

**COPRODUCCIÓN DE CONOCIMIENTOS SOBRE LA
INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL Y EPIDEMIOLÓGICA A
CAMPO ABIERTO: EL TIFO EN MÉXICO**

Karen Vanessa Martínez Acevedo
Luis Roberto Polo Bautista
Francisco Collazo Reyes

Introducción

Resulta difícil precisar el tiempo de aparición y la procedencia de la enfermedad del tifo. Pasaron varios siglos antes de caracterizar el vector transmisor y la etiología de esta enfermedad. Se le ha conocido bajo diferentes nombres, en el primer libro de medicina en América, *Opera Medicinalia*, de Francisco Bravo (1570), se menciona como Tabardillo, Tabardete, Fiebre pintada, Fiebre punticular, Tabardillo pintado, y los indígenas lo llamaban Cocolixtli (Carrillo-Esper et al., 2018).

No se sabe de avances significativos que pudieron ayudar a advertir la aparición de la enfermedad, evitar su propagación y la pérdida de vidas en las comunidades del México Colonial durante los siglos XVII y XVIII. En México tuvo una larga historia, así lo refieren en un trabajo de revisión de Burns, Acuna y Stahle (2014), quienes señalan que el tifo epidémico se identificó hasta el año 1836. Cooper (1965) también da cuenta de esto en una historia de las enfermedades epidémicas entre los siglos XVII y XVIII.

Por otro lado, de acuerdo con los registros del *Atlas Histórico de la Ciencia Mexicana* [AHCM],¹ los trabajos sobre el tema aparecieron a mediados del siglo XIX, publicados en las primeras revistas especializadas en medicina, *El Periódico de la Academia de Medicina de México* (1836), y la *Gaceta Médica de México* (1864). Se trata de textos derivados de observaciones, consideraciones, resúmenes de reuniones y ensayos. Los temas abordados se refieren a la enfermedad en general y a su tipología (tifo murino y exantemático).

Durante la segunda mitad del siglo XIX la producción de textos sobre el tifo se mantuvo con las aportaciones de los miembros de la Sección Médica de la Comisión Científica, Literaria y Artística de México (1864) y la Sociedad Médica de México (1865), con pocos cambios en los tipos

[1] <http://atlasdelacienciamexicana.org/>

de documentos y métodos de investigación. A finales del siglo XIX y principios del XX, con la creación de los Institutos de Patología (1899), de Bacteriología (1905) y el Hospital General de México (1905), se inició una lucha contra la enfermedad del tifo (Priego, 2012) bajo una nueva forma de organización institucional y prácticas de investigación realizadas en laboratorios experimentales. Sin embargo, el vector causal y la etiología de la enfermedad se conocieron con precisión durante la Primera y Segunda Guerra Mundial (Weindling, 1995).

La enfermedad del tifo adquirió relevancia como un enemigo más entre los ejércitos debido a que causaba más muertes que las balas enemigas y se conoció como la enfermedad de las trincheras. En este escenario de guerras, la investigación en el tema recibió mayor atención internacional en términos de insumos, movilidad de recursos materiales y humanos (Artenstein et al., 2005; Pennington, 2019). Bajo estas circunstancias favorables, la comunidad de investigación conformada en torno al tema del tifo alcanzó un periodo de mayor crecimiento en los resultados de las investigaciones experimentales (Philip, 1948). Los resultados de las búsquedas de información en los índices de citas SCOPUS² y Web of Science/Clarivate³ coinciden en que el periodo 1945-1950 registra el mayor crecimiento de la producción científica, bajo los términos de búsqueda “typhus” or “tifo”.⁴ Como consecuencia de la atención internacional prestada al tifo se encontraron soluciones para detener la enfermedad que ayudaron a prevenirla y erradicarla.

México es un referente internacional en el tema del tifo en aspectos sociales alusivos a la salud pública, en la producción de resultados de investigación y el desarrollo de vacunas. Por un lado, como territorio fue un importante reservorio de la enfermedad y, por otro lado, fue lugar sede del desarrollo de vacunas antitíficas. A principios del siglo XX diferentes regiones del país resultaron geografías fértiles como caldo de cultivo para el brote de enfermedades epidémicas, principalmente el tifo en el periodo de 1911-1916. Las precarias condiciones socioeconómicas y falta de servicios elementales de vivienda en las comunidades

[2] <https://www.scopus.com/>

[3] <https://www-webofscience-com.biblioteca.ibt.unam.mx:8080/wos/woscc/basic-search>

[4] Este resultado fue arrojado en una consulta que se realizó en noviembre de 2021.

rurales de México se agudizaron por diferentes circunstancias: situaciones climáticas de sequías, años de hambruna (Therrell, 2005), el estallido del movimiento revolucionario, la intensa movilidad de tropas, el hacinamiento de personas en las trincheras de guerra, cuarteles, cárceles y barrios pobres de las zonas urbanas.

México resultó atractivo para investigadores locales recién formados en el extranjero y otros externos procedentes de diferentes partes del mundo, interesados en estudiar las características de la enfermedad del tifo en el país. Ruiz Castañeda desarrolló tres vacunas: la primera conocida como “Zinsser-Castañeda”, a principios de los años treinta en colaboración con Hans Zinsser de la Universidad de Harvard; la segunda en 1939 a través del análisis de tejido de pulmón de ratón y la tercera en 1940 utilizando el mismo procedimiento del pulmón de rata, estas dos últimas fueron desarrolladas en el Laboratorio del Tifo del Hospital General de México y son identificadas como vacunas “Castañeda” (*Castaneda Vaccine*, 1947; Weindling, 1995).

Los índices de citas registran escasos estudios bibliométricos y de comunicación científica sobre el tema del tifo. A nivel general se han dado a conocer los indicadores bibliométricos correspondientes al periodo 1945-2020 (Musa et al., 2020), así como los cien trabajos más citados (Musa et al., 2021). En el caso de México, el tema del tifo se ha estudiado junto con otras áreas de investigación como casos tempranos de integración de conocimientos producidos localmente a las prácticas de publicación en revistas de corriente principal (Luna-Morales et al., 2009). También para mostrar el surgimiento de las prácticas de colaboración científica en nuestro país (Collazo-Reyes, Luna-Morales y Vélez-Cuartas, 2010). En los casos mencionados se utilizaron metodologías bibliométricas tradicionales y métodos histórico-bibliométricos.

En este trabajo utilizamos una metodología que combina métodos de procesamiento de lenguaje natural y el enfoque geohistoriométrico⁵ que permitió desarrollar indicadores de espacialización (geográ-

[5] Es una propuesta metodológica en construcción surgida como parte del proyecto Atlas Histórico de la Ciencia Mexicana (<http://atlasdelacienciamexicana.org/>). Está orientada a promover estudios en historia de la ciencia desde el ámbito de la comunicación del conocimiento. Esta propuesta apela a un enfoque multidisciplinar que contribuye a caracterizar las circunstancias que coocurren en el espacio de la materialidad situada que hace posible la producción documental (Banks, 2017). La

ficos) y sociohistóricos alternativos a partir del cruce de datos de los dominios bibliográfico, geográfico, e histórico-social.

A partir del concepto de actores de la teoría del actor red⁶ (Latour y Woolgar, 1995), y un diseño conceptual de base de datos que reúne información de los ámbitos bibliográfico, geográfico e histórico-social, hemos construido un espacio de diálogo crítico entre la bibliometría, geografía, y sociohistoria de la ciencia (Flores-Vargas et al., 2018). Las preguntas de investigación desbordaron el ámbito de los datos bibliográficos y del dominio de la comunicación científica. Las metodologías de investigación demandan cada vez más recursos de información resultante del cruce de datos geográficos, sociales e históricos. Estos recursos de información espaciotemporal enriquecen los razonamientos cuantitativos y cualitativos relacionados con las materialidades y formas de organización institucional que hicieron posible la continuidad en la producción de conocimientos en el tema del tifo que aquí abordamos.

A partir del análisis de los textos derivados de la producción científica del tifo entre 1906-1956 identificamos los siguientes aspectos, (i) las prácticas de investigación, modelos experimentales de laboratorio, y los lugares de las comunidades donde se realizaron prácticas de investigación epidemiológica de campo abierto; (ii) las instituciones locales y externas con diferentes niveles de participación en las formas de organización institucional de las prácticas de investigación, y (iii) las palabras que dan cuenta de la formalización de conocimiento científico confirmado localmente y que se encuentra dado de alta en los índices bibliográficos como puntos de acceso a la producción

propuesta geohistoriométrica complementa los datos bibliográficos con información de los dominios geográfico e histórico-social.

[6] El diseño conceptual de la base de datos [BD] geohistoriométrica, considera los conceptos de actor humano y actor no humano, de la teoría del actor red. Son atributos de información del dominio de actor, que es un concepto más incluyente, respecto a la etiqueta de autor del registro bibliográfico tradicional, limitado a los roles propios de autoría. El concepto de actor humano y no humano, como entidad de información, considera los diferentes tipos de actores y los roles adquiridos por estos en los procesos de conformación de los campos de prácticas de enseñanza y producción de conocimientos. Entre los actores humanos consideramos personas con roles distintos a la autoría y entre los actores no humanos consideramos los lugares, las comunidades, las instituciones, así como los modelos experimentales y productos de investigación, identificados como entidades nombradas en los textos.

científica sobre el tema estudiado. Este punto incluye las aportaciones a la ciencia internacional en el desarrollo de vacunas que ayudaron a curar y prevenir la enfermedad.

Como principales resultados encontramos cambios contrastantes en las formas de organización institucional y los patrones de comunicación científica presentes durante el periodo de mayor continuidad en la producción de conocimientos en el tema del tifo en México. La forma de organización institucional más productiva contó con la influencia de actores relacionados con el movimiento panamericanista que tienen que ver con mecanismos de expansión de la ciencia norteamericana en el campo de la salud en México.

Metodología

La metodología empleada para analizar el contenido de los textos se denomina bibliominería. De acuerdo con Fernández-Morales y Bonilla-Carrión (2020) es un conjunto de procesos que sirven para identificar, migrar y almacenar información relevante de bases de datos o corpus de información bibliográfica, utilizando programas computacionales de reconocimiento de patrones a través de técnicas de minería de datos.

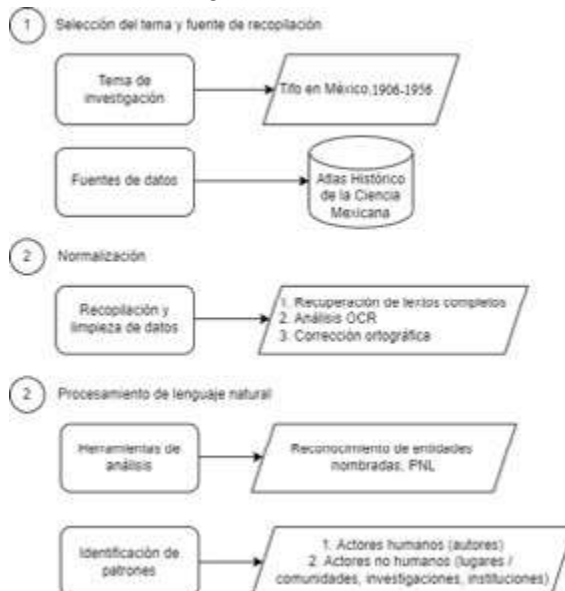
La bibliominería permitió la combinación de métodos de procesamiento de lenguaje natural y el enfoque geohistoriométrico, combinación previamente utilizada en otros productos de investigación (Martínez-Acevedo y Polo-Bautista, 2021). Los procedimientos utilizados para el análisis del contenido de los textos son los siguientes: (1) selección del tema y fuente de recopilación; (2) normalización de la información y (3) procesamiento de lenguaje natural (Figura 1).

1. Se identificó el tema de investigación y se determinaron las fuentes de obtención de los datos bibliográficos, SCOPUS, Web of Science y el AHCM.
2. Se recuperaron los textos completos en formato PDF de los trabajos de investigación sobre el tifo correspondientes al periodo 1906-1956; se realizó un análisis de Reconocimiento Óptico de Caracteres [OCR, por sus siglas en inglés] a través del *software* ABBYY FineReader 12 para obtener los textos en un formato editable; y se realizó un preprocesamiento del texto donde se realizaron correcciones ortográficas y gramaticales.

3. A través del procesamiento de lenguaje natural, utilizamos el algoritmo de Reconocimiento de Entidades Nombradas [NER, por sus siglas en inglés], por medio del lenguaje de programación Python 3.8 y la implementación del módulo spaCy (Matthew Honnibal et al., 2019), para identificar los patrones asociados a las categorías de actores humanos (nombres de personas), y no humanos (nombres de lugares, comunidades, objetos de estudio, tipos de investigación, e instituciones).

El NER identifica palabras de un corpus de información y las clasifica en categorías predefinidas, como nombres de personas, organizaciones, lugares, entre otras (Souza, Nogueira y Lotufo, 2019). Para identificar las entidades nombradas correspondientes a las categorías antes mencionadas, se generó un modelo de aprendizaje supervisado utilizando el módulo spaCy (Matthew Honnibal et al., 2019), que permitió incorporar datos de entrenamiento que generaron estadísticas de predicción que utilizamos para el etiquetado del discurso y su clasificación como entidad nombrada.

Figura 1. Bibliominería metodológica



Fuente: elaboración propia.

El enfoque geohistoriométrico permitió reunir información geohistórica a partir de establecer las relaciones entre los actores humanos y no humanos en el campo del tifo, como resultado de revisar y analizar las trayectorias y roles de los actores a través de los siguientes procedimientos.

- Origen de los actores. Se establecieron las relaciones entre los actores humanos del campo, los países y los lugares de nacimiento (actores no humanos).
- Instituciones de los actores. Se establecieron las relaciones entre actores humanos y las instituciones (actores no humanos) de formación profesional, adscripción y afiliación.
- País y lugar de las instituciones. Se establecieron las relaciones geográficas de origen entre actores no humanos. Las instituciones con los países y los lugares sede a través de la espacialización de sus coordenadas geográficas.

Desarrollo de indicadores

A partir de la información contenida en los textos referente a las entidades nombradas y la información geohistórica se desarrollaron los siguientes indicadores:

- Distribución geográfica (espacialización) de nombres de lugares y comunidades locales donde se llevaron a cabo estudios epidemiológicos de campo.
- Temporalidad de los estudios epidemiológicos de campo en cada una de las comunidades.
- Red sociotécnica de relaciones entre los lugares/comunidades, los tipos de datos levantados y tipos de investigaciones realizadas.
- Red sociotécnica de relación de instituciones y actores.
- Relaciones entre actores, país de origen, investigaciones realizadas y productos de investigación.

Resultados

Utilizamos 234 registros bibliográficos del periodo 1906-1956 distribuidos en 23 revistas, entre las que destacan la *Revista Mexicana de Medicina*, *Gaceta Médica de México*, *Public Health Reports* y *Journal of Experimental Medicine*. De los 234 registros bibliográficos se recuperaron 126 en texto completo, 93 trabajos en inglés y 33 en español que corresponden al 53% del total de registros.

El Mapa 1 fue elaborado a través de Python 3.8 utilizando el módulo folium.⁷ Este presenta la distribución geográfica de las comunidades rurales del territorio mexicano donde se realizaron las investigaciones epidemiológicas de campo sobre el tifo. Para propósitos de análisis se dividen en tres zonas: norte, centro y sur. Se utilizaron las coordenadas geográficas para llegar a la división geopolítica por nombres de Estados, municipios y poblados de la República Mexicana.

En el Mapa 1 se puede ver que las investigaciones epidemiológicas tuvieron su epicentro en comunidades rurales ubicadas en los estados de la región centro del país. Las zonas del norte y del sur muestran que entre más alejadas del centro se encuentran recibieron menor atención en términos de estudios epidemiológicos. En este trabajo no sabemos si influyó la distancia con el centro o bien a la menor incidencia de la enfermedad. Por ejemplo, en el norte, las comunidades de los Estados de Baja California, Chihuahua, y Sonora, fueron escasamente consideradas en este tipo de estudios. Algo similar sucedió con los estados sureños de Tabasco, Campeche, Chiapas y Quintana Roo.

Mapa 1. Distribución geográfica de la investigación epidemiológica de campo sobre el tifo en México, 1906-1956



Fuente: elaboración propia.

[7] Es módulo de código abierto de Python que permite visualizar datos espaciales (<https://python-visualization.github.io/folium/>).

Tabla 1. Temporalidad de la investigación epidemiológica

Estado	Lugares	Años
Ciudad de México	Mixcoac, Popotla, SN Totolapa, Xochimilco	1929-1944
Chiapas	Huixtla, Tapachula	1942
Chihuahua	Nuevo Laredo, Coahuila, Comarca lagunera, La Laguna	1917-1952
Colima	Colima	1947
Estado de México	Metepec, SL Oyamel, Tlalnepantla, Toluca	1943-1944
Guerrero	Acapulco, Arcelia, Iguala, Tlapa	1942-1944
Hidalgo	Pachuca, Tepeitic	1944
Jalisco	Zacoalco	1936-1940
Michoacán	Cherán, Juangapeo, La Piedad, Maravatio, Paracho, Pátzcuaro, Puruándiro, Tlalpujahua, Uruapan, Zamora, Zitácuaro	1944-1947
Nuevo León	Apodaca, Linares, Nuevo León	1934, 1944
Oaxaca	Etla, Mitla, Tehuantepec, Tlaxiactac de Cabrera	1944
Puebla	Ejido de Zaragoza	1945
Puebla	General Terán, Zinacantepec	1934-1944
Querétaro	Huimilpan	1944
San Luis Potosí	San Luis Potosí, Zacatón	1944
Sinaloa	El Fuerte, Mazatlán	1943-1944
Sonora	Sonora	1944
Tamaulipas	Tamaulipas	1944
Tlaxcala	Tlaxcala	1944
Veracruz	Boca del Río, Coatzacoalcos, Orizaba	1942-1944
Yucatán	Mérida	1944
Zacatecas	Zacatecas	1944

Fuente: elaboración propia.

La concentración geográfica de las investigaciones se encuentra en la zona mejor comunicada, la más densamente poblada que es el centro de las materialidades y diversidad de formas de organización social de la producción de conocimientos. Incluye instituciones de enseñanza e investigación pública y privada, servicios de salud pública y laboratorios de hospitales privados, concentrados, principalmente, en la Ciudad de México.

Entre los sectores de poblaciones estudiadas destacan las comunidades urbanas, rurales y semi-rurales que vivían en condiciones de mayor vulnerabilidad, marginación y sin acceso a los servicios elementales de vivienda, así como las poblaciones hacinadas en las cárceles. Destacan las comunidades de los Estados de Michoacán, México, Ciudad de México, Guerrero, Oaxaca, Veracruz, y los que habitaban las cárceles de Xochimilco en Ciudad de México y de Belén en Veracruz.

El Mapa 1 y la Tabla 1 complementan la dimensión espaciotemporal de la investigación epidemiológica del tifo a campo abierto. El radio de acción abarcó una geografía de lugares ubicados en 22 Estados y un periodo de mayor continuidad de las investigaciones durante 15 años, 1933-1947. Claramente los años de mayor actividad fueron 1942, 1944 y 1947. Las comunidades más estudiadas con el periodo más largo fueron las de la Ciudad de México, 1929-1944. El resto de los lugares aparecen referidos en los textos en uno, dos o tres años, máximo.

La red de la Figura 2 fue elaborada con la herramienta Python 3.8 y el módulo pyvis.⁸ Esta red sociotécnica contiene información sobre cuatro tipos de investigaciones llevadas a cabo en las diferentes comunidades: (i) Sobre la etiología de la epidemia. Es el principal tipo de investigación y tiene que ver con la extracción de muestras de suero de personas enfermas de tifo. Se realizó en 36 diferentes poblaciones, que a su vez están relacionadas con otro tipo de investigaciones, realizadas principalmente durante la década de los años 40.

[8] Es un módulo de código de Python que permite visualizar gráficos de redes de forma dinámica (<https://pyvis.readthedocs.io/en/latest/>).

Figura 2. Red de relaciones entre lugares y tipo de investigaciones epidemiológicas



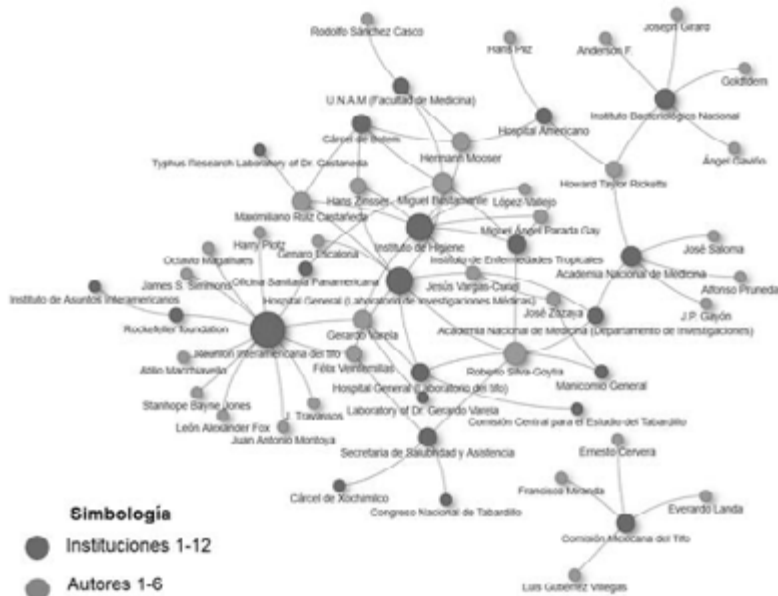
Fuente: elaboración propia

(ii) El combate a la enfermedad. La lucha contra el tifo se intensificó a finales de los años 40 a través de diferentes acciones mencionadas en pequeños nodos de la red. Acciones físicas de despiojamiento de individuos, aplicación del DDT (Dicloro Difenil Tricloroetano) para plagas, tratamientos con polvos y jabón; así como desparasitación de personas. (iii) La reacción Weil-Félix. Esta prueba se realizó para obtener diagnósticos de pacientes. Se utilizó en las reacciones febriles de personas enfermas pertenecientes a once comunidades del Estado de Michoacán, en un mismo año, 1947. (iv) Objetos de estudio. En la investigación de tipo experimental se utilizaron piojos, pulgas, ratas, cuyos, y conejillos de indias como modelos experimentales de laboratorio. En la investigación epidemiológica de campo se utilizaron personas infectadas de las comunidades para obtener sueros, estudiarlos, y aprovechar los resultados en el desarrollo de vacunas.

La red de la Figura 3 fue elaborada con la herramienta Python 3.8 y el módulo pyvis. Esta red sociotécnica muestra las relaciones entre actores humanos (autores) y no humanos (instituciones) en la formación de una pequeña comunidad de investigación local en el tema del tifo. La red ofrece argumentos sobre las formas de organización social de esta comunidad que involucra instituciones de varios sectores y

con diferentes roles adquiridos. Entidades del sector de salud pública (Hospital General, Secretaría de Salubridad y Asistencia, entre otros); del sector educativo y formación profesional (Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto Bacteriológico); del ámbito de la investigación (Laboratorios de investigación experimental de Ruiz Castañeda, Gerardo Varela y del Hospital General). También se realizaron investigaciones epidemiológicas de campo con poblaciones del Manicomio General, las cárceles de Belén, de Xochimilco, y en las poblaciones de las comunidades mencionadas en la Figura 2.

Figura 3. Red de relación entre instituciones y actores en el tema del tifo



Fuente: elaboración propia.

La red sociotécnica de la Figura 3 establece las relaciones que ofrecen información sobre aspectos que dan cuenta de la formación de una pequeña comunidad cognitiva, organizada informalmente en torno a la búsqueda de resultados para el desarrollo de vacunas antitíficas. Las relaciones entre los diferentes actores humanos y no humanos revelan la producción de un espacio (Lefebvre, 1973) de producción de conocimientos local, pero que estuvo permanentemente influenciado

por los actores y factores externos de la comunidad global de investigación en el tifo.

Además de las publicaciones surgidas de la comunidad local, las redes de relaciones establecidas en torno a la organización y desarrollo del Congreso Nacional del Tabardillo, y la Reunión Interamericana del Tifo, en tanto espacios de discusión regional sobre los temas de la enfermedad, son acciones que ayudaron a cohesionar la comunidad. Aunque la red muestra pocas relaciones del Congreso, ambos eventos involucraron actividades para negociar un lugar de reunión, movilización de colegas profesionales y especialistas, definición de los temas y establecimiento de criterios para seleccionar los trabajos a exponer, la discusión e intercambio de conocimientos, la difusión de los trabajos y las declaraciones o pronunciamientos finales de la reunión.

Por ejemplo, los diez nombres de actores relacionados con el nodo de la Reunión Interamericana del Tifo (Figura 3) jugaron diferentes roles en la organización y desarrollo de la reunión, que tuvo como sede la Secretaría de Salubridad y Asistencia de la República Mexicana, que contó con el apoyo de la Oficina Sanitaria Panamericana y la Fundación Rockefeller. Reunió a cincuenta delegados de seis países: Colombia, Cuba, Chile, Estados Unidos, Guatemala y México. La participación de esta comunidad de diferentes países en la discusión de un tema de interés internacional como el tifo desde México es un reconocimiento de sus pares a las capacidades de la comunidad local para producir y certificar conocimientos.

Destaca la participación de la Academia Nacional de Medicina que adquirió roles de promoción a la enseñanza, investigación, colaboración entre instituciones locales y externas, la normatividad y la ética en el ejercicio de la práctica médica profesional, así como de ofrecer espacios para la discusión y los medios para la difusión de conocimientos producidos en el campo.

Es importante mencionar la influencia que tuvieron distintas instituciones relacionadas con el movimiento del panamericanismo como son la Fundación Rockefeller, la Oficina Panamericana de Salud, y el Instituto de Asuntos Interamericanos, que coincidieron en los apoyos para hacer posible la Reunión Interamericana del Tifo. Este es un tema tratado como un mecanismo de una política exterior norteamericana (panamericanismo) para expandir la ciencia en América Latina. Solórzano (1996) menciona que durante el periodo 1921-1949, la Fundación Rockefeller influyó en la conformación de

la profesión médica mexicana, dependiente académicamente de los patrones establecidos en USA, a través de su programa de becas para doctores mexicanos (Solórzano, 1996). La influencia del panamericanismo en el tema del tifo podría ser estudiado con más detalle en otro trabajo a través del análisis de los textos presentados en la Reunión Interamericana del Tifo.

En la Tabla 2 se muestran los actores, los conocimientos formalizados localmente, y los productos de investigación obtenidos. Mooser, Zinsser, Castañeda y Ricketts son actores movilizados por el interés científico en las epidemias de tifo en México, considerado como laboratorio mundial de la enfermedad (Tenorio, 2010).

A partir de sus investigaciones aportaron conocimientos y vacunas antitíficas, y sus nombres fueron reasignados como epónimos o palabras clave de acceso a la literatura científica. Por ejemplo, "Castaneda vaccine", "Rickettsia Mooseri", "Cepa Mooseri", "Zinsser Castañeda vaccine", "Rickettsia Prowazekii", "Mexican typhus", "Mexican Tabardillo", "Mooseri Infection", "Rickettsia-Mooseri Infection" y "Rickettsia", que es el nombre del microorganismo causante del tifo. Con el tiempo se han identificado una gran cantidad de especies de esta bacteria y en la actualidad el tema de la rickettsia se ha diversificado en campos y subcampos de investigación en microbiología.

Los actores con los números 3-6, y 8-18, con adscripción local, como Varela, Mariotte, Gaviño, Girard y Vargas-Curiel, entre otros, aportaron los conocimientos para la erradicación de la enfermedad a través de sus investigaciones, que fueron escritas en español y publicadas en revistas locales principalmente.

De acuerdo con la Tabla 2, se identificaron doce aportaciones principales, (i) conservación del virus del tifo por refrigeración; (ii) inmunización con suero a roedores; (iii) estudio de gérmenes asociados con tifo en ratas; (iv) transmisión experimental del tifo a primates; (v) aislamiento, estudio y descripción de cepas de humanos y animales; (vi) estudio de brotes de tifo y vacunación preventiva; (vii) estudio de gérmenes asociados con tifo en ratas; (viii) descripción de las aplicaciones de suero antitífico; (ix) inoculación de suero e inoculación a animales; (x) búsqueda del agente causal y descripción de la etiología del tifo; (xi) estudio de suero terapéutico y (xii) desarrollo de vacunas. Estas aportaciones representan la formalización de conocimientos en el campo del tifo y forman parte de la cultura científica de esta comunidad.

Tabla 2. Actores, país de origen, investigaciones realizadas y productos de investigación⁹

No.	Actores	País de origen	Investigaciones	Productos de investigación
1	Hermann Mooser 1891- 1971	Maitenfeld (Suiza)	Durante 1926-1929 realizó diversas contribuciones revelando la presencia de rickettsias en la túnica vaginal de cuyos (Ruiz-Castañeda, 1956). En 1928 estudió la etiología del tifo mexicano (Tenorio, 2010). En 1931, junto a Castañeda y Zinsser identificaron el virus del tabardillo (tifo murino) en ratas (Cabrera, 1948).	Rickettsia Mooseri (cepa mooser); Mooseri Infection; Rickettsia-Mooseri Infection
2	Hans Zinsser 1878- 1940	New York (Estados Unidos)	En 1933, junto con Castañeda inyectaron a los cuyos suspensiones de rickettsias prowazeki y mooseri obteniendo suero que inmunizaba a los cuyos inoculados (Bustamante, 1956).	Vacuna de Zinsser y Castañeda; suero antitifo.
3	Maximiliano Ruiz Castañeda 1898-1992	Acambay (Estado de México)	En 1933, junto con Zinsser inyectaron a cuyos suspensiones de rickettsias prowazeki y mooseri obteniendo suero que inmunizaba a los cuyos inoculados. De 1932 a 1938 preparó una vacuna contra el tifo por cultivo de rickettsias en el peritoneo de ratas. De 1938 a 1945 logró la preparación de la vacuna bivalente antitifo en el tejido pulmonar de ratones (Bustamante, 1956).	Vacuna de Zinsser y Castañeda; Vacuna de Castañeda; suero antitifo.
4	Gerardo Varela Mariscal 1898-1977	México	En 1934, junto con Parada Gay demostraron la conservación del virus del tifo por refrigeración (<i>Tifo exantemático y afeciones afines</i> , 1935). En 1934 y 1935, junto con Bustamante y Bosque Pichardo obtuvieron inmunización pasiva satisfactoria en comunidades en Puebla y Oaxaca. Fue miembro de la Comisión Mexicana del Tifo. En 1936 dio a conocer los resultados obtenidos tras estudiar el suero utilizado por Bosque Pichardo y Bustamante ya no como profiláctico, sino como terapéutico. De 1943 a 1945 describe la cepa de la fiebre manchada localizada en comunidades rurales. En 1946 prepara sueros antitifo a partir de ratas capturadas (Bustamante, 1956).	Inmunidad pasiva en animales; Vacuna; Inmunización pasiva en comunidades rurales; prevención de la existencia de fiebre manchada.

[9] En algunos casos en referencia a las fechas de los autores y su país de origen no se identificaron datos suficientes para complementar la tabla.

No.	Actores	País de origen	Investigaciones	Productos de investigación
5	Carlos Ortiz Mariotte		De 1943 a 1945 describió la cepa de la fiebre manchada localizada en comunidades rurales. En 1946 preparó sueros antitifo a partir de ratas capturadas (Bustamante, 1956). En 1944 dirigió el primer ensayo de campo utilizando el DDT para detener el desarrollo de un brote de tifo en una comunidad del Estado de México (Martínez-Báez, 1987).	Precisión de la existencia de fiebre manchada; suero antitifo.
6	Ángel Gavino Iglesias (1855-1920)	Ciudad de México	En 1910, junto con Girard estudiaba experimentalmente al tifo mexicano, logrando la inoculación a los monos (Castillo, 1956).	
7	Joseph Girard (1876-1916)	Francia	En 1910, junto con Gavino estudiaba experimentalmente al tifo mexicano, logrando la inoculación a los monos (Castillo, 1956).	
8	Roberto Silva-Goytia	México	En 1946 preparó sueros antitifo a partir de ratas capturadas. Durante 1952 ha estudiado la fiebre manchada en comunidades rurales. En ese mismo año clasificó serológicamente la cepa de Michoacán y dos cepas aisladas en sus estudios previos (Bustamante, 1956).	Clasificación serológica de una cepa; suero antitifo.
9	Miguel Ángel Parada Gay	México	En 1934, junto con Gerardo Varela demostraron la conservación del virus del tifo por refrigeración (<i>Tifo exantemático y afecciones afines</i> , 1935).	
10	Guillermo Bosque Pichardo (1903-1985)	Monclova, Coahuila (México)	En 1934 y 1935, junto con Bustamante y Varela obtuvieron inmunización pasiva satisfactoria en comunidades en Puebla y Oaxaca (Bustamante, 1956).	Inmunización pasiva en Puebla y Oaxaca.
11	Everardo Landa	México	Fue miembro de la Comisión Mexicana del Tifo. En 1936 dio a conocer los resultados obtenidos tras estudiar el suero utilizado por Varela, Bosque Pichardo y Bustamante ya no como profiláctico, sino como terapéutico (Bustamante, 1956).	
12	Ernesto Cervera	México	<i>Trabajo realizado en coautoría. Véase el texto en Everardo Landa.</i>	
13	Francisco Miranda	México	<i>Trabajo realizado en coautoría. Véase el texto en Everardo Landa.</i>	

No.	Actores	País de origen	Investigaciones	Productos de investigación
14	Luis Gutiérrez Villegas	México	<i>Trabajo realizado en coautoría. Véase el texto en Everardo Landa</i>	
15	Viesca Benavides		<i>Trabajo realizado en coautoría. Véase el texto en Everardo Landa</i>	
16	Hans Pilsz		<i>Trabajo realizado en coautoría. Véase el texto en Everardo Landa</i>	
17	José Zozaya Falcimiento en 1957	México	En 1930 realizó estudios relacionados al aislamiento de cepas y fijaciones de complemento (Bustamante, 1956).	
18	Miguel Enrique Bustamante 1898- 1986	Oaxaca (México)	En 1934 y 1935, junto con Bosque Pichardo y Varela obtuvieron inmunización pasiva satisfactoria en comunidades en Puebla y Oaxaca. De 1943 a 1945 describe la cepa de la fiebre manchada localizada en comunidades rurales (Bustamante, 1956).	Inmunización pasiva en Puebla y Oaxaca; Precisión de la existencia de fiebre manchada.
19	Howard Taylor Ricketts 1871-1910	Ohio (Estados Unidos)	Durante 1910, junto con Wilder estudió experimentalmente al tifo exantemático y su modo de propagación. Logrando reflejar en sus trabajos el agente causal del tifo (Castillo, 1956).	Rickettsia Prowazekii
20	Russell Morse Wilder 1885- 1959	Ohio (Estados Unidos)	Durante 1910, junto con Ricketts estudió experimentalmente al tifo exantemático y su modo de propagación. Logrando reflejar en sus trabajos el agente causal del tifo (Castillo, 1956).	Rickettsia Prowazekii
21	Herald R. Cox 1907-1986	Indiana (Estados Unidos)	En 1940 realizó investigaciones asociadas a la preparación de vacunas a partir de tejidos infectados del embrión de pollo en desarrollo (Cox, 1940).	Simplificación de la producción de vacunas.

Fuente: elaboración propia.

Comentarios finales

La combinación del método de bibliominería y la propuesta geohistoriométrica nos permitieron identificar cambios en las formas de organización institucional presentes durante el periodo de mayor continuidad en la producción de conocimientos en el tema del tifo en México. Durante las primeras dos décadas del siglo XX, las actividades de investigación bacteriológica y epidemiológica fueron lideradas por el Instituto Bacteriológico Nacional (Cuevas, 2007), El Instituto Patológico Nacional y la Academia Nacional de Medicina. El combate contra la epidemia del tifo dependió, sobre todo, de actores e instituciones locales y de los recursos presupuestales del sector de salud pública. Los textos producidos se difundieron localmente en la *Gaceta Médica de México*, principalmente.

Durante el periodo postrevolucionario, 1926-1950, cambiaron los actores humanos y los no humanos que construyeron un espacio de relaciones tejidas a nivel local e internacional. Se diversifican los orígenes, las instituciones y los perfiles de formación de los actores. En este periodo tuvo lugar un evento temprano de laboratorización de la investigación en la historia de la ciencia en México. Se instalaron laboratorios de investigación experimental (Laboratorio del Tifo, Hospital General; Laboratorio Gerardo Varela; Laboratorio del Hospital América; y Laboratorio de investigaciones médicas del Hospital General), también se incrementó el uso de modelos experimentales de animales en el laboratorio. Estos espacios de investigación enriquecieron los modos tradicionales de producir conocimientos. Las investigaciones de tipo experimental marcaron la tendencia en la continuidad de las publicaciones y en los cambios epistemológicos que, junto con las investigaciones epidemiológicas de campo y clínicas, llevaron al desarrollo y confirmación de vacunas antitíficas en el periodo 1936-1940. En este periodo también se diversificaron las modalidades de financiamiento de procedencia pública, privada y filantrópica. La publicación de resultados dio lugar a la formación de patrones de publicación novedosos en la historia de la comunicación científica en México. Una parte importante de los textos científicos alcanzaron los criterios (Cañón, 2021) de la publicación científica internacional. Reprodujeron las estructuras de contenidos (introducción, métodos, resultados y conclusiones), las funciones de comunicación, y el estilo argumentativo, basado en la investigación

de hechos, que relaciona objetos de estudio, instrumentos y métodos de investigación. Las prácticas de publicación en el tema del tifo se diversificaron en diferentes circuitos de difusión. En el circuito internacional se accedió a las principales revistas en el área *Journal of Experimental Medicine*, *Journal Infectious Diseases*, *Journal of Immunology*, entre otras. En las revistas del circuito local los textos se concentraron en dos publicaciones *Gaceta Médica de México* y *Revista Medicina de México*. Otro circuito local poco visible y menos estudiado son las memorias de congresos; Reunión Interamericana de Tifo, y Congreso Nacional del Tabardillo.

El cambio en la forma de organización incluye instituciones de diferentes tipos. Destacan las entidades con sede en México, principalmente del sector de salud pública (institutos de investigación; hospitales; laboratorios; y la Secretaría del ramo); las Comisiones para el Estudio del Tifo y otra para el Estudio del Tabardillo. Las instituciones externas están relacionadas con el movimiento panamericanista como son la Oficina Sanitaria Panamericana, el Instituto de Asuntos Interamericanos, la Reunión Interamericana del tifo, y como institución filantrópica la Fundación Rockefeller.

El desarrollo de las vacunas antitíficas estuvo ligado al papel protagonista de Estados Unidos de Norte América [USA] en la Segunda Guerra Mundial (Lindenmann, 2002). Mientras el tifo estuvo considerado como un tema de interés mundial, desde USA se apoyó la investigación en distintas partes del mundo incluyendo México (Birn, 1998). En este escenario, las instituciones del movimiento panamericanista encontraron facilidades para realizar campañas contra enfermedades epidémicas durante las décadas siguientes a la Revolución Mexicana. La influencia de estas entidades ayudó a vincular la investigación local del tifo a la dinámica de relaciones producidas por el tema a nivel internacional.

De acuerdo con Massey (1991) "El sentido global del espacio", en esta entremezcla de lugar-espacio, lo local adquiere sentido a través de lo global, pero lo global homogeniza y termina por ser hegemónico de lo local. En este escenario de expansión de la ciencia norteamericana, la Fundación Rockefeller pudo aplicar sus estrategias políticas, administrativas, educacionales, de apoyo a becarios y financiamiento de proyectos, aspectos que le permitieron influir profundamente en el desarrollo del sistema mexicano de sanidad pública (Birn, 1996; Solórzano, 1996).

De acuerdo con varios autores (Birn, 1996; 1998; Solórzano, 1996; Cañón, 2021), las instituciones vinculadas al movimiento panamericano funcionaron como mecanismos de la política de expansión de la ciencia imperialista norteamericana en América Latina. Consideramos que el tema del tifo podría ser estudiado como un buen ejemplo, para mostrar la expansión de la ciencia médica norteamericana en México durante la primera mitad del siglo XX.

Bibliografía

- Artenstein, Andrew et al. (2005). History of U.S. Military Contributions to the Study of Vaccines against Infectious Diseases. *Military Medicine*, 170 (4), 3-11.
- Banks, David. (2017). *The Birth of the Academic Article: Le Journal des Sçavans and the Philosophical Transactions, 1665-1700*. Sheffield: Equinox.
- Birn, Anne-Emanuelle. (1996). Public health or public menace? The Rockefeller Foundation and public health in Mexico, 1920-1950. *Voluntas: International Journal of Voluntary and Nonprofit Organizations*, 7 (1), 35-56.
- Birn, Anne-Emanuelle. (1998). Eradication, control or neither? Hookworm vs malaria strategies and Rockefeller Public Health in Mexico. *Parassitologia*, 40 (1-2), 137-147.
- Burns, Jordán, Acuna-Soto, Rodolfo y Stahle, David. (2014). Drought and Epidemic Typhus, Central Mexico, 1655-1918. *Emerging Infectious Diseases*, 20 (3), 442-447. 10.3201/eid2003.131366
- Bustamante, Miguel E. (1956). Aspectos epidemiológicos de las rickettsiasis en México. 1934 a 1954. *Gaceta Médica de México*, 3.
- Cabrera M. Isidoro J. (1948). *Contribución al estudio del tifo exantemático y erradicación de este flegelo en Guatemala*. [Tesis]. Universidad de San Carlos de Guatemala. <https://biblioteca.medicina.usac.edu.gt/tesis/pre/1948/002.pdf>
- Cañón, Lisandro. (2021). Pan-americanism: US imperialist strategy on Latin America and the Caribbean, 1881-1890. *Historia*, 396 (11-1), 105-138
- Carrillo-Esper, Raúl et al. (2018). Opera medicinalia. El primer libro de medicina del continente americano escrito por el Dr. Francisco Bravo e impreso en 1570 en la capital novohispana. *Medicina Interna de México*, 34 (1), 113-126.
- Castaneda Vaccine. (1947). *JAMA-Journal of the American Medical Association*. 133 (9), 656-656.
- Del Castillo, Fernández. (1956). El tifus en México antes de Zinsser. *Gaceta Médica de México*, 86 (3), 10.
- Collazo-Reyes, Francisco, Luna-Morales, María Elena y Vélez-Cuartas, Gabriel. (2010). Surgimiento de las prácticas científicas de colaboración en la ciencia mexicana con cobertura en los índices internacionales. *Redes. Revista hispana*

para el análisis de redes sociales, 19 (2), 143-167. <https://doi.org/10.5565/rev/redes.403>

- Cooper, Donald. (1965). *Epidemic disease in Mexico City 1761-1813*. Austin: University of Texas Press.
- Cox, Herald R. y Bell, John. (1940). Epidemic and Endemic Typhus: Protective Value for Guinea Pigs of Vaccines Prepared from Infected Tissues of the Developing Chick Embryo. *Public Health Reports*, 55 (3), 110-115. <https://doi.org/10.2307/4583153>
- Cuevas Cardona, Consuelo. (2007). Ciencia de punta en el Instituto Bacteriológico Nacional (1905-1921). *Historia Mexicana*, 57 (1), 53-89.
- Fernández-Morales, Mynor y Bonilla-Carrión, Roger (2020). Bibliominería, datos y el proceso de toma de decisiones. *Revista Interamericana de Bibliotecología*, 43(2). <https://doi.org/10.17533/udea.rib.v43n2ei8>
- Flores-Vargas, Xochitl et al. (2018). Determinants of the emergence of modern scientific knowledge in mineralogy (Mexico, 1975–1849): a geohistoriometric approach. *Scientometrics*, 115 (3), 1505-1515. <https://doi.org/10.1007/s11192-018-2646-5>
- Latour, Bruno y Woolgar, Steve. (1995). *La vida en el laboratorio. La construcción de los hechos científicos*. Madrid: Alianza Editorial.
- Lefebvre, Henry. (1973). *La producción del espacio*. Buenos Aires: La Pléyade.
- Lindenmann, Jean. (2002). Typhus Vaccine Developments from the First to the Second World War. *History and Philosophy of the Life Sciences*, 24 (3-4), 467-485.
- Luna-Morales, Maria Elena et al. (2009). Early patterns of scientific production by Mexican researchers in mainstream journals, 1900-1950. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 60 (70), 1337-1348. <https://doi.org/10.1002/asi.21065>
- Martínez-Acevedo, Karen Vanessa y Polo-Bautista, Luis Roberto. (2021). *Aplicación de la bibliominería metodológica en la elaboración de una ontología como sistema de representación del conocimiento de la enfermedad del tifo en México, 1904-1977* [Tesis de licenciatura]. Escuela Nacional de Biblioteconomía y Archivonomía.
- Martínez-Báez, Manuel. (1987). La epidemiología, base científica de la sanidad. *Epidemiología, boletín mensual*, 2(4), 37-47. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/25203/Abril.pdf>
- Massey, Doreen. (1991). A global sense of place. *Marxism Today June*, 24-29.
- Matthew Honnibal et al. (2020). spaCy: *Industrial-strength Natural Language Processing in Python*. 10.5281/zenodo.1212303

- Musa, Taha Hussein et al. (2021). The 100 top-cited articles on scrub typhus: a bibliometric analysis. *Osong Public Health Res Perspect*, 12 (2), 126-135. <https://doi.org/10.24171/j.phrp.2021.12.2.10>
- Musa, Taha Hussein, et al. (2020). A Bibliometric Analysis of Global Scientific Research on Scrub Typhus. *Hindawi BioMed Research International*, 20. <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2020/5737893/>
- Pennington, Hugh. (2019). The impact of infectious disease in wartime: a look back at WW1. *Future Microbiology*, 14 (3), 165-168. <https://www.futuremedicine.com/doi/epdf/10.2217/fmb-2018-0323>
- Philip, Cornelius. (1948). Tsutsugamushi disease (scrub Typhus) in World War II. *The Journal of parasitology*, 34 (3), 169-191
- Priego, Natalia. (2012). Instituto Bacteriológico Nacional y la lucha contra el tifo. *Ciencia*, (abril-junio), 26-33
- Ruiz-Castañeda. (1956). Hans Zinsser en el XXX aniversario de la vacuna contra el tifo. *Gaceta Médica de México*, 3.
- Solórzano, Armando. (1996). La influencia de la Fundación Rockefeller en la conformación de la profesión médica mexicana, 1921-1949. *Revista Mexicana de Sociología*, 58 (1), 173-203.
- Souza, Fábio, Nogueira, Rodrigo y Lotufo, Roberto. (2019). *Portuguese Named Entity Recognition using BERT-CRF*. <http://arxiv.org/abs/1909.10649>
- Tenorio, Mauricio. (2010). De piojos, ratas y mexicanos. *Istor: revista de historia internacional*, 11 (41), 3-66. http://www.istor.cide.edu/archivos/num_41/dossier1.pdf
- Therrell, Matthew. (2005). Tree rings and "El Año del Hambre" in Mexico. *Dendrochronologia*, 22, 203-207.
- *Tifo exantemático y afecciones afines*. (1935). *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*. <https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/18323/v14n3p256.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Weindling, Paul. (1995). Between Bacteriology and Virology: the development of typhus vaccines between the First and Second World Wars. *History and Philosophy of the Life Sciences*, 17 (1), 81-90.