemas sociales en contextos donde los sistemas de sanidad, salud, cuidado y distribución de recursos fallan (Denyer Willis y Chandler, 2019). En lugares donde no es posible acceder a atención médica adecuada, un antibiótico puede funcionar como una solución temporal para ciertos problemas.

El problema de la RAB requiere formas más sofisticadas de innovación técnica, precisamente porque estamos *atrapados* en la dependencia de los antibióticos (c.f. Hodder, 2014), incluso si se logra regular su uso masivo. Por lo tanto, un simple cambio de enfoque disciplinar no es suficiente. Los antibióticos son parte integral de la infraestructura social contemporánea, y proponer un cambio total en esta infraestructura desde perspectivas alternativas del futuro resulta poco informativo para la acción en el presente. Por lo mismo, las innovaciones terapéuticas son fundamentales como parte de la solución.

De igual modo, debido a su conexión con el cambio climático (Mignano San lio *et al.*, 2023), la infraestructura para la adaptabilidad climática puede resultar clave para evitar brotes de bacterias resistentes. Por ejemplo, el calentamiento global provoca un aumento en la frecuencia de eventos climáticos extremos, que tienden a dañar la infraestructura de las aguas residuales que suelen ser reservorios de bacterias resistentes y contener trazos de antibióticos. Mejorar esta infraestructura en localidades que enfrentan mayores eventos climáticos extremos puede ser crucial para evitar desbordamientos de aguas no tratadas que promuevan el aumento de la resistencia a través de eventos de transmisión genética horizontal (Rzymiski *et al.*, 2024).

Ahora bien, esto no implica que las ciencias sociales carezcan de voz o soluciones. Es precisamente el hecho de que las bacterias cambian rápidamente y que uno de los mayores factores de presión selectiva es la ecología industrial y las diferencias socioeconómicas lo que sugiere que la búsqueda de equidad social pueda ser una de las soluciones más eficaces. Esto lleva no solo a abogar por un cambio disciplinar, sino también a movilizarse por el cambio de ecologías locales y sistemas sociales transnacionales que dependen de antibióticos. Aunque el efecto de estos cambios a corto y mediano plazo en la recuperación de la sensibilidad bacteriana sigue siendo una pregunta empírica abierta (Kirchhelle, 2023), lo cierto es que la vida microbiana y sus genes no son ajenos a la organización política humana, a pesar de que sigamos atrapados con los antibióticos.

Con todo esto, el concepto de “Antibioceno” nos invita a ampliar las *temporalidades* y *escalas* que el debate sobre el Antropoceno suele considerar. Lo hace a través de la especificidad de las bacterias como actores y de su interrelación con procesos nacionales y globales. Vivimos una época en que la biología global ha cambiado a causa del accionar humano y del uso estructural de los antibióticos en múltiples sistemas sociales a escala global. Aunque el cambio climático y los mecanismos de resistencia son considerablemente anteriores al humano, ambos se han acelerado explosivamente debido a los procesos socioeconómicos posteriores a la Segunda Guerra Mundial.

Así, el “Antibioceno” nos impulsa a atender no solo las particularidades de estas dinámicas, sino también cómo se interrelacionan. Por ejemplo, cómo bacterias que se caracterizan por su rápida reproducción pueden llegar a estabilizarse en tasas de resistencia global que han ido en aumento durante décadas. En el “Antibioceno”, lo altamente móvil y microscópico se estabiliza y masifica. Por ende, es una invitación a identificar particularidades de *escala y tiempo*, así como sus traducciones.

## CONCLUSIÓN

Este trabajo exploró las implicancias de la resistencia a antibióticos y el concepto de “Antibioceno” para el debate sobre el Antropoceno. En particular, argumenté que la RAB es un fenómeno socioecológico con características propias de las crisis ambientales contemporáneas. Así, el objetivo fue evaluar las (dis)continuidades entre el “Antibioceno” y la forma en que comúnmente se describe el Antropoceno.

En este problema interfieren diversas dinámicas que pueden ser diferenciadas analíticamente, pero que siempre están imbricadas entre sí. “Lo social” ha llevado a una condición ecológica en la que la RAB impera a escala global y cuestiona nuestras relaciones. Por otra parte, “lo biológico” ya es una cuestión social, dado que la acción humana agregada ha generado cambios globales en la biosfera microbiana. Más aún, es precisamente el hecho de que las bacterias y los antibióticos tengan ciertas características “biológicas” hace interesante la perspectiva sociológica, como sus mecanismos de transferencia genética horizontal y sus implicancias colectivas. Por otra parte, es la dinámica “social” en torno a los antibióticos la que estructura prácticamente todas las relaciones contemporáneas, haciendo que estos fenómenos biológicos y ecológicos merezcan atención. Sin embargo, distinguir estas dinámicas es útil, ya que permite prestar atención a las temporalidades, escalas de acción y propiedades de cada actor.

Con todo esto, la RAB se convierte en un problema ambiental similar al calentamiento global. Ambas comparten causas antropogénicas, vinculadas a los procesos de industrialización y desregulación del siglo pasado. Estas historias, a su vez, explican las diferencias en la distribución de las consecuencias negativas de ambos fenómenos y cuestionan la forma en que hacemos sociología y las distinciones que la disciplina emplea. Sin embargo, antibióticos y bacterias presentan diferencias importantes. Las bacterias tienen una temporalidad de cambio más acotada, lo que nos lleva a considerar fenómenos “más acá” de los cambios de largo plazo que caracterizan las épocas geológicas y algunos aspectos del cambio climático. Además, la efectividad antibiótica y su uso infraestructural en la vida humana requieren moderar la crítica a la innovación tecnocientífica, ya que esta forma parte fundamental de la solución al problema, al igual que el cambio de sistemas socioeconómicos y ecologías locales dependientes del uso de antibióticos.

Como señalan Tironi y Undurraga (2023), el Antropoceno no nos lleva a desechar las clásicas preocupaciones sociológicas, sino a rearticularlas. Desde sus inicios, la sociología ha estado marcada por contradicciones productivas entre lo particular y lo universal (Chernilo, 2016). En la base del argumento de este trabajo se encuentra una contradicción entre lo evitable y lo inevitable: los procesos de industrialización y la forma en que usamos los antibióticos, que podrían ser diferentes, y la selección de mecanismos de resistencia por parte de las bacterias, que es parte de su evolución “natural”. Puede que esta contradicción no sea completamente soluble teórica o normativamente, pero en ello también reside su productividad.

Esta contradicción nos invita a rearticular la imaginación sociológica (Mills, 2000) para considerar la individualidad e historia de las bacterias en relación con la biografía e historia humana. Esta imaginación también debe transformarse en artesanía. Hacer “socioecología de la RAB” implica aprender la dinámica biológica de las bacterias para estudiar sus implicancias sociales. Por lo tanto, necesitamos una imaginación ampliada y un nuevo conjunto de herramientas para abordar eventos particulares de cam-

bio sociobiológico. Y, como es clásico en la disciplina (Archer, 1995), estas herramientas deben responder a las dinámicas particulares de cada actor, así como ser capaces de identificar las responsabilidades relativas de cada uno en su actuar histórico. Humanos, bacterias, antibióticos y sistemas sociales están históricamente imbricados, pero sus *temporalidades, escalas y fuerzas* no son las mismas.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALLEL, K., LABARCA, J., CARVAJAL, C., GARCIA, P., CIFUENTES, M., SILVA, F., MUNITA, J. M. Y UNDURRAGA, E. A. (2023). Trends and socioeconomic, demographic, and environmental factors associated with antimicrobial resistance: A longitudinal analysis in 39 hospitals in Chile 2008–2017. *The Lancet Regional Health – Americas*, 21. <https://doi.org/10.1016/j.lana.2023.100484>
- ANAND, U., REDDY, B., SINGH, V. K., SINGH, A. K., KESARI, K. K., TRIPATHI, P., KUMAR, P., TRIPATHI, V. Y SIMAL-GANDARA, J. (2021). Potential Environmental and Human Health Risks Caused by Antibiotic-Resistant Bacteria (ARB), Antibiotic Resistance Genes (ARGs) and Emerging Contaminants (ECs) from Municipal Solid Waste (MSW) Landfill. *Antibiotics (Basel, Switzerland)*, 10(4), 374. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10040374>
- BRIVES, C. Y POURRAZ, J. (2020). Phage therapy as a potential solution in the fight against AMR: Obstacles and possible futures. *Palgrave Communications*, 6(1), Article 1. <https://doi.org/10.1057/s41599-020-0478-4>
- CHANDLER, C. I. R. (2019). Current accounts of antimicrobial resistance: Stabilisation, individualisation and antibiotics as infrastructure. *Palgrave Communications*, 5(1), 53. <https://doi.org/10.1057/s41599-019-0263-4>
- CHANDLER, C. I. R., HUTCHINSON, E. Y HUTCHISON, C. (2016). *Addressing Antimicrobial Resistance through Social Theory*. London School of Hygiene & Tropical Medicine.
- CHATTERJEE, A., MODARAI, M., NAYLOR, N. R., BOYD, S. E., ATUN, R., BARLOW, J., HOLMES, A. H., JOHNSON, A. Y ROBOTHAM, J. V. (2018). Quantifying drivers of antibiotic resistance in humans: A systematic

- review. *The Lancet Infectious Diseases*, 18(12), e368–e378. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(18\)30296-2](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(18)30296-2)
- CHERNILO, D. (2016). *Debating humanity: Towards a philosophical sociology*. Cambridge University Press. <https://library.oapen.org/handle/20.500.12657/31367>
- CHERNILO, D. (2021). One globalisation or many? Risk society in the age of the Anthropocene. *Journal of Sociology*, 57(1), 12–26. <https://doi.org/10.1177/1440783321997563>
- CLARK, N. Y GUNARATNAM, Y. (2017). Earthing the Anthropos? From ‘socializing the Anthropocene’ to geologizing the social. *European Journal of Social Theory*, 20(1), 146–163. <https://doi.org/10.1177/1368431016661337>
- COLLIGNON, P., BEGGS, J. J., WALSH, T. R., GANDRA, S. Y LAXMINARAYAN, R. (2018). Anthropological and socioeconomic factors contributing to global antimicrobial resistance: A univariate and multivariable analysis. *The Lancet Planetary Health*, 2(9), e398–e405. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(18\)30186-4](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(18)30186-4)
- CRUTZEN, P. J. Y STOERMER, EF. (2000). The Anthropocene. *Global Change Newsletter*, 41, 17–18.
- CRUTZEN, P.J. (2002). Geology of Mankind. *Nature*, 415(3), 23.
- D’COSTA, V. M., GRIFFITHS, E. Y WRIGHT, G. D. (2007). Expanding the soil antibiotic resistome: Exploring environmental diversity. *Current opinion in microbiology*, 10(5), 481–489.
- DEMOS, T. J. (2017). Against the anthropocene. *Visual Culture and Environment Today*, 132.
- DENYER WILLIS, L., Y CHANDLER, C. (2019). Quick fix for care, productivity, hygiene and inequality: Reframing the entrenched



problem of antibiotic overuse. *BMJ Global Health*, 4(4), e001590. <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2019-001590>

- FEASEY, N. A., GASKELL, K., WONG, V., MSEFULA, C., SELEMANI, G., KUMWENDA, S., ALLAIN, T. J., MALLEWA, J., KENNEDY, N., BENNETT, A., NYIRONO, J. O., NYONDO, P. A., ZULU, M. D., PARKHILL, J., DOUGAN, G., GORDON, M. A. Y HEYDERMAN, R. S. (2015). Rapid Emergence of Multidrug Resistant, H58-Lineage Salmonella Typhi in Blantyre, Malawi. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 9(4), e0003748. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0003748>
- FRID-NIELSEN, S. S., RUBIN, O. Y BAEKESKOV, E. (2019). The state of social science research on antimicrobial resistance. *Social Science y Medicine*, 242, 112596. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2019.112596>
- GAULD, J. S., HU, H., KLEIN, D. J. Y LEVINE, M. M. (2018). Typhoid fever in Santiago, Chile: Insights from a mathematical model utilizing venerable archived data from a successful disease control program. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 12(9), e0006759. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0006759>
- GIBSON, B., WILSON, D. J., FEIL, E. Y EYRE-WALKER, A. (2018). The distribution of bacterial doubling times in the wild. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 285(1880), 20180789. <https://doi.org/10.1098/rspb.2018.0789>
- GILLINGS, M. R., PAULSEN, I. T. Y TETU, S. G. (2017). Genomics and the evolution of antibiotic resistance. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1388(1), 92–107. <https://doi.org/10.1111/nyas.13268>
- GRADMANN, C., Y KIRCHHELLE, C. (2023). Pills and Politics: A Historical Analysis of International Antibiotic Regulation since 1945. En Rubin, O., Baekkeskov, E. y Munkholm, L. (Eds.). *Steering Against Superbugs* (1a ed., pp. 19–30). Oxford University Press. Oxford. <https://doi.org/10.1093/oso/9780192899477.003.0002>

- HODDER, I. (2014). The Entanglements of Humans and Things: A Long-Term View. *New Literary History*, 45(1), 19–36. <https://doi.org/10.1353/nlh.2014.0005>
- HOLMES, A. H., MOORE, L. S. P., SUNDSFJORD, A., STEINBAKK, M., REGMI, S., KARKEY, A., GUERIN, P. J. Y PIDDOCK, L. J. V. (2016). Understanding the mechanisms and drivers of antimicrobial resistance. *The Lancet*, 387(10014), 176–187. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)00473-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)00473-0)
- IPCC (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 35–115. <https://10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
- ISHAQ, S. L., PARADA, F. J., WOLF, P. G., BONILLA, C. Y., CARNEY, M. A., BENEZRA, A., ... & MORAR, N. (2021). Introducing the microbes and social equity working group: considering the microbial components of social, environmental, and health justice. *MSystems*, 6(4), 10–1128.
- KIRCHHELLE, C. (2018). Pharming animals: A global history of antibiotics in food production (1935–2017). *Palgrave Communications*, 4(1), 96. <https://doi.org/10.1057/s41599-018-0152-2>
- KIRCHHELLE, C. (2023). The Antibiocene – towards an eco-social analysis of humanity’s antimicrobial footprint. *Humanities and Social Sciences Communications*, 10(1), 619. <https://doi.org/10.1057/s41599-023-02127-6>
- KIRCHHELLE, C., DYSON, Z. A., Y DOUGAN, G. (2019). A Biohistorical Perspective of Typhoid and Antimicrobial Resistance. *Clinical Infectious Diseases: An Official Publication of the Infectious Diseases Society of America*, 69(S5), S388–S394. <https://doi.org/10.1093/cid/ciz556>

- LANDECKER, H. (2016). Antibiotic Resistance and the Biology of History. *Body y Society*, 22(4), 19–52. <https://doi.org/10.1177/1357034X14561341>
- LANDECKER, H. (2024). Life as Aftermath: Social Theory for an Age of Anthropogenic Biology. *Science, Technology, y Human Values*, 01622439241233946. <https://doi.org/10.1177/01622439241233946>
- LATOUR, B. (1990). Technology is Society Made Durable. *The Sociological Review*, 38(S1), 103–131. <https://doi.org/10.1111/j.1467-954X.1990.tb03350.x>
- LATOUR, B. (2020A). Composing the New Body Politic from Bits and Pieces. En Latour, B., Schaffer, S. y Gagliardi, P. (Eds.). *A Book of the Body Politic: Connecting Biology, Politics and Social Theory*, 19–38. Venice: Fondazione Giorgio Cini.
- LATOUR, B. (2020B). “Afterword: Politics - A Glimpse at Bodybuilding.” En Latour, B., Schaffer, S. y Gagliardi, P. (Eds.). *A Book of the Body Politic: Connecting Biology, Politics and Social Theory*, 285–302. Venice: Fondazione Giorgio Cini
- LESCH, J. E. (1993). Chemistry and biomedicine in an industrial setting: the invention of the sulfa drugs. En Mauskopf, S. H. (Ed.). *Chemical sciences in the modern world*, (pp. 158–215). University of Pennsylvania Press.
- LESCH, J. E. (2007). *The first miracle drugs: How the sulfa drugs transformed medicine*. Oxford University Press.
- LEWIS, S. L. Y MASLIN, M. A. (2015). Defining the anthropocene. *Nature*, 519(7542), 171–180.
- LORIMER, J. (2017). The Anthro-scene: A guide for the perplexed. *Social Studies of Science*, 47(1), 117–142. <https://doi.org/10.1177/0306312716671039>

- LORIMER, J. (2020). *The probiotic planet: Using life to manage life*. University of Minnesota Press.
- LU, J., SHELDENKAR, A. Y LWIN, M. O. (2020). A decade of antimicrobial resistance research in social science fields: A scientometric review. *Antimicrobial Resistance y Infection Control*, 9(1), 178. <https://doi.org/10.1186/s13756-020-00834-2>
- MAGNANO SAN LIO, R., FAVARA, G., MAUGERI, A., BARCHITTA, M. Y AGODI, A. (2023). How Antimicrobial Resistance Is Linked to Climate Change: An Overview of Two Intertwined Global Challenges. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/ijerph20031681>
- MALHI, Y. (2017). The Concept of the Anthropocene. *Annual Review of Environment and Resources*, 42(Volume 42, 2017), 77–104. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-102016-060854>
- MALM, A., Y HORNBERG, A. (2014). The geology of mankind? A critique of the Anthropocene narrative. *The Anthropocene Review*, 1(1), 62–69. <https://doi.org/10.1177/2053019613516291>
- MANCUSO, G., MIDIRI, A., GERACE, E. Y BIONDO, C. (2021). Bacterial Antibiotic Resistance: The Most Critical Pathogens. *Pathogens*, 10(10), 1310. <https://doi.org/10.3390/pathogens10101310>
- MARKS, F., KALCKREUTH, V. VON, AABY, P., ADU-SARKODIE, Y., TAYEB, M. A. E., ALI, M., ASEFFA, A., BAKER, S., BIGGS, H. M., BJERREGAARD-ANDERSEN, M., BREIMAN, R. F., CAMPBELL, J. I., COSMAS, L., CRUMP, J. A., ESPINOZA, L. M. C., DEERIN, J. F., DEKKER, D. M., FIELDS, B. S., GASMELSEED, N., ... WIERZBA, T. F. (2017). Incidence of invasive salmonella disease in sub-Saharan Africa: A multicentre population-based surveillance study. *The Lancet Global Health*, 5(3), e310–e323. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(17\)30022-0](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(17)30022-0)

- MATZARAS, R., NIKOPOULOU, A., PROTONOTARIOU, E. Y CHRISTAKI, E. (2022). Gut Microbiota Modulation and Prevention of Dysbiosis as an Alternative Approach to Antimicrobial Resistance: A Narrative Review. *The Yale Journal of Biology and Medicine*, 95(4), 479–494.
- MCNEILL, J. R. Y ENGELKE, P. (2014). *The great acceleration: An environmental history of the anthropocene since 1945*. The Belknap Press of Harvard University Press.
- MILLS, C. W. (2000). *The sociological imagination*. Oxford University Press.
- MONNET, D. L. (2005). Antibiotic development and the changing role of the pharmaceutical industry. *International Journal of Risk & Safety in Medicine*, 17(3-4), 133-145.
- MUNITA, J. M. Y ARIAS, C. A. (2016). Mechanisms of Antibiotic Resistance. *Microbiology Spectrum*, 4(2), 4.2.15. <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.VMBF-0016-2015>
- 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)
- NAVARRETE, C. Y FRYER, T. (2024). Redefining emergence: Making the case for contextual emergence in critical realism. *Journal for the Theory of Social Behaviour*, 54(2), 167–184. <https://doi.org/10.1111/jtsb.12414>
- OECD/FAO. (2024). *OECD-FAO Agricultural Outlook 2024-2033*. OECD Publishing, Paris/FAO: Rome. <https://doi.org/10.1787/4c5d2cfb-en>.

- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. (2016). *Plan de acción mundial sobre la resistencia a los antimicrobianos*. Recuperado de: <https://www.who.int/es/publications/i/item/9789241509763>
- ORZECZ, K. M. Y NICHTER, M. (2008). From Resilience to Resistance: Political Ecological Lessons from Antibiotic and Pesticide Resistance. *Annual Review of Anthropology*, 37(1), 267–282. <https://doi.org/10.1146/annurev.anthro.37.081407.085205>
- RAPER, K. B. (1952). A Decade of Antibiotics in America. *Mycologia*. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00275514.1952.12024170>
- ROOPE, L. S. J., SMITH, R. D., POUWELS, K. B., BUCHANAN, J., ABEL, L., EIBICH, P., BUTLER, C. C., TAN, P. S., WALKER, A. S., ROBOTHAM, J. V. Y WORDSWORTH, S. (2019). The challenge of antimicrobial resistance: What economics can contribute. *Science*, 364(6435), eaau4679. <https://doi.org/10.1126/science.aau4679>
- STEFFEN, W., BROADGATE, W., DEUTSCH, L., GAFFNEY, O. Y LUDWIG, C. (2015). The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. *The Anthropocene Review*, 2(1), 81–98. <https://doi.org/10.1177/2053019614564785>
- TIRONI, M. Y UNDURRAGA, B. (2023). Provocaciones y tensiones del Antropoceno. *Estudios Públicos*, 171, 137–179. <https://doi.org/10.38178/07183089/1936210623>
- TSING, A. (2016). Earth Stalked by Man. *The Cambridge Journal of Anthropology*, 34(1). <https://doi.org/10.3167/ca.2016.340102>
- TSING, A. L., MATHEWS, A. S. Y BUBANDT, N. (2019). Patchy Anthropocene: Landscape Structure, Multispecies History, and the Retooling of Anthropology: An Introduction to Supplement 20. *Current Anthropology*, 60(S20), S186–S197. <https://doi.org/10.1086/703391>

- VAN BOECKEL, T. P., BROWER, C., GILBERT, M., GRENFELL, B. T., LEVIN, S. A., ROBINSON, T. P., TEILLANT, A. Y LAXMINARAYAN, R. (2015). Global trends in antimicrobial use in food animals. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(18), 5649–5654. <https://doi.org/10.1073/pnas.1503141112>
- WRIGHT, G. D. (2007). The antibiotic resistome: The nexus of chemical and genetic diversity. *Nature reviews microbiology*, 5(3), 175–186.
- ZALASIEWICZ, J., WATERS, C. N., WILLIAMS, M., BARNOSKY, A. D., CEARRETA, A., CRUTZEN, P., ELLIS, E., ELLIS, M. A., FAIRCHILD, I. J. Y GRINEVALD, J. (2008). When did the Anthropocene begin? A mid-twentieth century boundary level is stratigraphically optimal. *Quaternary international*, 383, 196–203.

## AGRADECIMIENTOS

Debo agradecer a Eduardo Undurraga y todo/as en los laboratorios donde he realizado trabajo de campo por su tiempo y amabilidad para ayudarme a pensar en conjunto el problema de la resistencia antimicrobiana.

## SOBRE EL AUTOR

Sociólogo y magíster en Sociología graduado de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Mis investigaciones se centran en los aspectos socioecológicos de la resistencia antimicrobiana. He investigado las implicaciones éticas de la resistencia a los antimicrobianos y la aparición de incertidumbre en los laboratorios clínicos y científicos. Actualmente, trabajo en cuestiones relacionadas al naturalismo filosófico e inferencia causal en investigación cualitativa. Esto refleja mi interés más amplio por el nexo entre los microbios y la sociedad, y por cuestiones meta-teóricas respecto a la naturaleza de la sociedad y la explicación científica.