

La teoría epidémica en la literatura sobre la Ley de Lotka

Rubén Urbizagástegui Alvarado
Javier Suárez *

*Artículo recibido:
9 de enero de 2008.*

*Artículo aceptado:
29 de agosto de 2008.*

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es estudiar el modelo epidémico como un proceso determinístico representado por un sistema de ecuaciones diferenciales. Este modelo es después aplicado a los autores productores de literatura sobre la Ley de Lotka desde 1922 hasta 2005. Se observa que esta sub-área de la bibliometría entró en un proceso epidémico a partir de 1965, que éste tiene una alta tasa de autores transeúntes, y que los autores que publican en idiomas diferentes al inglés encontraron el área ya en un estado epidémico.

Palabras clave: Proceso epidémico; Ley de Goffman; Ley de Lotka; Productividad de autores; Cienciometría; Bibliometría; Informetría.

* Los dos autores pertenecen a la Universidad de California en Riverside, USA. (Rubén: ruben@ucr.edu); (Javier: jsuar002@ucr.edu).

ABSTRACT

Epidemic Theory in the literature on Lotka's law*Rubén Urbizagástegui Alvarado and Javier Suárez*

The objective of the present study is to analyse the epidemic model as a deterministic process represented by a system of differential equations and apply it to authors producing literature on Lotka's law from 1922 to 2005. An epidemic process starting in 1965 and showing a high rate of transient authors is observed. Those authors publishing in languages different from English found the area already infected.

Keywords: Epidemic process; Goffman's law; Lotka's law; Authors' productivity; Scientometrics; Bibliometrics; Informetrics.

I. INTRODUCCIÓN

Muchos académicos reconocen hoy que en los inicios de la Europa moderna, la emergencia de la imprenta representó una profunda revolución intelectual. Por ejemplo, Eisenstein (1979) y Fevre & Martin (1997) sustentan que el cambio de la cultura del manuscrito a la cultura del impreso fue una innovación significativa en dirección a la fijación, estandarización y el *intercambio de ideas* entre los lectores, de tal manera que la distribución y recepción de los libros jugaron un papel importante en la formación del conocimiento del lector a través del texto. También Darnton (1990) analiza la producción y distribución de los libros como *circuitos de comunicación* que van del autor al editor, al impresor, al librero y finalmente al lector.

Ese circuito de comunicación transmite *información, y transforma la información en conocimiento* conforme viaja del pensamiento al escrito, a los caracteres impresos, y vuelve nuevamente al pensamiento como conocimiento reformado; es decir, los textos se convierten en circuitos de *comunicación de ideas*. Esos académicos (Eisenstein, 1979; Fevre & Martin, 1997; Darnton, 1990) están interesados en la forma en que el lector recibe y se apropia de las ideas que después se transforman en conocimientos derivados de un texto; tanto es esto así que recientes investigaciones han comenzado a analizar las diferencias entre el libro como objeto y como *transmisor de ideas* (McClure, 2003). Esa postulación del libro como transmisor de ideas generó también la

desconfianza entre aquellos que monopolizaban el poder político, social e económico en una sociedad cualquiera, quienes, en el mecanismo de los circuitos de comunicación de los libros introdujeron la censura como una forma de controlar la circulación de las ideas a través de los impresos, y en especial a través de los llamados libros prohibidos y considerados heterodoxos (Guibovich Pérez, 2000).

La invención de la imprenta fue celebrada con entusiasmo por los intelectuales europeos. El nuevo invento permitía la reproducción de los libros y la difusión de las ideas, tanto que reformadores como Lutero y Calvino usaron la imprenta como su principal medio de difusión de ideas y debate. Con la expansión de la imprenta y la diversificación de las formas de comunicación escrita, también la ciencia hizo uso extensivo de la imprenta para la difusión, el intercambio de ideas y el debate, hasta el punto en que en el mundo contemporáneo la ciencia es reconocida como conocimiento organizado donde la información sobre los fenómenos de interés para la investigación, es adquirida a través de la literatura publicada. Por eso, la acumulación del conocimiento científico ha tenido un proceso histórico tan significativo, al grado que los descubrimientos científicos para ser reconocidos y homologados como ciencia tienen que hacer públicos sus resultados. Como afirma Ziman (1984:58)

[...]sea lo que sea lo que el científico piensa o diga individualmente, sus descubrimientos no pueden ser garantizados como pertenecientes al conocimiento científico hasta que no hayan sido informados al mundo entero y puestos en un registro permanente. La institución social básica de la ciencia es así su sistema de comunicación pública.

La ciencia se caracteriza entonces por ser del conocimiento público y la literatura producida sobre un asunto científico es tan importante cuanto la propia investigación que la incorpora porque para la investigación científica la comunicación es esencial, en tanto que el objetivo final de un científico es “[...]crear, criticar y contribuir para alcanzar un consenso racional de las ideas y de la información de esas ideas” (Ziman, 1969:318). Por lo tanto, en el quehacer científico la comunicación de las ideas se torna fundamental y envuelve la publicación de revistas académicas, libros, conferencias y seminarios, editores académicos y comerciales, bibliotecas, bases de datos electrónicos y otras similares. En la práctica científica esos elementos son llamados de archivo histórico de la ciencia y son esenciales para mantener un registro público permanente de los resultados, observaciones, cálculos, teorías, etcétera de la ciencia, y sirven como base para posteriores referencias de otros científicos. Ese archivo histórico de la ciencia es necesario también al

[...]proporcionar oportunidades para la crítica, la refutación y el refinamiento de los hechos supuestos y que por su propia naturaleza es un cuerpo de conocimiento público al cual cada investigador hace su contribución personal, es corregido y esclarecido por mutuo criticismo (Ziman, 1976:90).

En sus esfuerzos por establecer y mantener contactos con la investigación corriente en su campo de especialización, los científicos están en constante alerta o buscando activamente información científica y técnica relevante para la investigación que tienen en proceso o planean realizar en un futuro cercano. Como la comunicación científica es, en su mayor parte, de interacción entre científicos, la mayor actividad en ese sistema es social, y, debido a que los científicos normalmente diseminan el resultado de sus investigaciones, la mayor parte de esta actividad es pública y rápidamente analizada por los pares (Garvey & Griffith, 1979). Por lo tanto, el esfuerzo individual principal de los científicos es la producción de nueva información ya sea describiendo nuevos datos o formulando nuevos conceptos, o integrando los datos conceptualmente. Pero para que esas formulaciones sean exitosas contribuciones a la ciencia deben comunicarse de tal forma, que tengan que ser comprendidas y verificadas por otros científicos y después usadas para proporcionar nuevas bases para mayores exploraciones (Garvey, 1979). Como ya es sabido, para hacer nuevas investigaciones los científicos siempre se han basado en investigaciones y teorías realizadas por sus predecesores; por ejemplo, Lessin (2001) observa que “[...]lo nuevo es construido sobre lo viejo y, por lo tanto, depende en cierto grado del acceso a lo viejo”. Isaac Newton en una carta a Robert Hooke en 1676, resaltaba indirectamente la importancia del acceso a descubrimientos anteriores al afirmar que “[...]si vi un poquito más fue porque me apoyé en los hombros de gigantes”. Ése ver un poquito más apoyado sobre los hombros de gigantes significa el reconocimiento de la comunicación de ideas realizada a través de los impresos.

2. EL MODELO EPIDÉMICO

Siguiendo esas discusiones de los impresos como literatura publicada al servicio de la difusión de las ideas en la ciencia, Goffman & Newill (1964) propusieron que el proceso de comunicación de las ideas que circulan en una determinada comunidad científica sea examinado como si fuese la transmisión de una enfermedad infecciosa; es decir, en términos de un proceso epidémico de dos factores que describan el contacto individual o grupal sin tomar en consideración la complejidad que tiene una epidemia cuando aparece en una

situación concreta, ya que un modelo es apenas una idealización de la situación real en la que la complejidad de los procesos son reducidos a sus propiedades esenciales. En el modelo epidémico esas propiedades esenciales son:

- (1) una población específica y
- (2) la exposición al material infeccioso.

Para Goffman & Newill (1964) cuando aparece una epidemia durante un determinado periodo, los miembros de la población pertenecen a una de las tres clases básicas siguientes:

- (a) *infectados*, aquellos miembros que son hospederos del material infeccioso;
- (b) *susceptibles*, aquellos que pueden ser infectados debido al contacto con el material infeccioso;
- (c) *removidos*, aquellos que han sido removidos por una variedad de razones tales como muerte, inmunidad, hospitalización, etcétera. Al momento de su remoción, estos últimos miembros pueden haber sido *infectados* o *susceptibles*.

Todo el proceso es dependiente del tiempo; es decir, ocurre en una secuencia de eventos que describen el proceso de desarrollo y crecimiento de la enfermedad infecciosa. Un individuo es expuesto al material infeccioso por contacto directo con un infectado o a través de algún hospedero o vector intermediario. La persona expuesta puede ser resistente al virus infeccioso, en cuyo caso el virus es rechazado; o puede ser infectado por el virus, en cuyo caso el virus procede con su desarrollo normal. El intervalo de tiempo en el cual se realiza ese desarrollo es el “periodo de latencia” (o periodo de incubación); es decir, el intervalo de tiempo necesario para que un susceptible sea transformado en infectado. En otras palabras, el periodo de latencia es el tiempo que transcurre entre la recepción del material infeccioso por un susceptible, y el periodo en que está en posición de transmitir el material infeccioso a otro susceptible, repitiéndose así el proceso. Una epidemia ocurre cuando el proceso de susceptibles que han sido transformados en infectados sobrepasa un cierto nivel establecido. Cuando la enfermedad se dispersa rápidamente e infecta a muchos individuos se está frente a una epidemia.

Para Goffman & Newill (1964), también las ideas pueden difundirse rápidamente e “infectar” a muchas personas tanto que ellas mismas exploraron sus ideas en diversos artículos (Goffman, 1965; 1966a; 1966b; 1969; 1971; Goffman & Newill, 1967; Goffman & Warren, 1970; Goffman & Harmon,

1971; Warren & Goffman, 1972). Sin embargo, en la práctica bibliométrica pocos artículos han sido publicados siguiendo esta línea de investigación. Esos artículos se reducen a los trabajos de Worthen (1973) presentando la teoría de Goffman y comparándola con el modelo del contagio de Menzel & Katz (1955); Gilbert & Woolgar (1974) analizando los métodos cuantitativos que fueron usados para evaluar el crecimiento de la ciencia y su literatura; Bennion & Neuton (1976) estudiando la transmisión de ideas vía la literatura producida de 1962 a 1974 en el área de “agua anómala” o “polywater”; Hawkins (1978) analizando la literatura sobre compuestos de gases nobles, Garfield (1980) revisando y describiendo los trabajos de Goffman; Bujdosó; Lyon & Noszlopi (1982) examinando la literatura de amenaza nuclear; Braun & Lyon (1984) estudiando la dispersión de ideas en el campo de flujo de inyecciones de 1975 a 1982; Braun (1992) estudiando la literatura sobre investigación en Fullerene, Wagner-Döbler (1999) en lógica matemática y Bettencourt; Cintrón-Arias; Kaiser & Castillo-Chavez (2006) analizando la literatura sobre el diagrama de Feynman.

En general, en la ciencia, el proceso “epidémico” puede ser caracterizado como la transmisión de ideas de un estado susceptible a otro infectado donde la transmisión es causada por la exposición a algún material infeccioso, en este caso las ideas son transmitidas por comunicación personal o por la exposición a una publicación; es decir, la lectura específica de un libro, artículo, etcétera. Sin embargo, una epidemia no se puede desarrollar dentro de una determinada población a menos que haya un contacto efectivo entre los susceptibles y el material infeccioso. Eso sólo puede suceder cuando se toma en consideración que así como ciertas personas son susceptibles a ciertas ideas, también son resistentes a otras. Una vez que un individuo es infectado con una idea, ese individuo puede a su vez, después de algún periodo de latencia, transmitírsela a otros. Ese proceso puede resultar en una “epidemia” intelectual cuya analogía con las enfermedades infecciosas, según las propuestas de Goffman & Newill (1964), es mostrada en la Tabla 1.

Mas tarde Goffman (1972) propuso la formulación matemática del proceso epidémico con cuatro factores implicando la aplicación de la teoría de Kermack-McKendrick a la infección parasitaria del helminto, schistosomiasis. Este parásito usa al hombre como el hospedero definitivo. Sus excrementos contienen los huevos del parásito que se incuban en embriones ciliados que nadan libremente en busca de su hospedero intermediario (una especie particular de caracol).

Tabla 1: Analogía entre enfermedades infecciosas y una epidemia intelectual

Elementos del Proceso epidémico	Elementos interpretados en términos de	
	Enfermedad epidémica infecciosa	Epidemia intelectual
<i>Hospedero</i>		
Agente	Material infeccioso	Idea
Infectado	Tipo de enfermedad	Autor de un artículo
Susceptible	Persona que será infectada debido a un contacto efectivo	Lector del artículo que será infectado debido a un contacto efectivo
Removido	Muerte o inmunidad	Muerte o pérdida de interés
<i>Vector</i>		
Agente	Material infeccioso	Idea
Infectado	Vector hospedado en el agente	Artículo que contiene ideas útiles
Susceptible	Vector no hospedado en el agente	Todos los artículos que contienen ideas potencialmente útiles
Removido	Muerte	Eliminación o pérdida

Si el caracol es un hospedero apropiado se transforma en infectado, y después de un periodo produce un gran número de cercariae que son liberados en el agua. Cuando el hombre entra en el agua, los cercariae penetran directamente en su piel y después de un tiempo se transforman en gusanos adultos que a su vez producen huevos. Esa analogía con el proceso de consumo de la literatura por el hombre está mostrada en la *Figura 1*.

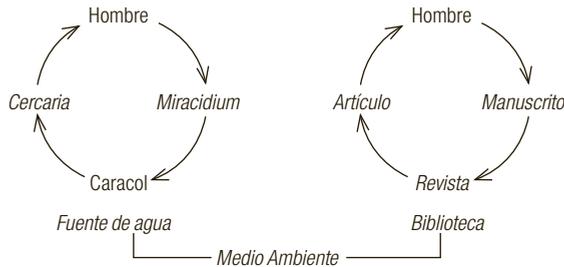


Fig. 1 Comparación entre los ciclos del schistosomiasis y la literatura

3. MATERIAL Y MÉTODO

Siguiendo esas propuestas en este trabajo se analiza el desarrollo de la literatura sobre la productividad de los autores conocida también como la Ley de Lotka. Como ya se sabe, el análisis de la productividad de los autores a través de la publicación de artículos y de otras formas de comunicación escrita comenzó con Dresden (1922), quien estudió la publicación de 278 autores, los cuales conjuntamente produjeron 1,102 artículos entre los años de 1879

a 1922, en la Sociedad Americana de Matemáticas, Sección de Chicago. Poco después Lotka (1926) estudió la productividad de autores en el área de la química y la física, y sentó las bases para el modelo estadístico del cuadrado inverso, modelo que más tarde llevaría su nombre y que hoy es conocido como la “Ley de Lotka”.

Como unidades de análisis se tomaron cada uno de los autores y de los artículos, capítulos de libros, y trabajos presentados en congresos, sobre la llamada “Ley de Lotka”, desde 1922 hasta 2005; es decir, un largo periodo de 83 años. Para identificar a los autores que contribuyeron con artículos en esta área, se hizo una búsqueda en todas las bases de datos de DIALOG, con los términos Lotka?(5n)Law? como estrategia de búsqueda, y se obtuvieron 50 bases de datos que por lo menos contenían un artículo sobre el asunto investigado. Esta estrategia de búsqueda produjo un total de 315 registros que, tras la depuración de los duplicados y falsas recuperaciones, fueron acumulados en un total de 275 referencias bibliográficas. Estas 275 referencias fueron después trasladadas a Pro-Cite 5.0 para elaborar una base de datos específica sobre el asunto. Posteriormente se realizó una minuciosa lectura de cada uno de los artículos identificados en la búsqueda, dedicándole especial atención a cada cita efectuada en el documento leído. Después cada cita referida a la Ley de Lotka fue confrontada con la base de datos específica en Pro-Cite 5.0 e incorporada a ella si no hubiera sido identificada anteriormente en DIALOG.

También se realizaron búsquedas en el *Information Science Abstract* (ISA), *Library Literature* (LL) y *Library and Information Science Abstract* (LISA). Con esta lectura minuciosa se produjo una bibliografía analítica sobre la Ley de Lotka que lista un total de 407 referencias bibliográficas que contienen artículos de periódicos, monografías, capítulos de libros, comunicaciones presentados en congresos, literatura gris, y cartas dirigidas a los editores de revistas especializadas en bibliotecología y ciencia de la información que fueron producidos por 413 autores diferentes (Urbizagástegui, 2005). Esta bibliografía analítica de 407 referencias producidas por 413 autores diferentes entre 1922 y 2005 constituye el universo de esta investigación. El periodo cubierto por la literatura recuperada es suficientemente largo como para asegurar la publicación de artículos sobre este asunto en las revistas del campo de la ciencia de la información y afines. Para el conteo de los autores productores de artículos se optó por el sistema de conteo completo. Esto significa que los múltiples autores de un único artículo fueron contados y atribuidos como autores contribuyentes en la producción de documentos identificados en el levantamiento bibliográfico. También se considera que un autor se convirtió en infectado el año de su primera publicación. La población total de contribuyentes representa la población infectada.

Para la medición y descripción de los datos se consideró el modelo epidémico propuesto por Goffman (1966a) y aplicado por él a la transmisión de las ideas científicas en las investigaciones sobre mastocitos. Las propiedades y la formulación matemática del modelo se describen en el Anexo 1 como una traducción del artículo publicado por su autor. Sin embargo la ecuación recursiva (2) a la que Goffman (1966a) hace referencia muestra un error y la solución aproximada correcta de esa ecuación (2) fue tomada de Hurewicz (1958:25) y es la siguiente:

$$X(t) = X_{i-1} + \left[t - t_{i-1} \right] F \left(X_{i-1}, t_{i-1} \right) \quad (2)$$

donde

$$F(X, t) = \frac{dX(t)}{dt} = \left\{ \frac{dx_1(t)}{dt}, \frac{dx_2(t)}{dt}, \dots, \frac{dx_n(t)}{dt} \right\}$$

4. RESULTADOS

La Tabla 1 muestra el número de autores diferentes que produjeron documentos sobre la Ley de Lotka desde 1922 hasta el año 2005, agrupados en intervalos de cinco años, así como su tasa de cambio correspondiente.

Tabla 1: Número de autores diferentes observados según los años y tasa de cambio correspondiente

Años	No. de autores	Tasa de cambio
1925	1	0.2
1930	1	0.2
1935	1	0.2
1940	1	0.2
1945	2	0.4
1950	0	0.0
1955	3	0.6
1960	3	0.6
1965	2	0.4
1970	9	1.8
1975	17	3.4
1980	37	7.4
1985	49	9.8
1990	41	8.2

1995	69	13.8
2000	80	16.0
2005	97	19.4

La distribución de la tasa de cambio en el número de contribuyentes (infectados) con relación al tiempo, $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ se muestra en la Figura 2. Se seleccionaron intervalos de 5 años debido a fluctuaciones de la distribución en intervalos menores; por lo tanto, la Figura 2 representa la curva epidémica para el total de 413 autores diferentes que han investigado sobre la Ley de Lotka y han publicado sus resultados en diferentes tipos de documentos de 1922 a 2005.

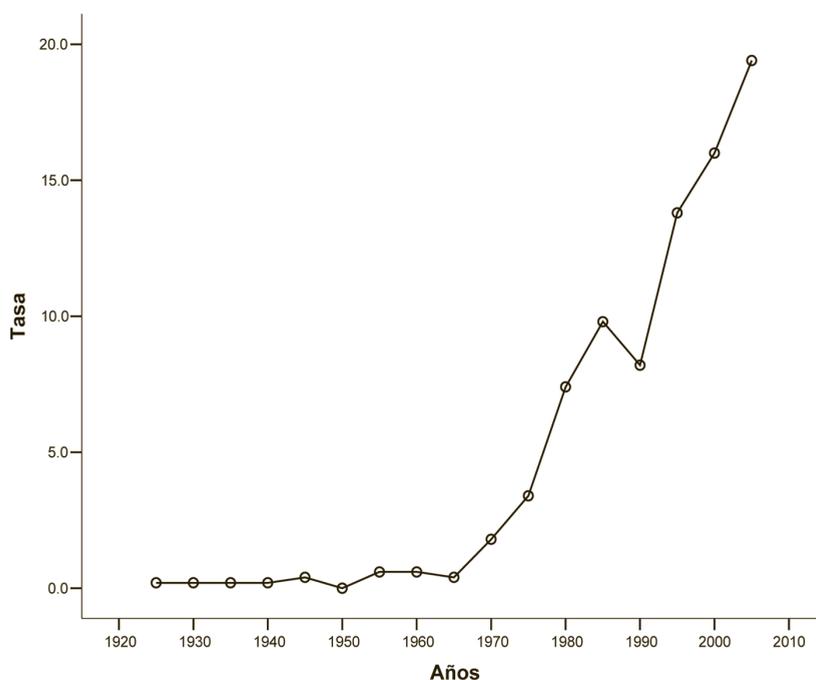


Fig. 2: Curva epidémica de la población de autores sobre la ley de Lotka

Puede observarse claramente que las investigaciones sobre la productividad de los autores, o ley de Lotka, muestran hasta 1965 una condición estable para a partir de esa fecha entrar en un estado epidémico. Esa entrada en el estado epidémico puede haber sido detonado por los trabajos de Price (1963) quien en su libro *Big science, Little Science* incluye un capítulo especial con el título de “Galton Revisted”, donde analiza extensivamente la ley

de Lotka. Ese libro tuvo gran impacto entre los estudiosos de este asunto. Igualmente alrededor de esa fecha aparecieron los trabajos de Platz (1965) y Mantell (1966), que posiblemente fueron también los impulsores de la revisión y reactivación del trabajo inicialmente desarrollado por Dresden (1922) y por Lotka (1926).

Ese estado epidémico significa también que a partir de 1965, la tasa de los autores “infectados” por el modelo del poder inverso y sus modificaciones es mayor a cero. Goffman (1966a) encontró que este modelo es adecuado para predecir situaciones en las que los autores infectados por una idea científica entran en un estado epidémico, ese mismo resultado se está observando en los autores productores de literatura sobre la ley de Lotka, una rama de la bibliometría.

La importancia de este modelo radica en que es útil para la predicción del proceso epidémico según el tiempo. Por ejemplo, se estima que para 2010 se tendrá un total de

$$I_{2010} = 97 + (1) (19.4) = 116.4 \text{ nuevos autores investigando en esta área}$$

Es decir, la tasa de cambio de los autores infectados en el 2010 habrá llegado a 23.3, y entre 2006 y 2010 se habrán incorporado aproximadamente 116.4 nuevos autores para investigar y publicar artículos sobre la Ley de Lotka. Se estima que para 2015 se tendrá un total de

$$I_{2015} = 116.4 + (1) (23.3) = 139.7 \text{ nuevos autores investigando en esta área}$$

Es decir, la tasa de cambio de los autores infectados en el 2015 habrá llegado a 27.94, y entre 2016 y 2020 se habrán incorporado aproximadamente 140 nuevos autores para investigar y publicar artículos sobre la Ley de Lotka. Y así sucesivamente.

Otra observación que nos permite hacer este modelo se relaciona con la tasa de artículos publicados por los autores. La *Figura 3* muestra el promedio de publicaciones por autor a través del tiempo. Se puede apreciar que a pesar de que entre los años 1950 a 1970 hay una variación significativa, ésta tiende a estabilizarse en apenas una única publicación por autor. Eso significa que el crecimiento de la literatura producida sobre esta área de la bibliometría está determinada por el crecimiento del número de autores que actúan en el campo y no por el aumento de la productividad de esos mismos autores. En otras palabras, esta área crece no porque los autores produzcan más documentos sino porque más autores entran al campo y tienden a producir apenas un artículo para luego

abandonar el campo. Es decir, en esta rama de la bibliometría existe una alta tasa de transeúntes.

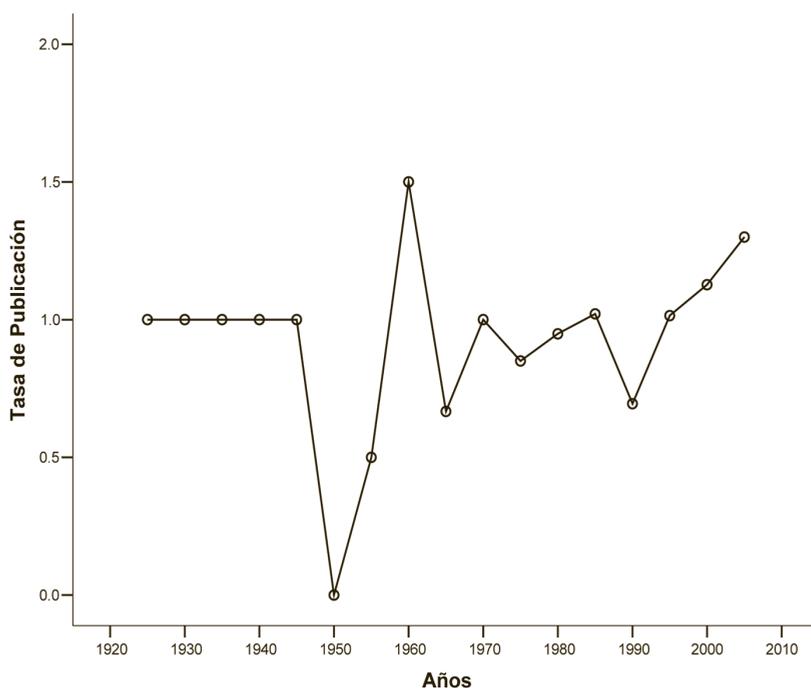


Fig. 3: Promedio de publicaciones por autor

Por otro lado, en cualquier periodo, los individuos están siempre entrando en un campo, permanecen activos por un determinado tiempo y después dejan el campo o cambian de actividad. Algunas personas entran al campo a una edad temprana y permanecen activas durante toda su carrera. Otras contribuyen al campo solamente por un corto periodo. Para estimar el número de años que los autores de la literatura sobre la ley de Lotka permanecieron activos en el campo se consideró que un autor permaneció activo durante los años transcurridos entre su primera publicación y el año posterior a su última publicación. Los estimados están mostrados en la *Figura 4*. Puede observarse que 78% de los autores fueron activos solamente durante un año y un porcentaje relativamente pequeño (7.3 %) permanecieron activos por 10 o más años. El alto porcentaje de autores que permanecieron activos solamente por un año indica que esos autores se sintieron intrigados por las técnicas bibliométricas relacionadas con la ley de Lotka, sobre lo cual hicieron alguna investigación, publicaron un único artículo y luego abandonaron el área. Sin

embargo, un porcentaje relativamente pequeño de esos investigadores permanecieron activos en ese campo. Ése es el grupo de autores que hicieron contribuciones significativas para el avance científico de esta sub-área de la bibliometría.

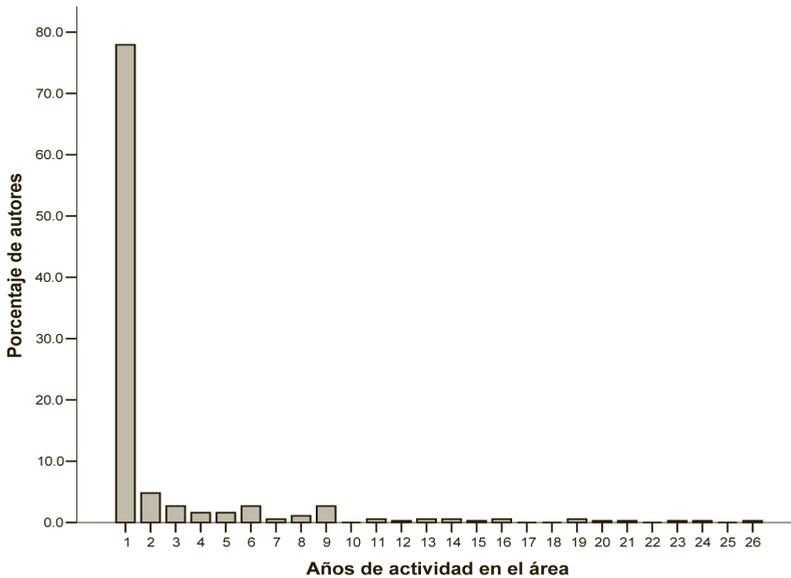


Fig. 4: Porcentaje de autores según los años de actividad en el área

En el periodo investigado, las publicaciones en inglés alcanzaron un 79.5% de las contribuciones y dejaron apenas un espacio de 20.5% para ser compartidos por los otros idiomas. En ese aspecto, las publicaciones en español ocupan el segundo estrato, con 13.1% de las contribuciones, seguido del portugués, con 4.1%, y así sucesivamente, el alemán 1%, chino 1%, turco, servo-croata y ruso, con apenas 0.3% de los trabajos producidos. Esto no es nada sorprendente. Y es conocida la hegemonía del idioma inglés en la comunicación científica, tanto así que Solla Price (1971: 257) afirmaba que en este idioma se publica poco más de la mitad de la producción filosófica y científica del mundo, a pesar de que los científicos no leen mucho en idiomas extranjeros. Para ser más precisos, “[...] miran la literatura extranjera a través de [sus] lentes oscuros que los dejan ver solamente una décima parte de lo que realmente existe” (Price, 1971:258).

Para examinar la posibilidad de que existan diferencias de entrada en el proceso epidémico entre los autores que publican en inglés y aquellos que lo hacen en otros idiomas, se realizó la separación de los datos en dos grupos:

aquellos autores que sólo publican en inglés y quienes publican sus investigaciones en idiomas diferentes del inglés. La *Figura 5* muestra claramente que las investigaciones sobre este asunto publicados en inglés muestran una condición estable hasta 1965, para a partir de esa fecha entrar a un estado epidémico. Ese estado epidémico significa que a partir de 1965 la tasa de los autores “infectados” por el modelo del poder inverso y sus modificaciones es mayor a cero, lo que confirma el desarrollo del proceso epidémico. Este comportamiento es muy similar a la distribución del proceso epidémico para todos los autores en conjunto y que se muestran en la *Figura 2*.

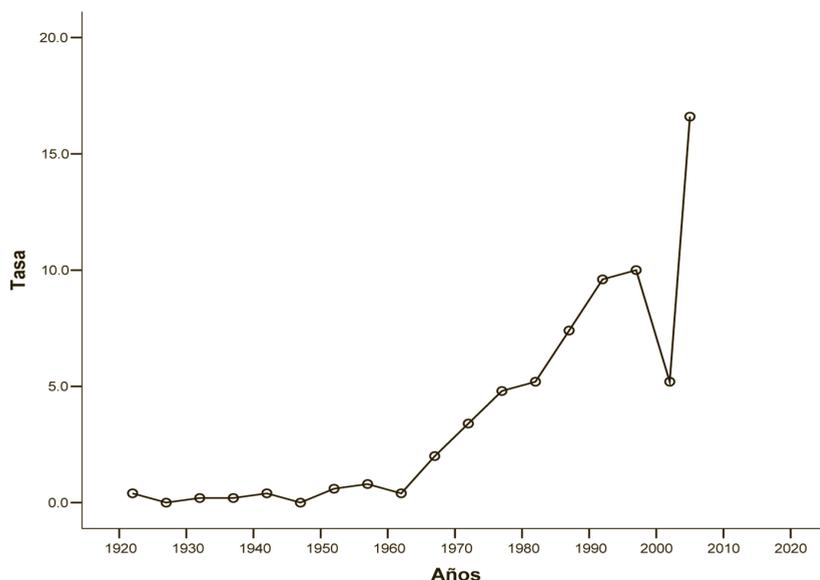


Fig. 5: Curva epidémica de los autores que publican en inglés

Ése no es el caso de los autores que publican en idiomas diferentes al inglés. Como se puede observar claramente en la *Figura 6*, las investigaciones sobre la productividad de los autores o ley de Lotka comenzaron en 1971 con el trabajo pionero de Inönü (1971) publicado en turco y seguido después por los trabajos de Terrada (1973) en español y Braga; Figueiredo & Braga, (1975) en portugués. La distribución de las tasas muestra una condición inestable aunque siempre con una tasa mayor a cero. En otras palabras, los autores que publicaron sus trabajos en idiomas diferentes al inglés entraron al campo cuando el área ya estaba prácticamente en pleno estado “epidémico” y completamente infectado.

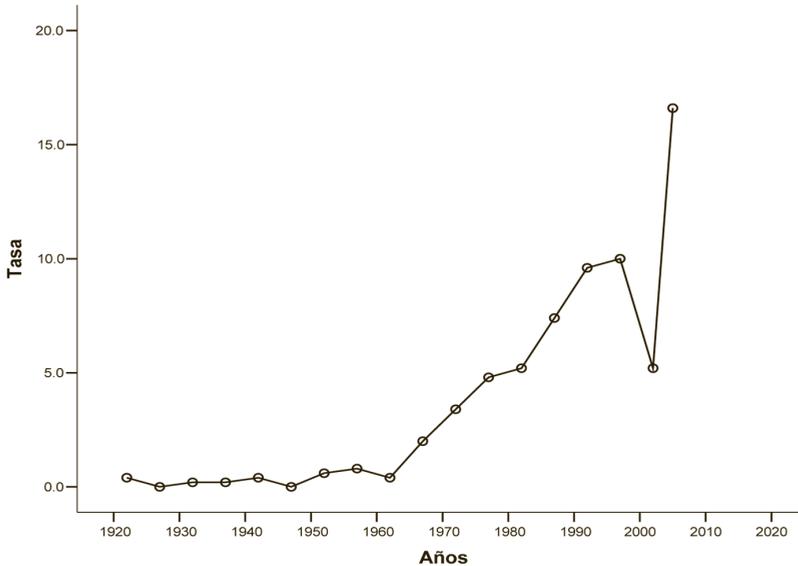


Fig. 6: Curva epidémica de los autores que publican en idiomas diferentes al inglés

5. CONCLUSIONES

Siguiendo los postulados y modelos especificados por Goffman y sus asociados, en esta investigación se analizó el proceso epidémico de los autores productores de literatura especializada sobre la productividad de los autores o ley de Lotka. Se encontró que hasta 1965 los autores muestran un estado estable para, a partir de esa fecha, entrar a un estado epidémico donde la tasa de los autores “infectados” por el modelo del poder inverso y sus modificaciones es mayor a cero. Sin embargo, a pesar de que en la productividad de los autores existe una variación significativa, ésta tiende a estabilizarse en apenas una única publicación por autor. Eso significa que el crecimiento de la literatura producida es consecuencia de la entrada en el campo de mayor número de autores y no del aumento en la productividad de los autores. La tasa de transeúntes alcanza un 78% de los autores y la tasa de permanentes observada fue de apenas 7.3% de ellos.

Se observó también que no hay diferencia significativa entre la entrada a un estado epidémico de los autores que publican sus trabajos en inglés, pero que los autores que publicaron sus trabajos en idiomas diferentes al inglés entraron al campo cuando el área ya estaba prácticamente en pleno estado “epidémico”.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Bennion, Bruce C. & Neuton, Laurence A., "The epidemiology of research on 'Anomalous water'", en *Journal of the American Society for Information Science*, 27(1), 53-56, Jan.-Feb. 1976.
- Bettencourt, Luís M. A.; Cintrón-Arias, Ariel; Kaiser, David I. & Castillo-Chávez, Carlos, *The power of a good idea: quantitative modeling of the spread of ideas from epidemiological models*, Physica A, 364:513-536, 2006.
- Braga, Gilda María; Figueiredo, Laura Maia de & Braga, Helena Medeiros Pereira, "Produtividade de autores, periódicos e termos da Bibliografia Brasileira de Direito", en *Reunião Brasileira de Ciência da Informação (1st : 1975 : Rio de Janeiro, Brazil). Anais da 1a. Reunião Brasileira de Ciência da Informação, Rio de Janeiro, 15 a 20 de Junho de 1975*, Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT), Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento, 1975, pp. 247-258.
- Braun, Tibor, "The epidemic spread of fullerene research", en *Angewandte Chemie*, International Edition in English, 31(5):588-589, 1992.
- Braun, Tibor & Lyon, W. S., "The epidemiology of research on florinjection analysis: an unconventional approach", *Fresenius Z.*, en *Anal Chem*, 319:74-77, 1984.
- Bujdosó, E.; Lyon, W. S. & Noszlopí, I., "Prompt nuclear analysis: growth and trends: a scientometric study", en *Journal of Radioanalytical Chemistry*, 74(1):197-238, 1982.
- Darnton, Robert, "What is the history of books?", en su *The kiss of Lamourette: reflections in cultural history*, London, Faber, 1990.
- Dresden, A., "A report on the scientific work of the Chicago section", 1897-1922, *Bulletin of the American Mathematical Society*, núm. 28, pp. 303-307, July. 1922.
- Eisenstein, Elizabeth L., *The printing press as an agent of change: communications and cultural transformations in early-modern Europe*, New York, Cambridge University Press, 1979.
- Fevre, Lucien & Martin, Henri-Jea, *The coming of the book: the impact of printing, 1450-1800*, New York, Verso, 1997.
- Garfield, Eugene, "The epidemiology of knowledge and the spread of scientific information", en *Current Contents*, 35:5-10, September 1, 1980.
- Garvey, William D., *Communication: the essence of science: facilitating information Exchange among librarians, scientists, engineers and students*, Oxford, Pergamon Press, 1979.
- Garvey, William D. & Griffith, Belver C., "Scientific communication as a social system", en Garvey, William D., *Communication: the essence of science: facilitating information Exchange among librarians, scientists, engineers and students*, Oxford, Pergamon Press, 1979, pp. 148-164.

- Gilbert, G. Nigel & Woolgar, Steve, “The quantitative study of science: an examination of the literature”, en *Science Studies*, 4(3), 279-294, July 1974.
- Goffman, William, “An epidemic process in an open population”, en *Nature*, 205(4973), 831-832, Feb. 20, 1965.
- _____, “Mathematical approach to the spread of scientific ideas: the history of Mast cell research”, en *Nature*, 212(5061), 449-452, October 19, 1966a.
- _____, “Stability of epidemic processes”, en *Nature*, 210(5038), 786-787, May 21, 1966b.
- _____, “An application of epidemic theory to the growth of science (symbolic logic from Boole to Gödel)”, en *International Congress of Cybernetics (1st : 1969 : London). Progress of cybernetics: proceedings of the first international congress of cybernetics*, London 1969, London, New York, Gordon and Breach Science Publ., 1970, pp. 971-984.
- _____, “Mathematical method for analyzing the growth of a scientific discipline”, en *Journal of the Association for Computing Machinery*, 18(2), 173-185, April, 1971.
- Goffman, William & Newill, Vaun A., “Generalization of epidemic theory: an application to the transmission of ideas”, en *Nature*, 204(4955), 225-228, October 17, 1964.
- _____, “Communication and epidemic processes”, en *Proceedings of the Royal Society A*, 298, 316-334, May, 1967.
- Goffman, William & Warren, Kenneth S., “Application of the Kermack-McKendrick theory to the epidemiology of Schistosomiasis”, en *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 19(2), 278-283, March, 1970.
- Goffman, William & Harmon, Glynn, “Mathematical approach to the prediction of scientific discovery”. *Nature*, 229(5980), 103-104, January 8, 1971.
- Guibovich Pérez, Pedro, *La Inquisición y la censura de libros en el Perú Virreynal (1570-1813)*, Lima, Fondo Editorial del Congreso del Perú, 2000.
- Hawkins, Donald T., “The Literature of noble gas compounds”, en *Journal of Chemical Information and Computer Sciences*, 18 (4), 190-199, 1978.
- Hurewicz, Witold, *Lectures on ordinary differential equations*, Cambridge, Technology Press of the Massachusetts Institute of Technology, 1958.
- Inönü, Erdal, 1923-1966 döneminde Fizik Dalındaki Arastirmalara Türkiyenin Katkisini Gösteren Bir Bibliyografya ve Basi Gözlemler (A Bibliography of research papers in physics published in the period 1923-1966 by Turkish or Foreign scientists working in Turkey and by scientists of Turkish origin working in foreign countries, accompanied by some observations on the research output of Turkey in physics), Ankara, Orta Dogu Teknik Universitesi, 1971.

- Lessin, Lawrence, *The future of ideas: the fate of the commons in a connected world*, New York, Random House, 2001.
- Lotka, Alfred. "The frequency distribution of scientific productivity", *Journal of the Washington Academy of Sciences*, v. 16(12), 317-323, June, 1926.
- Mantell, Leroy H. "On laws of special abilities and the production of scientific literature", en *American Documentation*, 17(1), 8-16, Jan. 1966.
- McClure, Kristie M., "Cato's retreat: *fabula, historia* and the question of constitutionalism in Mr. Locke's anonymous *Essay on Government*", en: *Reading, society, and politics in early modern England*, edited by Kevin Sharpe and Steven N. Zwicker. Cambridge, U.K. ; New York, Cambridge University Press, 2003.
- Menzel, H. & Katz, E., "Social relations and innovation in the medical profession: the epidemiology of a new drug", en *Public Opinion Quarterly*, 29, 337-352, 1955.
- Platz, Arthur, "Psychology of the scientist: XI: Lotka's law and research visibility", *Psychological reports*, 16(2), 566-568, Apr., 1965.
- Price, John Derek de Solla, *Little science, big science*, New York, N. Y., Columbia University Press, 1963.
- _____, "The expansion of scientific knowledge", en *Annals of the New York Academy of Sciences*, v. 184, pp. 257-259, June 7, 1971.
- Terrada, Maria-Luz, "La productividad de los autores médicos españoles (Ley de Lotka)", en *La literatura médica española contemporánea: estudio estadístico y sociométrico*, Valencia, España, Centro de Documentación e Informática Médica, 1973, pp. 85-92.
- Urbizagástegui Alvarado, Rubén, Lotka's law: an annotated bibliography, Riverside, Calif., 2005, a ser publicado.
- Wagner-Döbler, Roland, "William Goffman's mathematical approach to the prediction of scientific discoveries, revised", en *Proceedings of the 7th Conference of the International Society for Scientometrics and Informetrics*, July 5-8, 1999, Colima, México, pp. 522-531.
- Warren, Kenneth S. & Goffman, William, "The ecology of the medical literatures", en *The American Journal of the Medical Sciences*, 263(4), 267-273, April, 1972.
- Worthen, Dennis B., "The epidemic process and the contagion model", en *Journal of the American Society for Information Science*, 24(5), 343-346, Oct., 1973.
- Ziman, John M., *An introduction to science studies: the philosophical and social aspects of science and technology*, Cambridge, Cambridge University Press, 1984.
- _____, "Information, communication, knowledge", en *Nature*, 224(5217), 318-324, Oct. 25, 1969.
- _____, *The force of knowledge: the scientific dimensions of society*, Cambridge, Cambridge University Press, 1976.

ANEXO 1

Modelo Matemático

Vamos a tratar la comunicación del conocimiento sobre mastocitos como un proceso epidémico. Un proceso epidémico es un fenómeno dependiente del tiempo. En general, puede ser caracterizado en términos de un grupo N (una población) y un grupo de estados E (Susceptibles, infectados, y removidos) entre los cuales esta distribuida la población N en cualquier periodo de tiempo. La transición del estado susceptible al estado infectado es causada por la exposición a un fenómeno (material infeccioso) que es transmitido por un infectado a un susceptible. La transición al estado de removidos resulta de la remoción de un individuo de la circulación por innúmeras razones, por ejemplo, la muerte.

El proceso en sí mismo puede estar en uno de los dos estados siguientes en un determinado periodo del tiempo:

- (1) Estable: la tasa de cambio a la cual crece el número de infectados con respecto al tiempo es igual a cero;
- (2) Inestable: la tasa de cambio a la cual crece el número de infectados con respecto al tiempo no es igual a cero;

Si la tasa de cambio es positiva, se dice que el proceso está en un estado epidémico; si la tasa de cambio es negativa, entonces la enfermedad está en un estado declinante.

Para una población N que consiste de S susceptibles, I infectados y R removidos, el proceso epidémico general puede ser matemáticamente representado por el siguiente sistema de ecuaciones diferenciales:

$$\begin{aligned}\frac{dS}{dt} &= -\beta SI - \delta S + \mu \\ \frac{dI}{dt} &= \beta SI - \gamma I + \nu \\ \frac{dR}{dt} &= \delta S + \gamma I\end{aligned}\tag{1}$$

donde,

S , I y R son funciones continuas de la variable real t ,
 β es la tasa de infección,

$\delta(\gamma)$ es la tasa a la cual los susceptibles (infectados) son removidos, y $\mu(\nu)$ es la tasa en la cual un nuevo suplemento de susceptibles (infectados) entra a la población.

La población N , entonces, está creciendo con el tiempo y el número de nuevos infectados que ocurren en un determinado intervalo de tiempo es proporcional al número de susceptibles e infectados en la población.

Una condición necesaria para que el proceso entre a un estado epidémico es que

$$\frac{dI}{dt} > 0$$

Por lo tanto,

$$S > \frac{\gamma - \frac{\nu}{I}}{\beta} = \rho$$

representa el umbral de la densidad de susceptibles, es decir, ninguna epidemia puede desarrollarse a partir del tiempo t_0 a menos que S_0 , el número de susceptibles en ese tiempo, exceda el límite de

$$\rho = \frac{\gamma - \frac{\nu}{\alpha}}{\beta}$$

donde α es el número de infectados en t_0 .

Mas aún, el estado epidémico no puede mantenerse sobre un intervalo de tiempo $(t - t_0)$ a menos que el número de susceptibles sea mayor que ρ durante todo ese periodo de tiempo. Claramente conforme I aumenta, $\frac{\nu}{I}$ converge rápidamente a cero, y por eso ρ converge rápidamente a $\frac{\gamma}{\beta}$. El tamaño de la epidemia es el número total de infecciones que ocurren en el curso de su desarrollo, y su intensidad es la tasa de su tamaño en relación a la población en la cual se ha desarrollado.

La curva epidémica que traza el desarrollo del proceso en el tiempo es determinado por la ecuación diferencial,

$$\frac{dI}{dt} = f(t)$$

El proceso alcanza su pico y así se estabiliza por sí mismo cuando

$$\frac{d^2I}{dt^2} = 0$$

Si este es el caso, entonces,

$$\frac{dR}{dt} = x$$

es decir, la tasa de cambio de los removidos es constante en una región de estabilidad (Goffman, 1966a).

La solución al sistema de ecuaciones diferenciales (1) que caracteriza el proceso epidémico es necesaria para analizar y predecir su curso. Desafortunadamente, la solución exacta de ese sistema de ecuaciones no siempre es posible. Sin embargo, se obtiene una aproximación adecuada usando la siguiente expresión recursiva que está establecida en la forma de vector (Hurwicz, 1958)

$$\bar{x}_i = \bar{x}_{i-1} + [t - t_{i-1}] \bar{x}_{i-1} \quad (2)$$

