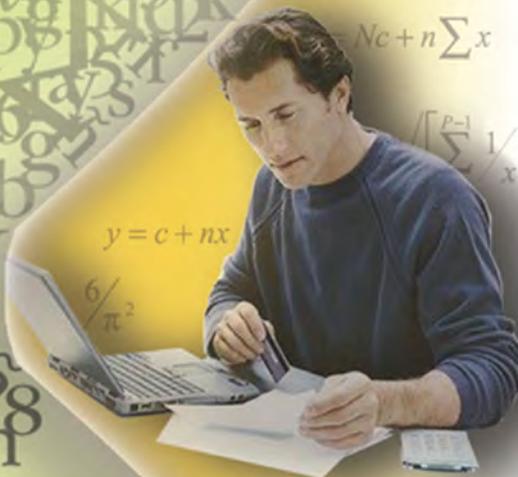


EL MODELO MATEMÁTICO DE LOTKA:

su aplicación a la producción científica latinoamericana
en ciencias bibliotecológica y de la información

SALVADOR GORBEA PORTAL



el número de autores
que escriben n documentos
es proporcional al inverso del
cuadrado del número de autores que
escriben un documento en todo el
Flujo de Información analizado

$$y = \frac{C}{x^2}$$



La presente obra está bajo una licencia de:

http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.es_MX



Atribución-No Comercial-Licenciamiento Recíproco 3.0 Unported

Eres libre de:



copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra



hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debes reconocer la autoría de la obra en los términos especificados por el propio autor o licenciante.



No comercial — No puedes utilizar esta obra para fines comerciales.



Licenciamiento Recíproco — Si alteras, transformas o creas una obra a partir de esta obra, solo podrás distribuir la obra resultante bajo una licencia igual a ésta.

Esto es un resumen fácilmente legible del:
[texto legal \(de la licencia completa\)](#)

En los casos que sea usada la presente obra, deben respetarse los términos especificados en esta licencia.



**El modelo matemático de Lotka
su aplicación a la producción científica latinoamericana
en ciencias bibliotecológica y de la información**

COLECCIÓN
TEORÍA Y MÉTODOS
Centro Universitario de Investigaciones Bibliotecológicas

**El modelo matemático de Lotka
su aplicación a la producción científica latinoamericana
en ciencias bibliotecológica y de la información**

Salvador Gorbea Portal



**Universidad Nacional Autónoma de México
2005**

Z669.8
G67

Gorbea Portal, Salvador

El modelo matemático de Lotka su aplicación a la producción científica latinoamericana en ciencias bibliotecológica y de la información / Salvador Gorbea Portal. — México: UNAM, Centro Universitario de Investigaciones Bibliotecológicas, 2005.

xiii, 180 p. — (Teoría y Métodos)

ISBN: 970-32-3149-7

1. Bibliometría 2. Modelo Matemático de Lotka 3. Productividad Científica 4. Ciencias Bibliotecológica y de la Información 5. América Latina 6. INFOBILA I. t. II. ser.

Diseño de portada: Cristopher Barraeta Álvarez

Primera Edición 2005

DR © UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Ciudad Universitaria, 04510, México D.F.

Impreso y hecho en México

ISBN: 970-32-3149-7

Tabla de Contenido

INTRODUCCIÓN.....	xi
1. EL MODELO MATEMÁTICO DE LOTKA SOBRE LA DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA DE LA PRODUCTIVIDAD CIENTÍFICA.....	1
1.1 Revisión bibliográfica del Modelo Matemático de Lotka.....	30
1.1.1 Aplicaciones temáticas.....	30
1.1.2 Críticas al Modelo de Lotka.....	36
1.1.3 Relación con el Modelo de Price.....	37
1.1.4 El factor tiempo en el Modelo de Lotka.....	38
1.1.5 Aportaciones metodológicas y tratamiento de los datos.....	40
1.1.6 Relaciones del Modelo de Lotka con otros modelos.....	42
1.1.7 Análisis estadístico y uso de variables alternativas con el Modelo de Lotka.....	45
1.1.8 Aportaciones y uso del Modelo de Lotka en Iberoamérica.....	48
Referencias.....	52
2. APLICACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO DE LOTKA A LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA LATINOAMERICANA EN CIENCIAS BIBLIOTECOLÓGICA Y DE LA INFORMACIÓN.....	61
2.1 Metodología.....	63
2.1.1 Fuentes utilizadas.....	63
2.1.2 Unidades de análisis y observación. Variables e indicadores. Composición de los datos.....	64
Referencias.....	72
2.2 Resultados.....	74
2.2.1 Investigación científica latinoamericana en ciencias bibliotecológica y de la información.....	74
2.2.2 Producción científica latinoamericana en ciencias bibliotecológica y de la información.....	79
2.2.2.1 Características generales de la producción científica procesada en INFOBILA, según las variables seleccionadas.....	80
2.2.2.2 Productividad científica de autores: aplicación del Modelo Matemático de Lotka.....	90
Referencias.....	110
2.3 Discusión.....	112
2.3.1 Características generales de la producción científica.....	112

2.3.2 Productividad científica de autores.	
El Modelo Matemático de Lotka.....	118
Referencias.....	123
2.4 Consideraciones finales.....	126
-ANEXOS.....	129
-APÉNDICE: COMPORTAMIENTO DE LA LITERATURA CIENTÍFICA PUBLICADA SOBRE EL MODELO MATEMÁTICO DE LOTKA.....	137
-BIBLIOGRAFÍA SELECTIVA DEL MODELO MATEMÁTICO DE LOTKA SOBRE LA PRODUCTIVIDAD CIENTÍFICA DE AUTORES.....	145
-Índice de autores.....	167
-Índice de títulos.....	172
-Índice de revistas.....	178

ÍNDICE DE FIGURAS

1. Gráfico de distribución de los datos originales de Lotka.....	9
2. Gráfico de dispersión con los datos originales de Lotka en escala Logarítmica.....	10
3. Distribución porcentual de autores, según contribuciones realizadas en escala logarítmica.....	29
4. Distribución de proyectos de investigación por países.....	76
5. Distribución de proyectos de investigación por áreas.....	77
6. Distribución de registros en INFOBILA, según fecha de publicación de los documentos.....	81
7. Distribución de documentos en INFOBILA, según país de edición.....	82
8. Distribución de documentos en INFOBILA, según idioma de publicación.....	84
9. Distribución de documentos en INFOBILA, según principales temáticas.....	85
10. Distribución de documentos en INFOBILA, según tipología documental.....	87
11. Distribución de documentos en INFOBILA por principales países de edición, según tipología documental.....	89
12. Distribución de documentos por tipo de autoría.....	92
13. Distribución de documentos por principales autores corporativos.....	94
14. Distribución de documentos según cantidad de autores firmantes.....	95
15. Distribución de autores por contribuciones, según la Base de Datos INFOBILA.....	105
16. Distribución de la productividad de autores en INFOBILA, según el Modelo Matemático de Lotka.....	109

ÍNDICE DE TABLAS

1. Datos presentados originalmente por Lotka.....	6
2. Cálculo de los parámetros del sistema de ecuaciones para los datos del <i>Chemical Abstracts</i>	14
3. Cálculo de los valores absolutos de <i>Y (Chemical Abstracts)</i>	16
4. Cálculo de los valores relativos a los registros del <i>Chemical Abstracts</i>	18
5. Cálculo de los valores porcentuales estimados de <i>Y (Chemical Abstracts)</i>	20
6. Cálculo de los valores porcentuales estimados de <i>Y (AUERBACH)</i>	21
7. Datos recalculados a partir de los originales de Lotka.....	26
8. Relación de indicadores calculados según la fuente utilizada.....	66
9. Comparación de los resultados obtenidos con los indicadores de colaboración y autoría.....	99
10. Frecuencias absolutas y relativas observadas en la Base de Datos INFOBILA.....	101
11. Distribución de autores por contribuciones, según el Modelo de Lotka sobre la productividad de autores utilizando el estadígrafo Kolmogorov-Smirnov para su comprobación estadística.....	102
12. Cálculo del valor de <i>n</i> para los datos obtenidos en la Base de Datos INFOBILA.....	106
13. Aplicación de la prueba Kolmogorov-Smirnov al <i>cut-off</i> de la muestra observada en la Base de Datos INFOBILA.....	108

ÍNDICE DE TABLAS DEL ANEXO

1. ICBALC Distribución proyectos por países, según áreas de investigación.....	131
2. Distribución de documentos en INFOBILA según fecha de publicación.....	133
3. Distribución de documentos en INFOBILA según tipología documental.....	133
4. Distribución de documentos en INFOBILA según idioma.....	134
5. Distribución de documentos en INFOBILA según tipo de autores.....	134
6. Distribución de documentos en INFOBILA según cantidad de autores.....	134

Introducción

Las denominadas “leyes” clásicas de la bibliometría son, en realidad, en opinión de muchos autores, entre otros el que suscribe este trabajo, distribuciones estadísticas de tipo hiperbólicas. Su aplicación se caracteriza por la utilización de series cronológicas retrospectivas, cuyo comportamiento se representa o formula a partir de modelos matemáticos que, bajo determinadas circunstancias -unas veces condicionadas por el nivel de especialización del área temática a estudiar, otras por el tamaño o cobertura cronológica de la muestra- alcanzan cierta verificación y comprueban el planteamiento de sus postulados teóricos y gráficos.

Estos modelos matemáticos epónimos (Lotka, 1926; Bradford, 1934 y Zipf, 1936) constituyen, en buen juicio, la columna vertebral de la bibliometría, debido a que identifican el comportamiento de tres de las principales regularidades cuantitativas presentes en el flujo de información documental, tales como la productividad de autores científicos, la concentración-dispersión de la información por fuentes y el volumen de los textos a partir de las frecuencias y rango de las palabras en el mismo, respectivamente.

Otro mérito de estos modelos matemáticos se relaciona con el volumen de literatura que se ha generado en torno suyo, pues, se podría afirmar que comparten, junto con el análisis de citas, el núcleo de la información científica generada sobre los estudios métricos de la información en general y en particular sobre contenidos bibliométricos. Sin embargo, paradójicamente no es común encontrar, mucho menos en la literatura científica publicada en español sobre este tipo de estudios, trabajos en los que se aborde taxonómicamente el desarrollo

matemático de estos modelos y que expliquen a neófitos en el tema, de forma sencilla, todos los pasos que identifican el origen y cálculo de cada uno de los parámetros que intervienen en la explicación y comprobación de estos modelos, aspecto no presentado en los documentos originales publicados por estos autores, con los que alcanzaron su notoriedad científica.

Debido a lo anterior, y conociendo de antemano la falta de textos académicos orientados a la especialización en estos temas, aquí se presenta una parte de los resultados obtenidos en una investigación de tesis doctoral mucho más amplia, intitulada “Producción y comunicación científica latinoamericana en ciencias bibliotecológica y de la información”, presentada bajo la dirección del doctor Elías Sanz Casado, catedrático de la Universidad Carlos III de Madrid. Los objetivos específicos de esta parte de esa investigación han estado orientados en lo fundamental a

- Estudiar el desarrollo matemático del Modelo de Lotka, con el fin de demostrar el origen y cálculo de los parámetros de este modelo, así como los principales aspectos metodológicos que permiten su aplicación y comprobación.
- Identificar las principales características que describen el comportamiento de la producción científica en la temática y región antes indicadas, con énfasis en el análisis de la productividad científica y las relaciones de autoría presentes en la base de datos INFOBILA (Información y bibliotecología latinoamericana).
- Contribuir a la difusión y enseñanza del Modelo matemático de Lotka entre los alumnos del pregrado y posgrado en ciencias bibliotecológica y de la información, así como entre los estudiosos de esta especialidad.

El cumplimiento de estos objetivos y la metodología empleada en este trabajo permitieron la obtención de resultados nunca antes alcanzados en la temática y área geográfica, al menos no en español y, de acuerdo con la literatura disponible y revisada para este estudio, así como de una mayor comprensión sobre la estructura interna del Modelo matemático de Lotka y del método utilizado en su aplicación y en

el cálculo de los parámetros que lo integran, en la comprobación de su postulado teórico y gráfico.

Por último, desde estas líneas expreso mi más sincera gratitud a la Dirección de Asuntos del Personal Académicos de la UNAM por el apoyo económico brindado para el desarrollo de esta investigación; al Centro Universitario de Investigaciones Bibliotecológicas de esta Universidad y a los colegas del Laboratorio de Estudios Métricos de la Información de la Universidad Carlos III de Madrid, España, por su apoyo y las facilidades ofrecidas durante el transcurso de este trabajo.

1

El Modelo Matemático de Lotka
sobre la distribución de frecuencia
de la productividad científica

Alfred James Lotka (1880-1949) nació en Polonia, de padres misioneros americanos. Fue educado en Gran Bretaña para vivir en Estados Unidos, donde llegó en 1902. Durante 1909, trabajó en la United State Patent Office, debido a lo cual quizás se supone su vínculo con Hulme, quien en ese año trabajaba en la Oficina de Patentes de Londres. Lotka, químico y matemático, fue presidente de la Sociedad de Estadística Americana en 1942; trabajó durante muchos años en la *Metropolitan Life Insurance Co.* y fue, sin duda, el “padre del análisis demográfico”. De su prolífera producción en esta especialidad de la demografía se destaca su obra *Matemática para demógrafos* (Broadus, 1987: 128).

Lotka, en su artículo “The frequency distribution of scientific productivity”, publicado en el *Journal of the Washington Academy of Science*, el 19 de junio de 1926, analiza la producción científica y desarrolla su modelo matemático a partir de la información recogida en dos muestras: una de autores de química registrados en el índice decenal del *Chemical Abstracts*, en el periodo comprendido entre 1907-1916, que cubre sólo las letras *A* y *B* de su estructura alfabética, y la otra comprende los autores de física indexados en el *Auerbach's Geschichtstafeln der Physik*, de J. A. Barth, publicado en Leipzig en 1910, y registrados hasta el año 1900. Su propósito se orientó a determinar, si fuera posible, a los hombres de diferente “calibre” que contribuyen al progreso de la ciencia. Sus resultados constataron que sólo unas pocas personas lo hacen en gran medida, mientras que la mayoría contribuye poco (Lotka, 1926: 317, Broadus, 1987: 128).

Una de las aportaciones metodológicas más significativa y esclarecedora para la comprensión del Modelo matemático de Lotka la realiza Miranda Lee Pao en un artículo aparecido en 1985 en la revista

Information Processing and Management, en el que estudia este modelo en su forma general, incluye fórmulas para calcular el exponente n y la constante C , así como una prueba de ajuste a la significación de los datos de la distribución de frecuencia. Pao realiza una revisión de la literatura existente sobre el modelo de Lotka y los problemas que conlleva el hecho de que algunos autores utilicen el exponente $n = 2$, en lugar de uno calculado a partir de los datos de la muestra que se quiere analizar. También señala que el mismo Lotka hace una generalización al proponer su modelo como “ley” del inverso del cuadrado, dado que sí existe una relación de potencia inversa, pero ésta es más general, aunque en ningún caso Lotka propone su modelo como “ley”. Como conclusión, Pao presenta una serie de pasos para analizar las muestras en las que se desee saber si se cumple o no el Modelo de Lotka, las cuales, por considerarse una aportación metodológica relevante, se relacionan a continuación:

- Ordenar los datos bajo el número de contribuciones por autores en áreas definidas, acreditando el artículo sólo al primer autor (se ignora a los demás, ya que si se incluyen, la línea de regresión producirá una pendiente más grande y eso afectará la distribución que se desea probar).
- Ordenar los datos en una tabla con las dos primeras columnas que contengan los valores de x y de y , donde y es la frecuencia de autores que hacen x contribuciones, ordenadas en orden creciente de productividad, así, el valor $y_{(1)}$, número de autores con un solo artículo, será grande.
- El cálculo de n debe hacerse por el método de mínimos cuadrados. Se propone la elaboración de una tabla en la que las cuarta y quinta columnas (véanse las tablas 2, 4 y 6) correspondan a los valores $x = \log x$ $y = \log y$. En la sexta columna se agrega el valor de $x \cdot y = \log x \cdot \log y$, y en la columna séptima, el de $\log x^2$. La fórmula de mínimos cuadrados para determinar el valor de n es

$$n = \frac{N \sum xy - \sum x \sum y}{N \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

Donde:

N = Número de pares de datos comprendidos en la muestra.

x = Logaritmo de x

y = Logaritmo de y

- Para calcular C se sustituye el valor de n encontrado en el paso anterior y se toma $P = 20$ (cuando $P = 20$ el error en la fórmula es insignificante) en la fórmula siguiente:

$$C = 1 \left[\sum_1^{P-1} \frac{1}{x^n} + 1/(n-1)(P^{n-1}) + 1/2P^n + n/24(P-1)^{n+1} \right]$$

- Se aplica la prueba Kolmogorov-Smirnov de bondad de ajuste. (Pao, 1985: 313-314).

Precisamente estos pasos metodológicos se siguieron en este libro para desglosar la propuesta original de Lotka que se describe a continuación, así como a la aplicación de la muestra objeto de estudio, cuyos resultados se presentan en el segundo capítulo de este trabajo.

Los datos originales, que fueron tomados y tabulados por Lotka, se presentan en la tabla 1. Con el fin de analizarlos, cada columna fue identificada con una letra, empezando por la A, para facilitar los comentarios a las mismas. Al final de esta tabla, según el documento original de Lotka, aparecen dos columnas correspondientes a los datos que él calculó, con su modelo, en valores porcentuales para cada una muestra. A estos valores, en una versión más completa que se presenta en la tabla 7, se han agregado dos columnas, en las cuales se relacionan los valores absolutos calculados, no incluidos por Lotka en la tabla original, y que, sin embargo, ayudan a comprender mejor el origen de los valores porcentuales.

El modelo matemático de Lotka

Tabla 1: Datos presentados originalmente por Lotka

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
No. de Contribuciones (n)	No. de personas según no. de contribuciones									
	Valores absolutos observados				Valores porcentuales observados				Valores porcentuales calculados	
	Chemical Abstracts			Auerbach's	Chemical Abstracts			Auerbach's	Chemical	Auerbach's
	Letra A	Letra B	A+ B		Letra A	Letra B	A+ B		A+ B	
TOTAL	1543	5348	6891	1325	%	%	%	%	%	%
1	890	3101	3991	784	57.68	57.98	57.92	59.17	56.69%	60.79
2	230	829	1059	204	14.91	15.50	15.37	15.40	15.32	15.20
3	111	382	493	127	7.19	7.14	7.15	9.58	7.12	6.75
4	58	229	287	50	3.76	4.28	4.16	3.77	4.14	3.80
5	41	143	184	33	2.66	2.67	2.67	2.49	2.72	2.43
6	42	89	131	28	2.72	1.66	1.90	2.11	1.92	1.69
7	20	93	113	19	1.30	1.74	1.64	1.43	1.44	1.24
8	24	61	85	19	1.56	1.14	1.23	1.43	1.12	0.95
9	21	43	64	6	1.36	0.80	0.93	0.45	0.90	0.75
10	15	50	65	7	0.97	0.93	0.94	0.53	0.73	0.61
11	9	32	41	6	0.58	0.60	0.59	0.45	0.61	0.50
12	11	36	47	7	0.71	0.67	0.68	0.53	0.52	0.42
13	6	26	32	4	0.39	0.49	0.46	0.30	0.45	0.36
14	7	21	28	4	0.45	0.39	0.41	0.30	0.39	0.31
15	3	18	21	5	0.19	0.34	0.30	0.38	0.34	0.27
16	4	20	24	3	0.26	0.37	0.35	0.23	0.30	0.24
17	4	14	18	3	0.26	0.26	0.26	0.23	0.27	0.21
18	5	14	19	1	0.32	0.26	0.28	0.08	0.24	0.19
19	3	14	17	0	0.19	0.26	0.25	0.00	0.22	0.17
20	6	8	14	0	0.39	0.15	0.20	0.00	0.20	0.15
21	0	9	9	1	0.00	0.17	0.13	0.08	0.18	0.14
22	2	9	11	3	0.13	0.17	0.16	0.23	0.17	0.13
23	4	4	8	0	0.26	0.07	0.12	0.00	0.15	0.11
24	4	4	8	3	0.26	0.07	0.12	0.23	0.14	0.11
25	0	9	9	2	0.00	0.17	0.13	0.15	0.13	0.10
26	3	6	9	0	0.19	0.11	0.13	0.00	0.12	0.09
27	1	7	8	1	0.06	0.13	0.12	0.08	0.11	0.08
28	2	8	10	0	0.13	0.15	0.15	0.00	0.11	0.08
29	2	6	8	0	0.13	0.11	0.12	0.00	0.10	0.07
30	2	5	7	1	0.13	0.09	0.10	0.08	0.09	0.07
31	0	3	3	0	0.00	0.06	0.04	0.00	0.09	0.06
32	0	3	3	0	0.00	0.06	0.04	0.00	0.08	0.06
33	3	3	6	0	0.19	0.06	0.09	0.00	0.08	0.06
34	1	3	4	1	0.06	0.06	0.06	0.08	0.07	0.05
35	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.05
36	0	1	1	0	0.00	0.02	0.01	0.00	0.07	0.05
37	0	1	1	1	0.00	0.02	0.01	0.08	0.06	0.04
38	1	3	4	0	0.06	0.06	0.06	0.00	0.06	0.04
39	0	3	3	0	0.00	0.06	0.04	0.00	0.06	0.04
40	1	1	2	0	0.06	0.02	0.03	0.00	0.05	0.04
41	0	1	1	0	0.00	0.02	0.01	0.00	0.05	0.04

El modelo matemático de Lotka...

42	0	2	2	0	0.00	0.04	0.03	0.00	0.05	0.03
43	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.03
44	0	3	3	0	0.00	0.06	0.04	0.00	0.04	0.03
45	0	4	4	0	0.00	0.07	0.06	0.00	0.04	0.03
46	1	1	2	0	0.06	0.02	0.03	0.00	0.04	0.03
47	0	3	3	0	0.00	0.06	0.04	0.00	0.04	0.03
48	0	0	0	2	0.00	0.00	0.00	0.15	0.04	0.03
49	0	1	1	-	0.00	0.02	0.01	0.00	0.04	0.03
50	1	1	2	-	0.06	0.02	0.03	0.00	0.04	0.02
51	0	1	1	-	0.00	0.02	0.01	0.00	0.03	0.02
52	0	2	2	-	0.00	0.04	0.03	0.00	0.03	0.02
53	0	2	2	-	0.00	0.04	0.03	0.00	0.03	0.02
54	0	2	2	-	0.00	0.04	0.03	0.00	0.03	0.02
55	2	1	3	-	0.13	0.02	0.04	0.00	0.03	0.02
56	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02
57	0	1	1	-	0.00	0.02	0.01	0.00	0.03	0.02
58	0	1	1	-	0.00	0.02	0.01	0.00	0.03	0.02
59	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02
60	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02
61	0	2	2	-	0.00	0.04	0.03	0.00	0.02	0.02
62	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02
63	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02
64	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
65	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
66	0	1	1	-	0.00	0.02	0.01	0.00	0.02	0.01
67	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
68	0	2	2	-	0.00	0.04	0.03	0.00	0.02	0.01
69	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
70	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
71	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
72	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
73	0	1	1	-	0.00	0.02	0.01	0.00	0.02	0.01
74	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
75	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
76	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
77	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
78	0	1	1	-	0.00	0.02	0.01	0.00	0.02	0.01
79	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
80	1	0	1	-	0.06	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01
81	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
82	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
83	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
84	0	1	1	-	0.00	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01
85	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
86	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
87	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
88	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
89	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
90	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
91	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
92	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01

El modelo matemático de Lotka

93	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
94	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
95	0	1	1	-	0.00	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01
96-106	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.01
107	1	0	1	-	0.06	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01
108	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
109	0	1	1	-	0.00	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01
110-113	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
114	0	1	1	-	0.00	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00
115-345	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00
346	1	0	1	-	0.06	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00

El contenido de cada columna de la tabla es el siguiente

Columna A: Número de contribuciones o producción literaria de los autores observados en ambas muestras.

Columna B: Número de autores de *Chemical Abstracts* cuyos nombres comienzan con la letra A.

Columna C: Número de autores de *Chemical Abstracts* cuyos nombres comienzan con la letra B.

Columna D: Número total de los autores de *Chemical Abstracts* cuyos nombres comienzan con las letras A y B.

Columna E: Número de autores de *Auerbach*.

Columna F: Estructura porcentual de los autores de *Chemical Abstracts* cuyos nombres comienzan con la letra A.

Columna G: Estructura porcentual de los autores de *Chemical Abstracts* cuyos nombres comienzan con la letra B.

Columna H: Estructura porcentual de la suma de los autores de *Chemical Abstracts* cuyos nombres comienzan con las letras A y B.

Columna I: Estructura porcentual de los autores de *Auerbach*.

Columna J: Estructura porcentual de los valores calculados por Lotka con los datos del *Chemical Abstracts*.

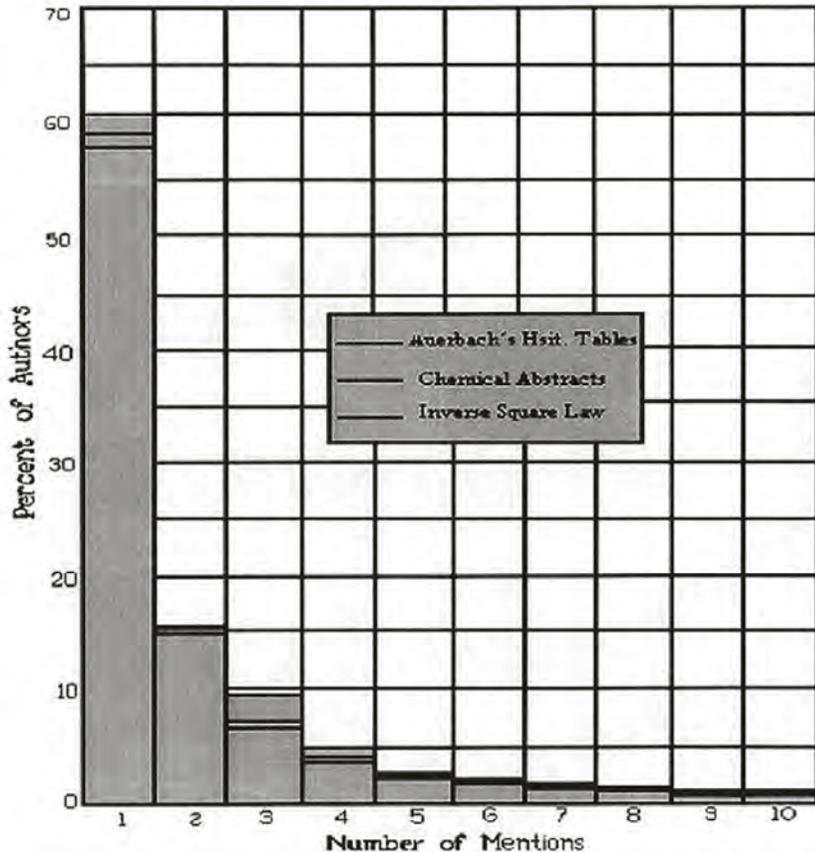
Columna K: Estructura porcentual de los valores calculados por Lotka con los datos de *Auerbach*.

Con los datos de la tabla anterior Lotka representa los pares ordenados x,y y construye un gráfico de barras en papel cuadrículado, con cada uno de los juegos de datos encontrados, es decir, los observados y los calculados según su modelo, en el cual

x = Producción científica o número de artículos producidos

y = Número de autores que producen x artículos

Con lo cual obtiene el gráfico de la Figura 1.



Frequency diagram showing per cent of authors mentioned once, twice, etc., in Auerbach's *Geschichtstafeln der Physik*, entire alphabet, and in the decennial index of *Chemical Abstracts* 1907-1916, letters A and B. The dotted line indicates frequencies computed according to the inverse square law.

Figura 1: Gráfico de distribución de los datos originales de Lotka

El modelo matemático de Lotka

El comportamiento de los datos en esta gráfica le permite a Lotka estimar que la relación que mejor podría ajustar los datos de la muestra sería: $x^n y = c$, de la cual se obtiene una hipérbola despejando la variable y , por lo que puede formularse de la manera siguiente :

$$y = \frac{c}{x^n} \quad \text{ó} \quad f(x) = \frac{c}{x^n}$$

Al graficar los pares ordenados en un sistema de coordenadas logarítmicas, Lotka constató que la nube de puntos se encontraban dispersas más bien alrededor de una línea recta y que su comportamiento era inverso o negativo, tal y como se muestra en el gráfico de la Figura 2.

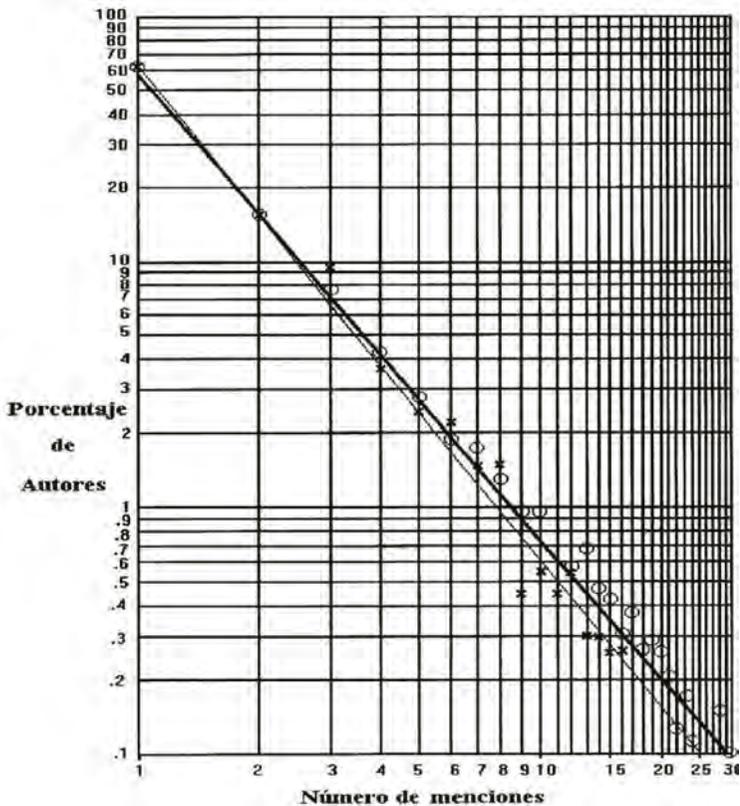


Figura 2: Gráfico de dispersión con los datos originales de Lotka en escala Logarítmica.

Posteriormente, empleó la técnica de regresión lineal como herramienta para encontrar una función que le permitiera describir el comportamiento de la variable y . Debido a que la función original $y = \frac{c}{x^n}$ es curvilínea, se auxilia de los logaritmos para lograr su linealidad. La transformación de la ecuación original mediante logaritmos se realiza como se muestra:

$$\log y = \log \frac{c}{x^n} \quad (\text{I})$$

$$\log y = \log c - \log x^n \quad (\text{II})$$

$$\log y = \log c - n \log x \quad (\text{III})$$

- (I) Se obtiene aplicando logaritmos a ambos miembros de la ecuación original.
- (II) Se aplica la propiedad de los logaritmos en el miembro derecho de la ecuación (I): Logaritmo del cociente = al logaritmo del numerador (c) menos el logaritmo del denominador (x^n).
- (III) Se aplica la propiedad de los logaritmos en el miembro derecho de la ecuación (II): Logaritmo de una potencia $\log x^n$, es igual al producto del exponente de la potencia (n) por el logaritmo de la base ($n \log x$).

Una vez transformada la expresión original, se aplica el método de los mínimos cuadrados para determinar los coeficientes de regresión c y n , de la función lineal

$$y = c + nx, \text{ donde:}$$

c es el intercepto con el eje y

n es la pendiente de la recta.

En rigor, en su artículo, Lotka sólo hace mención al valor de n . El valor de c no aporta elementos al análisis, dado que, de la recta de

El modelo matemático de Lotka

regresión encontrada, la parte del gráfico que interesa es sólo la que corresponde a los valores de $x \geq 1$.

Analizar los autores que no producen ningún artículo nunca fue objetivo, por tanto, el par ordenado $(0,y)$ o intercepto con el eje y no es relevante.

Sistema de ecuaciones para calcular los coeficientes de regresión

Sólo se calculará el valor de n por las razones antes expuestas. Para ello se plantea y soluciona el sistema de ecuaciones lineales siguiente:

$$\begin{aligned}\sum y &= Nc + n \sum x \\ \sum xy &= c \sum x + n \sum x^2\end{aligned}$$

donde:

N = Número de pares ordenados obtenidos de la muestra

$y = \log y$. En el sistema de ecuaciones, y será sustituida por $\log y$

$x = \log x$. En el sistema de ecuaciones, x será sustituida por $\log x$

El sistema de ecuaciones que se obtiene, una vez realizadas las sustituciones antes planteadas es

$$\begin{aligned}\sum \log y &= Nc + n \sum \log x \\ \sum \log y \log x &= c \sum \log x + n \sum (\log x)^2\end{aligned}$$

Corte de la muestra de datos (cut-off)

Uno de los datos en el sistema de ecuaciones es que N es igual al número de pares ordenados con los que se va a trabajar, pero antes de proseguir, se debe determinar con cuántos de aquéllos se hará. Para las dos muestras, Lotka realizó el corte de los datos por simple inspección, eliminando de esta forma a los autores más productivos, por ser los que más distorsión incorporarían al ajuste.

Para la muestra de los registros del *Chemical Abstracts*, trabajó con $N=30$, mientras que para la muestra de *Auerbach*, con $N=17$.

Una vez solucionado este problema, se pueden calcular los elementos del sistema de ecuaciones.

Procedimiento para determinar los elementos del sistema de ecuaciones lineales y calcular el valor de n

En su artículo, Lotka sólo muestra el análisis porcentual como se constata en los gráficos publicados. Trabajar de esta forma le permitía, en caso de encontrar y generalizar alguna regularidad, aplicar sus resultados a otras muestras, como en efecto lo hizo, formulando lo que más tarde se denominaría Ley del inverso del cuadrado. No obstante, en el caso de la muestra de *Chemical Abstracts* debió realizar primeramente el análisis en forma absoluta, como paso intermedio para obtener el total de autores recalculados y posteriormente la distribución porcentual recalculada.

Reprocesamiento de las muestras utilizadas por lotka para los datos del chemical abstracts

Valores absolutos

Con los datos de la muestra finalmente seleccionados, se elaboró la tabla siguiente, que permitirá solucionar el sistema de ecuaciones y encontrar el valor de n . Los valores de la última fila representan la sumatoria de los campos indicados en el encabezado de cada columna.

El modelo matemático de Lotka

Tabla 2: Cálculo de los parámetros del sistema de ecuaciones para los datos del *Chemical Abstracts*

x	x^2	y	$\log y$	$\log x$	$\log y \log x$	$(\log x)^2$
1	1	3.991	3,60	0,00	0,00	0,00
2	4	1.059	3,02	0,30	0,91	0,09
3	9	493	2,69	0,48	1,28	0,23
4	16	287	2,46	0,60	1,48	0,36
5	25	184	2,26	0,70	1,58	0,49
6	36	131	2,12	0,78	1,65	0,61
7	49	113	2,05	0,85	1,74	0,71
8	64	85	1,93	0,90	1,74	0,82
9	81	64	1,81	0,95	1,72	0,91
10	100	65	1,81	1,00	1,81	1,00
11	121	41	1,61	1,04	1,68	1,08
12	144	47	1,67	1,08	1,80	1,16
13	169	32	1,51	1,11	1,68	1,24
14	196	28	1,45	1,15	1,66	1,31
15	225	21	1,32	1,18	1,56	1,38
16	256	24	1,38	1,20	1,66	1,45
17	289	18	1,26	1,23	1,54	1,51
18	324	19	1,28	1,26	1,61	1,58
19	361	17	1,23	1,28	1,57	1,64
20	400	14	1,15	1,30	1,49	1,69
21	441	9	0,95	1,32	1,26	1,75
22	484	11	1,04	1,34	1,40	1,80
23	529	8	0,90	1,36	1,23	1,85
24	576	8	0,90	1,38	1,25	1,90
25	625	9	0,95	1,40	1,33	1,95
26	676	9	0,95	1,41	1,35	2,00
27	729	8	0,90	1,43	1,29	2,05
28	784	10	1,00	1,45	1,45	2,09
29	841	8	0,90	1,46	1,32	2,14
30	900	7	0,85	1,48	1,25	2,18
465	9455	6820	46.97	32.42	43.30	39.00

$$\sum \log y = 46.97$$

$$N = 30$$

$$\sum \log x = 32.42$$

$$\sum \log y \log x = 43.30$$

$$\sum (\log x)^2 = 39.00$$

El sistema de ecuaciones se plantea entonces como:

$$46.97 = 30c + 32.42n \quad \text{(I)}$$

$$43.30 = 32.42c + 39n \quad \text{(II)}$$

Para su solución se utilizará el método de eliminación

Procedimiento:

Multiplicar **(I)** por -32.42 . se obtiene **(I.a)**

Multiplicar **(II)** por 30 se obtiene **(II.a)**

$$-1523.01 = -972.71c - 1051.29n \quad \text{(I.a)}$$

$$1298.98 = 972.71c + 1169.97n \quad \text{(II.a)}$$

Sumar **(I.a)** y **(II.a)**. se obtiene **(III)**

$$-224.03 = 118.68n \quad \text{(III)}$$

Despejar n . Pasando 118.68, dividiendo al miembro izquierdo se obtiene que

$$n = -1.888$$

Lotka obtuvo que la pendiente de la curva que mejor ajusta los datos es -1.888 . Con este valor de n es posible elaborar la Tabla 3:

El modelo matemático de Lotka

Tabla 3: Cálculo de los valores absolutos de Y (*Chemical Abstracts*)

					A	B	C
x	A_0	A_1	$a_1 \log x$	$\log y$	y_c	y_0	y_{CL}
1	3.6060	-1.8877	0.0000	3.61	4.036	3.991	3.991
2	3.6060	-1.8877	-0.5683	3.04	1.091	1.059	1.078
3	3.6060	-1.8877	-0.9007	2.71	507	493	502
4	3.6060	-1.8877	-1.1365	2.47	295	287	291
5	3.6060	-1.8877	-1.3195	2.29	193	184	191
6	3.6060	-1.8877	-1.4689	2.14	137	131	135
7	3.6060	-1.8877	-1.5953	2.01	102	113	101
8	3.6060	-1.8877	-1.7048	1.90	80	85	79
9	3.6060	-1.8877	-1.8013	1.80	64	64	63
10	3.6060	-1.8877	-1.8877	1.72	52	65	52
11	3.6060	-1.8877	-1.9659	1.64	44	41	43
12	3.6060	-1.8877	-2.0372	1.57	37	47	37
13	3.6060	-1.8877	-2.1028	1.50	32	32	31
14	3.6060	-1.8877	-2.1636	1.44	28	28	27
15	3.6060	-1.8877	-2.2201	1.39	24	21	24
16	3.6060	-1.8877	-2.2730	1.33	22	24	21
17	3.6060	-1.8877	-2.3227	1.28	19	18	19
18	3.6060	-1.8877	-2.3696	1.24	17	19	17
19	3.6060	-1.8877	-2.4139	1.19	16	17	15
20	3.6060	-1.8877	-2.4560	1.15	14	14	14
21	3.6060	-1.8877	-2.4960	1.11	13	9	13
22	3.6060	-1.8877	-2.5341	1.07	12	11	12
23	3.6060	-1.8877	-2.5706	1.04	11	8	11
24	3.6060	-1.8877	-2.6055	1.00	10	8	10
25	3.6060	-1.8877	-2.6389	0.97	9	9	9
26	3.6060	-1.8877	-2.6711	0.93	9	9	9
27	3.6060	-1.8877	-2.7020	0.90	8	8	8
28	3.6060	-1.8877	-2.7318	0.87	7	10	7
29	3.6060	-1.8877	-2.7606	0.85	7	8	7
30	3.6060	-1.8877	-2.7884	0.82	7	7	6

Columna A: Son los valores que se obtendrían a partir de la función de regresión encontrada

Columna B: Son los valores observados de la muestra.

Columna C: Son los valores que Lotka debió calcular a partir de la expresión $\frac{C}{x^{1.888}}$, donde C es el número de autores que realizan una aportación, dato tomado de la muestra.

Valores porcentuales

No es necesario repetir el cálculo de n , pues el valor que se obtendrá será el mismo que el obtenido para el análisis absoluto. No obstante, se incluye el procedimiento empleado. De la tabla 4 (última fila) se obtienen las sumatorias siguientes:

$$\sum \log y = -68.18$$

$$N = 30$$

$$\sum \log x = 32.42$$

$$\sum \log y \log x = -81.15$$

$$\sum (\log x)^2 = 39.00$$

El sistema de ecuaciones se plantea entonces como

$$-68.18 = 30c + 32.42 n \quad \text{(I)}$$

$$-81.15 = 32.42c + 39n \quad \text{(II)}$$

El modelo matemático de Lotka

Tabla 4: Cálculo de los valores relativos a los registros del *Chemical Abstracts*

x	x^2	y	$\log y$	$\log x$	$\log y \log x$	$(\log x)^2$
1	1	57.92%	-0.24	0.00	0.00	0.00
2	4	15.37%	-0.81	0.30	-0.24	0.09
3	9	7.15%	-1.15	0.48	-0.55	0.23
4	16	4.16%	-1.38	0.60	-0.83	0.36
5	25	2.67%	-1.57	0.70	-1.10	0.49
6	36	1.90%	-1.72	0.78	-1.34	0.61
7	49	1.64%	-1.79	0.85	-1.51	0.71
8	64	1.23%	-1.91	0.90	-1.72	0.82
9	81	0.93%	-2.03	0.95	-1.94	0.91
10	100	0.94%	-2.03	1.00	-2.03	1.00
11	121	0.59%	-2.23	1.04	-2.32	1.08
12	144	0.68%	-2.17	1.08	-2.34	1.16
13	169	0.46%	-2.33	1.11	-2.60	1.24
14	196	0.41%	-2.39	1.15	-2.74	1.31
15	225	0.30%	-2.52	1.18	-2.96	1.38
16	256	0.35%	-2.46	1.20	-2.96	1.45
17	289	0.26%	-2.58	1.23	-3.18	1.51
18	324	0.28%	-2.56	1.26	-3.21	1.58
19	361	0.25%	-2.61	1.28	-3.33	1.64
20	400	0.20%	-2.69	1.30	-3.50	1.69
21	441	0.13%	-2.88	1.32	-3.81	1.75
22	484	0.16%	-2.80	1.34	-3.75	1.80
23	529	0.12%	-2.94	1.36	-4.00	1.85
24	576	0.12%	-2.94	1.38	-4.05	1.90
25	625	0.13%	-2.88	1.40	-4.03	1.95
26	676	0.13%	-2.88	1.41	-4.08	2.00
27	729	0.12%	-2.94	1.43	-4.20	2.05
28	784	0.15%	-2.84	1.45	-4.11	2.09
29	841	0.12%	-2.94	1.46	-4.29	2.14
30	900	0.10%	-2.99	1.48	-4.42	2.18
465	9.455	98.97%	-68.18	32.42	-81.15	39.00

Para su solución, al igual que el caso anterior, se utilizará el método de eliminación siguiente:

Procedimiento:

Multiplicar **(I)** por -32.42 . se obtiene **(I.a)**
Multiplicar **(II)** por 30 . se obtiene **(II.b)**

$2210.52 = 972.71c - 1051.29n$ **(I.a)**
 $-2434.56 = 972.71c + 1169.97n$ **(II.b)**

Sumar **(I.a)** y **(II.a)**. se obtiene **(III)**

$-224.03 = 118.68n$ **(III)**

Despejar n . Pasando 118.68 , dividiendo al miembro izquierdo se obtiene que

$$n = -1.888$$

El valor de n , en ambos casos, como se comentó, debe dar el mismo resultado.

De la misma forma que se hizo con los valores absolutos, se puede obtener para los valores relativos la Tabla.5: donde

Columna A: estructura porcentual calculada mediante la regresión.

Columna B: estructura porcentual observada en la muestra.

Columna C: estructura porcentual encontrada tomando el número de autores recalculados que realizan $2, 3, \dots, n$ aportaciones, entre la suma total de autores recalculados.

Se utilizó la expresión $\frac{C}{x^{1.888}}$, donde C es el número de autores observados en la muestra que realizan una aportación.

El modelo matemático de Lotka

Tabla 5: Cálculo de los valores porcentuales estimados de Y (*Chemical Abstracts*)

					A	B	C
x	a_0	a_1	$a_1 \log x$	$\log y$	y_c	y_0	$y_{cr\%}$
1	-0.2323	-1.8877	0.0000	-0.23	58.57	57.92	56.69
2	-0.2323	-1.8877	-0.5683	-0.80	15.83	15.37	15.32
3	-0.2323	-1.8877	-0.9007	-1.13	7.36	7.15	7.12
4	-0.2323	-1.8877	-1.1365	-1.37	4.28	4.16	4.14
5	-0.2323	-1.8877	-1.3195	-1.55	2.81	2.67	2.72
6	-0.2323	-1.8877	-1.4689	-1.70	1.99	1.90	1.92
7	-0.2323	-1.8877	-1.5953	-1.83	1.49	1.64	1.44
8	-0.2323	-1.8877	-1.7048	-1.94	1.16	1.23	1.12
9	-0.2323	-1.8877	-1.8013	-2.03	0.93	0.93	0.90
10	-0.2323	-1.8877	-1.8877	-2.12	0.76	0.94	0.73
11	-0.2323	-1.8877	-1.9659	-2.20	0.63	0.59	0.61
12	-0.2323	-1.8877	-2.0372	-2.27	0.54	0.68	0.52
13	-0.2323	-1.8877	-2.1028	-2.34	0.46	0.46	0.45
14	-0.2323	-1.8877	-2.1636	-2.40	0.40	0.41	0.39
15	-0.2323	-1.8877	-2.2201	-2.45	0.35	0.30	0.34
16	-0.2323	-1.8877	-2.2730	-2.51	0.31	0.35	0.30
17	-0.2323	-1.8877	-2.3227	-2.56	0.28	0.26	0.27
18	-0.2323	-1.8877	-2.3696	-2.60	0.25	0.28	0.24
19	-0.2323	-1.8877	-2.4139	-2.65	0.23	0.25	0.22
20	-0.2323	-1.8877	-2.4560	-2.69	0.20	0.20	0.20
21	-0.2323	-1.8877	-2.4960	-2.73	0.19	0.13	0.18
22	-0.2323	-1.8877	-2.5341	-2.77	0.17	0.16	0.17
23	-0.2323	-1.8877	-2.5706	-2.80	0.16	0.12	0.15
24	-0.2323	-1.8877	-2.6055	-2.84	0.15	0.12	0.14
25	-0.2323	-1.8877	-2.6389	-2.87	0.13	0.13	0.13
26	-0.2323	-1.8877	-2.6711	-2.90	0.12	0.13	0.12
27	-0.2323	-1.8877	-2.7020	-2.93	0.12	0.12	0.11
28	-0.2323	-1.8877	-2.7318	-2.96	0.11	0.15	0.11
29	-0.2323	-1.8877	-2.7606	-2.99	0.10	0.12	0.10
30	-0.2323	-1.8877	-2.7884	-3.02	0.10	0.10	0.09

Para los datos de Auerbach

Tabla 6: Cálculo de los valores porcentuales estimados de Y (Auerbach)

x	x^2	y	$\log y$	$\log x$	$\log y \log x$	$(\log x)^2$
1	1	59.17%	-0.23	0.00	0.00	0.00
2	4	15.40%	-0.81	0.30	-0.24	0.09
3	9	9.58%	-1.02	0.48	-0.49	0.23
4	16	3.77%	-1.42	0.60	-0.86	0.36
5	25	2.49%	-1.60	0.70	-1.12	0.49
6	36	2.11%	-1.68	0.78	-1.30	0.61
7	49	1.43%	-1.84	0.85	-1.56	0.71
8	64	1.43%	-1.84	0.90	-1.66	0.82
9	81	0.45%	-2.34	0.95	-2.24	0.91
10	100	0.53%	-2.28	1.00	-2.28	1.00
11	121	0.45%	-2.34	1.04	-2.44	1.08
12	144	0.53%	-2.28	1.08	-2.46	1.16
13	169	0.30%	-2.52	1.11	-2.81	1.24
14	196	0.30%	-2.52	1.15	-2.89	1.31
15	225	0.38%	-2.42	1.18	-2.85	1.38
16	256	0.23%	-2.65	1.20	-3.19	1.45
17	289	0.23%	-2.65	1.23	-3.25	1.51
153	1.785	99%	-32.44	14.55	-31.63	14.37

$$\sum \log y = -32.44$$

$$N = 17$$

$$\sum \log x = 14.55$$

$$\sum \log y \log x = -31.63$$

$$\sum (\log x)^2 = 14.37$$

El modelo matemático de Lotka

El sistema de ecuaciones se plantea entonces como

$$-32.44 = 17c + 14.55n \quad \text{(I)}$$

$$-31.63 = 14.55c + 14.37n \quad \text{(II)}$$

Para su solución se utilizará el método de eliminación con el procedimiento siguiente:

Multiplicar **(I)** por -14.55 se obtiene **(I.a)**
Multiplicar **(II)** por 17 se obtiene **(II.b)**

$$472.09 = -247.37c - 211.73n \quad \text{(I.a)}$$

$$-537.75 = 247.37c + 244.22n \quad \text{(II.b)}$$

Sumar **(I.a)** y **(II.a)**. se obtiene **(III)**

$$-65.66 = 32.49n \quad \text{(III)}$$

Despejar n , pasando 32.49 , dividiendo al miembro izquierdo se obtiene que

$$\boxed{n = -2.02102}$$

En ambos casos analizados, el valor encontrado de n es diferente a 2 .

Para *Chemical Abstracts* fue de -1.888 , y para *Auerbachs*, fue de -2.02102 , no obstante Lotka toma el valor de $n = 2$ para formular la Ley inversa del cuadrado de la productividad científica, argumentando que:

- Los valores de la pendiente de las rectas de regresión iguales a 1.888 y 2.021 para cada caso son valores muy próximos a dos. A la razón expuesta por Lotka, se añaden otras dos que justificarían el empleo del exponente 2 .
- Por la simplicidad que representa el cálculo de potencias con exponentes enteros.
- Porque al utilizar el exponente 2 , se obtiene una serie cuya suma es conocida, lo que facilita el cálculo del valor de C .

Procedimiento empleado por lotka para Calcular el valor de C

A partir de la expresión general $y = \frac{C}{x^n}$, obtiene la estructura porcentual de los autores, según su producción científica. Para ello divide el número de autores que producen 1,2,3...n artículos, entre el total de autores observados:

$$\frac{y_1}{y_t} = \frac{C}{y_t} = \frac{1}{1^2} \longrightarrow \text{Autores que producen un artículo.}$$

$$\frac{y_2}{y_t} = \frac{C}{y_t} = \frac{1}{2^2} \longrightarrow \text{Autores que producen dos artículos.}$$

$$\frac{y_3}{y_t} = \frac{C}{y_t} = \frac{1}{3^2} \longrightarrow \text{Autores que producen tres artículos.}$$

Donde y_1 es el número total de autores observados. Al efectuar las operaciones indicadas y multiplicar por 100 se obtiene

$$f(y_1) = C \frac{1}{1^2} \longrightarrow f(y_1) = \% \text{ de autores que producen un artículo.}$$

$$f(y_2) = C \frac{1}{2^2} \longrightarrow f(y_2) = \% \text{ de autores que producen dos artículos.}$$

$$f(y_3) = C \frac{1}{3^2} \longrightarrow f(y_3) = \% \text{ de autores que producen tres artículos.}$$

$$f(y_n) = C \frac{1}{x^2} \longrightarrow f(y_n) = \% \text{ de autores que producen } n \text{ artículos.}$$

El valor de C es constante para todos los casos e igual al porcentaje de autores que realizan una contribución.

Como $f(y_1), f(y_2), f(y_3), \dots, f(y_n)$ representan la estructura

El modelo matemático de Lotka

porcentual de los autores atendiendo al número de obras producidas, su sumatoria es igual al cien por ciento.

Sustituyendo $\sum_1^n f(y_i)$ por 1, se obtiene

$$1 = C \frac{1}{1^2} + C \frac{1}{2^2} + C \frac{1}{3^2} + \dots + C \frac{1}{x^2}$$

Sacando el factor común C en el miembro derecho de la ecuación anterior se llega a

$$1 = C \left(\frac{1}{1^2} + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{3^2} + \dots + \frac{1}{x^2} \right)$$

pero $\left(\frac{1}{1^2} + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{3^2} + \dots + \frac{1}{x^2} \right)$ se puede plantear como $\sum_1^\alpha \frac{1}{x^2}$

Sustituyendo, quedaría la expresión como:

$$1 = C \sum_1^\alpha \left(\frac{1}{x^2} \right)$$

pero es conocido que la serie $\sum_1^\alpha \frac{1}{x^2}$, converge a $\frac{\pi^2}{6}$

sustituyendo el valor de la serie por $\frac{\pi^2}{6}$, se obtiene

$$1 = C \frac{\pi^2}{6}$$

de donde $C = \frac{6}{\pi^2}$

Sustituyendo π por su valor 3.141592, se obtiene que

$$C = \frac{6}{(3.141592)^2} \quad \text{entonces,}$$

$$\boxed{C = 0.6079}$$

Trabajar con el exponente 2 le permitió a Lotka formular la ley del inverso del cuadrado del número de autores de productividad variable, donde el número de autores que hacen n contribuciones es aproximado a $1/n^2$ del número de los que hacen una, es decir, el postulado teórico de Alfred Lotka expresa que: “el número de autores que escriben n documentos es proporcional al inverso del cuadro del número de autores que escriben un documento en todo el Flujo de Información analizado”.

Este postulado permitió a Lotka, apoyado en la muestra de datos utilizados y los cálculos realizados, enunciar los planteamientos siguientes:

- El número de autores que hacen 2 contribuciones es aproximadamente $\frac{1}{4}$ de los que hacen 1.
- El número de autores que hacen 3 contribuciones es aproximadamente $\frac{1}{9}$ de los que hacen 1.
- El número de autores que hacen n contribuciones es aproximadamente $\frac{1}{n^2}$ de los que hacen 1.
- Del total de autores, aproximadamente 60%, hace sólo una contribución.

A partir de la taxonomía realizada a este modelo matemático y la construcción recalculada del mismo, se puede mostrar entonces una nueva tabla de datos que, además de tener idénticos valores a los calculados por Lotka, con sus mismos datos, se puede añadir nueva información que ayude a la interpretación de los valores obtenidos.

En este sentido, en la Tabla 7, las columnas **J** y **K** han sido añadidas a la tabla original de Lotka y muestran los valores absolutos de autores que él debió calcular para cada valor de contribuciones realizadas.

El modelo matemático de Lotka

Tabla 7. Datos recalculados a partir de los originales de Lotka

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
No. de contribuciones (rz)	No. de autores por no. de contribuciones											
	Valores absolutos observados				Valor Porcentual Observado				Valores calculados			
	Chemical Abstracts			Auerbach	Chemical Abstracts			Auerbach	Absolutos		Por cientos	
	Letra A	Letra B	A+ B		Letra A	Letra B	A+ B		A+ B	Auerbach	A+ B	Auerbach
TOTAL	1543	5348	6891	1325	%	%	%	%	7040	1290	%	%
1	890	3101	3991	784	57.68	57.98	57.92	59.17	3991	784	56.69	60.79
2	230	829	1059	204	14.91	15.50	15.37	15.40	1078	196	15.32	15.20
3	111	382	493	127	7.19	7.14	7.15	9.58	502	87	7.12	6.75
4	58	229	287	50	3.76	4.28	4.16	3.77	291	49	4.14	3.80
5	41	143	184	33	2.66	2.67	2.67	2.49	191	31	2.72	2.43
6	42	89	131	28	2.72	1.66	1.90	2.11	135	22	1.92	1.69
7	20	93	113	19	1.30	1.74	1.64	1.43	101	16	1.44	1.24
8	24	61	85	19	1.56	1.14	1.23	1.43	79	12	1.12	0.95
9	21	43	64	6	1.36	0.80	0.93	0.45	63	10	0.90	0.75
10	15	50	65	7	0.97	0.93	0.94	0.53	52	8	0.73	0.61
11	9	32	41	6	0.58	0.60	0.59	0.45	43	6	0.61	0.50
12	11	36	47	7	0.71	0.67	0.68	0.53	37	5	0.52	0.42
13	6	26	32	4	0.39	0.49	0.46	0.30	31	5	0.45	0.36
14	7	21	28	4	0.45	0.39	0.41	0.30	27	4	0.39	0.31
15	3	18	21	5	0.19	0.34	0.30	0.38	24	3	0.34	0.27
16	4	20	24	3	0.26	0.37	0.35	0.23	21	3	0.30	0.24
17	4	14	18	3	0.26	0.26	0.26	0.23	19	3	0.27	0.21
18	5	14	19	1	0.32	0.26	0.28	0.08	17	2	0.24	0.19
19	3	14	17	0	0.19	0.26	0.25	0.00	15	2	0.22	0.17
20	6	8	14	0	0.39	0.15	0.20	0.00	14	2	0.20	0.15
21	0	9	9	1	0.00	0.17	0.13	0.08	13	2	0.18	0.14
22	2	9	11	3	0.13	0.17	0.16	0.23	12	2	0.17	0.13
23	4	4	8	0	0.26	0.07	0.12	0.00	11	1	0.15	0.11
24	4	4	8	3	0.26	0.07	0.12	0.23	10	1	0.14	0.11
25	0	9	9	2	0.00	0.17	0.13	0.15	9	1	0.13	0.10
26	3	6	9	0	0.19	0.11	0.13	0.00	9	1	0.12	0.09
27	1	7	8	1	0.06	0.13	0.12	0.08	8	1	0.11	0.08
28	2	8	10	0	0.13	0.15	0.15	0.00	7	1	0.11	0.08
29	2	6	8	0	0.13	0.11	0.12	0.00	7	1	0.10	0.07
30	2	5	7	1	0.13	0.09	0.10	0.08	6	1	0.09	0.07
31	0	3	3	0	0.00	0.06	0.04	0.00	6	1	0.09	0.06
32	0	3	3	0	0.00	0.06	0.04	0.00	6	1	0.08	0.06
33	3	3	6	0	0.19	0.06	0.09	0.00	5	1	0.08	0.06
34	1	3	4	1	0.06	0.06	0.06	0.08	5	1	0.07	0.05
35	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	5	1	0.07	0.05
36	0	1	1	0	0.00	0.02	0.01	0.00	5	1	0.07	0.05
37	0	1	1	1	0.00	0.02	0.01	0.08	4	1	0.06	0.04
38	1	3	4	0	0.06	0.06	0.06	0.00	4	1	0.06	0.04
39	0	3	3	0	0.00	0.06	0.04	0.00	4	1	0.06	0.04
40	1	1	2	0	0.06	0.02	0.03	0.00	4	0	0.05	0.04
41	0	1	1	0	0.00	0.02	0.01	0.00	4	0	0.05	0.04
42	0	2	2	0	0.00	0.04	0.03	0.00	3	0	0.05	0.03
43	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	3	0	0.05	0.03
44	0	3	3	0	0.00	0.06	0.04	0.00	3	0	0.04	0.03
45	0	4	4	0	0.00	0.07	0.06	0.00	3	0	0.04	0.03
46	1	1	2	0	0.06	0.02	0.03	0.00	3	0	0.04	0.03

El modelo matemático de Lotka...

47	0	3	3	0	0.00	0.06	0.04	0.00	3	0	0.04	0.03
48	0	0	0	2	0.00	0.00	0.00	0.15	3	0	0.04	0.03
49	0	1	1	-	0.00	0.02	0.01	0.00	3	0	0.04	0.03
50	1	1	2	-	0.06	0.02	0.03	0.00	2	0	0.04	0.02
51	0	1	1	-	0.00	0.02	0.01	0.00	2	0	0.03	0.02
52	0	2	2	-	0.00	0.04	0.03	0.00	2	0	0.03	0.02
53	0	2	2	-	0.00	0.04	0.03	0.00	2	0	0.03	0.02
54	0	2	2	-	0.00	0.04	0.03	0.00	2	0	0.03	0.02
55	2	1	3	-	0.13	0.02	0.04	0.00	2	0	0.03	0.02
56	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	2	0	0.03	0.02
57	0	1	1	-	0.00	0.02	0.01	0.00	2	0	0.03	0.02
58	0	1	1	-	0.00	0.02	0.01	0.00	2	0	0.03	0.02
59	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	2	0	0.03	0.02
60	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	2	0	0.02	0.02
61	0	2	2	-	0.00	0.04	0.03	0.00	2	0	0.02	0.02
62	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	2	0	0.02	0.02
63	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	2	0	0.02	0.02
64	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	2	0	0.02	0.01
65	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	2	0	0.02	0.01
66	0	1	1	-	0.00	0.02	0.01	0.00	1	0	0.02	0.01
67	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0	0.02	0.01
68	0	2	2	-	0.00	0.04	0.03	0.00	1	0	0.02	0.01
69	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0	0.02	0.01
70	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0	0.02	0.01
71	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0	0.02	0.01
72	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0	0.02	0.01
73	0	1	1	-	0.00	0.02	0.01	0.00	1	0	0.02	0.01
74	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0	0.02	0.01
75	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0	0.02	0.01
76	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0	0.02	0.01
77	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0	0.02	0.01
78	0	1	1	-	0.00	0.02	0.01	0.00	1	0	0.02	0.01
79	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0	0.01	0.01
80	1	0	1	-	0.06	0.00	0.01	0.00	1	0	0.01	0.01
81	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0	0.01	0.01
82	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0	0.01	0.01
83	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0	0.01	0.01
84	0	1	1	-	0.00	0.02	0.01	0.00	1	0	0.01	0.01
85	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0	0.01	0.01
86	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0	0.01	0.01
87	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0	0.01	0.01
88	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0	0.01	0.01
89	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0	0.01	0.01
90	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0	0.01	0.01
91	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0	0.01	0.01
92	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0	0.01	0.01
93	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0	0.01	0.01
94	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0	0.01	0.01
95	0	1	1	-	0.00	0.02	0.01	0.00	1	0	0.01	0.01
96-106	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	11	0	0.16	0.01
107	1	0	1	-	0.06	0.00	0.01	0.00	1	0	0.01	0.01
108	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0	0.01	0.01
109	0	1	1	-	0.00	0.02	0.01	0.00	1	0	0.01	0.01
110-113	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0	0.01	0.00
114	0	1	1	-	0.00	0.02	0.01	0.00	1	0	0.01	0.00
115-345	0	0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	3	0	0.04	0.00
346	1	0	1	-	0.06	0.00	0.01	0.00	0	0	0.00	0.00

El modelo matemático de Lotka

El número de autores que realiza una contribución, se tomó en ambos casos directamente de la muestra observada, y a partir de este valor, como pivote, se calcularon los demás valores, utilizando la expresión general:

$$y = \frac{C}{x^n} \text{ (A)}$$

donde C es el número de autores que realizan una aportación (valor absoluto)

$n = 1.888$ para la muestra de *Chemical Abstracts*

$n = 2$ para la muestra de *Auerbach*

La columna **L**, donde aparecen los porcentajes de autores de *Chemical Abstracts* que producen $x = 1,2,3,\dots, n$ obras, se calculó de la siguiente manera:

El porcentaje de autores que produce una obra se obtuvo dividiendo el número observado de autores que realizan una contribución entre el total de autores calculados mediante la expresión (A).

Los porcentajes para las demás categorías se obtuvieron mediante dos formas: dividiendo el número de autores que realizan $2,3,\dots, n$ aportaciones entre el total calculado de autores, según (A), o también: aplicando la relación: $y = \frac{C}{x^{1.888}}$, donde C es el porcentaje de autores que realizan una aportación.

La columna **M**, donde aparecen los porcentajes de autores de *Auerbach* que producen $x = 1,2,3,\dots, n$, obras se calculó de la siguiente manera: el primer valor, $C = 0.6079$ ó 60.79% , se obtuvo, como ya se explicó, en "Procedimiento para el cálculo de C ".

El porcentaje de las demás frecuencias se calculó aplicando la ley postulada por Lotka del inverso del cuadrado, utilizando la relación:

$$y = \frac{C}{x^2}$$

donde C es porcentaje de autores que producen una obra, dato tomado de la muestra observada, y x son los valores observados de la producción científica.

La representación de los pares ordenados observados y calculados para ambos casos, tal y como Lotka los representó de forma manual, se muestran recalculados con la ayuda de la hoja de cálculo de Excel en la gráfica de la Figura 3 siguiente:

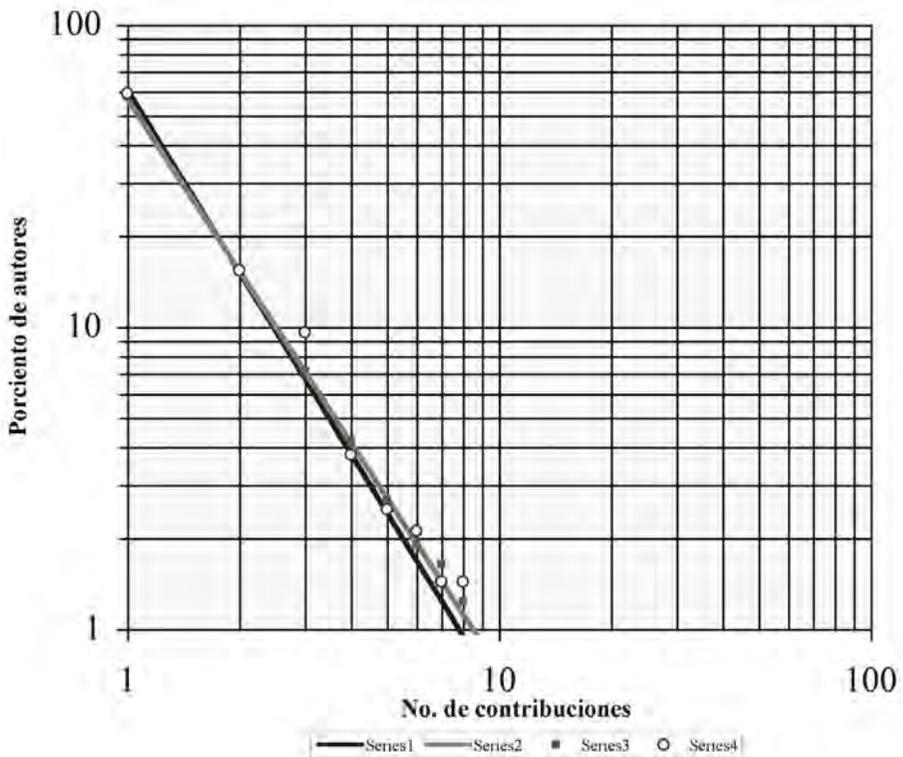


Figura 3: Distribución porcentual de autores, según contribuciones realizadas en escala logarítmica.

Serie 1: Datos porcentuales ajustados de *Auerbach*.

Serie 2: Datos porcentuales ajustados de *Chemical Abstracts*.

Serie 3: Datos porcentuales observados de *Auerbach*.

Serie 4: Datos porcentuales observados de *Chemical Abstracts*.

El modelo matemático de Lotka

La generalización de la Ley inversa del cuadrado nos lleva a plantear que, al aplicar los porcentajes calculados por Lotka para $n = 2$ a una muestra observada, se puede determinar el número aproximado de autores que deben contribuir con 1,2,3..... n , aportaciones. Lo anterior quiere decir que:

aproximadamente 60.79% del total realizará una aportación;
aproximadamente 15.20% del total realizarán dos aportaciones;
aproximadamente 6.75% del total realizarán tres aportaciones;
aproximadamente 3.80% del total realizarán cuatro aportaciones, etc.

Con esta relación es posible calcular el número de autores que producen x artículos a partir del valor observado de autores que producen uno en determinada muestra.

Generalizar estos resultados y plantear que se cumplen con carácter de ley es una conclusión a la que Lotka no llegó. Esta herramienta se puede utilizar para obtener un valor aproximado, como el mismo autor lo reconoce, avalado por la sencillez de los cálculos, pero estudios posteriores que se han realizado han encontrado, al igual que Lotka, valores diferentes de n .

1.1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DEL MODELO MATEMÁTICO DE LOTKA

1.1.1 Aplicaciones temáticas

Los primeros estudios sobre el modelo de Lotka estuvieron encaminados a comprobar el cumplimiento de su postulado teórico en otras ramas temáticas, diferentes a las constatadas por Lotka en su obra original; uno de éstos fue el de Murphy en 1973. En dicho trabajo, este autor aplica brevemente el modelo a las humanidades. En su colaboración, Murphy resaltaba que el trabajo de Lotka estuvo limitado a los físicos y a los químicos, en lo referente a la productividad científica, como lo indica en su trabajo, pero que nunca planteó que se cumplía más allá de esas ciencias. No obstante, Murphy demostró

que la ley de Lotka se cumple también en las humanidades. (Murphy, 1973).

Otra comprobación de este modelo en las humanidades la realizó Hubert, quien señaló que Murphy verificó el cumplimiento del modelo a la tabulación de una pequeña muestra de autores de humanidades, pero que al realizar una interpretación exacta de la ley, aplicando pruebas estadísticas válidas, mostró que los datos de Murphy no siguen la ley de Lotka. Hubert aplica la prueba de X^2 para la bondad del ajuste, y señala que la distribución observada no sigue la distribución de Lotka. En este sentido, agrega que resulta interesante destacar que las llamadas leyes de tamaño de frecuencia, como la de Lotka, han aparecido en muchas formas en varios fenómenos, entre estos la ley de Willis o la de Yule, en distribuciones de abundancia de las especies, en la de Bradford, para la productividad de revistas, la de Pareto para la distribución del ingreso, o la de Zipf, en lingüística. Muchas de estas leyes se conocen desde hace más de cincuenta años y la literatura es rica en ejemplos de su aplicación tanto en ciencias como en humanidades (Hubert, 1977).

Murphy fue cuestionado de nuevo en ese mismo año por Coile, quien al revisar críticamente el artículo de aquel autor, señaló que cuestionaba la aplicación de la ley de Lotka en el campo de las ciencias no físicas sin hacer otras consideraciones. Examinó la productividad académica, a partir de su análisis, y verificó que la ley de Lotka también se cumple en humanidades. Sin embargo, parece que no comprende ni utiliza la formulación de Lotka, en su lugar calcula unos números ideales, sobre la base en la que se podía realizar la predicción de que por cada cien autores que escribían un artículo, 25 escribían 2, etc., ignorando que la proporción que produce un solo artículo, según Lotka, es de 60% del total. Para verificar el cumplimiento de la ley de Lotka en los datos procesados por Murphy era necesario eliminar a los coautores, puesto que permite hacer los datos consistentes. Además, este autor utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para comprobar la bondad del ajuste y el resultado arrojó que la muestra no seguía la ley de Lotka. Agregaba además, que Schorr criticaba el uso de la prueba chi-cuadrado de bondad de ajuste (Coile, 1977b).

Otra de las primeras comprobaciones del modelo en otra temática es el trabajo de Voos de 1974, quien examinó la literatura sobre ciencia de la información entre 1956 y 1970 para la que encontró una relación de $\frac{1}{n^{3.5}}$, diferente del $\frac{1}{n^2}$ formulado por Lotka. Planteaba que, al parecer, los patrones de publicación variaban dependiendo del tema de que traten. Destaca, además, que la ventaja de utilizar la prueba chi-Cuadrado para la bondad del ajuste es que permite que una distribución teórica sea ajustada a un probable universo (Voos, 1974).

Esta misma temática la estudió Coile en 1975, en la cual hizo correcciones al artículo de Voos del año anterior, al referirse que hay muchas diferencias entre los datos de Lotka y los de Voos, además de las establecidas por el tiempo, 1916 y 1956, las que existen en el tamaño de las muestras, en la diferente naturaleza de la información, puesto que una es sobre Química y otra sobre ciencia de la información, por lo que señala que

- Los datos de Lotka cubren un periodo de diez años para los químicos y de más de 200 para los físicos, mientras que los de Voos corresponden a sólo un año. Además están las diferencias en el tratamiento que dan a los autores y coautores.
- Para los químicos cuyos nombres inician con las letras *A* y *B*, registrados durante los años 1907, 1911 y 1916, se obtuvieron exponentes de 2.22, 2.12 y 2.34, respectivamente, en contraposición con el resultado de 1.888 determinado por Lotka para el periodo 1907-1916.
- Lotka acreditó la autoría al autor principal sin tomar en cuenta al resto de los coautores, mientras que Voos acreditó la autoría a cada coautor, aunque esto no lo enuncien explícitamente (Coile, 1975).

Ese mismo año, la réplica de Voos a las correcciones de su artículo no se hizo esperar, basada en el hecho de que su exponente de 3.5 para ciencias de la información es una aproximación, como lo es el de Lotka. Menciona también que el problema de autores y coautores es medible, pero no tan relevante (Voos, 1975).

Al año siguiente, Coile dio a conocer otro análisis entre distintas distribuciones de frecuencias. Esta vez con datos de publicaciones sobre biología entre 1905-1938. Sus resultados mostraron que la distribución de Weibull se ajusta mejor a los datos que la de Lotka (Coile, 1976).

A estas primeras aplicaciones le siguen otras comprobaciones de temáticas muy diversas, por ejemplo, en 1981 apareció un trabajo de Subramanyan, quien aplicó el modelo de Lotka a la literatura bibliotecológica indizada en la base de datos *Library Literature* (Subramanyan, 1981).

Uno de los primeros trabajos publicados por Pao en 1982 fue en el que realizó un estudio comparativo entre artículos sobre la revolución americana; en ambas muestras seleccionadas las bibliografías se adaptan a las leyes de Bradford y Lotka, con un núcleo de artículos y autores más productivos en el tema. Para la ley de Lotka, calculó que el valor de $n = 2.632$ en ambos casos. En esta materia no científica, comprobó que los autores que aportan un solo trabajo y que están en la primera categoría alcanzan valores de 88 a 90%, y que éstos son responsables de dos terceras partes de la muestra total en cada bibliografía. Este porcentaje es mayor que el encontrado en disciplinas científicas (Pao, 1982)

Otro trabajo de Pao aplicado a otra rama de las humanidades, esta vez en coautoría con McCreery, es un estudio sobre etnomusicología, en el que ambas autoras comprueban si el modelo de Lotka describe la productividad y estratificación de autores de esta temática. A los resultados de $n = -2.4082$ con $c = 0.7234$, y $n = -2.33$ con $c = 0.7068$ se les aplicó la prueba Kolmogorov-Smirnov. Los niveles de significación fueron de 0.01 y 0.05, por lo que se concluye que la productividad en etnomusicología cumplía con la ley de Lotka, es decir, que también puede aplicarse a las humanidades. (McCreery y Pao, 1984).

Muy vinculado con la temática anterior es el trabajo de Cook de 1987, quien estudia la música popular mediante la aplicación del modelo de Lotka a una muestra obtenida del Billboard concerniente a los *top-bits* entre 1955 y 1984. Con las fórmulas de Pao, Price y Yablonsky, calculó los exponentes de 1.870 con la fórmula de Pao y 1.968 con la de Yablonsky. Utilizó la prueba Kolmogorov-Smirnov y comprobó que

es estadísticamente significativa para los datos de Pao, aunque las fluctuaciones no son muy grandes (Cook, 1989).

Tres años más tarde, la literatura especializada registra otro trabajo, orientado a la comprobación del modelo en el área de las humanidades y ciencias sociales. En 1990, Budd y Seavey señalaron que, dados los variados modos de conducta, los patrones de productividad cambian entre disciplinas. Consideran que la ley de Lotka no es una explicación del porqué algunos autores son más prolíficos que otros. Los datos que ocupan, referidos a las características de la autoría de revistas por bibliotecólogos académicos, no confirman el cumplimiento del modelo de Lotka. (Budd and Seavey, 1990).

Este grupo de trabajo, con algunos de sus miembros pioneros en la temática estudiada, ha estado caracterizado en su contenido como una lógica consecuencia, marcada por la curiosidad de muchos autores por indagar si el modelo de Lotka podía verificarse en otras áreas temáticas de campos muy diferentes a los que Lotka había utilizado para su propuesta. Muchos comprobaron el supuesto de que el postulado teórico de Lotka se cumplía también en otros campos temáticos tan disímiles como las humanidades, la bibliotecología, la ciencia de la información, la etnomusicología o la música popular.

Otros intentos por comprobar el modelo también estuvieron orientados a ramas muy específicas de las ciencias naturales. Una muestra de ello son los textos de Davendra K. Gupta, quien ha publicado numerosos trabajos sobre este modelo. En 1987, apareció un artículo de Gupta en el que aplica la ley de Lotka a una bibliografía de investigación entomológica en Nigeria; generó cuatro muestras, una para todos los autores, otra para coautores, una más para los documentos escritos por un autor y otra para los primeros autores, pero en ninguno de los casos la ley de Lotka se ajusta. Sin embargo, aplica una forma generalizada, que justifica diciendo que, como la ley de Lotka es una regularidad estadística, es válida para el promedio de los casos, dado que el exponente de n varía de un conjunto a otro y no es necesariamente igual a 2 en todos los casos. Su modelo general establece que

$$an = \frac{kx}{n^\alpha}$$

donde:

n = número de autores que contribuyen con n artículos 1, 2, 3..... n .

k = constante = $\frac{6}{\pi^2}$ para $\alpha=2$

α = exponente característico de la distribución para un conjunto de datos (Gupta, 1987, p.36).

Dos años más tarde, Gupta publicó dos trabajos, en uno de los cuales aplicó el modelo de Lotka a la bibliografía sobre literatura fisiológica en África, en el periodo 1966-1975, en el que concluye que utilizando un exponente de $\alpha = 2.8$, y usando la prueba Kolgomorov-Smirnov se comprueba el modelo (Gupta, 1989). Y en otro realizó el mismo estudio que en su texto anterior, pero a una bibliografía de literatura sobre bioquímica. Aplicó lo que llama el modelo general de la “ley de Lotka”, con un exponente alfa que calcula como el valor de la pendiente de la línea que se obtiene al graficar el número de autores contra el número de contribuciones. Aplica la prueba Kolmogorov-Smirnov para verificar que la ley de Lotka se ajusta con diferentes valores de α (Gupta, 1989b).

El cuarto escrito de Gupta apareció en 1992, en el que vuelve a aplicar el modelo a la literatura sobre geofísica publicada por las revistas *Geophysics* y *Geophysical Prospecting*, entre 1936-1985. Considera que un periodo representativo para el estudio de la aplicación de la ley de Lotka debe ser mínimo de cinco años. Concluye que para sus dos muestras se observa una distribución de tipo exponencial inversa, que no se ajusta a la ley de Lotka a menos que el exponente sea de 2.1 para ambas muestras (Gupta, 1992).

La cantidad de trabajos que continúan apareciendo en la literatura bibliométrica sobre la comprobación del modelo de Lotka a una muestra de datos en determinadas temáticas resulta interminable, al menos para ser objeto de discusión en este apartado. Como dato curioso del intento por aplicar el modelo, ya no sólo a otras temáticas sino a otra naturaleza de documentos, se encuentra el de Klaic que, dada la poca productividad científica que se registra en Croacia, este autor menciona como un experimento crucial la necesidad de aplicar el modelo de Lotka a la distribución de artículos no publicados (Klaic, 1995).

Por ello en las siguientes páginas se revisarán los trabajos orientados a cuestionar o criticar el modelo en sí mismo, es decir, de su postulado teórico y matemático o metodológico, para obtener sus resultados a partir de su comparación con otros modelos bibliométricos, la composición y selección de sus datos (autores). Por último, se muestran, a manera de ejemplo, algunas aportaciones y aplicaciones del modelo en Iberoamérica.

1.1.2 Críticas al Modelo de Lotka

Entre los aspectos más criticados del modelo se encuentra, por ejemplo, la función con la que Lotka describe el comportamiento identificado. En este sentido, Griffith considera el modelo de Lotka como una función hiperbólica, en el que la constante n toma un valor aproximado de 2 que, sin embargo, no es fijo. Dice que esta función al parecer, describe muchas situaciones en las que resulta difícil cambiar de estado. También critica el método que utiliza Pao (Griffith, 1988).

En otro sentido, Chen señala que los problemas a los que se enfrenta la ley de Lotka es a la estimación de sus parámetros y a las pruebas de bondad de ajuste, pues no se trata de datos aleatorios, sino de una muestra de una población. Identifica, además, la ley de Lotka con una propiedad marginal de las series de tiempo. Finalmente, sugiere el método de Simon para hacer una generalización del modelo de Lotka (Chen, 1989).

Fang y Fang analizan el procedimiento que usó Lotka para encontrar los valores de n y c (mínimos cuadrados), el cual, señalan, tiene dos defectos: el primero se refiere al número que aparece frecuentemente de $y = 1$, y, dado que $\ln 1 = 0$, se tendría un peso estadístico de 0; y, el otro defecto es cuando $y = 0$, $\ln 0$ es infinito y, por tanto, no puede ser introducido en un análisis finito. Concluye que los mínimos cuadrados de la representación logarítmica de la ley de Lotka no son aplicables en la práctica. Proponen, posteriormente, una modificación a la función de Lotka: $xn(y + u) = c$, donde el parámetro adicional u debe ser positivo y no necesariamente entero. Estadísticamente, u es un número confuso, su utilidad matemática es que para $y = 0$ no se tendrán

problemas matemáticos. Con esta reformulación se puede aplicar la linealización logarítmica sin problema y calcular u a partir de algunos datos conocidos, con lo cual sólo resta calcular n y c . Sobre la base de los cálculos que estos autores hacen, demuestran que el valor de u no ejerce influencia significativa en estos parámetros (Fang y Fang, 1995)

1.1.3 Relación con el Modelo de Price

Otro aspecto considerable en la crítica de este modelo parte de su relación con el modelo de Price sobre la raíz cuadrada de la productividad de autores, incluso hay trabajos en los que el propio Price se refiere a esta relación, un ejemplo es el trabajo publicado por Allison, Price, Griffith, Moravcsik & Stewart de 1976, en el que estos autores estudian la relación del modelo de Lotka con el de Price, en el que se formula que la mitad de la producción científica es aportada por la raíz cuadrada del total de los autores. Sólo se refieren a las derivaciones matemáticas del modelo de Lotka y a la relación entre las leyes formulada por ambos autores. La amplia validez de este modelo no se ha establecido y existen evidencias de que la ley debe ser modificada. El estudio realizado por estos autores demuestra que la validez de la ley de Price no depende necesariamente de la validez de la ley de Lotka. Asimismo concluyen que en cualquier análisis de logros científicos que se haga, han de considerarse otros aspectos, además de la productividad (Allison et. al., 1976). Seis años antes, en 1970, Beck había recopilado la discusión entre los rusos Nalimov y Kozachkov sobre productividad científica. En ese trabajo el autor destaca que Nalimov defiende y elabora la formulación original de Price, mientras que Kozachkov intenta suplantarlo por una ley unificada bajo el nombre Lotka-Bradford-Zipf. Finalmente, señalan que para los datos obtenidos en la entonces URSS, los resultados se ajustaban mejor al modelo de Price (Beck, 1970).

Coile indica que en 1963 Price estableció que la mitad de los trabajos científicos son producidos por la raíz cuadrada de los autores más prolíficos dentro del total de autores científicos. No obstante, no presentó evidencias para probarlo. Este autor concluye que es necesario

continuar investigando por qué no se cumple la regla al analizar el modelo de Price (Coile, 1977). Sin embargo, autores como Glanzel y Schubert refutan en 1985 lo anterior y afirmaron que la “ley de la raíz cuadrada” de Price seguía a la de Lotka, sólo si se hace una suposición adicional, y no única, sobre el número de contribuciones por el autor más productivo. Este artículo se enfoca a brindar una formulación exacta del modelo de Price. La verdadera función de distribución de Price se relaciona de cerca (pero no es idéntica) a la de Lotka y con conexiones con la de Zipf. Finalmente, estos autores señalan que la cola de la distribución de Price sigue la ley de Lotka y que la cabeza se desvía considerablemente de la ley de Price. (Glanzel y Schubert, 1985).

Al año siguiente (1986), Egghe & Rousseau generalizaron la ley de Price para la ley de Mandelbrot, mencionando que ésta es equivalente a la de Lotka. (Egghe & Rousseau, 1986). Mientras que Egghe, en otro artículo de 1987, prueba la existencia de una relación matemática entre \emptyset en función de α ($\emptyset = \alpha$) y μ (la media de artículos por autor), usando la ley de Lotka. Este autor revela que el valor de \emptyset está entre 0 y 1, y es la fracción de producción total $\alpha = \frac{1}{2}$ (Egghe, 1986). Una revisión más reciente es la de Koenig & Harrell en 1995, quienes afirman que el modelo de Price es otra manera de formular el modelo de Lotka (Koenig & Harrell, 1995).

1.1.4 El factor tiempo en el Modelo de Lotka

Otro aspecto contemplado en el análisis del modelo de Lotka se refiere al tiempo que cubren las muestras de datos. El primer trabajo relativo a este aspecto es el de Vlachy de 1976, en el que menciona que una de las primeras conclusiones sobre el trabajo de Lotka es que la misma distribución funciona con lapsos de tiempo o siglos. Por otro lado, hay un requisito intuitivo de que las fuentes bibliográficas se extiendan por un periodo suficiente de años. Su estudio muestra que las variaciones entre categorías no parecen ser significativas, pero sí hay modificaciones importantes si los periodos de tiempo se reducen en varios años. También muestra que la pendiente n varía de acuerdo con las características de la población de autores. Concluye que no hay una respuesta

definitiva de cómo modifica el tiempo la distribución de Lotka, pero queda demostrado que situaciones reales no pueden ser descritas por una simple relación inversa del cuadrado (Vlachy, 1976).

Relacionado también con la magnitud de tiempo, aparece un trabajo de Krisciunas dos años más tarde, en el que aplica el Modelo de Lotka año por año y plantea que hasta la fecha no se ha investigado la frecuencia de publicación de n artículos año por año, a partir del desglose de lo producido durante todo el periodo de publicación de una muestra grande de autores. En su estudio sobre patrones de publicación de astrónomos, encuentra una distribución de Lotka de la forma $N = kn^{-\alpha}$, donde $\alpha = 1.43 + -0.06$. Este autor observó que si se relacionaba el tiempo en que cualquiera de los 24 autores de su muestra publicaba 1, 2, 3 artículos al año, y se representaba la frecuencia contra el número de artículos por año, se obtenía una distribución con un decrecimiento menos acelerado que el de Lotka. Sin embargo, el estudio de una muestra tomada aleatoriamente de un periodo de tiempo mucho mayor inclina el estudio hacia los autores más prolíficos. Si se considera el desglose de la producción total durante la vida de los que menos producen, se obtiene la distribución de Lotka. Su análisis sirve para recalcar que la ley de Lotka funciona para cualquier intervalo deseado (por ejemplo un año) y garantiza que la mayoría de los autores no son prolíficos (Krisciunas, 1977).

Otro trabajo más reciente de Egghe y Rousseau (1995), aparece relacionado con el tiempo en el que estos autores estudian el principio SBS (*success-breeds-success*), “El éxito engendra éxito”, para generalizar la teoría de relaciones entre fuente-artículo, introduciendo nuevas variables a su modelo, como el tiempo o la probabilidad de que un nuevo artículo se incluye en los ya existentes. Con ese modelo se puede derivar la ley de Lotka (en función del tiempo o en su formulación exacta), la función beta (que puede ser aproximada por una función de potencia inversa como la de Lotka) y la distribución Poisson. En particular, para la función de Lotka, cuando el exponente es menor que 2, la correspondiente curva de Bradford se desvía más de una línea recta (la caída de Groos), por lo que el principio SBS es capaz de modelar también la caída de Groos y fenómenos relacionados (Egghe & Rousseau, 1995).

1.1.5 Aportaciones metodológicas y tratamiento de los datos

La aplicación y comprobación del modelo de Lotka a diversas temáticas, su afinidad o no con el modelo de Price y el problema temporal, representan sólo una parte de la abundante literatura registrada sobre este modelo, en la que la parte más fructífera y la que mayor aportación hace a este modelo viene de los autores que comparan este modelo con otros modelos bibliométricos o no, y por los que ayudan a describir el problema metodológico de Lotka, entre ellos los problemas con los datos (autores), su normalización, así como el cálculo de sus parámetros. En este sentido, se destacan los trabajos de Miranda Lee Pao, con su trabajo ya citado de 1985, por la metodología empleada en este estudio, y los de Paul Travis Nicholls (1986, 1987). Estos autores, además de incursionar en la aplicación y comprobación del modelo en otras muestras y temáticas han aportado nuevas propuestas metodológicas, que Rousseau, en 1993, las identifica como "*Metodología de Pao-Nicholls para la prueba de la hipótesis de Lotka*", la cual se explica detalladamente en un reciente trabajo de García-Zorita, en el que se analiza la productividad científica de los economistas españoles (García-Zorita, 2000: 127-134).

Otras aportaciones de Pao aparecen registradas en trabajos como los de 1986 y 1989. En el primero aplica la ley de Lotka a 48 conjuntos de datos, aunque sólo 7 se ajustaron a la ley inversa del cuadrado. Señala que sólo cuenta a quien aparece como primer autor, de ahí que descuenta una sustancial proporción de coautores. En la mayoría de los casos, no se aplica la ley del inverso del cuadrado. Ambas constantes del modelo deben obtenerse de la distribución que se estudie, de esta manera, más de 80% de los conjuntos cumple con la ley de Lotka (Pao, 1986). El segundo trabajo de Pao es un estudio sobre cómo afecta a la investigación bibliométrica los errores de ortografía. En el campo de los autores, por ejemplo, los errores de inserción de caracteres, omisiones, transposiciones, puntuación, etc., aplica el modelo a dos muestras (una corregida y otra no) y comprueba que una vez aplicado el modelo y la prueba Kolgomorov-Smirnov de bondad de ajuste, obtiene como resultado que la muestra no corregida no cumplía con la ley, mientras que la muestra corregida sí lo hacía (Pao, 1989).

A seis años de que Potter llevara a cabo su revisión (Potter, 1981), en 1987 sale a la luz otra revisión de Paul Travis Nicholls. En su artículo, Nicholls actualizó el artículo de Potter, es decir, hizo un recuento de las aportaciones más relevantes al modelo de Lotka. Menciona que este modelo es miembro de una familia de distribuciones del tipo zeta, como la de Pareto, Zipf o Mandelbrot, y concluía que es difícil validar la ley de Lotka, dada la gran discusión generada entre tantos especialistas. Sin embargo, lo que se ha probado con su aplicación es su validez empírica (Nicholls, 1987).

Otros trabajos que señalan las limitaciones de los datos de Lotka discuten sobre la posibilidad de usar sólo una parte de los datos (una muestra aleatoria) para determinar los parámetros de la ley de Lotka. Dierick, en 1992, observó que era posible transferir el exponente α^* , obtenido de una muestra aleatoria de las fuentes, al total de datos. Por el contrario, no es posible obtener un exponente confiable si se muestra por artículo. El algoritmo que propone lo rescata del método $f(1)$ propuesto por Egghe y Rousseau (Dierick, 1992).

Una solución aparente del conteo de autores la ofrece el principio del conteo fraccional, definido como la forma de asignar el crédito de autoría de manera proporcional, es decir, si un artículo fue escrito por dos autores, cada uno tiene la mitad del crédito; si por tres, tendrían un tercio cada uno, y así sucesivamente, sin embargo, Rousseau muestra que el conteo fraccional de autores no lleva a una distribución de Lotka y, en ese caso, se rompe la solidez de la ley de Lotka propuesta por Bookstein. Rousseau ofrece ejemplos en los que no se cumple con esta propiedad, mostrando así que las hipótesis usadas por Bookstein no son suficientes (Rousseau, 1992). Este aspecto lo retoman Burrell y el propio Rousseau en un trabajo posterior, en el que afirman que se ha mostrado que la función de Lotka no describe distribuciones de autoría cuando las publicaciones son contadas usando el método fraccional. Presentan un estudio numérico que ilustra la apariencia de las gráficas de conteo fraccional. Suponiendo una distribución del modelo de Lotka de artículos por autor, se muestra que para campos en los que domina un solo autor por artículo, un valor máximo ocurre en 1, para artículos con autoría múltiple, el máximo será menor que 1 (Burrell y Rousseau, 1995)

Egghe, al referirse a la validez del modelo tanto para autores únicos como múltiples, insiste en remarcar la diferencia entre *sistemas de autor-publicación y revista-artículo*, en el sentido de que los artículos son publicados en una revista, pero pueden tener varios autores. Muestra que la ley de Lotka de la forma $F(i) = \frac{C}{(i+1)^a}$, donde i es positiva, es aproximadamente estable para todos los valores de a , lo que significa que la ley de Lotka es válida en sistemas en los que hay un solo autor o varios (Egghe, 1994).

1.1.6 Relaciones del Modelo de Lotka con otros modelos

Otra parte de la literatura disponible sobre el modelo de Lotka se orienta a identificar similitudes o desigualdades entre éste y otros modelos matemáticos, algunos provenientes de la bibliometría; otros más de la economía o de otras ciencias, con el afán de reafirmar o fundamentar su validez matemática, así como de asociarlo mediante generalizaciones con otra familia de modelos que, por lo general, se agrupan bajo determinada condición o característica, como las distribuciones hiperbólicas, por el tipo de curva que generalmente representan estos modelos.

Bookstein fue uno de los primeros en construir una familia de funciones semejantes a la de Lotka usando el principio de simetría, que plantea que si se tiene la función $L(x;p)$, donde x es la variable de interés y p un parámetro que define al conjunto específico de condiciones bajo las cuales la ley se cumple, hay razones para suponer que la ley también será válida para las nuevas condiciones representadas por el parámetro p' , entre éstas se encontraba la función de Bradford, cuya constante o multiplicador cambia de n en la primera zona a n^2 en la segunda (o tercera), lo cual resulta un indicativo de que este multiplicador depende de la elección de la zona. Su hipótesis, para el caso del modelo de Lotka, es que es invariable bajo el impacto de la sociedad y el tiempo en patrones de productividad científica (Bookstein, 1977).

Otra característica del modelo de Lotka es su alto nivel de concentración, muy común en las distribuciones hiperbólicas, hecho que destaca Bensman, quien estudió distintos modelos (Lotka, Bradford,

Garfield y Trueswell), y encontró en todos un alto grado de concentración de una pequeña elite (considera esto como el resultado de un “*cumulative advantage process*”). En particular, para el modelo de Lotka, calcula la curva de Lorenz, graficando las coordenadas de los dos porcentajes acumulativos. Mientras más se desvía de la línea de igualdad (45%), mayor es el área de desigualdad; para medir ésta usa el índice de Gini, que va de 0 (igualdad) a 1 (si uno solo hizo todas las contribuciones, lo mismo que ocurre con el Índice de Concentración de Pratt). Para los datos de Lotka, el índice de Gini es de 0.59 para *Che-mical Abstract* y 0.44 para *Auerbach* (Bensman, 1982).

Brookes estudia la categorización de estas distribuciones de frecuencias mediante la distribución de Laplace. Esta distribución tiene una función de densidad de probabilidad que puede relacionarse con las distribuciones de Bradford, Zipf, Lotka y otros. Critica los errores de medición de Lotka, así como las suposiciones en que se basa para establecer su teoría; explica que las sumas que hace son de Riemann, que para $n=2$ se obtiene la constante $\pi \left(\frac{\pi^2}{6} \right)$. Menciona que Lotka sobrestima el número de autores prolíficos y que su suma hasta infinito nunca se daría. Propone el uso de la distribución modificada de Laplace para valores de n cercanos a 2, ya que es más fácil de calcular, (Brookes, 1983).

La similitud del comportamiento de las tres “leyes” o modelos bibliométricos (Bradford, Lotka y Zipf) ha generado también un conjunto de trabajos en los que se comparan sus distribuciones, se analiza uno en función de otro, o se trata de buscar uno general que represente el comportamiento de los tres. En este sentido, se ha llegado a afirmar que los modelos de Bradford y Lotka son casos particulares del modelo de Zipf; por ejemplo, Egghe analiza la ley de Bradford, haciendo uso de la ley de Lotka. Usa el exponente $n=2$ para definir los grupos de Bradford. Como acotación, menciona que la ley más general de Lotka $f(y) = \frac{c}{y^n}$ con n diferente de 2 también funciona, ya que en la práctica n está entre 1, 5 y 3. Si se aplica este modelo general, no se obtiene la clásica ley de Bradford, así, termina concluyendo que no se puede esperar construir grupos de Bradford exactos, (Egghe, 1986).

Otro trabajo que demuestra la equivalencia entre estos tres modelos es el de Chen y Leimkuhler. Estos autores demuestran que las tres “leyes” antes mencionadas son equivalentes matemáticamente bajo ciertas condiciones y, en cierto sentido, son también diferentes maneras de ver un mismo fenómeno, para lo cual estos autores utilizan los datos de Kendall para demostrarlo. Consideran una formulación alternativa de la ley de Lotka, como la integral de

$$a \int_n^{\infty} \frac{1}{x^2} \quad n=1,2,3,\dots \text{ (Chen and Leimkuhler, 1986).}$$

Más asociaciones con otros indicadores bibliométricos están presentes también en otros trabajos de Egghe al calcular e interpretar el Índice de concentración de Pratt para las leyes de Zipf, Mandelbrot y Lotka. Aquí se describen los valores que adquiere el Índice de Pratt y se explican las razones por las que se usa el modelo de Lotka como una “ley más elitista”, y no el Índice de concentración de Gini (Egghe, 1987). En un artículo posterior, Egghe prueba la equivalencia entre las leyes de Leimkuhler, Mandelbrot, Lotka y la formulación verbal de la ley de Bradford, así como la equivalencia entre las leyes de Zipf, Brookes y la formulación gráfica de la ley de Bradford. Sin embargo, señala que estos dos grupos no son equivalentes asintóticamente para altos rangos (indica que dos leyes son asintóticamente equivalentes sí: $1 \lim_{r \rightarrow \infty} \frac{y(r)}{y1(r)} = 1$, y $y(r)$ denota el número de artículos en la fuente de rango r (Egghe, 1988). Siguiendo esta línea de asociaciones del modelo de Lotka con otros modelos bibliométricos, aparecen otros dos trabajos de Egghe publicados en 1990. En el primero, considera que la “ley” de Bradford es equivalente a la “ley” de Lotka: $F(j) = \frac{B}{j^2}$, donde $F(j)$ denota el número de fuentes con j artículos y B es constante (Egghe, 1990). En el segundo, fundamenta la equivalencia entre las leyes de Bradford, Lotka y Leimkuhler (Egghe, 1990b).

Similar comprobación del modelo de Lotka con las “leyes” de Mandelbrot, Leimkuhler y Pareto la realiza Rousseau. Para ello explica que la distribución de Lotka (frecuencias absolutas) parece tener dos parámetros: n y A . En este artículo, se sostiene la tesis de que la forma

continua de la “ley” de Lotka tiene un tercer parámetro: *el límite superior de integración*. Tomando en cuenta dicho parámetro, este autor prueba la equivalencia entre la “ley” de Lotka y las otras, haciendo referencia al problema que ve Allison en el caso discreto de la ley de Lotka, (Rousseau, 1990).

Por último, dos comparaciones en las que se involucra el modelo de Lotka con otros modelos bibliométricos aparecen en los trabajos de Chen, Chong y Tong. Ellos utilizan la ley de Lotka y otros resultados obtenidos de ésta para probar la regla 80/20 (Chen, Chong y Tong, 1993). Al año siguiente, presentaron otro artículo sobre la posibilidad de derivar las leyes bibliométricas de Zipf, Bradford y Lotka, mediante un mecanismo generador (el modelo de Simon-Yule) y su experimentación computacional, cuyo antecedente ya lo había ofrecido Chen en otro artículo de 1989, sobre el análisis de la “ley” de Lotka y el modelo de Simon-Yule (Chen, Chong y Tong, 1994; Chen, 1989).

1.1.7 Análisis estadístico y uso de variables alternativas con el Modelo de Lotka

La comprobación o confrontación estadística de los datos observados y los calculados en el modelo de Lotka ha sido una preocupación constante de los autores en la literatura especializada sobre este modelo. Por ejemplo, Pao en su trabajo de 1985, citado al inicio de este capítulo, incluye la prueba de bondad de ajuste de los datos como un paso metodológico importante en la comprobación del modelo. En los documentos ya citados, se presentan argumentos encaminados a justificar la preferencia de algunos autores sobre el uso de un estadígrafo en lugar de otro (X^2 vs $K-S$). Otros como Loughner, se preocupan por la precisión en el uso del método, quien corrige un error de cálculo para la prueba Kolgomorov-Smirnov que conduciría al rechazo de la hipótesis de la aplicación de la ley de Lotka, aun cuando sea correcta (Loughner, 1992).

El estudio sobre la comparación estadística de los modelos bibliométricos, a través del análisis de varianza, de regresión y modelos logarítmicos-lineales, fue estudiado por Kinnucan & Wolfram. Estos autores analizan un par de ejemplos con la ley de Lotka: en el primero,

suponen que el número de artículos escritos por el autor más prolífico es infinito y deducen el resto de los parámetros con la fórmula de Pao; en el segundo, suponen esa cantidad finita y llegan a la conclusión de que los parámetros obtenidos bajo esa suposición proveen un mejor ajuste al modelo, mas no siempre (Kinnucan & Wolfram, 1990).

En los últimos años, la aplicación de las técnicas del análisis multivariante a los estudios bibliométricos han demostrado su eficiencia y capacidad, para explicar fenómenos imposibles de detectar mediante la estadística univariante. Tales técnicas han demostrado ser una excelente herramienta en la representación espacial de los nexos informativos entre autores, fuentes, instituciones y países, entre otras variables, pero pocas veces se encuentran conjugadas estas técnicas con el estudio de los modelos bibliométricos.

El señalamiento anterior le confiere cierta relevancia y novedad a un trabajo de Berg y Wagner-Döbler, publicado en dos partes, en el que realizan un análisis multidimensional de la ley de Lotka. Su estudio lo justifican porque, en una sola dimensión, el peso estadístico (la productividad de los contribuyentes) no registra el tiempo. Con tales bases, estos autores construyen una familia empírica de funciones como la de Lotka y revisan conceptos como el de *estado epidémico*, mencionando que la tendencia de variación del exponente de una familia de distribuciones como la de Lotka, en un intervalo de tiempo, puede descubrirse calculando los valores de la línea de regresión exponencial que corresponde a los valores de n del intervalo. Esta línea de regresión proporciona información sobre la situación de la disciplina que se estudia (existencia de una elite, etc.). Aplican sus hipótesis en una muestra de literatura sobre Lógica (Berg and Wagner-Döbler, 1996).

Egghe y Rousseau revisa un trabajo de Quin y demuestran la invariabilidad de la función de Lotka encontrada por este último, y formulada por esta autora como: $f(x) = \frac{A}{x^\alpha}$, aquéllos analizan bajo qué condiciones es cierta esta invariancia, en el caso de que el resultado empírico de Quin $f(y)$ es una función de Lotka (número de autores con y publicaciones) y $f(y)$ denota el número promedio de colaboradores por autor que escribe y artículos. Lo que los lleva a un modelo

multirrelacional de los datos que intervienen en el modelo, transformando la función de tal forma que les permita crear un mapa con las variables, número de autores y número de colaboradores, es decir, incorporan al análisis de la función de producción el número de colaboradores (Egghe y Rousseau, 1996).

Otras variables que se identifican asociadas al estudio del modelo de Lotka es el género. En dos trabajos de Lemoine se contempla la aplicación del modelo, según el género de los autores. Lemoine aplica el modelo de Lotka a la distribución de la producción científica en Venezuela, tomando en cuenta el sexo del autor y el tipo de revista. Calcula el valor de n por mínimos cuadrados y lo considera como una medida de desigualdad en la distribución de productividad científica. Un incremento en el valor de n se asocia a una proporción mayor de autores menos productivos. Utiliza también la fórmula de Pao (1985) para calcular la constante C o el número de autores con un solo artículo. Concluye que el uso de un modelo como el de Lotka ayuda a mostrar las diferencias en la productividad científica de acuerdo al sexo y tipo de revista, aunque no se ajuste a todas las muestras (Lemoine, 1992). En ese mismo año, este autor, realizó otro estudio análogo al de su artículo anterior, en el que trata la distribución de frecuencia de artículos de investigación y patentes producidos por hombres y mujeres en la India. Aplica la prueba Kolgomorov-Smirnov y concluye que sólo los datos masculinos se ajustan a la distribución de Lotka. (Lemoine, 1992b).

En otro sentido, Coleman diversifica el uso del modelo de Lotka basado en la premisa de que la producción y referencia de laboratorio es una unidad en la especialidad que se está investigando. Trabaja con una muestra de 500 artículos generados en 101 laboratorios, y comprueba si cumple con la ley de Lotka. La mitad de la muestra se ajusta a una función lineal con pendiente negativa ($r = 0.90$), mientras que la otra mitad estaba concentrada en siete laboratorios más productivos. Es decir, sólo la mitad de las publicaciones cumple con la ley de Lotka. La distribución de todos los datos producía una función que se asemejaba a una hipérbola. El conteo por autores estuvo mucho más cerca del modelo de Lotka (Coleman, 1992).

El comportamiento de los resultados anteriores identificados por Coleman se relaciona con otros de Wagner-Döbler, quien expone en su trabajo que la validez del modelo de Lotka depende de la selección de los grupos de análisis (distingue entre análisis transversal -en tiempo- y análisis de grupos). Para su hipótesis utiliza el hecho de que en una muestra sobre artículos de lógica, la distribución de Lotka se ajusta bastante bien; sin embargo, al utilizar otro tipo de clasificaciones ya no se aplica la ley de Lotka, puesto que parece haber una bipartición, al aparecer un grupo de autores cuya productividad se distribuye asimétricamente (Wagner-Döbler, 1995).

Otra validación estadística a la que se ha sometido la distribución de Lotka la realizan Gupta y Karisiddappa al aplicar el modelo de Lotka a su muestra. Estos autores la comparan con la aplicación de la distribución binomial negativa. Ellos concluyen que la mejor aproximación del modelo de Lotka ocurre cuando el exponente es calculado a partir de los datos de la muestra, seguidos por la aplicación del modelo de Lotka original. En ambos casos comprueban que es mejor que la distribución binomial negativa. De este análisis infieren que el desarrollo de una especialidad no tiene relación con el ajuste que muestre una distribución estadística (Gupta y Karisiddappa, 1996).

1.1.8 Aportaciones y uso del Modelo de Lotka en Iberoamérica

El modelo de Lotka no ha sido tratado con la misma intensidad en la literatura especializada en español o portugués, que como ha sido estudiado en el mundo anglosajón. Una de las primeras aportaciones españolas aparece con el trabajo de Luís Ferreiro Aláez en 1981 sobre "*La producción científica del CSIC en biología (1983-1978)*", trabajo en el que describe el procedimiento empleado por Lotka y la derivación de la llamada ley cuadrática inversa de la producción científica. Señala que la aplicación de este modelo en otras áreas ha cuestionado los valores propuestos por Lotka y la ecuación que utilizó para ajustar los datos.

En su investigación, este autor además de examinar la distribución de frecuencias de la producción científica en biología del CSIC, en

España, durante el periodo indicado, procede al ajuste de los datos mediante una expresión exponencial:

$$An = a.b^n \quad f(x) = a.b^x \text{ donde:}$$

a = constante

b = base

x = producción literaria

$f(x)$ = cantidad de autores que producen x obras

En el que el valor de la base b debe ser necesariamente un valor entre 0 y 1 por la relación inversa entre x y $f(x)$. En este caso, toma en cuenta sólo la parte del gráfico que se encuentra en el primer cuadrante.

La expresión $An = a.b^n$ se convierte en logarítmica aplicando propiedades de los logaritmos, tal y como se hace en este trabajo.

$$\log An = \log a + n \log b$$

como $\log a$ y $\log b$ son constantes, la expresión queda

$$\log An = a_0 + a_1 n$$

En los datos de los autores sólo se contabilizó a quienes figuraban como primeros firmantes de cada trabajo. El estudio se restringió hasta $n = 5$ trabajos. También se realizó una distinción en el comportamiento de la producción científica en *sistemas abiertos de información*, donde se puede hablar de autores ocasionales que, independientemente del tiempo, publican sólo 1 o 2 artículos. El restante 25 a 35% (máximo), tiene un comportamiento diferente. Por el contrario, el Centro de Investigaciones Biológicas del CSIC constituye un *sistema cerrado de información* que, por su naturaleza, descarta la existencia de autores ocasionales. Esto provoca patrones de comportamiento diferentes a los encontrados por Lotka (Ferreiro-Aláez, 1981).

Otros trabajos en español se publican en años subsiguientes, como el de López-Calafi, Salvador y de la Guardia en 1985, quienes, en un estudio sobre la literatura científica en aceites lubricantes, usan la ley

de Bradford y la de Lotka. Señalan que en esta muestra la ley de Lotka no es adecuada para clasificar a los autores en función de su productividad, aunque presenta un método objetivo para separar los grandes de los pequeños productores (López-Calafi, Salvador y de la Guardia, 1985).

Más reciente es el trabajo de Jiménez-Contreras y Moya-Anegón (1997), quienes realizaron un “*Análisis de la autoría en revistas españolas de biblioteconomía y documentación, 1975-1995*”, y comprobaron que su muestra se ajusta al modelo propuesto por Lotka, con una pendiente de 2.3 (aproximadamente 70% de autores de un solo trabajo). Discuten sobre la estimación de los parámetros del modelo y mencionan que el de Pao es el más indicado (Jiménez-Contreras y Moya-Anegón, 1997).

Investigaciones más recientes reflejan el interés que aún subsiste por la aplicación del modelo de Lotka a la literatura española, muestra de ello son las aplicaciones de este modelo en dos tesis doctorales: en la primera se analiza el comportamiento de la productividad científica de los economistas españoles. Para la comprobación del modelo, el autor utiliza la metodología Pao-Nicholls, basada en lo establecido por Pao en 1985 y las propuestas realizadas por Nicholls en 1996, que completa algunas utilidades que permiten estimar los parámetros con ayuda de tablas. Los resultados obtenidos, a partir de la metodología empleada, identifican que los valores del exponente n calculado son de 2.35 en fuentes internacionales y de 2.17 en fuentes nacionales; mientras que los valores estimados para el parámetro C son de casi 70% en fuentes internacionales y 65% en fuentes nacionales (García-Zorita, 2000: 217 y 397).

La segunda tesis aplica el modelo general de Lotka a la producción bibliográfica española en biblioteconomía y documentación desde 1984 a 1999, y determina el núcleo o elite más productiva a partir del método basado en la formulación $i = \sqrt[b]{y_1}$, donde: i = al núcleo de autores más productivos, y_1 = autores de un solo trabajo y b = pendiente de la recta. Con este método, su autora identifica tres elites o núcleos de autores que más producen sobre el tema y, de acuerdo con los resultados obtenidos en la prueba de bondad de ajuste con el

estadígrafo Kolgomorov-Smirnov, colige que los datos de la muestra se ajustan al planteamiento teórico del modelo utilizado (Moneda-Corrochano, 2003: 185 y 221).

El modelo de Lotka en América Latina también ha sido estudiado con similar intensidad que en España, aunque hay que destacar que la mayor aportación se ha llevado a cabo en portugués, por generarse en Brasil, país reconocido como el mayor productor de literatura especializada en esta disciplina. En este sentido, más adelante, en un artículo de Urbizagástegui sobre la ley de Lotka en la bibliometría brasileña se repasa la bibliografía sobre la aplicación del modelo en ese país e identifica trabajos que han utilizado el modelo desde 1975 en una gama temática muy variada, como el derecho (Braga *et. al.*, 1975), la medicina (Oliveira & Caldeira, 1976), la microbiología (SA, 1976), el Archivo Privado de Getulio Vargas (Bomeny, 1978), la siderurgia en Brasil (Gusmao, 1978), la veterinaria en la UFMG (Caldeira, 1979), la salud pública (Andrade *et. al.*, 1982), la literatura sobre Jaca (Oliveira, 1987), la bibliotecología y la ciencia de la información (Foresti & Martins, 1987), la producción científica de docentes universitarios (Targino & Caldeira, 1988) y la literatura sobre mercadotecnia (Amaral, 1996). En un cuadro de resumen presentado en esta obra, observa que en la mayoría de estos trabajos no se ajustan los datos al modelo general de Lotka, y que los valores calculados para n en la mayoría de los casos se aproximan a 2 (Urbizagástegui, 2002: 16-18).

Las aplicaciones del modelo de Lotka hechas en español en esta región son más exiguas, de ahí el interés por presentar en este trabajo una detallada metodología para su comprobación y una no menos pormenorizada revisión sobre la literatura disponible sobre el mismo. No obstante, el modelo ha estado formando parte de la docencia de licenciatura y de posgrado desde hace varias décadas, al menos en Brasil, Cuba y México, y como resultado de ello ha participado en tesis presentadas en ambos niveles. Otros dos trabajos aparecen publicados en español por Urbizagástegui. El primero muestra la aplicación del modelo a la literatura sobre bibliometría, utilizando como fuente la conocida bibliografía publicada por Hjerppe sobre el tema, en la que este autor utiliza el conteo directo sólo de los autores principales y la metodología de Pao para el cálculo de los parámetros del modelo,

así como el estadígrafo de Kolgomorov-Smirnov para la prueba de bondad de ajuste, lo que le permite concluir que sus datos se ajustan muy bien a la literatura sobre bibliometría (Urbizagástegui, 1999). Mientras escribía estas líneas, recién se publica otro trabajo de este autor sobre la aplicación de la distribución Gauss-Poisson inversa, generalizada a la productividad de autores (Urbizagástegui, 2004).

REFERENCIAS

- Allison, P.D.; D.J.S.Price; B.C. Griffith; M.J. Moravcsik and J.A.Stewart (1976) "Lotka's law: a problem in its interpretation and application". *Social Studies Science*, 6 (2): 269-276.
- Beck, Leonard N. (1970). "Soviet discussion of the exponential growth of scientific publications". : *Proceedings of the ASIS 33rd Annual Meeting*. Philadelphia, October 11-15, 1970. E.U.A. : American Society for Information Science. pp. 5-17.
- Bensman, S. J. (1982). "Bibliometric laws and library usage as social phenomena". *Library Research*, 4 (3): 279-312.
- Berg, J. and R. Wagner-Döbler (1996). "A Multidimensional analysis of scientific dynamics. Part 1. Case studies of mathematical logic in the 20th century". *Scientometrics*, 35 (3): 321-346.
- Bookstein, A. (1977). "Patterns of scientific productivity and social change: a discussion of Lotka's Law and Bibliometric symmetry". *Journal of the American Society for Information Science*, 28 (4): 206-210.
- Broadus, R.N. (1987). "Early approaches to bibliometrics". *Journal of the American Society for Information Science*,. 38 (2): 127-129.
- Brookes, B. C.(1983). "The Empirical law of natural categorization". *Journal of Information Science*, 6(5):147-157.

- Budd, J. M. and C. A. Seavey (1990) "Characteristics of Journal Authorship by Academic Librarians". *College & Research Libraries*, september: 463-470.
- Burrell, Q. and R. Rousseau (1995). "Fractional counts for authorship attribution; a numerical study". *Journal of the American Society for Information Science*, 46 (2): 97-102.
- Chen. Y. S. and Leimkuhler, F. F.(1986). "A Relationship between Lotka's Law, Bradford Law and Zipf's Law". *Journal of the American Society for Information Science*, 37 (5): 307-314.
- Chen, Y. S. (1989). "Analysis of Lotka's Law: the Simon-Yule approach". *Information Processing and Management*, 25 (5): 527-544.
- Chen, Y. S.; Y. Tong and P.P. Chong (1993). "Theoretical foundation of the 80/20 rule n". *Scientometrics*, 28 (2): 183-204.
- Chen, Y. S.; Y.Tong and P.P. Chong (1994). "The Simon-Yule approach to bibliometric modeling". *Information Processing and Management*, 30 (4): 535-536.
- Coile, Russell C. (1975). Letter. "Lotka and Information-Science" *Journal of the American Society for Information Science*, 26 (2): 133-134.
- (1976). "Bibliometric studies of scientific productivity". *Proceedings of the 39th ASIS Annual Meeting*, October 4-9, 1976, E.U.A.: American Society for Information Science, v. 13, p. 90.
- (1977). *Bibliometric study of frequency distributions of scientific productivity*. England: Centre for Information Science. The City University, London, s/p.

El modelo matemático de Lotka

- (1977b). "Lotka's frequency distribution of scientific productivity". *Journal of the American Society for Information Science* 28 (6): 366-370.
- Coleman, S.R. (1992). "The Laboratory as a productivity and citation unit in the publication of experimental-psychology speciality". *Journal of the American Society for Information Science*, 43 (9): 639-643.
- Cook, K. L. (1989). "Laws of scattering applied to popular music". *Journal of the American Society for Information Science*, 40 (49): 277-283.
- Dierick, J.C.J. (1992). "Determining the Lotka parameters by sampling". *Scientometrics*, 25 (1): 115-148.
- Egghe, L. (1986). "The Dual of Bradford's Law". *Journal of the American Society for Information Science*, 37 (4): 246-255.
- (1987) - "Pratt's measure for some bibliometric distributions and its relation with the 80/20 rule". *Journal of the American Society for Information Science*, 38(4):288-297.
- (1988) - "On the classification of the classical bibliometric laws". *Journal of Documentation*, 44 (1): 53-62.
- (1990). "New Bradfordian laws equivalent with old Lotka laws, evolving from a source-item duality argument". pp. 79-96 In: *INFORMETRICS 89-90* : Elsevier, 401 p.
- (1990b). "The Duality of informetric systems with applications to the empirical laws". *Journal of Information Science*, 16 (1): 17-27.
- (1994). "Special features of the author-publication relationship and a new explanation of Lotka's Law based on convolution theory". *Journal of the American Society for Information Science*, 45 (6): 422-427.

- Egghe, L. and Ronald Rousseau (1986). "A Characterization of distributions which satisfy Price's Law and consequences for the Laws of Zipf and Mandelbrot". *Journal of Information Science*, 12 (4): 193-197.
- (1995). "Generalized success-breeds-success principle leading to time-dependent informetric distributions". *Journal of the American Society for Information Science*, 46 (6): 426-445.
- (1996). "Modeling multi-relational data with special attention to the average number of collaborators as a variable in informetric distributions". *Information Processing and Management*, 32 (5): 563-71.
- Fang, P.H. and J.M. Fang(1995). "A Modification of Lotka's function for scientific productivity" *Information Processing and Management*, 31 (1): 133-137.
- Ferreiro Aláez, L. (1981). "La Producción científica del CSIC en bibliología (1963-1978)". Estudio sociométrico (1963-1978) *Revista Española de Documentación Científica* (Madrid), 4 (1): 9-21, 1981.
- García-Zorita, J. C. (2000). *La actividad científica de los economistas españoles, en función del ámbito nacional o internacional de sus publicaciones: estudio comparativo basado en un análisis bibliométrico durante el periodo 1986-1995*. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid. 405 p. (Tesis doctoral)
- Glanzel, W. and A. Schubert (1985). "Price distribution. An exact formulation of Price's 'square root law's. *Scientometrics*, 7 (3-6): 211-219.
- Griffith, B. C.(1988). "Exact fits in bibliometrics: some tools and results. pp. 85-96". *INFORMETRICS 87/88/* Leo Egghe y Ronald Russeau (ed.) Elsevier (Drexel Univ., Coll. Information Studies, Philadelphia, PA, 19104, USA)

El modelo matemático de Lotka

- Gupta, D. K. (1987). "Lotka's Law and productivity patterns of entomological research in Nigeria for the period 1900-1973" *Scientometrics*, 12 (1-2): 33-46.
- (1989). Lotka's Law and its application to author productivity distribution of psychological literature of Africa for the period, 1966-1975, part 1: de development of Lotka's Law". *Herald of Library Science* (India), 28 (1-2): 11-21.
- (1989b)—"Scientometric study of biochemical literature of Nigeria, 1970-1984: application of Lotka's Law and the 80/20-Rule". *Scientometrics*, 15 (3-4): 171-179.
- (1992). "Scientometric study of exploration geophysics: author productivity trends". *Annals of Library Science and Documentation* (India), 39 (4): 145-152.
- Gupta, B.M. and C.R. Karisiddapa (1996). "Author productivity patterns in theoretical population genetics (1900-1980)". *Scientometrics*, 36 (1): 19-41.
- Hubert, J. J. (1977). "Lotka's law in the humanities". *Journal American Society for Information Science*, 24: 461-463.
- Jiménez Contreras, E. y F. de Moya Anegón (1997). "Análisis de la autoría en revistas españolas de Biblioteconomía y Documentación 1975-1995". *Revista Española de Documentación Científica*, 20 (3): 252-266.
- Kinnucan, M. T. and D. Wolfram (1990). "Direct comparison of bibliometric models". *Information Processing and Management*, 26 (6): 777-790.
- Klaic, B. (1995). "Analysis of the Scientific Productivity of Researchers from the Republic of Croatia for the Period 1990-1992". *Scientometrics*, 32 (2): 133-152.

Koenig, M. and T. Harrell (1995). "Lotka's law, Price's urn, and electronic publishing". *Journal of the American Society for Information Science*, 46 (5): 386-388.

Krisciunas, K.(1977). "Letter to the editor Lotka's law year by year". *Journal of the American Society for Information Science*, 28 (1): 65-66.

Lemoine, W. (1992). "Productivity patterns of men and women scientists in Venezuela". *Scientometrics*, 24 (2): 281-295.

---- (1992b). "The Frequency distribution of research papers and patents according tosex. The case of CSIR, India". *Scientometrics*, 24 (3): 449-469.

López Calafi, J.; A. Salvador y M. de la Guardia (1985). "Estudio bibliométrico de la literatura científica sobre la determinación de elementos metálicos en aceites lubricantes por espectroscopía de absorción atómica". *Revista Española de Documentación Científica* (Madrid), 8 (3): 201-213.

Lotka, A. J. (1926). "The Frequency Distribution of Scientific Productivity". *Journal of the Washington Academy of Sciences* (Washington) 16 (12): 317-323, June 19, 1926

Loughner, W. (1992) - "Lotka's Law and the Kolmogorov-Smirnov Test: an error in calculation". *Journal of the American Society for Information Science*, 43 (2): 149-150.

McCreery, L. S. and M. L. Pao(1984). "Bibliometric analysis of ethnomusicology". p. 212-216, *47th ASIS annual meeting*, E.U.A.: Knowledge Industry Publications.

Moneda Corrochano, M. de la (2003). *Análisis bibliométrico de la producción bibliográfica española en Biblioteconomía y Documentación*. Granada: Universidad de Granada, Facultad de Biblioteconomía y Documentación. 409 p. (Tesis doctoral).

El modelo matemático de Lotka

- Murphy, L. J.(1973). "Lotka's Law in the Humanities?". *Journal of the American Society for Information Science*, 24 (6): 461-462.
- Nicholls, P. T. (1987). "Estiamtion of Zipf parameters". *Journal of the American Society for Information Science*. 38(6):443-445. Erratum. JASIS 39:287, 1988.
- Pao, M. L. (1982). "American Revolution: comparison of a bibliography with a quality-selected list". pp. 224-226. *Proceedings for the 45th ASIS Annual Meeting*, Columbus, Ohio, 17-21 October 1982 -- E.U.A: Knowledge Industry Publications.
- . (1985). "Lotka's Law: a testing procedure". *Information Processing and Management*, 21 (4): 305-320.
- . (1986). "An Empirical examination of Lotka's Law". *Journal of the American Society for Information Science* 37 (1): 26-33.
- (1989). "Importance of quality data for bibliometric research". pp. 321-326, :*Proceedings National Online Meeting*, may 9-11, 1989, U.S.A : Learned Information.
- Potter, William Gray.(1981). "Lotka's Law revisited". *Library Trends*, 30 (1): 21-39.
- Rousseau, R. (1990). "Relations between continuous versions of bibliometric laws". *Journal of the American Society for Information Science* , 41 (3): 197-203.
- (1992). "Breakdown of the robustness property of Lotka's Law:the case of adjusted counts for multiauthorship attribution". *Journal of the American Society for Information Science* 43 (10): 645-647.
- Subramanyam, K. (1981). "Lotka's Law and library literature". *Library Research*, 3 (2): 167-170.

Urbizagástegui Alvarado, R. (1999). "La Ley de Lotka y la literatura de bibliometría". *Investigación Bibliotecológica*, 13 (27): 125-141.

---- (2002). "A Lei de Lotka na Bibliometria brasileira". *Ciencia da Informacao*, 31 (2): 14-20.

----. (2004). *La Ley de Lotka: aplicación de la distribución Gauss-Poisson inversa generalizada a la productividad de autores*, Rosario, Argentina: Nuevo Paradigma, 120 p.

Vlachy, J. (1976). "Time factor in Lotka's Law". "Factorul timp in legea lui Lotka". *Probleme de Informare si Documentare* (Rumania), 10 (2): 44-87.

Voos, H. (1974). "Lotka and information science". *Journal of the American Society for Information Science* , 25 (4): 270-272.

---- (1975). "Letter". *Journal of the American Society for Information Science*, 26 (2): 134.

Wagner-Dobler, R. (1995). "Where has the cumulative advantage gone?. Some observations about the frequency distribution of scientific productivity, of distribution of scientific productivity, of duration of scientific participation and speed of publication". *Scientometrics*, (Hungria) 32 (2): 123-132, 1995.

2

Aplicación del Modelo Matemático de Lotka
a la producción científica latinoamericana
en ciencias bibliotecológica y de la información

2.1 METODOLOGÍA

La investigación sobre el comportamiento de la producción científica es un problema complejo. Tiene que ser, por naturaleza, una investigación interdisciplinaria, por lo que puede y debe recurrir a un conjunto de estrategias metodológicas en las que se conjugan una extensa variedad de métodos, procedimientos, indicadores y modelos matemáticos como los ya mencionados de Price, Lotka, Bradford y otros.

Los componentes metodológicos e indicadores utilizados en esta investigación parten de definir como objeto de estudio la producción científica latinoamericana en ciencias bibliotecológica y de la información, y han de ser tomados en cuenta sólo como una de las posibles formas de retomar este tipo estudio a partir del cumplimiento de los objetivos establecidos para ello, los cuales se definen en la introducción de esta obra, así como de la fuente utilizada, que en última instancia determina el sesgo y resultados obtenidos en esta investigación.

2.1.1 Fuentes utilizadas

Para dar cumplimiento a los objetivos propuestos en este libro, se parte de la base de datos INFOBILA (Información y bibliotecológica latinoamericana) que compila una porción importante de la producción científica de esta disciplina y región. Además de esta fuente, se ha utilizado también la base de datos ICBALC (Investigación en Ciencias Bibliotecológica y de la Información relativa a América Latina) para el análisis de la investigación en esta región, y también como antecedente inmediato de la producción científica aquí generada.

El modelo matemático de Lotka

Para mayor información sobre las dos fuentes consultadas en este estudio, se puede consultar el sistema INFOBILA en:

http://cuib.unam.mx/

http://132.248.242.4:4500/ALEPH/SPA/IBL/IBL/IBL/START

o en los documentos de referencia (Añorve-Guillén y Córdoba-González, 2003); (Gorbea-Portal, 2004 y 2005).

En las bases de datos anteriores, se identifican las unidades de análisis y observación, de las cuales se seleccionan las variables objeto de estudio para obtener los resultados que expliquen el comportamiento de las regularidades de la producción científica en esta disciplina y área geográfica, mediante la ayuda de los indicadores de autoría y del modelo matemático de Lotka.

2.1.2 Unidades de análisis y observación. Variables e indicadores. Composición de los datos

Las unidades de análisis y observación aquí incluidas se dividen de acuerdo con cada una de las partes que comprende esta investigación. En este sentido, a continuación se presentan cada una y los datos cuantitativos que las conforman:

- Investigaciones sobre el tema en la región
 - Proyectos de investigación: 245 proyectos registrados en la ICBALC.
- Producción científica
 - Asiento bibliográfico de los registros de INFOBILA: 15,170 asientos.
 - Autores: 17,575 autores que firmaron 13,506 documentos y 996 autores corporativos.

Variables

De la información compilada en cada base de datos representada por cada una de las unidades de análisis y observación, se seleccionaron las variables objeto de estudio, las cuales, para este tipo de

investigación, constituyen las características, atributos, propiedades o cualidades que pueden presentarse o estar ausentes en los objetos (documentos), individuos o grupos (usuarios, autores). Pueden presentarse en matices o modalidades diferentes, o en grados, magnitudes o medidas distintas a lo largo de un *continuum*, de acuerdo con el lugar que ocupan en la formación de una hipótesis o el papel que desempeñan en la investigación. Estas variables pueden ser independientes, dependiente o intervinientes, y todas pueden ser cualitativas o cuantitativas. (Hernández-Sampieri, Fernández-Collado y Baptista-Lucio, 1998).

De acuerdo con esta definición, se relacionan enseguida las variables utilizadas en este texto, según el resultado al que se orientan.

- Investigaciones sobre el tema en la región
 - Cantidad de proyectos de investigación.
 - Cantidad de áreas de investigación.
 - Países con proyectos de investigación.
- Producción científica
 - Fecha de publicación.
 - País de publicación.
 - Idioma de publicación.
 - Temática.
 - Tipología documental.
 - Tipo de autor.
 - Cantidad de autores.
 - Número de contribuciones.

Indicadores

Los indicadores bibliométricos, métodos y modelos matemáticos que se presentan a continuación se han agrupado según sea la parte de la investigación o regularidad que miden. En este sentido, en la Tabla 8 se muestra la relación de los indicadores utilizados, de acuerdo con el resultado al que se orientó y la fuente que aportó los datos o variables para su cálculo.

Tabla 8 Relación de indicadores calculados según la fuente utilizada

Indicador	Fuente
Investigación científica	
- Proyectos de investigación por países	ICBALC
- Proyectos de investigación, según áreas temáticas	"
Producción científica	
Características generales por variables seleccionadas	
Proporción de documentos según:	INFOBILA
- Fecha de publicación	"
- País de edición	"
- Idioma de publicación	"
- Principales temáticas	"
- Tipología documental	"
- Distribución de documentos /país de edición y tipología documental.	"
Autoría y productividad de autores	
Proporción de documentos según:	
- Tipología de autores	"
- Principales autores corporativos	"
- Número de autores firmantes	"
- Tasa de documentos coautorados	"
- Índice de coautoría	"
- Índice de colaboración entre autores	"
- Grado de colaboración entre autores	"
- Coeficiente de colaboración entre autores	"
- Productividad de autores (modelo matemático de Lotka)	"

Enseguida se detallan, en la medida de lo posible y conforme a la literatura disponible, la formulación de los métodos y modelos matemáticos calculados para explicar el comportamiento de las regularidades identificadas en esta investigación, a excepción del modelo matemático de Lotka al que, por tratarse de un objetivo principal en este estudio, se dedica el primer capítulo con especial énfasis en su

desarrollo matemático y en el tratamiento que este modelo ha tenido en la literatura especializada, debido a que, aun cuando sea uno de los modelos bibliométricos clásicos en este campo, de mayor difusión y tratamiento en la literatura especializada, todavía no existe en lengua española un texto que explique taxonómicamente cada uno de los pasos que debió seguir el propio Lotka, y que no detalla en el trabajo que presenta la propuesta de este otro modelo epónimo de la bibliometría. Todo en aras de aportar los aspectos metodológicos necesarios para la reproducción o aplicación de estos indicadores y modelos en futuras investigaciones.

Indicadores sobre el comportamiento de la autoría y la productividad científica de autores

Para el análisis de la productividad científica de autores, se contemplaron dos aspectos: uno, que parte de las preferencias de los autores por producir documentos en coautoría o individualmente; el otro, que se orienta al análisis de la proporción cuantitativa en que una *elite* de autores producen sus documentos científicos.

El primer aspecto lo asocian muchos autores a las relaciones de colaboración entre investigadores y grupos o instituciones a los que pertenecen (Subramanyam, 1983:35), pero otros destacan que en algunos medios se señala el temor de que el incremento observado en el índice de coautoría sea una parte superficial y no responda a una colaboración mayor o real entre autores (Bellavista *et. al.*, 1997:82). A lo anterior cabe añadir que el estudio de la colaboración científica necesita otras mediciones más complejas, puesto que requiere, además de identificar las relaciones de autoría, disponer de otros datos complementarios, como la razón social, el lugar o país de procedencia de los autores, entre otros, sin mencionar los problemas de normalización asociados a los nombres de autores, lugares e instituciones presentes en las fuentes comúnmente utilizadas en este tipo de estudio.

El segundo aspecto logra su verificación clásica y cuantitativa en los modelos matemáticos de Lotka (“Ley del inverso del cuadrado”) y Price (“Ley de la raíz cuadrada”), los cuales determinan la presencia de cierta regularidad estadística en el comportamiento cuantitativo

El modelo matemático de Lotka

de la productividad de autores científicos dentro de una disciplina específica. Estas expresiones cuantitativas sobre la proporción en la que publican los autores de una disciplina han generado mucha de la literatura activa en bibliometría, fundamentalmente de autores del campo de las matemáticas, la física, la Química en el mundo anglosajón. De ahí que no toda la literatura disponible sobre el tema sea de fácil comprensión entre bibliotecólogos y documentalistas de habla hispana.

Lo anterior, unido al hecho de que INFOBILA (principalmente utilizada para el estudio de la producción científica en esta investigación) no contenga datos sobre la procedencia de los autores, condiciona en parte que las relaciones de autoría aquí tratadas no intentan revelar las relaciones de colaboración presentes en esta disciplina y región, sino que, con el uso de algunos indicadores, que en principio se originan con el fin de estudiar la colaboración científica, se caracteriza y corrobora de distintas formas la estructura que subyace, muy evidente por cierto, en las relaciones de autoría que aparecen en la muestra estudiada. Además de presentar una taxonomía lo más claramente posible sobre la metodología y aplicación del modelo matemático de Lotka, más allá de una simple verificación sobre el cumplimiento mismo del modelo en su aplicación a los datos disponibles para este estudio, tal y como se presentó en el primer capítulo.

Indicadores sobre las características de la autoría y colaboración entre autores

Para el análisis del comportamiento de la autoría en la base de datos INFOBILA se utilizaron cinco indicadores que revelan las preferencias de asociación de los autores científicos a la hora de publicar sus resultados, preferencias que se manifiestan variadamente en el tiempo y en la ciencia o disciplina en la que se mida tal relación. En este sentido, se reconoce un aumento en el número medio de autores por documentos en todas las áreas del conocimiento, así como una marcada diferencia entre las denominadas ciencias exactas, naturales y sociales (Bellavista, *et. al.*, 1997:81).

Los indicadores para medir estas relaciones de autoría fueron los siguientes:

- *Tasa de documentos coautorados*. Es la proporción de documentos firmados por más de un autor (Bellavista *et. al.*, 1997:81, citado por García-Zorita, 2000:35). Los resultados obtenidos con este indicador se muestran en la Tabla 6 del anexo.
- *Índice de coautoría*: Este otro sencillo indicador, más utilizado que el anterior, es útil para determinar el número medio de firmas por trabajo. Se ha definido también en el trabajo antes citado de Bellavista *et. al.*(1997), recientemente se utilizó en otras disciplinas sociales, como la economía y la psicología en el ámbito español. En estos estudios, se encontraron valores medios de coautoría de 1.6 autores por documentos (fuentes internacionales) y 1.2 (fuentes nacionales), en el caso de la primera, mientras que en psicología los valores hallados fueron de 2.7 (fuentes internacionales) y 2.1 (fuentes nacionales) (García-Zorita, 2000:235); (Lascurain-Sánchez, 2001:212).

En un trabajo de Vinkler publicado en 1993 y citado por Spinak en su diccionario sobre esta especialidad, se compilan tres indicadores orientados a medir la colaboración entre autores o grupos de autores científicos, a partir de las relaciones de coautoría entre éstos (Vinkler, 1993:224, citado por Spinak, 1996:124). Para este trabajo se calcularon estos tres indicadores, sin pretensiones de analizar relaciones de colaboración, por las razones antes expuestas. Sin embargo, la aplicación de estos indicadores a la muestra de autores obtenida de INFOBILA, cuyos datos también se observan en la Tabla 6 del anexo, corrobora las relaciones de autoría identificadas con los anteriores indicadores en esta disciplina y región, lo cual permite su comparación con otras disciplinas, en las que se han aplicado estos tres indicadores y con los resultados de otros trabajos de esta misma especialidad.

Los indicadores de colaboración para medir el comportamiento de la coautoría son estos:

- *Índice de colaboración (IC)*. Propuesto por Lawani en 1980 como el número medio de autores por documentos, obtenido a partir de la proporción resultante entre el producto de la frecuencia de aparición de coautores por el número de documentos con autoría

múltiple entre el número total de documentos. Su formulación matemática se representa así:

$$IC = \sum_{i=1}^N \frac{j_i n_j}{N}$$

donde :

IC = Índice de colaboración.

j_i = Frecuencia de i coautores en colaboración.

n_j = Número de documentos j publicados en colaboración por i coautores.

N = Número total de documentos (Lawani, 1980, citado por Vinkler, 1993:224).

- *Grado de colaboración (GC)*. Este indicador, cuyo resultado se expresa entre 0 y 1, calcula la proporción de documentos con autoría múltiple; Subramayan lo propuso en 1983. El resultado obtenido con este indicador es idéntico al de la tasa promedio de documentos coautorados, lo que revela que ambos indicadores, aunque calculados por vías diferentes, ofrecen los mismos resultados. En ambos casos se interpreta que valores cercanos a 0 muestran un fuerte componente de autoría simple, mientras que los cercanos a 1, o al 100 por ciento denotan una fuerte proporción de autoría múltiple. Su formulación matemática se expresa del siguiente modo:

$$GC = \frac{N_m}{N_m + N_s}$$

donde: $0 \leq GC \leq 1$

CG = Grado de colaboración en una disciplina.

N_m = Número de documentos con autoría múltiple publicados en una disciplina específica, durante un periodo determinado.

N_s = Número de documentos con autoría individual publicados en la disciplina, durante el mismo periodo. (Subramayan y Stephens, 1982; citado por Subramayan, 1983:37).

- *Coficiente de Colaboración (CC)*. Este indicador, propuesto por Ajiferuke, Burrell y Tague en 1988, surge como una medida alternativa a partir de la crítica que ellos hacen a los dos indicadores anteriores, por lo que incorporan algunos elementos de ambos. Su valor resultante se mueve también entre 0 y 1, y su formulación matemática se expresa así:

$$CC = 1 - \sum_{i=1}^N \frac{\left(\frac{1}{j_i}\right)^{n_{ji}}}{N}$$

donde:

CC = Coeficiente de colaboración.

j_i = Frecuencia de i coautores en colaboración.

n_{ji} = Número de documentos j publicados en colaboración por i coautores.

N = Número total de documentos.

Este CC propuesto por estos autores se basa en la idea de la *productividad fraccionaria* definida por Price y Beaver desde 1966 (Ajiferuke, Burrell y Tague, 1988:424).

Una vez obtenido el cálculo para cada indicador con los datos disponibles, se presenta en el apartado de resultados una comparación de los valores hallados para esta disciplina y se comparan con otros resultados obtenidos en otras ciencias, con la finalidad de discutir su comportamiento.

El otro aspecto a considerar en el análisis de la producción científica es la aplicación del modelo matemático de Lotka, con el fin de comprobar la expresión particular sobre el postulado teórico de este modelo, respecto del inverso del cuadrado, así como de calcular el valor del parámetro n específico para la muestra presentada y corroborar el cumplimiento del modelo bajo otras condiciones, es decir, bajo la expresión general del modelo. Para ello se utiliza la metodología de Lotka y las orientaciones indicadas por Miranda Lee Pao para la aplicación de dicho modelo, en las que se incluye, como ya se dijo en el primer capítulo, la forma de calcular los parámetros del modelo n y C . (Pao, 1985).

REFERENCIAS

- Ajiferuke, I.; Burell and J. Tague (1988). "Collaborative coefficient: A single measure of the Degree Collaboration in research". *Scientometrics* 14(5-6):421-433.
- Añorve-Guillén, M. A. y S. Córdoba-González (2003). *Proyecto para la constitución de ICBAL en Red de Cooperación Iberoamericana y Caribeña (ICBIDIAC) (Investigaciones en curso en bibliotecología, información y documentación en Iberoamérica y el Caribe)*. Alberto Castro Thompson (colaboración técnica), s/f . 8 h. URL: <http://www.ucm.es/info/multidoc/publicaciones/journal/pdf/proyecto-esp.pdf> (consultado en agosto de 2003)
- Bellavista, J. et. al. (1997). *Evaluación de la investigación*. Madrid: Centro de Investigaciones Sociológicas, 117 p. (Cuadernos metodológicos) .
- Hernández-Sampieri, R., C. Fernández-Collado y P. Baptista-Lucio (1998). *Metodología de la investigación*. 2ª. ed.. México: McGraw-Hill, 501 p.
- García-Zorita, J. C. (2000). "*La actividad científica de los economistas españoles, en función del ámbito nacional o internacional de sus publicaciones: estudio comparativo basado en un análisis bibliométrico durante el período 1986-1995*". Madrid: Universidad Carlos III de Madrid, 405 p. (Tesis doctoral)
- Gorbea-Portal, S. (2004). "Producción y comunicación científica latinoamericana en ciencias bibliotecológica y de la información". Getafe, Madrid: El autor.-- xix, 508 p. Tesis (Doctorado en Documentación). Universidad Carlos III de Madrid, Asesor: Elías Sanz Casado

----. (2005). Proyectos Derivados y Complementarios de INFOBILA: Índice de citas Latinoamericanas y potencialidades en investigación y docencia iberoamericanas en ciencias bibliotecológica y de la información". pp. 378-395, *Seminario INFOBILA como apoyo a la investigación y educación en bibliotecología en América Latina y el Caribe*--México: UNAM, Centro Universitario de Investigaciones Bibliotecológicas.—xvii + 456 p.

Lascurain Sánchez, M. L. (2001). *Análisis de la actividad científica y del consumo de información de los psicólogos españoles del ámbito de universitario durante el período 1986-1995.*—Madrid: Universidad Carlos III de Madrid. 404 p. (Tesis doctoral).

Pao, M. L. (1985). "Lotka's Law: a testing procedure". *Information Processing and Management* 21 (4): 305-320.

Sistema INFOBILA, Información y Bibliotecología Latinoamericana.(WebSite). México: Centro Universitario de Investigaciones Bibliotecológicas, UNAM.-- URL:
<http://cuib.unam.mx/>
<http://132.248.242.4:4500/ALEPH/SPA/IBL/IBL/IBL/START>

Spinak, E. (1996). *Diccionario Enciclopédico de Bibliometría, Cienciometría e Informetría.* Caracas: UNESCO. 245 p.

Subramanyam, K. (1983). "Bibliometric studies of research collaboration: A review". *Journal of Information Science* (6): 33-38.

Vinkler, P. (1993). "Research contribution, authorship and team cooperativeness". *Scientometrics* 26 (1): 213-230.

2.2 RESULTADOS

Los resultados de la investigación que se presentan enseguida se sustentan en los aspectos ya mencionados en la metodología; para su interpretación y análisis han de tomarse en cuenta el sesgo y las características de las fuentes de información utilizadas en la obtención de aquéllos. De ahí que estos resultados, además de aportar conocimiento general sobre las principales regularidades de la producción científica en este tema y región, pueden ser interpretados también como una forma de corroborar, en la medida de lo posible, la metodología empleada en el análisis de la producción científica, propuesta como un enfoque alternativo para este tipo de estudio.

Lo anterior contribuye a que en este capítulo los resultados se hayan estructurado en dos partes principales: una primera referida a las características generales de la producción científica compilada en INFOBILA; la otra, a la autoría y aplicación del modelo de productividad de Lotka a la muestra objeto de estudio.

Al contenido anterior se ha añadido, además como introducción en el apartado siguiente, algunas características sobre la investigación científica actual que sobre el tema se desarrolla en Latinoamérica. Un adelanto de estos resultados y reflexiones se dieron a conocer mediante una ponencia presentada en la Conferencia de IFLA, celebrada en Jerusalén en 2000. En ese entonces, así como aquí y ahora, se cumple el propósito de revelar las condiciones naturales del ámbito en el que se ha generado la muestra de la producción científica de la que parte este estudio (Gorbea-Portal, 2000).

2.2.1 Investigación científica latinoamericana en ciencias bibliotecológica y de la información

La investigación científica en esta disciplina y región aún no alcanza la mayoría de edad, sin embargo, algunas manifestaciones demuestran en las últimas décadas un aumento de las potencialidades de investigación que ha alcanzado este tema en Latinoamérica, sobre todo si se contempla el desarrollo de algunos indicadores indirectos, como

el número de bibliotecas, sistemas y servicios de información especializados; la cantidad de egresados en pregrado y posgrado, el número de escuelas, facultades y asociaciones profesionales que cubren casi toda esta geografía regional. Un análisis del comportamiento cuantitativo en forma cronológica y exhaustiva de estas variables aportaría un panorama de referencia muy amplio que se consideraría en sí mismo una investigación independiente de la que aquí se analiza. Pero no son objetivos de este trabajo profundizar al respecto, además, en este sentido, pueden consultarse otros documentos representativos que corroboran lo anterior y que en los últimos años han estudiado el comportamiento de estos indicadores, por ejemplo el de Morales-Campos (Morales-Campos, 1997:107-123), cuya versión electrónica se encuentra en el sitio: <http://unesdoc.unesco.org/images/0010/001062/106215e.pdf> y el de Fernández-Esquivel (1999).

Como referente o agentes más cercanos al estudio de la producción científica, forman parte de las anteriores potencialidades la cantidad de recursos humanos vinculados a las actividades de investigación y docencia. Su creciente presencia y vínculos en Iberoamérica propiciaron la creación de la Asociación de Educación e Investigación en Biblioteología, Archivología, Ciencia de la Información y la Documentación en Iberoamérica y el Caribe (EDIBCIC), agrupación que sistemáticamente reúne a profesores e investigadores del área pertenecientes a un gran número de facultades y escuelas de la región, cuyos documentos principales pueden consultarse en el sitio electrónico oficial: (EDIBCIC, 2003) <http://www.abecin.org.br/EDIBCIC.htm>.

Todo este potencial y su crecimiento lo han reconocido organizaciones internacionales como la International Federation for Information and Documentation (FID), al celebrar dos de sus congresos en la región (México, 1977 y La Habana, 1990), también por la International Federation of Library Associations and Institution (IFLA) que convocó su conferencia en La Habana, Cuba, en 1994, así como la celebrada en 2004 en Buenos Aires, Argentina. Estos eventos, entre otros de distintas organizaciones, han contado con una nutrida participación de los países anfitriones y del resto de la región, no sólo como participantes en la realización del evento, sino también como ponentes de resultados y reflexiones obtenidas en los procesos de investigación y docencia.

El modelo matemático de Lotka

Una forma directa de medir la actividad científica en este campo en la región la constituye el análisis de los resultados obtenidos en la base de datos denominada Investigación en Ciencias Bibliotecológica y de la Información relativa a América Latina y el Caribe (ICBALC), fuente de investigación generada en el CUIB,UNAM (Añorve Guillén, 2002: 179-194).

En el momento de su consulta, esta base de datos contaba con la presencia de 245 proyectos de investigación, distribuidos en nueve países y cinco áreas de investigación.

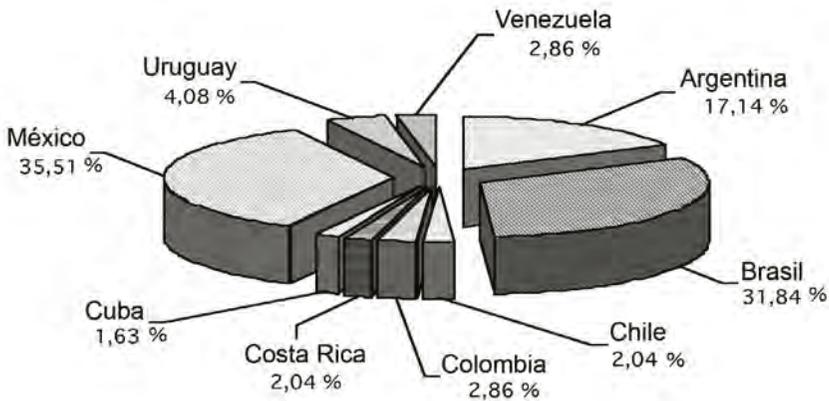


Figura 4. Distribución de proyectos de investigación por países

En la gráfica de la Figura 4 se observa que los países con más proyectos de investigación, quizá por obvias razones son México y Brasil, que representan 35.51 y 31.84 % respectivamente, del total de proyectos. Lo que determina este comportamiento, en el caso de México, es la presencia del CUIB,UNAM, institución con más de veinte años de experiencia en el desarrollo de actividades de investigación y docencia, en la que se concentra 63% de la investigación sobre el tema realizada en este país. En Brasil también destaca un núcleo de instituciones conformado por la Pontificia Universidade Católica de Campinas (PUCCAMP), la Universidade de São Paulo-Escola de Comunicações e Artes (USP-ECA) y la Universidade Federal de Rio de Janeiro-Escola de

Comunicações-Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (UFRJ-ECO-IBIT), con 23, 16 y un 14% respectivamente. Entre estos tres núcleos se distribuye el 53.8 % de toda la investigación que se desarrolla en aquel país.

En una distribución de los 245 proyectos de la ICBALC, según las cinco áreas de investigación en las que se concentra esta fuente, se observa que, curiosamente, la mayor cantidad de proyectos no versan sobre la tecnología de la información, como podría creerse, sobre todo si se considera la expansión y desarrollo de las tecnologías computacionales y de comunicaciones que ha tenido lugar en las últimas décadas en este campo. El 34.29 y 32.65 % de las investigaciones tienen como temas la información y sociedad, y sobre sistemas de información, respectivamente, y sólo el 8.16% se refiere a las tecnologías de la información; mientras sigue presente y de forma intermedia el interés por la investigación en proyectos relacionados con el análisis y sistematización de la información documental, con un 20.82%, tal como se observa en la Tabla 1 de los anexos y en la siguiente gráfica de la Figura 5.

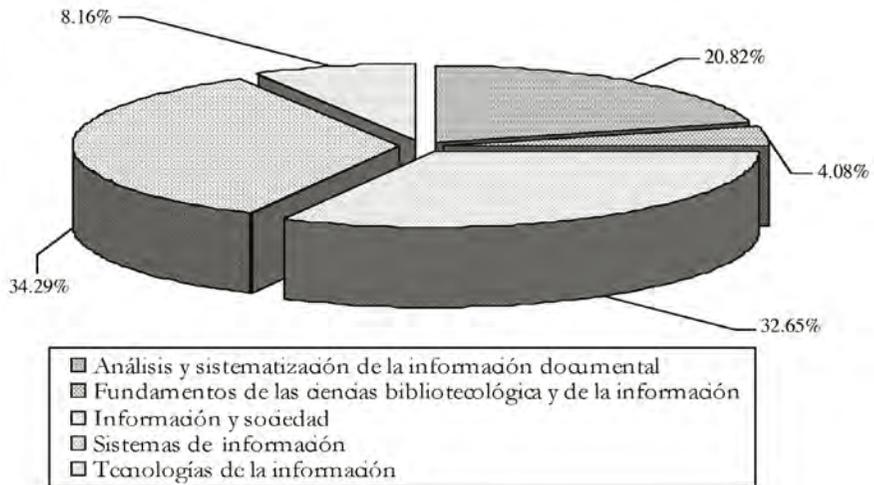


Figura 5: Distribución de proyectos de investigación por áreas

Otra forma de conocer el comportamiento de la investigación en el área de influencia, resulta de la comparación entre los resultados obtenidos en la ICBALC y la información registrada por el Current Research Library and Information Science (CRLIS), base de datos que compila los proyectos de investigación en curso de la especialidad en el ámbito mundial. La consulta de esta fuente revela que las cifras obtenidas en esta otra referencia son distintas y desfavorables debido por supuesto, a que no reflejan adecuadamente el desarrollo de proyectos de investigación en esta zona.

Esta conocida base de datos sólo reporta 113 proyectos, es decir, 46.12 % del total (245) de los identificados en la ICBALC, cifra que alcanza gracias a que el CUIB, UNAM participa con la mayor cantidad de proyectos (87) y que aparecen mencionados todos éstos en el CRLIS. Estos resultados corroboran la necesidad de seguir contando con fuentes propias (locales o regionales) si se quieren conocer con precisión las aportaciones de la región en materia de investigación a este campo del conocimiento. Otro aspecto que se puede añadir al respecto es que al cierre de esta investigación la base de datos ICBALC ya registra un total de 373 proyectos de investigación (Añorve-Guillén y Córdoba-González, 2003).

Algo similar ocurre con la información científica sobre el tema publicada en la región. Gracias a INFOBILA fuente mencionada en apartados anteriores, se realiza un estudio bibliométrico con resultados de mayor nivel de representatividad que el que ofrecen las bases de datos internacionales sobre esta especialidad, en las que, como es sabido, se compila información con un marcado sesgo por la literatura que se produce en países de economías desarrolladas, particularmente la generada en el ámbito anglosajón. Esto corrobora el interés por realizar investigaciones que se sustenten en las bases de datos locales existentes sobre esta especialidad, así como de la creación de otras que se requieran para realizar otro tipo de estudios, por ejemplo los (índices de citas) relacionados con el estudio de la comunicación científica.

2.2.2 Producción científica latinoamericana en ciencias bibliotecológica y de la información

Algunos trabajos, como los de Moya-Anegón y Herrero-Solana, o el de Licea *et al.* han analizado el comportamiento bibliométrico de la investigación y la visibilidad de la producción científica de este tema en el ámbito iberoamericano. En ambos casos se advierte que los resultados obtenidos representan la porción de la literatura publicada en la región procesada en bases de datos, como el Social Science Citation Index (SSCI) y otras, como, la Library Information Science Abstracts,(LISA), Information Science Abstracts (ISA) y Library Literature (LL) respectivamente (Moya-Anegón y Herrero-Solana, 2000, Licea *et al.*, 2000).

Si se conocen de antemano los algoritmos de selección y la preponderancia geográfica e idiomática de estas bases de datos, resulta lógico, hasta cierto punto, que los resultados obtenidos no aporten información que permita identificar un comportamiento que refleje mejor la realidad del desarrollo alcanzado en la región en este campo del conocimiento.

Según Moya-Anegón y Herrero-Solana, los aportes iberoamericanos en este campo registrados en el Social Science Citation Index (SSCI) en los últimos nueve años, son 321 referencias, de las cuales sólo 146 pertenecen a Latinoamérica. Por otra parte, entre las revistas más productivas se encuentra *Interciencias*, publicación venezolana de carácter multidisciplinario; algo similar ocurre con el núcleo de las más citadas, entre las que figuran, además de *Interciencias*, la *Revista de Biblioteconomía de Brasilia*. Mientras que en el artículo de Licea *et al.* (2000) se identificaron 1911 artículos de revistas ingresados en las bases de datos LISA, ISA y LL, debido a que las principales revistas más productivas de esta especialidad y región están parcialmente indizadas en estas fuentes.

Los resultados anteriores son valiosos porque demuestran, por una parte, la necesidad de continuar con la creación de fuentes propias de información que permitan recoger, exhaustivamente, la investigación y producción científica que se genera en esta región, mientras que, por la otra, nos advierten sobre la poca presencia o visibilidad

que alcanza en esas fuentes, lo que se ha producido sobre el tema en esta región. Para cambiar esta situación no basta con aumentar los recursos humanos, materiales, ni la infraestructura dedicada a la docencia e investigación en el área, también requiere de la diversificación de las publicaciones de los resultados de investigación en otras lenguas y revistas que se consideren por parte de las fuentes y servicios de indización especializadas y, además, perfeccionar las políticas editoriales de las revistas que publican cuestiones sobre el tema en esta región, con el fin de superar los criterios de selección reinantes en tales fuentes.

Mientras tanto, paralelo a lo anterior, se requiere contribuir con la creación de fuentes de información más detalladas que compilen con precisión el volumen del producto informativo generado en la región, así como indagar en las fuentes ya existentes que realizan esfuerzos por recopilar las aportaciones latinoamericanas a la producción científica en ciencias bibliotecológica y de la información, para conocer a priori las regularidades y la visibilidad de este producto informativo entre los países de la región, aspecto aún inexplorado en toda su dimensión.

A continuación se presentan los resultados obtenidos por medio de la identificación del comportamiento de algunos indicadores de producción científica en la INFOBILA, como un acercamiento un poco más exhaustivo que el registrado en las bases de datos internacionales de esta especialidad.

2.2.2.1 Características generales de la producción científica procesada en INFOBILA, según las variables seleccionadas

Fecha de publicación de los documentos

Una de las políticas de compilación de INFOBILA establece el carácter retrospectivo de la información que ingresa al sistema, motivo por el cual se hallan documentos cuya fecha de publicación se remonta hasta 1890. Sin embargo, debido a que en 1985 iniciaron las tareas de compilación y procesamiento de esta información, las prioridades de

capturas se asocian preferentemente con la información contemporánea a la fecha en que se inició la base.

En la gráfica de la Figura 6 se observa que las décadas mejor representadas en la base son las de los años noventa y ochenta con 47,32 % y un 39,86% respectivamente, seguida por los años setenta con un 14%. Cabe destacar que, aunque no existe un balance en la distribución de registros por décadas, sí aparecen representadas todas las transcurridas desde 1890 hasta 2002, excepto la correspondiente a 1900-1909, en la que aparecen registros a partir de 1910. Los detalles de esta distribución se observan también en la Tabla 2 del anexo.

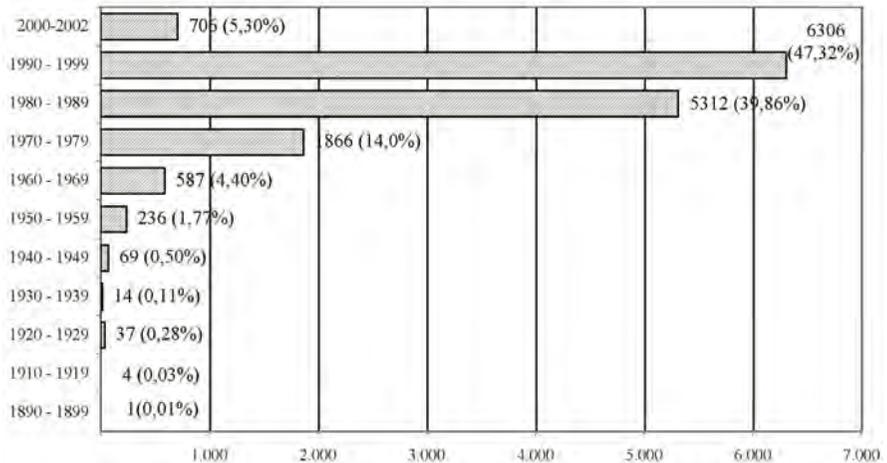


Figura 6: Distribución de registros en INFOBILA, según fecha de publicación de los documentos

Lugar e idioma de publicación de los documentos

Del apartado anterior resulta oportuno recordar que la base de datos INFOBILA, cuya cobertura geográfica abarca Latinoamérica, y que en la actualidad funciona como una red de información cooperativa, al inicio, la recopilación de estos datos se realizó sólo desde México, por lo cual se observa una marcada especificidad en la información

El modelo matemático de Lotka

relativa a este país, por encima de Brasil, donde, como es sabido, se publica el mayor número de revistas sobre el tema en toda la región.

En la gráfica de la Figura 7 se representa el comportamiento de la información registrada en INFOBILA, según el país de edición de los documentos, en la que se identifica a México, Colombia y Brasil, con un 39.86, 13.61 y 11.48% respectivamente, como los principales productores de información en la región, según esta fuente.

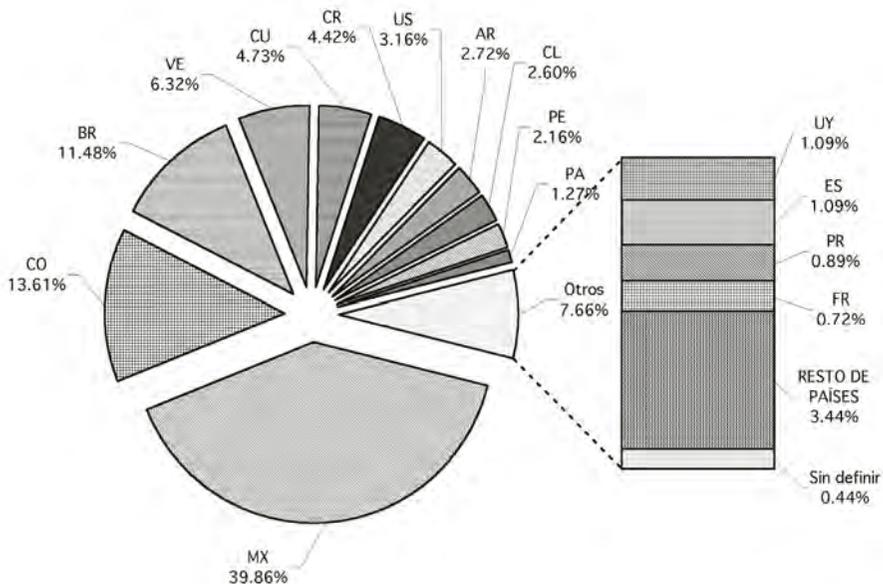


Figura 7: Distribución de documentos en INFOBILA, según el país de edición

Además de lo anterior, habría que añadir que precisamente estos tres países cuentan con instituciones docentes y de investigación con mayor nivel de desarrollo y tradición en esta especialidad, como el CUIB, de la UNAM (México), la Escuela Interamericana de Bibliotecología (Colombia) y las mencionadas universidades e instituciones públicas de Brasil en las que se imparten programas de doctorado y maestría en esta especialidad. En estas instituciones se desarrollan investigaciones y publican las principales revistas de la especialidad en

la región. Aunque habría que reconocer que si este último país participara en la base de datos como en el caso de México, los resultados obtenidos, por razones obvias, beneficiarían considerablemente a Brasil.

Con una marcada diferencia en cuanto al volumen de información, secundan a aquellos tres países otro grupo en el que se hallan Venezuela, Cuba y Costa Rica (con un 6.32, 4.73 y 4.42 % respectivamente), países donde también destaca la tradición de la enseñanza universitaria en esta especialidad, como Cuba y Venezuela, así como la presencia de revistas científicas “productivas”, tal es el caso de las publicadas en Cuba y Costa Rica. Además, sobresale en este último país la característica de ser sede de la Asociación Internacional de Bibliotecarios y Documentalistas Agrícolas (AIBDA), organización que genera un importante volumen de información, y con su propia revista científica.

Otro aspecto relevante en la gráfica es la presencia de 3.16% de la información editada en Estados Unidos, por encima del resto de países de la región, lo cual revela la presencia de trabajos latinoamericanos publicados en ese país, fundamentalmente los relativos a artículos científicos y ponencias presentadas en las reuniones de la IFLA y la American Library Association (ALA).

Por razones similares aparecen también, en menor medida, documentos publicados en España y Francia, aunque, a diferencia de los Estados Unidos, resulta más notorio el interés de los especialistas de estos países por publicar documentos sobre el tema y región latinoamericanos.

Este comportamiento condiciona, en cierta medida, a que el español represente 84.39% del total de registros procesados, seguido por el portugués (con 11.02). Esto debido al hecho de que son éstas las lenguas oficiales de los principales países que participan en este sistema de información. Sin embargo, a este comportamiento habría que añadir que parte de la información publicada en portugués ha sido incorporada al sistema, fundamentalmente por México, a partir del procesamiento de las principales revistas brasileñas consignadas en la biblioteca del CUIB, UNAM. En otro sentido, como se aprecia en la gráfica de la Figura 8, la presencia de documentos publicados en otras lenguas (inglés o el francés), es exigua, lo cual contribuiría al bajo nivel de difusión que alcanza la producción científica generada en este tema y región, aspecto identificado más detalladamente en otros documentos publicados sobre este tema.

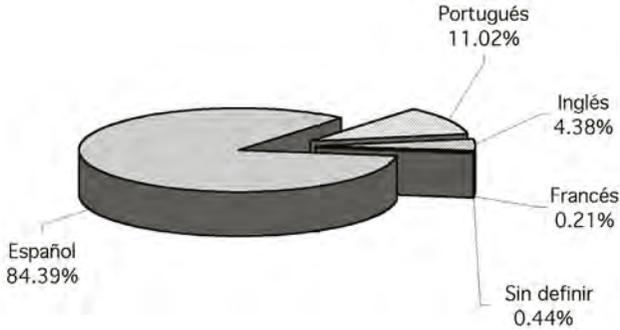


Figura 8: Distribución de documentos en INFOBILA, según idioma de publicación

Cobertura temática de los documentos

Para el análisis del comportamiento temático de los documentos de INFOBILA se utilizaron los descriptores normalizados que este sistema emplea a partir del *Tesaurus latinoamericano en ciencias bibliotecológica y de la información* (Naumis-Peña, et al. 1999). Estos resultados, deben observarse bajo la reserva y consideración del sesgo típico que surge al explicar la estructura temática de un flujo de información documental, a través de los descriptores asignados que se obtienen de un lenguaje documental controlado, en el que no sólo están presentes las limitaciones propias que tenga esta herramienta, sino también los aspectos subjetivos que introduce el especialista en su proceso de indización.

La diversidad temática de los documentos en INFOBILA es muy amplia, los documentos registrados en este sistema cubren un universo temático de más de tres mil descriptores diferentes, que engloba todo el sistema de conocimientos y que abarcan las cuatro disciplinas núcleo que integran este sistema; es decir, archivología, bibliografología, bibliotecología y ciencia de la información. Un estudio profundo de esta variable requeriría de una clasificación detallada de descriptores por cada una de las disciplinas que integran este sistema de conocimientos, para lo cual sería necesario contar, a priori con una estructura detallada de los contenidos de cada especialidad en la que se clasifiquen cada uno de los descriptores asignados. Por el momento,

esta limitación sólo permite un análisis muy general de las categorías temáticas que cuantitativamente resultaron ser las más significativas, para, en alguna medida, revelar al menos las que han producido la información más relevante sobre esta especialidad en la región.

La presencia de una gama tan numerosa de descriptores diferentes aportan frecuencias muy bajas por cada uno de éstos, y su agrupación en grandes categorías temáticas, lejos de resolver el problema, aumentaría el factor subjetivo en el análisis de esta variable. La alternativa a esta problemática fue establecer un umbral sobre la frecuencia relativa que incluyera sólo los descriptores representados con un valor por encima del 1%, lo que permitió la identificación de 26 descriptores temáticos diferentes que representan el 41.15% del total de documentos.

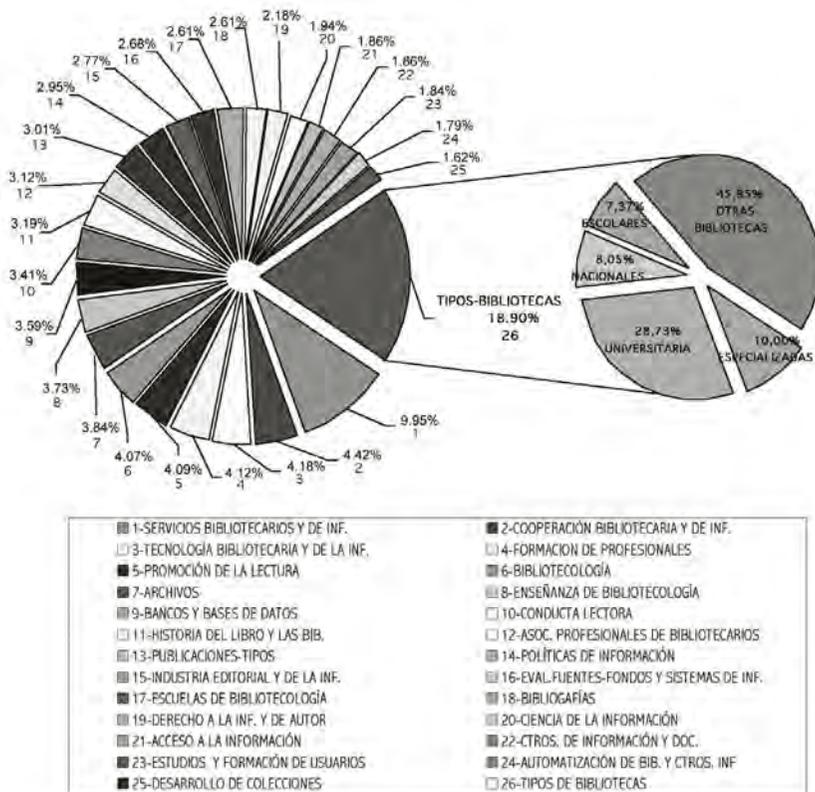


Figura 9: Distribución de documentos en INFOBILA, según principales temáticas

En la gráfica de la Figura 9 se aprecia cómo la categoría temática más representada es la relativa a los problemas vinculados con las bibliotecas en todas sus variantes o tipologías, con un 18.90%. Un desglose de esta categoría en sus principales variantes indica que las más estudiadas son las universitarias (con 28.73%) seguidas por las especializadas, las nacionales y las escolares (con 10, 8.5 y 7.37% respectivamente); el resto de las tipologías identificadas con la categoría de “Otras bibliotecas” en la gráfica, agrupa una variedad muy extensa de tipos de bibliotecas que van desde las especiales hasta las públicas abarcando 45.85% del total de documentos sobre bibliotecas en forma genérica.

Este marcado interés de los autores de la especialidad en la región por los problemas vinculados al estudio de las bibliotecas, tipos y entorno, estaría relacionado con el hecho de que mucha de esta producción científica la generan, en su mayoría, profesionales vinculados directamente a las bibliotecas, para quienes la publicación de un resultado de investigación es consecuencia del continuo esfuerzo por estudiar la forma de optimizar la gestión de las instituciones en la que laboran, y no como resultado de un plan temático estructurado de investigaciones, en el que los frutos de investigaciones se obtienen conforme a una clasificación condicionada por las áreas en las que se agrupan los proyectos de investigación que originan los resultados, tal y como se observó en la clasificación temática de proyectos presentada líneas atrás.

El anterior criterio se fortalece al identificar que la segunda categoría más representada es la referida a servicios bibliotecarios y de información con 9.95% casi la mitad de la primera, y un poco más distante (por debajo de un 5%), aparecen categorías vinculadas directamente con el quehacer bibliotecario, como cooperación bibliotecaria, la tecnología bibliotecaria y de la información y la formación de profesionales, (con 4.42, 4.18 y 4.12% respectivamente).

Otro grupo de categorías con menor nivel de representatividad, como promoción de la lectura, bibliotecología, enseñanza de la bibliotecología, conducta lectora, historia del libro y las bibliotecas y políticas de información, entre otras, con valores que oscilan entre 4 y 2%, parecieran representar la parte de la producción científica generada por investigadores y académicos vinculados a planes y programas docentes

o de investigación, cuya prioridad se orienta con mayor énfasis a la investigación teórica que práctica, contrario a lo que ocurre con los resultados de investigación derivados del sector de los servicios bibliotecarios y de la información.

Tipología documental

El comportamiento de la tipología documental de la producción científica latinoamericana en esta especialidad no difiere mucho del que se observa en otras disciplinas de ciencias sociales con un marcado corte interdisciplinario. Si tomamos en cuenta que en los resultados obtenidos en esta variable el artículo científico se presenta como el principal canal de comunicación elegido por los autores de este tema y región para presentar sus resultados sobre el resto de los otros tipos de documentos.

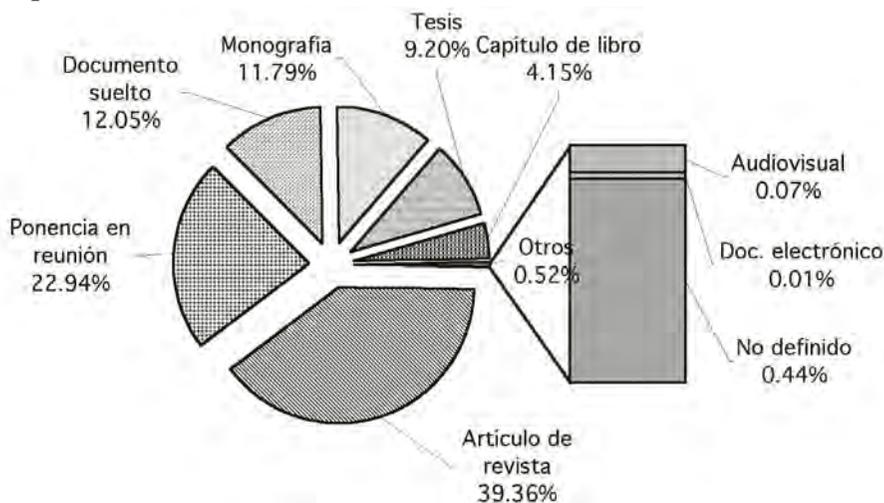


Figura 10: Distribución de documentos en INFOBILA, según su tipología documental

En la gráfica de la Figura 10 se representan los tipos de documentos y soportes presentes en INFOBILA, en los cuales se observa que casi 40% (39.36) de los documentos que contiene esta base de datos

son artículos de revistas. Este comportamiento lo respaldan los 7 212 artículos distribuidos en 303 títulos de revistas que procesa esta base de datos. También están representadas, en orden de importancia, las ponencias comunicadas en reunión con 22.94 %. Ello es debido a los numerosos eventos científicos (congresos, coloquios, jornadas), nacionales e internacionales, como los congresos celebrados de INFO (Cuba), los de la FID, y la Conferencia de la IFLA organizados en la región, a las que ya se hizo referencia al principio de este capítulo, además de los coloquios de investigación bibliotecológica que periódicamente convoca el CUIB, UNAM, y las Jornadas Mexicanas de Biblioteconomía convocadas por la Asociación Mexicana de Bibliotecarios, A.C. (AMBAC), celebradas anualmente de forma itinerante en los distintos estados de México, por citar sólo algunos ejemplos.

Otro recurso con cierta presencia en esta base de datos es el clasificado por el sistema como “documento suelto”. En esta tipología, que representa 12.05% del total de documentos, se agrupan informes y otros tipos de documentos que no se clasifican en las categorías restantes. Con similar comportamiento se registran también las monografías (11.79%), entre las que ocupan un lugar importante las series publicadas por el CUIB, UNAM desde sus inicios. Las tesis, por otra parte, han mantenido un ritmo de crecimiento sostenido en este sistema, si se considera el total de licenciaturas y maestrías existentes en casi todos los países que participan en esta base de datos, aunque cabe reconocer que no todos los países que informan sobre este tipo de documentos a INFOBILA lo hacen de forma sistemática. Como una novedad de este sistema, aunque aún escasa, se empieza a observar la presencia de otro tipo de soportes documentales (como los audiovisuales y electrónicos).

Otra forma de analizar esta variable resulta de su correlación con el lugar de publicación de los documentos, lo que permite analizar la tipología documental con la que cada país participa de forma más significativa en este flujo de información documental e indirectamente, la tipología documental principal que genera cada país. A partir de una matriz de contingencia entre estas dos variables, se representa una selección de los países más representativos, según la tipología documental generada o, al menos, con la que participan en el sistema INFOBILA.

En la gráfica de la Figura 11 se ve cómo los artículos científicos se distribuyen proporcionalmente a la cantidad de documentos con los que participa cada país, a excepción de México, que aporta un mayor número de ponencias en reunión, y de Brasil, cuya proporción de artículos respecto de su total de documentos es mayor. Algo ligeramente similar sucede con Cuba y Costa Rica, debido a que estos dos países, junto con Brasil, participan en mayor proporción de títulos de “revistas claves” (entre las más productivas del sistema) que el resto de países.

También se observa una mayor proporción de ponencias presentadas en eventos en Estados Unidos, país sede de las reuniones de la SALAM Secretary que, junto con las de ALA, son las más importantes de la especialidad en ese país, en las que participa un nutrido grupo de profesionales latinoamericanos en cada convocatoria.

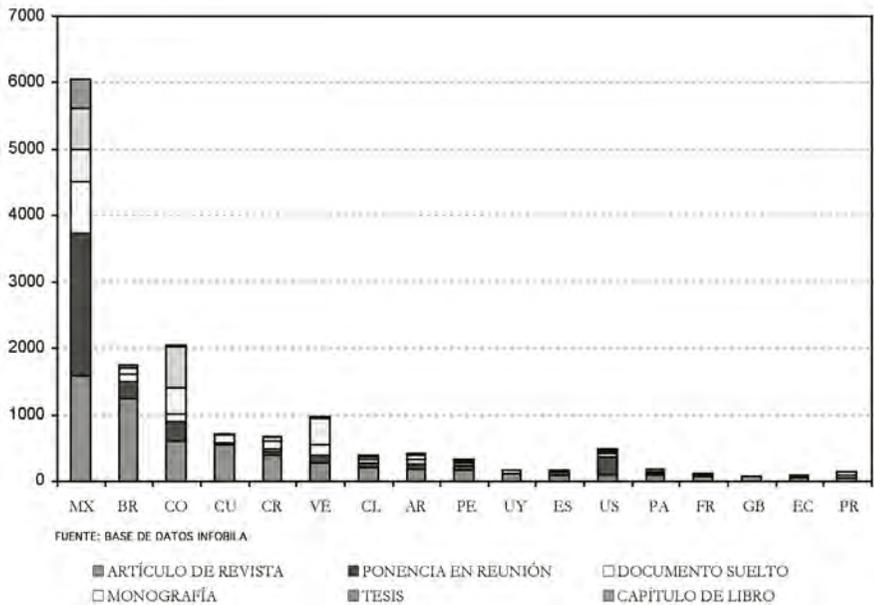


Figura 11: Distribución de documentos en INFOBILA por principales países de edición, según tipología documental

El modelo matemático de Lotka

Otro aspecto relevante en la gráfica es la cantidad de tesis aportadas por México y, en mayor proporción, por Colombia, debido, en lo fundamental, a lo antes explicado sobre la presencia de programas de maestría en la UNAM y de licenciaturas en ésta y otras universidades y escuelas mexicanas, así como a la presencia en Colombia, desde hace ya varias décadas, de la Escuela Interamericana de Bibliotecología, instituciones de las que, egresan un significativo número de graduados en esta especialidad.

En el análisis sobre el comportamiento de esta variable se resaltan dos aspectos fundamentales: primero, la presencia de artículos de revista (como tipología documental) en la mayoría de los países que participan en el sistema y, segundo, que esta tipología es la más representativa, con casi 40% del total de documentos.

2.2.2.2 Productividad científica de autores: Aplicación del Modelo Matemático de Lotka

En el análisis de la productividad científica confluye un conjunto de regularidades que contribuyen a identificar no sólo la proporción cuantitativa de producción de literatura científica de los autores, enfoque del cual partieron Lotka y Price para proponer dos de los modelos matemáticos epónimos considerados hoy clásicos de la bibliometría, sino que también dentro de esta regularidad se hallan otras características de la productividad más asociadas con los problemas sociales y que entrañan la forma o estructura de la población que produce o publica los resultados científicos. Entre estas características sociales de los productores científicos se identifican las relativas a la forma en que éstos se agrupan para producir, los tipos de autores; es decir, si son personas físicas o morales, así como los principios en los que se sustenta la colaboración que se lleva a cabo para publicar en coautoría un resultado científico.

Para conocer la estructura interna de estos comportamientos sociales en el marco de una disciplina científica (país o región) se analizan los distintos tipos de autores (personales o corporativos); la razón social o instituciones y países a los que pertenecen, la estructura social

de la población de autores personales (género, grupo etáreo, actividad profesional, entre otras categorías, además de las formas y cantidades en que se agrupan para colaborar o publicar sus resultados, por sólo mencionar algunas). Para el análisis de estas relaciones de coautoría o colaboración autoral, institucional y entre países, se utiliza un conjunto de indicadores como los ya presentados en el apartado metodológico previo.

Características de la autoría

El estudio de la autoría múltiple en documentos científicos, como ya se señaló antes, suele ser empleado para analizar relaciones de colaboración entre autores, instituciones y colectivos científicos, pero para el estudio de la colaboración también se requieren otras condicionantes que no siempre se dan en las relaciones de coautoría, según lo señalado por los autores ya citados sobre este aspecto en el apartado anterior. Para los fines de este trabajo, y de acuerdo con la información disponible, sólo han sido consideradas las características más generales sobre las relaciones de autoría que se muestran a continuación, sin entrar en el análisis de si estas relaciones entrañan también relaciones de colaboración.

De la muestra total de documentos utilizados para este estudio (15170) se identificó que sólo 6.57% de los documentos han sido firmados por autores corporativos, mientras que 89.03% lo han hecho autores personales. Completan el cien por ciento de los documentos los de autoría anónima o que en algunos casos no fue posible atribuirle autoría alguna, los cuales representan sólo 4.40% del total de la muestra.

Una expresión gráfica de estos resultados, obtenidos de la Tabla 5 del anexo, se encuentran en la Figura 12.

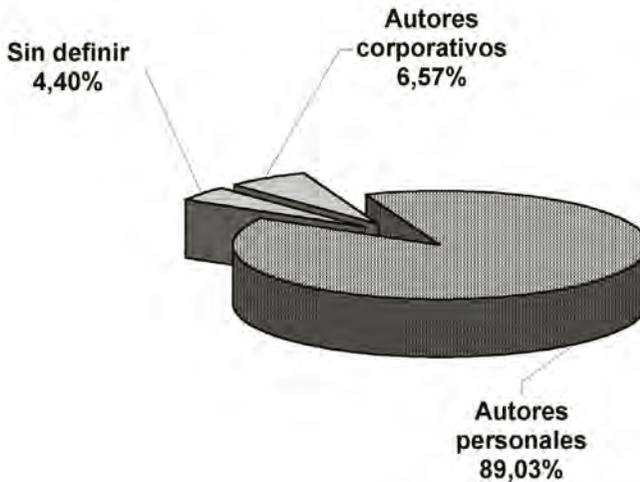


Figura 12: Distribución de documentos por tipo de autoría

Una visión general de los valores porcentuales representados en la gráfica anterior denotan que la producción científica en este asunto está generada principalmente por autores personales, y que la presencia de autores corporativos en esta muestra es exigua, sobre todo si se considera el volumen total de documentos analizados. Este comportamiento motiva el interés de, por una parte, identificar cuáles son las instituciones que participan en la autoría de los documentos y, por la otra, conocer la estructura cuantitativa en que se agrupan autores personales.

En el panorama regional de esta especialidad, como se observó al principio de este apartado, se distingue un grupo de organizaciones integradas por asociaciones profesionales, escuelas, facultades, centros de investigación y otras asociaciones internacionales con una destacada presencia y actividad en esta región. Sin embargo, estas organizaciones no han sobresalido significativamente por su participación como autores corporativos de documentos, al menos no en la muestra de este segmento de la producción científica cuya fuente es la base de este estudio. En ésta se identificaron 448 instituciones y dependencias diferentes que aportaron 996 documentos firmados en

forma corporativa, de los cuales 69.08% de este total de documentos se dispersa en 436 instituciones.

En la firma corporativa de documentos, es más significativa la presencia de instituciones públicas y de organizaciones no gubernamentales (ONG) que se atribuyen este quehacer, lo cual significaría que los documentos por ellos firmados se refieren más a documentos de corte metodológico-administrativo que de tipo científico o académico.

En la gráfica de la Figura 13 se presenta una selección de doce instituciones que sobrepasan 1% en cuanto a su nivel de significación como autores corporativos, todas representan 30.92% del total de documentos con este tipo de autoría. Entre éstas destaca, muy por encima del resto, el Instituto Autónomo Biblioteca Nacional y de Servicios de Bibliotecas de Venezuela (IABNAYSB-VZ), con 14.86%; le siguen de forma más distante el Banco del Libro de Venezuela con un 3.11%, y el Ministerio de Educación Nacional de Colombia (MINEDN), con 3%; mientras que la UNESCO, conocido organismo internacional que mantuvo por muchos años la sede de su Programa General de Información (PGI) en Caracas, Venezuela, aparece con 2.42%.

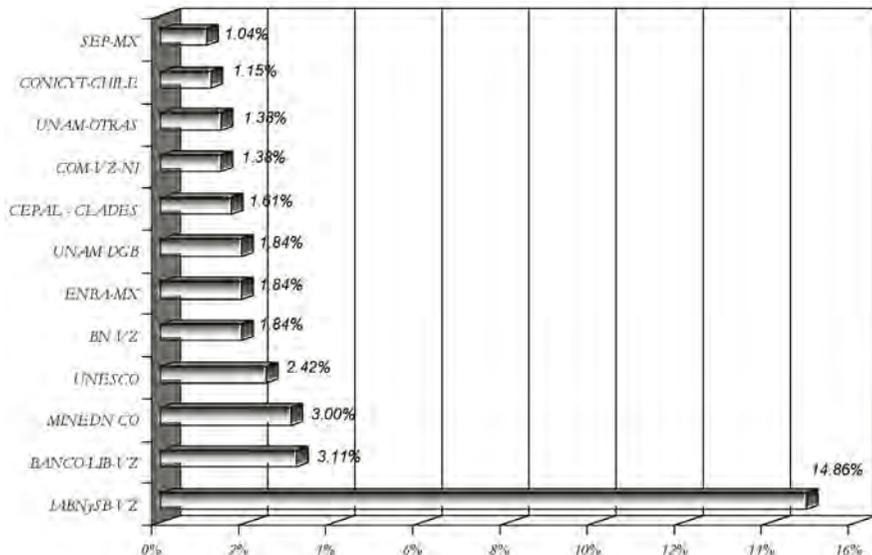


Figura 13: Distribución de documentos por principales autores corporativos

Otro grupo de instituciones aparece por debajo de 2%, entre las que se destacan cuatro mexicanas, país con la mayor cantidad de documentos editados de la muestra: la Escuela Nacional de Biblioteconomía y Archivonomía (ENBA-MX), la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM (UNAM-DGB), ambas con un 1,84%; otra categoría que agrupa a Otras dependencias y bibliotecas de la UNAM (UNAM-Otras), con 1.38%, y la Secretaría de Educación Pública de México (SEP-MX), con 1.04%. Este organismo que tiene a su cargo el Consejo Nacional de Cultura (CONACULTA), del cual depende el Sistema Nacional de Bibliotecas Públicas de ese país. También está presente entre estas instituciones públicas y ONG el Centro Latinoamericano de Documentación Económica y Social de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL/CLADES), con 1.61%. Este centro tiene sede en Santiago de Chile y mantiene una marcada presencia en el plano regional, que durante varias décadas ha aportado un importante volumen de documentos directivos y metodológicos en materia de políticas, gerencia, redes y sistemas de información, así como en la difusión e implementación del sistema CDS/ISIS.

En otro sentido, la distribución de autores personales identificada en la muestra objeto de estudio, presenta un comportamiento propio de las ciencias sociales y las humanidades, disciplinas en las que el predominio de documentos con un solo autor se mantiene como norma, contrario a lo que ocurre en otras áreas, como la medicina clínica (Bellavista *et. al.*, 1997: 81). En décadas pasadas, cuando apenas existía la colaboración entre autores en las disciplinas sociales y humanísticas, y el trabajo intelectual se desarrollaba aisladamente, la tendencia a publicar documentos era de manera individual. Sin embargo, este comportamiento ha cambiado ligeramente en los últimos años, gracias al desarrollo de los medios tecnológicos, de comunicación y al de estas disciplinas.

Las ciencias bibliotecológicas y de la información, enmarcadas en este contexto, no han estado ajenas a esta evolución. En la actualidad, su consolidación como sistema de conocimientos exige que sus disciplinas adquieran un carácter cada vez más interdisciplinario, sobre todo por lo complejo de los ingentes problemas a los que se enfrenta cada día en la práctica de la investigación, la docencia y los servicios

de información. Sin embargo, debe considerarse que el flujo de información analizado en este estudio pertenece a una región en vías de desarrollo, donde la colaboración aún no es una práctica sistemática en este campo del saber. En este sentido, resulta lógico observar en la gráfica de la Figura 14 que 78.56% del total de documentos con autores personales estén firmados por un solo autor.

En sentido contrario, se observa que la distribución de documentos con autoría múltiple tiene un comportamiento diametralmente opuesto, en estos documentos las tasas de documentos coautorados; es decir, la proporción de documentos firmados por dos autores es de 15.52%, los documentos con tres autores, 3.97%; con cuatro, 1.15% y de sólo 0.18% de los documentos que presentan cinco o más autores, lo cual conlleva a que la tasa promedio de documentos coautorados sea de 0.2144 documentos, esto expresado de otra forma significa que 21.44% corresponden a documentos con autoría múltiple.

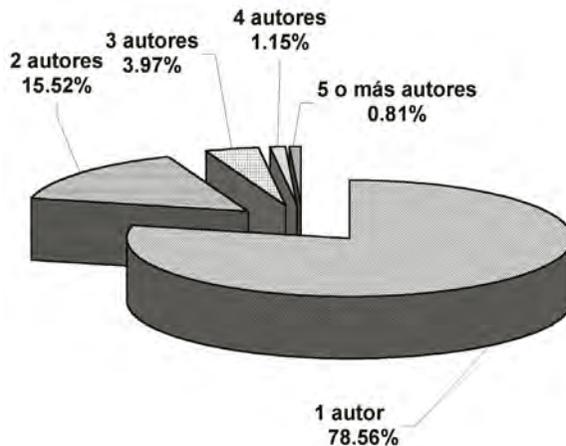


Figura 14: Distribución de documentos según cantidad de autores firmantes

El anterior comportamiento condiciona que el Índice de coautoría de los documentos sea de sólo 1.30 autores firmantes por documento, valor que apenas sobrepasa en 0.30 la autoría individual de los 15 170 documentos que integran la muestra estudiada. Estos valores pueden contrastarse mediante el uso de otros indicadores, explicados en la

metodología de esta obra, y diseñados para el análisis de la colaboración científica, cuando se parte del supuesto de que cada relación de autoría entraña una relación de colaboración. De ahí que, en este caso sólo se utilicen como un mero ejercicio de contraste y simulación de los niveles de colaboración que se obtendrían con los resultados de las relaciones de autoría disponibles, debido a que no se cuenta con la información necesaria para estudiar con estos indicadores las verdaderas relaciones de colaboración que se presentan entre los autores que integran esta muestra.

A partir de los datos presentados en la Tabla 6 del anexo, se calcula a continuación el Índice de Colaboración (IC) propuesto por Lawani en 1980, el Grado de Colaboración (GC) propuesto por Subramayan en 1983 y el Coeficiente de Colaboración (CC) propuesto por Ajiferuke, Burrell y Tague en 1988. Todos estos indicadores han sido compilados por Vinkler en un trabajo posterior publicado en 1993, tal y como se muestran en el apartado metodológico de este trabajo (Vinkler, 1993: 224).

Índice de colaboración (IC):

$$IC = \sum_{i=1}^N \frac{j_i n_j}{N}$$

$$IC = \frac{2(2096) + 3(536) + 4(155) + 5(109)}{13506}$$

$$IC = \frac{6965}{13506}$$

$$\boxed{IC = 0.51}$$

Según Ajiferuke, Burrell y Tague, el valor obtenido en el cálculo de este indicador, propuesto por Lawani, no resulta de fácil interpretación, debido a que no presenta un límite entre 0 y 1, tampoco puede expresarse en forma porcentual. Para evitar este problema, ellos recomiendan utilizar la formulación $1-1/IC$ como medida de colaboración,

sin embargo, también señalan que esto no tiene una base teórica (Aji-feruke, Burrell y Tague, 1988: 422). No obstante, el resultado obtenido para esta muestra podría indicar que, a partir de las relaciones de coautoría utilizadas, se observa una media ponderada de 0.51 autor por documento, es decir, en términos de colaboración, no se alcanza como promedio ni a un autor por documento escrito en forma colectiva.

Grado de Colaboración (GC)

$$GC = \frac{N_m}{N_m + N_s}$$

$$GC = 1 - \frac{2896}{2896 + 10610}$$

$$\boxed{GC = 0.2144}$$

Este indicador, cuyo resultado se expresa entre 0 y 1, calcula la proporción de documentos con autoría múltiple. El resultado obtenido muestra una proporción de 21.44% de este tipo de documento en la muestra estudiada, idéntico valor al obtenido antes en la tasa promedio de documentos coautorados, lo cual indica que ambos, aunque calculados por vías diferentes, ofrecen los mismos resultados y, en ambos casos, se interpreta que valores cercanos a 0 muestran un fuerte componente de autoría simple, mientras que valores cercanos a 1 o a 100% denotan una fuerte proporción de autoría múltiple.

Una comparación de este indicador con el Índice de Coautoría denota una relación de proporcionalidad directa; esto es, en la medida que aumenta este último, aumenta el Grado de Colaboración, o lo que es lo mismo, aumenta la tasa promedio de documentos coautorados.

El modelo matemático de Lotka

Coefficiente de Colaboración (CC)

$$CC = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N \left(\frac{1}{j_i}\right) n_{ji}}{N}$$

$$CC = 1 - \left(\frac{1(10610) + \left(\frac{1}{2}\right)2096 + \left(\frac{1}{3}\right)536 + \left(\frac{1}{4}\right)155 + \left(\frac{1}{5}\right)109}{13506} \right)$$

$$CC = 1 - \left(\frac{(1)(10610) + (0,50)(2096) + (0,33)(536) + (0,25)(155) + (0,20)(109)}{13506} \right)$$

$$CC = 1 - \left(\frac{(10610) + (1084) + (176,88) + (38,75) + (21,8)}{13506} \right)$$

$$CC = 1 - \left(\frac{(11895,43)}{13506} \right)$$

$$CC = 1 - 0,8808$$

$$\boxed{CC = 0,1192}$$

Este indicador, propuesto como una alternativa que parte del criterio de superar los dos anteriores, se fundamenta en el concepto de productividad fraccionaria definido por Price y Beaver, cuyo valor oscila igual que el anterior entre 0 y 1, por lo que valores obtenidos cercanos a 0 denotan una fuerte presencia de documentos con un solo autor (Ajiferuke, Burrell y Tague, 1988: 424).

El valor obtenido para esta muestra, cercano a 0 ($CC = 0,1192$) corrobora lo ya comprobado con los indicadores anteriores: que en este flujo de información documental se observa una fuerte presencia de documentos escritos por un solo autor y muy bajos niveles de documentos con autoría múltiple, lo cual condiciona los bajos

valores que se han obtenido para cada uno de estos indicadores. El uso de estos indicadores, tanto los de relaciones de autoría como los de colaboración, así como los resultados obtenidos en cada uno de éstos pueden ser un claro indicador de los bajos niveles de colaboración presentes en esta disciplina y región.

Vinkler, en su artículo ya citado, calcula estos indicadores a un conjunto de equipos y departamentos dedicados a la investigación en las ciencias naturales. Para evidenciar más el comportamiento de los valores obtenidos en la muestra utilizada en este estudio, en la Tabla 9 se presenta una comparación entre los resultados obtenidos para ambas disciplinas.

Tabla 9. Comparación de los resultados obtenidos con los indicadores de colaboración y autoría

Indicador	Valor obtenido de la muestra de INFOBILA	Intervalo de valores calculados por Vinkler
Índice de Colaboración (IC):	0.51	Entre 1.91 y 2.38
Coefficiente de Colaboración (CC)	0.11	Entre 0.15 y 0.59
Grado de Colaboración (GC)	0.21	Entre 0.03 y 0.83
Tasa promedio de documentos coautorados	0.21	-----
Índice de coautoría	1.30	-----

Fuente: VINKLER, 1993:227.

Aplicación del modelo matemático de Lotka

Para el análisis de la productividad científica en la base de datos INFOBILA, se siguió fielmente la metodología empleada por Lotka, detallada en el capítulo anterior. En la aplicación de este modelo a la muestra estudiada se distinguen los pasos siguientes:

- Definición de las variables de trabajo.
- Cálculo de la frecuencia observada con la totalidad de los datos, basado en la Ley particular del inverso del cuadrado propuesta

El modelo matemático de Lotka

por Lotka, en la que el valor del exponente $n = 2$, así como su comprobación con el estadístico Kolmogorov-Smirnov.

- Realización del corte de los datos por simple inspección, tabulados o graficados.
- Obtención del gráfico de dispersión a partir de la muestra reducida.
- Planteamiento de la función de ajuste de los datos.
- Aplicación del método de los mínimos cuadrados para calcular el valor del exponente n , con el fin de identificar el valor que caracterice a esta muestra, así como la comprobación del modelo con el valor de n que resulte y su representación gráfica.

Las variables se definen así:

x = número de contribuciones o publicaciones.

y = cantidad de autores que realizan x contribuciones.

En la Tabla 10 siguiente se distribuyen las frecuencias absolutas y relativas de los 53 pares obtenidos de la muestra objeto de estudio.

A la totalidad de esta muestra de 53 pares se le aplicó la expresión particular del modelo del inverso del cuadrado propuesto por Lotka,

es decir, $y = \frac{C}{x^2}$, en el que el valor del exponente $n = 2$. Los resulta-

dos de esta aplicación se presentan en la Tabla 11, en la que se comprueba su comportamiento estadístico mediante el estadígrafo Kolmogorov-Smirnov, recomendado por Coile y citado por Potter, para comprobar si los datos de la muestra observada se ajustan estadísticamente a los calculados por el modelo de Lotka (Potter, 1981: 22).

La prueba de Kolmogorov-Smirnov es una variante de la prueba Ji-cuadrado para la bondad del ajuste que permite verificar la naturaleza de la distribución de frecuencia relativa de una población estadística. La prueba compara la distribución de frecuencia relativa acumulada de una muestra con la distribución de frecuencias relativa acumulada teórica de un tipo específico de población.

La hipótesis nula que se formula establece que la muestra que se analiza se obtuvo de la población tipo y es esto precisamente lo que se debe comprobar.

El estadístico de prueba es $D = \text{máxima } [f(x) - s(x)]$ es decir, D es igual al valor absoluto de la máxima desviación entre la frecuencia relativa acumulada observada y la frecuencia relativa acumulada esperada.

Tabla 10. Frecuencias absolutas y relativas observadas en la base de datos INFOBILA

x	F(x)	Af(x)
1	4714	72.95%
2	833	12.89%
3	305	4.72%
4	157	2.43%
5	112	1.73%
6	53	0.82%
7	40	0.62%
8	43	0.67%
9	27	0.42%
10	24	0.37%
11	22	0.34%
12	18	0.28%
13	8	0.12%
14	8	0.12%
15	4	0.06%
16	7	0.11%
17	7	0.11%
18	6	0.09%
19	6	0.09%
20	5	0.08%
21	5	0.08%
22	6	0.09%
23	5	0.08%
24	3	0.05%
25	2	0.03%
26	3	0.05%
27	5	0.08%
28	2	0.03%
29	3	0.05%
30	2	0.03%
31	1	0.02%
32	1	0.02%
33	4	0.06%
34	2	0.03%
35	1	0.02%
36	1	0.02%
38	1	0.02%
39	1	0.02%
42	1	0.02%
45	1	0.02%
52	1	0.02%
53	1	0.02%
57	1	0.02%
60	1	0.02%
61	1	0.02%
62	1	0.02%
63	1	0.02%
65	1	0.02%
67	1	0.02%
70	1	0.02%
76	1	0.02%
92	1	0.02%
155	1	0.02%

El modelo matemático de Lotka

Tabla 11. Distribución de autores por contribuciones, según el modelo matemático de Lotka sobre la productividad de autores utilizando el estadígrafo Kolmogorov-Smirnov para su comprobación estadística

A	B	C	D	E	F	G	H	I
CONTRIB	AUT.OBSER	ACU.OBSER	s(x)	1/(n)2	TEOR.ACU.	f(x)	f(x) - s(x)	f(x) - s(x)/
1	4714	4714	0,7294955	4,714,00	4,714,00	0,61612856	-0,1133670	0,1133670
2	833	5547	0,8584030	1,178,50	5,892,50	0,77016070	-0,0882423	0,0882423
3	305	5852	0,9056020	523,78	6,416,28	0,83861943	-0,0669825	0,0669825
4	157	6009	0,9298979	294,63	6,710,90	0,87712747	-0,0527704	0,0527704
5	112	6121	0,9472300	188,56	6,899,46	0,90177261	-0,0454574	0,0454574
6	53	6174	0,9554318	130,94	7,030,41	0,91888729	-0,0365445	0,0365445
7	40	6214	0,9616218	96,20	7,126,61	0,93146134	-0,0301604	0,0301604
8	43	6257	0,9682761	73,66	7,200,27	0,94108835	-0,0271877	0,0271877
9	27	6284	0,9724543	58,20	7,258,47	0,94869488	-0,0237595	0,0237595
10	24	6308	0,9761684	47,14	7,305,61	0,95485616	-0,0213122	0,0213122
11	22	6330	0,9795729	38,96	7,344,56	0,95949414	-0,0196248	0,0196248
12	18	6348	0,9823584	32,74	7,377,30	0,96422681	-0,0181316	0,0181316
13	8	6356	0,9835964	27,89	7,405,19	0,96787254	-0,0157239	0,0157239
14	8	6364	0,9848344	24,05	7,429,24	0,97101605	-0,0138184	0,0138184
15	4	6368	0,9854534	20,95	7,450,20	0,97375440	-0,0116990	0,0116990
16	7	6375	0,9865367	18,41	7,468,61	0,97616115	-0,0103755	0,0103755
17	7	6382	0,9876199	16,31	7,484,92	0,97829308	-0,0093268	0,0093268
18	6	6388	0,9885484	14,55	7,499,47	0,98019472	-0,0083537	0,0083537
19	6	6394	0,9894769	13,06	7,512,53	0,98190144	-0,0075755	0,0075755
20	5	6399	0,9902507	11,79	7,524,31	0,98344176	-0,0068089	0,0068089
21	5	6404	0,9910245	10,69	7,535,00	0,98483888	-0,0061856	0,0061856
22	6	6410	0,9919530	9,74	7,544,74	0,98611187	-0,0058411	0,0058411
23	5	6415	0,9927267	8,91	7,553,65	0,98727658	-0,0054501	0,0054501
24	3	6418	0,9931910	8,18	7,561,84	0,98834625	-0,0048447	0,0048447
25	2	6420	0,9935005	7,54	7,569,38	0,98933205	-0,0041684	0,0041684
26	3	6423	0,9939647	6,97	7,576,35	0,99024348	-0,0037212	0,0037212
27	5	6428	0,9947385	6,47	7,582,82	0,99108865	-0,0036498	0,0036498
28	2	6430	0,9950480	6,01	7,588,83	0,99187453	-0,0031734	0,0031734
29	3	6433	0,9955122	5,61	7,594,44	0,99260715	-0,0029051	0,0029051
30	2	6435	0,9958217	5,24	7,599,68	0,99329173	-0,0025300	0,0025300
31	1	6436	0,9959765	4,91	7,604,58	0,99393287	-0,0020436	0,0020436
32	1	6437	0,9961312	4,60	7,609,18	0,99453455	-0,0015967	0,0015967
33	4	6441	0,9967502	4,33	7,613,51	0,99510033	-0,0016499	0,0016499
34	2	6443	0,9970597	4,08	7,617,59	0,99563331	-0,0014264	0,0014264
35	1	6444	0,9972145	3,85	7,621,44	0,99613627	-0,0010782	0,0010782
36	1	6445	0,9973692	3,64	7,625,08	0,99661168	-0,0007576	0,0007576
38	1	6446	0,9975240	3,26	7,628,34	0,99703836	-0,0004856	0,0004856
39	1	6447	0,9976787	3,10	7,631,44	0,99744345	-0,0002353	0,0002353
42	1	6448	0,9978335	2,67	7,634,11	0,99779272	-0,0000408	0,0000408
45	1	6449	0,9979882	2,33	7,636,44	0,99809699	0,0001087	0,0001087
52	1	6450	0,9981430	1,74	7,638,18	0,99832484	0,0001819	0,0001819
53	1	6451	0,9982977	1,68	7,639,86	0,99854418	0,0002464	0,0002464
57	1	6452	0,9984525	1,45	7,641,31	0,99873382	0,0002813	0,0002813
60	1	6453	0,9986072	1,31	7,642,62	0,99890497	0,0002977	0,0002977
61	1	6454	0,9987620	1,27	7,643,89	0,99907055	0,0003086	0,0003086
62	1	6455	0,9989167	1,23	7,645,12	0,99923083	0,0003141	0,0003141
63	1	6456	0,9990715	1,19	7,646,30	0,99938607	0,0003146	0,0003146
65	1	6457	0,9992262	1,12	7,647,42	0,99953190	0,0003057	0,0003057
67	1	6458	0,9993810	1,05	7,648,47	0,99966915	0,0002882	0,0002882
70	1	6459	0,9995357	0,96	7,649,43	0,99979489	0,0002591	0,0002591
76	1	6460	0,9996905	0,82	7,650,25	0,99990156	0,0002111	0,0002111
92	1	6461	0,9998452	0,56	7,650,80	0,99997435	0,0001291	0,0001291
155	1	6462	1,0000000	0,20	7,651,00	1,00000000	0,0000000	0,0000000
TOTALES		6462		7.651,00				

El valor crítico del estimador D se encuentra tabulado para diferentes niveles de significación α y para diferentes valores totales de frecuencias observadas, desde 1 hasta 100. Para frecuencias totales observadas mayores, el valor crítico de D se calcula para los valores de α que se relacionan:

α	0.1	0.05	0.025	0.01
D	$\frac{1.22}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.36}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.48}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.63}{\sqrt{n}}$

El valor crítico se utiliza para compararlo con la máxima desviación absoluta calculada y rechazar o aceptar la hipótesis nula según la regla de decisión que a continuación se plantea:

Regla de decisión

- Si la distancia máxima calculada $<$ que el valor crítico, la hipótesis nula se acepta.
- Si la distancia máxima calculada $>$ que el valor crítico, la hipótesis nula se rechaza.

Si el valor absoluto de la diferencia máxima calculada entre los valores de la distribución muestral y los valores de la muestra tipo es menor que el valor crítico, entonces se acepta que la muestra fue tomada de la población tipo, y en este caso se asume que las diferencias que se observan entre las frecuencias muestrales y las de la población tipo se deben a causas de naturaleza aleatoria.

Como en este estudio se intenta determinar si se cumple o no el postulado de Lotka, se compara la distribución de frecuencia de la muestra obtenida con la distribución de frecuencia calculada por medio de la denominada Ley del inverso del cuadrado.

Cuando la mayor diferencia absoluta encontrada sea mayor que el valor crítico calculado, conlleva a rechazar la hipótesis nula y a concluir que la muestra en revisión tiene una estructura porcentual estadísticamente comprobada, diferente a la postulada por Lotka para

El modelo matemático de Lotka

la productividad científica, tal y como se presenta en los cálculos siguientes:

$D = \text{máxima } [f(x) - s(x)]$ donde:

$f(x)$ = Distribución acumulada teórica

$s(x)$ = Distribución acumulada observada

$D = \text{máxima} = 0.1133670$ $n = 6462$ (Tamaño de la muestra de autores)

$$K - S = \frac{1.63}{\sqrt{n}} \quad \text{Para un nivel de significación de } \alpha = 0.01$$

$$K - S = \frac{1.63}{\sqrt{6462}} \quad K - S = \frac{1.63}{80.39} = 0.0202761$$

$$\boxed{D = \text{máxima} = 0.1133670 > 0.0202761}$$

Por consiguiente, los datos observados en la muestra no se ajustan a lo postulado por A. Lotka en su modelo sobre la productividad de autores. La gráfica que se obtiene al representar los pares ordenados (x,y) en un eje cartesiano, corresponde a una de las ramas de una hipérbola de la forma $y = \frac{c}{x}$, como se muestra en la gráfica de la Figura 15.

Estos resultados motivaron la comprobación del modelo mediante el corte (*cut off*) de los datos de la muestra, así como el cálculo del valor que para esta muestra pudiera adoptar el exponente n , a través del método de los mínimos cuadrados.

Tamaño y corte de la muestra de trabajo

De la base de datos procesada, se obtuvo un total de 53 pares ordenados, a los cuales se les aplicó el corte (*cut off*) mediante los procedimientos que se mencionan a continuación:

- Por simple inspección.

- Eliminando la raíz cuadrada del total de frecuencias.
- Eliminando la raíz cuadrada del total de autores que contribuyen con una publicación.

En el primer caso, la decisión sería cortar en $x = 14$. En los otros 2, en 18 y 19, respectivamente. Finalmente, se decidió trabajar con los datos hasta el valor de $x = 19$. El comportamiento de la curva en la figura 15 permite plantear, siguiendo el razonamiento descrito por Lotka en su artículo original, que se podría utilizar la función general de:

$$y = f(x) = \frac{c}{x^n} \quad \text{para ajustar los datos.}$$

Al aplicar como recurso matemático logaritmos a ambos miembros de la expresión anterior se obtiene que:

$$\log y = \log c - n \log x$$

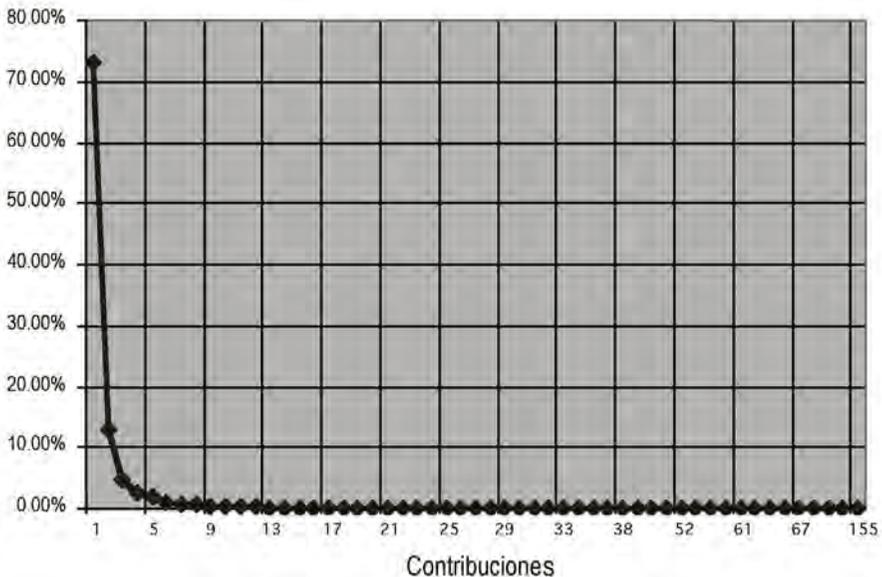


Figura 15. Distribución de autores por contribuciones, según la Base de Datos INFOBILA

El modelo matemático de Lotka

Posteriormente se aplica el método de los mínimos cuadrados para calcular el valor de la pendiente de la recta de regresión o el exponente n de la expresión original.

Sistema de ecuaciones para calcular los coeficientes de regresión

$$\sum y = Nc + n \sum x$$

$$\sum xy = c \sum x + n \sum x^2$$

Al sustituir los valores de la función por valores logaritmizados el sistema de ecuaciones se transforma en:

$$\sum \log y = Nc + n \sum \log x$$

$$\sum \log y \log x = c \sum \log x + n \sum (\log x)^2$$

Para obtener las sumatorias totales de los valores del sistema de ecuaciones se elaboró la Tabla 12.

Tabla 12. Cálculo del valor de n para los datos obtenidos en la Base de Datos INFOBILA

x	x ²	y	logy	logx	logylogx	(logx) ²
1	1	4714	3.67	0.00	0.00	0.00
2	4	833	2.92	0.30	0.88	0.09
3	9	305	2.48	0.48	1.19	0.23
4	16	157	2.20	0.60	1.32	0.36
5	25	112	2.05	0.70	1.43	0.49
6	36	53	1.72	0.78	1.34	0.61
7	49	40	1.60	0.85	1.35	0.71
8	64	43	1.63	0.90	1.48	0.82
9	81	27	1.43	0.95	1.37	0.91
10	100	24	1.38	1.00	1.38	1.00
11	121	22	1.34	1.04	1.40	1.08
12	144	18	1.26	1.08	1.35	1.16
13	169	8	0.90	1.11	1.01	1.24
14	196	8	0.90	1.15	1.04	1.31
15	225	4	0.60	1.18	0.71	1.38
16	256	7	0.85	1.20	1.02	1.45
17	289	7	0.85	1.23	1.04	1.51
18	324	6	0.78	1.26	0.98	1.58
19	361	6	0.78	1.28	1.00	1.64
190	2470	6394	29.34	17.08	21.26	17.57

El sistema de ecuaciones obtenido a partir de los resultados totales calculados y redondeados con la tabla anterior es el siguiente:

$$29.35 = 19 c + 17 n \quad (\text{I})$$

$$21.27 = 17 c + 18 n \quad (\text{II})$$

Para la solución de este sistema de ecuaciones se utiliza el método de sustitución, el cual consiste en eliminar primero c para obtener una expresión en función de n y poder calcular posteriormente su valor, mediante el procedimiento siguiente:

1. Multiplicar la ecuación I por -17

2. Multiplicar la ecuación II por 19

Del resultado obtenido de esta multiplicación se obtiene que

$$-501.40 = -324.62 c - 291.90 \quad (\text{I.a})$$

$$404.07 = 324.62 c + 333.96 \quad (\text{II.a})$$

3. Sumar las ecuaciones (I.a) y (II.a)

De esta suma se obtiene que:

$$-97.33 = 42.06 n$$

4. Despejar n y calcular

Resultados:

$$n = \frac{-97.33}{42.06} \quad \boxed{n = -2.3141}$$

Una vez calculado el nuevo valor de n , se recalcula el modelo y se aplica la prueba de Kolmogorov-Smirnov para determinar si se cumple la ley de Lotka en este nuevo tamaño de muestra.

El modelo matemático de Lotka

Tabla 13. Aplicación de la prueba Kolmogorov-Smirnov al cut-off de la muestra observada en la base de datos Infobila

Distribución muestral				Distribución teorica			Estadigrafo K-S	
A	B	C	D	E	F	G	H	I
Contrib	Aut.Observ	Acu.Observ	S(x)	1/(n) ^{2.3141}	Teor. Acu.	F(x)	F(x) - s(x)	/F(x) - S(x)/
1	4.714	4.714	0,73725	4.714	4.714	0,70939	-0,02786	0,02786
2	833	5.547	0,86753	948	5.662	0,85205	-0,01549	0,01549
3	305	5.852	0,91523	371	6.033	0,90786	-0,00737	0,00737
4	157	6.009	0,93979	191	6.223	0,93655	-0,00324	0,00324
5	112	6.121	0,95730	114	6.337	0,95367	-0,00364	0,00364
6	53	6.174	0,96559	75	6.412	0,96489	-0,00070	0,00070
7	40	6.214	0,97185	52	6.464	0,97275	0,00090	0,00090
8	43	6.257	0,97857	38	6.502	0,97852	-0,00006	0,00006
9	27	6.284	0,98280	29	6.532	0,98291	0,00011	0,00011
10	24	6.308	0,98655	23	6.554	0,98635	-0,00020	0,00020
11	22	6.330	0,98999	18	6.573	0,98911	-0,00088	0,00088
12	18	6.348	0,99281	15	6.588	0,99137	-0,00144	0,00144
13	8	6.356	0,99406	12	6.600	0,99324	-0,00081	0,00081
14	8	6.364	0,99531	10	6.611	0,99482	-0,00049	0,00049
15	4	6.368	0,99593	9	6.620	0,99617	0,00024	0,00024
16	7	6.375	0,99703	8	6.627	0,99733	0,00030	0,00030
17	7	6.382	0,99812	7	6.634	0,99834	0,00021	0,00021
18	6	6.388	0,99906	6	6.640	0,99922	0,00016	0,00016
19	6	6.394	1,00000	5	6.645	1,00000	0,00000	0,00000

Los resultados obtenidos en la comprobación del estadístico Kolmogorov-Smirnov con el nuevo valor de n son los siguientes:

$$n = 6394$$

$$\alpha = 0.01$$

$$K - S = \frac{1.63}{\sqrt{n}}$$

$$K - S = \frac{1.63}{\sqrt{6394}}$$

$$K - S = \frac{1.63}{79.96} = 0.02038$$

$$D \text{ máxima} = 0.02786$$

$$\text{Valor Crítico} = 0.02038$$

$$D \text{ máxima} > \text{Valor Crítico}$$

La distancia máxima, a la que se acerca más al valor crítico, todavía sigue siendo ligeramente mayor que éste, motivo por el cual aún realizando el corte de la muestra y calculando el valor de n para el nuevo tamaño de la muestra, los datos de la muestra (estudiada) no satisfacen el postulado teórico de Lotka.

La representación gráfica de los resultados obtenidos (Figura 16) en la aplicación del modelo permite corroborar el no ajuste de la curva entre los valores de autores observados y los calculados según el modelo de Lotka.

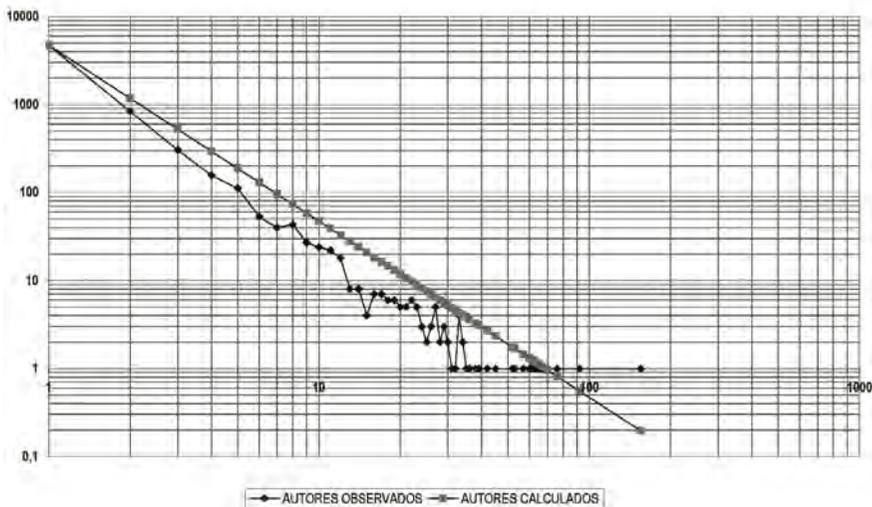


Figura 16. Distribución de la productividad de autores en INFOBILA, según el Modelo Matemático de Lotka

De todo lo anterior, se comprueba que los resultados obtenidos en la aplicación de este modelo a la muestra de autores observados en la base de datos INFOBILA, permiten sustentar que se rechaza la hipótesis nula y se concluye que la muestra no cumple con el postulado teórico de Lotka.

REFERENCIAS

- Ajiferuke, I., Burell and J. Tague (1988). "Collaborative coefficient: A single measure of the Degree Collaboration in research". *Scientometrics* 14 (5-6): 421-433.
- Añorve-Guillén, M. A., coord. (2002). "Investigaciones en proceso en América Latina". *Investigación Bibliotecológica* (México) 16 (33):179-194, julio-diciembre.
- Añorve-Guillén, M. A. y S. Córdoba-González (2003). "*Proyecto para la constitución de ICBAL en Red de Cooperación Iberoamericana y Caribeña (ICBIDIAC) (Investigaciones en curso en Bibliotecología, Información y Documentación en Iberoamérica y el Caribe)*". Alberto Castro Thompson (Colaboración Técnica), s/f, en: <http://www.ucm.es/info/multidoc/publicaciones/journal/pdf/proyecto-esp.pdf> (consultado en agosto de 2003)
- Bellavista, J.; E. Guardiola, A. Méndez y M. Bordons (1997). *Evaluación de la investigación*. Madrid: Centro de Investigaciones Sociológicas. 117 p. (Cuadernos Metodológicos)
- EDIBCIC (2003). *Asociación de Educación e Investigación en Bibliotecología, Archivología, Ciencia de la Información y la Documentación en Iberoamérica y el Caribe*, en: <http://www.abecin.org.br/EDIBCIC.htm>, (consultada el 18 de agosto de 2003)
- Fernández Esquivel, R. M. (1999). *Seminario Internacional de asociaciones profesionales en Bibliotecología*. México: CUIB-UNAM

- Gorbea-Portal, S. (2000). "Aportación latinoamericana a la producción científica en ciencias bibliotecológicas y de la información". *Booklet 8, Division of Regional Activities*, 66th IFLA Council and General Conference, August 13-18, 2000, Jerusalén.
- Licea de Arenas, J. y otros (2000). "Una visión bibliométrica de la investigación en bibliotecología y ciencia de la información de América Latina y el Caribe". *Revista Española de Documentación Científica* (Madrid) 23 (1): 45-53.
- Morales-Campos, E. (1997). "Latin America and the Caribbean", Chapter 8.-- pp.107-123.—In: *World Information Report 1997/98*.—París: UNESCO Publishing.—390p. (Consultado 18 de agosto 2003)
<http://unesdoc.unesco.org/images/0010/001062/106215e.pdf>.
- Moya-Anegón, F. de y V. Herrero Solana (2000). "Visibilidad internacional de la producción científica iberoamericana en Biblioteconomía y Documentación (1991-1999)", pp. 341-370.-- en: *V Encuentro de EDIBCIC: La Formación de profesionales e investigadores de la Información para la Sociedad del Conocimiento*, del 21 al 25 de febrero de 2000, Granada, España.-- Granada: EDIBCIC - Universidad de Granada, Facultad de Biblioteconomía y Documentación.
- Naumis Peña, C. y otros (1999). *Tesaurus latinoamericano en ciencia bibliotecológica y de la información*. México: UNAM, Centro Universitario de Investigaciones Bibliotecológicas.
- Potter, W. G. (1981). "Lotka's Law revisited". *Library Trends* 30 (1) : 21-39.
- Vinkler, P. (1993). "Research contribution, authorship and team cooperativeness". *Scientometrics* 26(1): 213-230.

2.3 DISCUSIÓN

2.3.1 Características generales de la producción científica

Si se parte de las características del sesgo que presenta la base de datos INFOBILA y el reconocimiento de que es la fuente más completa y exhaustiva que existe en la región sobre esta temática, como ya se indicó antes, el ritmo de crecimiento de este flujo de información resulta muy desigual según las décadas en que éste se distribuye, aunque se observa un constante crecimiento a través de los años.

Entre los años sesenta y setenta se registró el primer crecimiento importante, con casi 10%, debido quizás a que ya empezaban a dar productos el surgimiento de las escuelas de bibliotecología que desde finales de los cuarenta se crearon en varios países de la región, como Argentina, Colombia, Cuba, México, entre otros. El salto de mayor crecimiento ocurrió en los años ochenta, con un incremento del 25%. En estas décadas, los hechos más significativos en la región son la creación de los sistemas nacionales de información en los setenta y la introducción de las técnicas de microcomputación en las bibliotecas y planes curriculares de las carreras en la década siguiente.

Un estudio de Singh, publicado en 1984, sobre el análisis de la contribución que hicieron las revistas de esta temática en la India, país considerado, junto con los de Latinoamérica, como periférico, realizado por profesores, investigadores, estudiantes de las escuelas de bibliotecología, así como por bibliotecarios profesionales provenientes de diferentes tipos de bibliotecas desde 1971 a 1982, identifica en esos años un crecimiento de 21%, cercano al observado en este trabajo. Este autor atribuye este nivel de incremento a la creación, por esa fecha en la India, de varias de las 19 revistas que intervienen en su estudio (Sing, 1984: 227). Este factor, agregado a los ya expuestos, puede considerarse también en la explicación del comportamiento identificado en esta investigación, si se toma en cuenta que, coincidentemente, en estas décadas también comenzaron a publicarse muchas de las revistas más “productivas” sobre este tema y región, todas procesadas en INFOBILA y utilizadas en el presente estudio.

La concentración de la información en el ámbito mundial es un fenómeno o regularidad universal, presente también en la producción científica generada por determinada región, grupo de países, instituciones, autores, revistas y demás. Este fenómeno se manifiesta en una gama diversa de variables, mediante las cuales puede medirse. En líneas anteriores se indicaba cómo la población estudiada se concentraba en los últimos treinta años, así como su mayor crecimiento se presentó en la década de los ochenta.

Pasa algo similar a lo anterior al analizar el comportamiento de la distribución de esta producción por países, en la que su mayor concentración se manifiesta en tres países: México, Colombia y Brasil. En ese orden, estos países producen 65% de la información que se genera en toda esta región. Ahora bien, México es el país productor de INFOBILA, y su producción científica se encuentra representada de forma más exhaustiva que la de Brasil, reconocido como el mayor productor de la región; también es cierto que si de éste apareciera toda su producción registrada de igual forma en esta fuente, no cambiaría el comportamiento sobre la concentración, sólo el orden de los países, puesto que Brasil se ubicaría en primer lugar, seguido de México y Colombia.

La causa de este comportamiento se debe a la infraestructura y desarrollo institucional alcanzado en estos países por las actividades bibliotecaria y de información, así como por ser éstos los de mayor desarrollo y tradición en materia de docencia e investigación en esta temática. Un ejemplo de ello puede verificarse en el *Informe mundial de información*, publicado por la UNESCO, en cuya sección sobre América Latina y el Caribe, aparecen Brasil, México y Colombia como los países con mayor cantidad de bibliotecas (públicas, escolares y universitarias), universidades que imparten la carrera (nivel de pregrado y posgrado) y cantidad de revistas sobre esta temática. En estos dos últimos aspectos destacan también Argentina por la cantidad de universidades que imparten la carrera, y Costa Rica, por el número de revistas que publica (Morales-Campos, 1997: 118-122).

Esta concentración de información en países como México y Colombia, unido a lo que producen Cuba, Costa Rica, Argentina y el resto de países de la región, cuya lengua oficial es el español,

condiciona, en cierta medida, que sea ésta la lengua más utilizada por los autores para publicar sus resultados de investigación, seguida por el portugués, lengua oficial de Brasil. Sin embargo, un estudio de Bottle y Efthimiadis, realizado en un conjunto de bases de datos y servicios especializado de ámbito mundial, entre las que se incluyen ISA y LISA, señalan la presencia de 71.1% de documentos en lengua inglesa, mientras que el español y el portugués sólo llegan a 0.6% en estos sistemas. Esto es un reflejo de la poca inserción que tiene la producción científica en estas lenguas en los sistemas y servicios internacionales (Bottle y Efthimiadis, 1984: 109).

Como una reacción contraria a estos altos niveles de concentración en el crecimiento de la producción científica en los rubros mencionados, así como los países y lenguas en los que se genera, se observa un alto nivel de dispersión en las temáticas tratadas en los contenidos de los documentos. Esto contribuye a que la presencia del análisis sobre el comportamiento temático de los documentos haya sido poco estudiado en la literatura especializada, no sólo debido a la dispersión y diversidad que ésta presenta en dicho campo temático, sino también a la falta de normalización de esta variable en las fuentes de estudio, además de lo laborioso que resulta el proceso de agrupamiento en sistemas y estructuras temáticas, creadas en el proceso de la investigación para reclasificar los contenidos de los documentos, práctica que subjetiviza los resultados que se obtengan. Un estudio sobre las tendencias temáticas en la investigación en esta especialidad publicado por Atkins sobre la base de nueve revistas que publicaron 2 705 artículos desde 1975 a 1984, hace referencia a esta problemática, al tiempo que este autor identifica 57 categorías temáticas presentes en esa muestra (Atkins, 1988: 636).

La diversidad temática encontrada en esta producción científica es superior a la referencia anterior, a tal punto, que dificulta la identificación de un núcleo representativo de las principales categorías asociadas a este flujo de información. Sin embargo, en el apartado anterior se mostraron 26 categorías temáticas en las que se distribuía más de 45 % de los documentos.

En la presentación de los resultados sobre esta distribución salta a la vista, por su significación, un grupo de categorías muy vinculadas

a los problemas relacionados con el estudio de los *tipos de bibliotecas, los servicios bibliotecarios y de información, la cooperación y tecnología bibliotecaria*, entre otras, de lo cual se inferiría que parte de esta producción científica se asociaría a la inquietud de los bibliotecólogos y documentalistas por indagar y resolver los problemas a los que se enfrentan en su práctica profesional. De igual forma, otras categorías de corte más teórico y relativas a los problemas vinculados con la *bibliotecología* como ciencia, la *formación profesional*, la *enseñanza de la bibliotecología* o la *ciencia de la información*, estarían asociadas a profesores e investigadores vinculados a la docencia de pre y posgrado.

Han sido identificados resultados similares en el trabajo realizado por Singh en la India, en el que un análisis de las contribuciones realizadas en las revistas de esta especialidad por profesores, investigadores, estudiantes y bibliotecarios de distintos tipos de bibliotecas en aquel país, señala que el estudio sobre los *tipos de bibliotecas* y el *servicio y fuentes de referencia* ocupan un tercer y cuarto lugar, respectivamente; mientras que el primer y segundo lugar lo tienen los trabajos de corte teórico relativos al estudio de las *ciencias bibliotecológica y de la información* y el de la *documentación* como disciplinas científicas. En esta investigación también se señala la presencia de lagunas temáticas, coincidentes con los resultados obtenidos en este trabajo, como es el caso de la temática de *legislación bibliotecaria* (Singh, 1984: 228 y 229).

Pese a que para esta investigación no se contó con el lugar de procedencia de los autores para confirmar este supuesto, lo anterior encontraría respuesta en el poco desarrollo que tiene la institucionalización de la investigación en esta temática en la región, debido a que sólo en México, Argentina, Colombia, Cuba y Brasil existen pequeños grupos de profesionales con categoría y cargos de investigación vinculados de tiempo completo a esta actividad. Si se compara esto con la situación de otras ramas temáticas, en las que la cantidad de recursos humanos dedicados de tiempo completo a la actividad de investigación y el desarrollo institucional alcanzado es mucho mayor, se alertaría sobre la poca representatividad de la actividad investigadora en tal temática y región.

A lo anterior se suma el que estudios similares realizados en esta temática desde 1979, incluso en revistas y países desarrollados, reportan resultados similares sobre la afiliación institucional de autores, por ejemplo Bloomfield, quien, en un estudio sobre la producción de bibliotecarios en las publicaciones indizadas en *Library Literature*, advirtió que una de las características del bibliotecario profesional es que no sólo actúa como compilador de lo que otras personas escriben, sino que también se destaca por producir bastante literatura en la que expresan sus puntos de vista. Esta conclusión la aporta a partir de cruzar la cantidad y nombre de autores de los documentos con el estatus y profesión de los mismos (Bloomfield, 1979:24).

Otros trabajos, como el de Swigger, también revela en un estudio sobre la afiliación de autores de artículos de investigación en el *Science Citation Index*, en el que identifica que 31.78% de los autores eran bibliotecarios académicos, y que 23.26% eran autores procedentes de bibliotecas de escuelas y facultades. El resto de los trabajos se dispersaba en otras categorías de bibliotecarios de diferentes tipos de bibliotecas, además de otras profesiones, como editores, ejecutivos de asociaciones, entre otros (Swigger, 1985:107). En ese mismo año apareció otro artículo de Krausse y Sieburth, en el que a partir de una muestra de artículos de doce revistas de la especialidad identifican en diez años un incremento de casi el doble (de 28% al 42%) de artículos escritos por bibliotecarios académicos. Además, estos autores descubren que la cantidad de autores está asociada con la dimensión de las bibliotecas a las que pertenecen, puesto que más de la mitad de estos autores son bibliotecarios académicos que pertenecen a bibliotecas que cuentan con más de un millón de volúmenes (Krausse y Sieburth, 1985:133).

La distribución de la producción científica, según la tipología de los documentos en que ésta se difunde, constituye otro indicador considerado en el análisis de su comportamiento bibliométrico, resultando ser uno de los indicadores más simples y utilizados en este tipo de estudio. La frecuencia de uso de los diferentes tipos de documentos ha establecido patrones de comportamiento entre una u otra rama de la ciencia, de acuerdo con las preferencias manifiestas de los autores a la hora de escoger el canal o la forma en que comunican sus resultados.

El comportamiento de la tipología documental en este trabajo, según lo dicho en el apartado anterior, revela que los autores en esta temática y región tienen una marcada preferencia por publicar sus resultados en artículos de revistas (distribuidos de forma proporcional a la cantidad de documentos en los que participa cada país) de casi 40%; mientras que recurren a las ponencias en reuniones y monografías en 23 y hasta 11%, respectivamente. Este comportamiento podría considerarse cercano a las ciencias sociales, pero con un marcado corte interdisciplinario. En este sentido, se diría que sus parámetros se encuentran en el punto intermedio entre las denominadas ciencias puras y naturales y las humanidades.

En esta producción científica con características tan diversas se encuentra desde un artículo con el formato propio de una revista de matemáticas o física, como también puede darse el caso de documentos tipo ensayo literario, con un marcado sesgo de las humanidades. El contenido de los documentos en esta temática recorre un espectro muy variado, que va desde aquellos propios de las matemáticas, pasando por los tecnológicos hasta llegar a los de contenidos totalmente históricos o de corte humanístico. Este comportamiento le atribuye características especiales a la difusión de sus resultados, cuyo vehículo no es propio de las ciencias puras y naturales, pero tampoco de las humanidades.

Algunos autores plantean una marcada tendencia en la publicación de artículos científicos en áreas de las ciencias experimentales o de naturales, en las que la difusión de sus resultados en este tipo de documento sobrepasa 80%, mientras que las monografías o libros se difunden casi en un 10%. Un comportamiento opuesto se manifiesta en las aplicaciones prácticas y en las ciencias sociales, en las que la publicación de libros predomina entre 50 o 65%, y la publicación de artículos tienen porcentajes entre 10 y el 35% (López-Piñero y Terrada, 1992, citados por Bellavista *et. al.*, 1997: 60).

2.3.2 Productividad científica de autores. El Modelo Matemático de Lotka

Los resultados obtenidos sobre las características de la autoría, según se recoge en el apartado anterior, no discrepan, al menos no de forma significativa, con la mayoría de los estudios que sobre este tema aparecen en la literatura especializada. Entre estas características se identifican las siguientes:

- La autoría de los documentos, casi 90% es de tipo personal, y la poca participación de autores corporativos se asocia a instituciones públicas que, en su práctica directiva, generan documentos de tipo administrativo-metodológico. En este sentido, destacan las bibliotecas nacionales, las universitarias, los institutos y ministerios vinculados al sector bibliotecario y de la información. Entre éstos, resalta el Instituto Autónomo Biblioteca Nacional y de Servicios de Bibliotecas de Venezuela, país con poca participación en INFOBILA, con documentos de autoría personal (Véase la gráfica de la Figura 13 del apartado anterior).
- La tasa promedio de documentos en coautoría resulta relativamente baja, alrededor de 22%, característica que se enmarca en el comportamiento típico que aún subsiste en algunas áreas de las ciencias sociales. Este indicador, según Moneda-Corrochano, que cita a su vez a otros autores, en algunas revistas de corriente principal registra una tasa de coautoría por encima de 40%. En su estudio, esta autora identifica, entre 1984-1999, una tasa de trabajos de un solo autor de 68%, lo que significa que la tasa promedio de documentos en coautoría se encuentra próximo a 32%. Esta autora también cita otros trabajos de revistas específicas, como los de Auld (1988), quien identifica, para *Library Trends*, una tasa cercana a 14% entre 1980 y 1986; el de Bernhard (1993) que encontró otra tasa de 17% en la revista *Documentation et Bibliothèques*, durante el periodo 1973-1990 (Moneda-Corrochano, 2003: 336).
- El resultado anterior referido a la tasa de documentos en coautoría en este trabajo determinan que el índice de coautoría identificado

aquí sea de 1.30 autores firmantes por documento, puesto que la cantidad de documentos firmados por un solo autor alcanza 78.56%. Similares resultados han obtenido Foresti y Martins, quienes encuentran en un estudio realizado con cuatro revistas brasileñas de la especialidad, durante 1980 a 1986, que la cantidad de trabajos escritos por un solo autor era de 71.85% (Foresti y Martins, 1987: 61).

Otra forma de identificar estas relaciones de autoría resulta de la aplicación de otros indicadores utilizados para medir las relaciones de colaboración que estarían presentes en la forma y las razones por las que se agrupan los autores para publicar sus resultados, tales como *el índice de colaboración, el grado de colaboración y el coeficiente de colaboración*. La aplicación de estos indicadores, como se expuso en el capítulo anterior, confirman estas relaciones de autoría y contribuye a identificar, según las mismas, una escasa colaboración que estaría presente en este campo temático y región. Los valores obtenidos sobre estos indicadores también difieren de los obtenidos en otras ciencias como las naturales, tal y como se muestra en la Tabla 9 del apartado anterior, en la comparación de los valores obtenidos por Vinkler en el trabajo allí citado (Vinkler, 1993:227).

En esta comparación se observa cómo los valores obtenidos por Vinkler en las ciencias naturales, referentes al *índice de colaboración*, son marcadamente diferentes al obtenido en este estudio, lo cual corroboraría el planteamiento antes citado en Bellavista et al. sobre las desigualdades existente en este sentido entre las Ciencias Sociales y Humanidades, y otras disciplinas como las ciencias médicas y naturales. En esta última, los datos de Vinkler demuestran una media ponderada por equipo de investigación que abarca desde 1.91 hasta 2.38 autores por documentos escritos en colaboración, mientras que en este estudio el resultado no llega a uno.

Algo similar ocurre con el *coeficiente de colaboración*, en el cual el valor obtenido está visiblemente más cercano a 0; mientras que en los obtenidos en los del otro estudio se alcanzan valores de hasta 0.59, lo que debe ser interpretado que más de la mitad de los documentos están escritos en forma colectiva. Sin embargo, respecto del *grado de*

colaboración, se detectan equipos con valores de sólo 0.03, muy por debajo del valor obtenido en este estudio para este indicador. Esto se debe entender como una marcada presencia de documentos escritos por un solo autor.

De los resultados anteriores, obtenidos a partir de las relaciones de autoría presentes en la muestra utilizada, se deduce, sin esfuerzo, una tendencia predominante a la publicación de documentos escritos por un solo autor, lo que no deja lugar a dudas, por inferencia, de una marcada ausencia de relaciones de colaboración científica, nacional o internacional, en esta disciplina y región.

Estos resultados conducen al análisis de otro tipo de regularidad vinculada con la producción de información-conocimiento, encaminada a comprobar el comportamiento de la productividad científica en otra dimensión, la que determina la proporción cuantitativa (elite) en la que producen los autores. El modelo más difundido para estos fines es el modelo matemático de Lotka, ampliamente tratado en el capítulo primero, cuya aplicación a los datos obtenidos para este estudio se presentó en el apartado de resultados.

La proporción de autores que publican un solo documento dentro de un flujo de información o campo temático determinado no sólo afecta los indicadores de autoría y colaboración, sino que también determina el cumplimiento o ajuste de los parámetros calculados por el modelo matemático de Lotka sobre la productividad de autores científicos. Como ya se indicó en el capítulo primero, el postulado teórico de este modelo plantea que el total de autores que hacen una sola aportación a la muestra (parámetro C del modelo) debe ser alrededor de 60%.

Los resultados obtenidos en la aplicación de este modelo a la muestra de autores ingresados en INFOBILA indican que la cantidad de autores que participan con una sola aportación (C) para la muestra total (considerando el modelo particular de Lotka sobre el inverso del cuadrado para $n = 2$) es igual a 73% en los datos observados. Mientras que en los calculados por este modelo es de 62% aproximadamente. Sin embargo, una vez realizado el corte de la muestra, mediante el método de eliminación de la raíz cuadrada del total de autores que contribuyen con una publicación y calculado el exponente n para

esta muestra por el método de los mínimos cuadrados, las proporciones varían ligeramente en relación con las anteriores: Para los datos observados, la proporción es de 74%, y para los calculados, a partir del nuevo exponente, se acerca más a la proporción observada, con 71% aproximadamente.

Este porcentaje, algo superior al encontrado por Lotka en este parámetro, indica la presencia de un grupo considerable de autores esporádicos que participan una sola vez en este flujo de información, los cuales, en la mayoría de los casos, estarían representados por autores de otras disciplinas que participan coyunturalmente en este campo temático, debido al fuerte componente interdisciplinario que éste presenta. Estos factores afectarían el cumplimiento del modelo de Lotka en su postulado teórico, es decir, al aplicarle un estadígrafo, como el de Chi-cuadrado o el de Kolmogorov-Smirnov, para comprobar el ajuste entre la muestra observada y la distribución calculada con el modelo, quizás éstas no se ajusten estadísticamente, debido a la proporción de autores con una sola participación.

Otro parámetro calculado por el modelo es el valor de n , determinado por el método de los mínimos cuadrados, tal y como se muestra en el capítulo primero y el apartado anterior. El resultado obtenido para este parámetro en este estudio es de 2.3141, en la metodología se indica cómo Lotka encontró valores muy próximos a 2 que le permitieron postular su modelo con este valor, también conocido como la Ley del inverso del cuadrado.

Una vez calculados estos parámetros para la muestra objeto de estudio en sus dos formas, la completa y la segmentada, se aplica el estadígrafo de Kolmogorov-Smirnov y se comprueba que tampoco en la muestra segmentada, aunque por muy poca diferencia, se llega a aceptar la hipótesis nula; esto es en esta muestra no se cumple lo postulado por Lotka.

En el capítulo primero se presentó una revisión de sólo una selección de la vasta literatura publicada sobre este modelo, y se comprobó la diversidad existente en el tratamiento otorgado a este modelo, que va desde aplicaciones a determinado campo temático, hasta aquellos que cuestionan su formulación matemática y tratan de corregir o recalcular sus parámetros. La metodología presentada sobre

este modelo en el primer capítulo se encamina a identificar el método que Lotka debió seguir para calcular los parámetros de su modelo, además de utilizar las orientaciones metodológicas propuestas por Pao en 1985, como ya se mencionó.

Las verdaderas causas por las cuales el modelo puede o no cumplirse, siguen siendo un enigma, ya que su cumplimiento ha sido corroborado o no en una diversa gama de temáticas, tamaños de muestra, periodos y regiones muy diferentes, lo que sí parece tener más consenso es la asociación que existe entre el valor del exponente de la distribución n y la rama temática estudiada (García-Zorita, 2000:344). Aunque en la especialidad estudiada en este trabajo no parecen ser muy homogéneos los casos registrados en la bibliografía consultada.

Entre los primeros trabajos presentados en esta área temática se encuentra el de Voos de 1974, quien, como ya se indicó en el primer capítulo, aplica el modelo a la ciencia de la información, temática para la cual encontró un exponente de 3.5, y que el total de autores con una sola participación era de 88% para un periodo que cubría entre 1966 y 1970 (Voos, 1974:271).

El modelo de Lotka vuelve a ser aplicado ese mismo año por Schorr a dos revistas de esta especialidad, durante 1963-1972, según lo reseña un trabajo de Subramanyam, en el que este autor aplica el modelo a la literatura bibliotecológica procesada en Library Literature (Subramanyam, 1981). En estos trabajos estos autores al igual que Budd y Seavey, encuentran que el modelo de Lotka no se cumple en la literatura en *ciencias bibliotecológica y de la información*, tal y como ocurre en esta investigación (Budd y Seavey, 1990).

En trabajos más recientes, como el de Sen et al., se aplica el modelo a una muestra de dos años (1992 y 1993) de la literatura de la especialidad procesada en LISA. En el trabajo se encuentran valores de $n = 3,23$ y $3,1$, respectivamente (Sen et al., 1996). Mientras que el de Jiménez-Contrera y Moya-Anegón aplicado a biblioteconomía y la documentación en España, en el periodo 1975-1995, muestra que 70% de los autores publican un solo trabajo, y el valor del exponente n calculado es de 2.29 (Jiménez-Contrera y Moya-Anegón, 1997:260). Un último estudio, ya citado, de Moneda-Corrochano, encuentra que para una muestra sobre esta misma temática y país en la que aparece

63% de autores que participa con un solo trabajo, el exponente es de $n = 2.3$ (Moneda-Corrochano, 2003:318 y 320).

Los valores encontrados sobre el exponente n en el trabajo de Sen et al. parecen estar más en concordancia con el encontrado por Voos, alrededor de 3. Sin embargo, los calculados sobre esta temática en España por Jiménez-Contreras y Moya Anegón (1997), junto con el de Moneda-Corrochano (2003), son similares al calculado para nuestro trabajo (2.31). En estos tres casos, este parámetro se encuentra alrededor de 2. Ello pudiera alertar que en el comportamiento de la productividad sobre esta temática se distingue como característica que tal parámetro se encuentra próximo a 3 para la literatura anglosajona y alrededor de 2 para la iberoamericana.

REFERENCIAS

- Atkins, S. (1988). "Subject trends in library and Information Science research, 1975-1984". *Library Trends*, 36 (4): 633-658 spring
- Bellavista, J.; E. Guardiola, A. Méndez y M. Bordons (1997). *Evaluación de la investigación*. Madrid: Centro de Investigaciones Sociológicas. 117 p. (Cuadernos Metodológicos)
- Bloomfield, M. (1979). "A Quantitative Study of the Publishing Characteristics of Librarians". *Library Quarterly* 15 (3): 24-49.
- Bottle, R.T. y E.N. Efthimiadis (1984). "Library and Information Science literature: Authorship and growth patterns". *Journal of Information Science* 9: 107-116.
- Budd, J. M. y Seavey, C. A. (1990). "Characteristics of journal authorship by academic librarians". *College and Research Libraries*, 51 (5): 463-470.

El modelo matemático de Lotka

- Foresti, N. A. B. (1990). "Contribuição das revistas brasileiras de Biblioteconomia e Ciencia da Informação enquanto fonte de referencia para a pesquisa". *Ciencia da Informacao da Brasilia*, 19 (1): 53-71.
- García-Zorita, J. C. (2000). *La actividad científica de los economistas españoles, en función del ámbito nacional o internacional de sus publicaciones: estudio comparativo basado en un análisis bibliométrico durante el periodo 1986-1995*. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid. 405 p. (Tesis Doctoral).
- Jiménez-Contreras, E. y F. de Moya Anegón (1997). "Análisis de la autoría en revistas españolas de Biblioteconomía y Documentación 1975-1995." *Revista Española de Documentación Científica* 20 (3): 252-266.
- Krause S. C. and J. F. Sieburth (1985). "Patterns of Authorships in Library Journals by Academic Librarians". *The Serials Librarians*, 9 (3): 127-1389, spring.
- Moneda-Corrochano, M. de la (2003). *Análisis bibliométrico de la producción bibliográfica española en Biblioteconomía y Documentación*. Granada: Universidad de Granada, Facultad de Biblioteconomía y Documentación. 409 p. (Tesis Doctoral).
- Morales-Campos, E. (1997). "Latin America and the Caribbean, Chapter 8. pp.107-123. In: *World Information Report 1997/98*. París: UNESCO, Publishing. 390p. (Consultado 18 de agosto 2003)
<http://unesdoc.unesco.org/images/0010/001062/106215e.pdf>.
- Sen, B.K; M. F. B. Hassan y C.A.B. Taib (1996). "Library and Information Science literature and Lotka's law". *Malaysian Journal of Library and Information Science* 1 (2): 89-93.

- Singh, S. (1984). "An Analysis of the Contributions to Library and Information Science Journals in India 1971-1982". *International Library Review* 16 (2): 223-230.
- Subramanyam, K. (1981). "Lotka's Law and Library Literature". *Library Research* 3: 167-170.
- Swigger, K. (1985) Institutional Affiliations of Author of Research Articles.—*Journal of Education for Library and Information Science* 26(2): 105-109.
- Vinkler, P. (1993). "Research contribution, authorship and team cooperativeness". *Scientometrics* 26 (1): 213-230.
- Voos, H. (1974). "Lotka and information science". *Journal of the American Society for Information Science* 25 (4): 270-272.

2.4 CONSIDERACIONES FINALES

El sistema INFOBILA constituye una importante fuente de información de cobertura regional sobre esta temática, pero dicha cobertura no presenta el mismo nivel de exhaustividad en todos los países que integran este sistema. Su utilidad como recurso de información para estudios bibliométricos resulta afectada debido a que, desde su origen, siempre estuvo orientada a la búsqueda y recuperación de información, no a la realización de estudios como el presente, además debido a los problemas que presenta en la normalización de algunos de sus campos, como *lugar de publicación*, *nombre de los autores*, *fecha de publicación*, así como por la carencia en sus registros de algunos datos de gran importancia para este tipo de estudio, como por ejemplo, la afiliación de los autores, entre otros.

El estudio bibliométrico del flujo de información documental compilado en INFOBILA permite, no obstante lo anterior, identificar un conjunto de regularidades que de forma general caracterizan la producción científica que sobre esta temática se genera en la región y cuyas principales peculiaridades se resumen como sigue:

- Existe una marcada relación entre los niveles de producción científica de los países estudiados y la infoestructura, recursos humanos y materiales disponibles en éstos.
- La producción científica que sobre el tema se genera en esta región presenta altos niveles de diversidad y dispersión temática, así como de concentración geográfica. Esto se observó a nivel general de toda la muestra y a nivel particular por países.
- Existe una tendencia predominante de los autores (78 %) por publicar en solitario, con un Índice de coautoría de 1.3 y una tasa de documentos coautorados de sólo 21 %. La cantidad de autores que participan una sola vez en todo el flujo de información estudiado es de casi el 72 %, comportamiento similar al de otros estudios realizados sobre esta temática.
- Los resultados obtenidos en la aplicación del modelo matemático de Lotka a la muestra de autores observados en la base de datos INFOBILA permiten sustentar que, por muy poca diferencia, se

rechaza la hipótesis nula y se concluye que la muestra no cumple con el postulado teórico de Lotka, no obstante los resultados obtenidos en los parámetros del modelo $n = 2.3$ y $C = 0.70$ son similares a los calculados en otros estudios, como los reseñados en la discusión de este trabajo sobre esta especialidad en España.

El comportamiento de los valores obtenidos en los parámetros del modelo de Lotka en esta investigación se hallan más asociados a estudios similares realizados sobre esta temática en el mundo hispano que los obtenidos en países del ámbito anglosajón.

Lo anterior indicaría que el comportamiento de los parámetros de este modelo no sólo se presentan de forma diferenciada por temáticas, sino que también su variación entre estos dos ámbitos alertaría sobre las disimilitudes culturales en cuanto a hábitos y costumbre de los autores para generar su producción científica, así como de un diferente nivel de especialización en la producción científica que generan.

El hecho de que los valores obtenidos para cada parámetro del modelo en esta temática, en sentido general, no se ajusten a los obtenidos por Lotka con mayor precisión y en temáticas más especializadas sí, sería un indicador de que con este modelo, al igual que con otros modelos bibliométricos, se alcanza mayor explicación en muestras de temáticas más especializadas que en multidisciplinarias, como es el caso de las ciencias bibliotecológica y de la información. Este comportamiento sugiere la aplicación del modelo matemático de Lotka por separado, a cada una de las disciplinas que integran este campo temático, tales como bibliotecología, archivología, bibliografología y la ciencia de la información. Quizá con ello se logre una disminución de los autores ocasionales y, por consiguiente, de los valores de los parámetros del modelo más parecidos a los obtenidos por Lotka.

Anexos

ANEXOS

Tabla 1: ICBALC Distribución de proyectos por países, según áreas de investigación

Argentina	Conformación del área		Rep. del país
	Proyectos	%	%
	42	100.00	17.14
Sistemas de información	23	54.76	
Información y sociedad	10	23.81	
Análisis y sistematización de la información documental	5	11.90	
Tecnologías de la información	4	9.52	
Brasil	Conformación del área		Rep. del país
	Proyectos	%	%
	78	100.00	31.84
Información y sociedad	26	33.33	
Análisis y sistematización de la información documental	25	32.05	
Sistemas de Información	22	28.21	
Tecnologías de la información	4	5.13	
Fundamentos de las ciencias bibliotecológica y de la información	1	1.28	
Chile	Conformación del área		Rep. del país
	Proyectos	%	%
	5	100.00	2.04
Información y sociedad	3	60.00	
Sistemas de Información	2	40.00	
Colombia	Conformación del área		Rep. del país
	Proyectos	%	%
	7	100.00	2.86
Información y sociedad	3	42.86	
Sistemas de Información	3	42.86	
Análisis y sistematización de la información documental	1	14.29	
Costa Rica	Conformación del área		Rep. del país
	Proyectos	%	%
	5	100.00	2.04
Análisis y sistematización de la información documental	2	40.00	
Información y sociedad	2	40.00	
Sistemas de información	1	20.00	

El modelo matemático de Lotka

Cuba	Conformación del área		Rep. del país
	Proyectos	%	%
	4	100.00	1.63
Sistemas de Información	3	75.00	
Fundamentos de las ciencias bibliotecológica y de la información	1	25.00	
México	Conformación del área		Rep. del país
	Proyectos	%	%
	87	100.00	35.51
Información y sociedad	31	35.63	
Sistemas de Información	25	28.74	
Análisis y sistematización de la información documental	13	14.94	
Tecnologías de la información	10	11.49	
Fundamentos de las ciencias bibliotecológica y de la información	8	9.20	
Uruguay	Conformación del área		Rep. del país
	Proyectos	%	%
	10	100.00	4.08
Información y sociedad	4	40.00	
Análisis y sistematización de la información documental	4	40.00	
Sistemas de información	2	20.00	
Venezuela	Conformación del área		Rep. del país
	Proyectos	%	%
	7	100.00	2.86
Sistemas de información	3	42.86	
Tecnologías de la información	2	28.57	
Análisis y sistematización de la información documental	1	14.29	
Información y sociedad	1	14.29	
Total de investigaciones:	245		

Tabla 2: Distribución de documentos en INFOBILA, según fecha de publicación

Periodo	Cant.Doc.	%
1890 - 1899	1	0,01%
1910 - 1919	4	0,03%
1920 - 1929	37	0,24%
1930 - 1939	14	0,09%
1940 - 1949	69	0,45%
1950 - 1959	236	1,56%
1960 - 1969	587	3,87%
1970 - 1979	1.866	12,30%
1980 - 1989	5.312	35,02%
1990 - 1999	6.306	41,57%
2000 - 2002	706	4,65%
S.F.	32	0,21%
Total	15170	100,00%

Tabla 3: Distribución de documentos en INFOBILA, según tipología documental

Tipo De Documentos	Cant. Doc.	%
Artículo de Revista	5971	39,36%
Ponencia en Reunión	3480	22,94%
Documento Suelto	1828	12,05%
Monografía	1788	11,79%
Tesis	1395	9,20%
Capítulo De Libro	629	4,15%
Audiovisual	10	0,07%
Documento Electrónico	2	0,01%
Sin Definir	67	0,44%
Total	15170	100,00%

El modelo matemático de Lotka

Tabla 4: Distribución de documentos en INFOBILA, según idioma

Idioma	Cant.doc.	%
Español	12746	84,02%
Portugués	1664	10,97%
Inglés	661	4,36%
Francés	32	0,21%
Sin Definir	67	0,44%
Total	15170	100,00%

Tabla 5: Distribución de documentos en INFOBILA, según tipo de autores

Tipo de autores	Cant. doc.	%
Sin definir	668	4,40%
Autores corporativos	996	6,57%
Autores personales	13506	89,03%
Total	15170	100,00%

Tabla 6. Distribución de documentos en INFOBILA, según cantidad de autores

Nº de firmas personales	Cant. de docs.	Cant. de autores	Tasa docs. coautorados	%
1	10610	10610		78,56%
2	2096	4192	0,15519	15,52%
3	536	1608	0,03969	3,97%
4	155	620	0,01148	1,15%
5	109	545	0,00807	0,81%
Sub-total de doc/aut.mult.	2896	6965	0,21442	21,44%
Total	13506	17575		100,00%

Apéndice

APÉNDICE

Comportamiento de la literatura científica publicada sobre el Modelo Matemático de Lotka.

Este modelo bibliométrico, junto con el de Bradford, el de Price y el de Zipf, resulta uno de los más revisados en la literatura bibliométrica. Vlachy, conocido por sus estudios sobre el modelo de Lotka, desde 1978 publicó una bibliografía sobre este modelo y otros fenómenos relacionados, en la cual compila 437 documentos publicados por 568 autores (entre autores principales y coautores), e identificó trabajos sobre distribuciones de frecuencias hechas desde mucho antes de que Lotka realizara su propuesta, debido a que esta bibliografía cubre un periodo comprendido entre 1892 hasta 1978. Aunque de este extenso lapso aparecen sólo 23 entradas publicadas entre 1892-1944, y si se limita la selección sólo a los documentos que traten directamente el modelo de Lotka, la muestra se reduce a unos casos aislados a principio de los cuarenta y una mayor presencia de trabajos a partir de los setenta (*Vlachy, 1978:109*).

Otro trabajo de Urbizagástegui señala haber compilado una bibliografía junto con Lane sobre el modelo de Lotka que, hasta diciembre del 2000, alcanzaba la cifra de más de doscientas referencias sobre artículos, monografías, ponencias en congresos, capítulos de libros, literatura gris, en los que se trata de replicar o reformular este modelo. Sin embargo, para este trabajo no se pudo contar con este documento, debido a que el propio autor declara, en referencia a esta compilación, que este documento se encontraba en prensa (*Urbizagástegui, 2002:14*).

Para esta investigación también se identificaron 190 referencias sobre dicho modelo matemático (cifra aproximada a la encontrada por el trabajo de referencia anterior), de las cuales alrededor de 40% aparecen analizadas en el apartado relacionado con la revisión bibliográfica que se presenta en el primer capítulo de este trabajo. A lo anterior habrá que añadir el extenso tratamiento que ha tenido este modelo

en otras bibliografías generales sobre los estudios métricos de la información.

Una de las revisiones bibliográficas más completas y de obligada consulta realizadas sobre modelo de Lotka es la de William Gray Potter, quien en 1981 señalaba, por ejemplo, que Lotka no fue citado hasta 1941, que no se le llamó “Ley de Lotka” hasta 1949 y que no se aplicó en otras disciplinas hasta 1973. Al mismo tiempo, advertía que hay una gran cantidad de factores (como materias, formatos de publicación, lenguajes, etc.) que definen la aplicabilidad del modelo de Lotka y que debía incluirse como variables en un modelo posterior más sofisticado. Sin embargo, reconoce que este modelo sería más difícil de comprender, aunque más útil (*Potter, 1981:21*).

Como se indicó anteriormente, en el transcurso de esta investigación se identificaron casi 190 referencias, de las cuales 182 se pudieron identificar todos los elementos de su asiento bibliográfico que permiten su búsqueda y recuperación en los sistemas especializados, como LISA, ISA y Library Literature, con el propósito de servir a estudios posteriores y contribuir a una mayor difusión y conocimiento sobre este modelo bibliométrico. Por ello, a continuación se facilitan todas y cada una de estas referencias, ordenadas según su tipología documental y, dentro de ésta, por orden cronológico, acompañadas de tres índices de búsqueda: uno de autor, uno de título y otro de revistas científicas, los cuales facilitan la identificación y localización de estos documentos, al mismo tiempo que constituyen otro subproducto de los resultados obtenidos en esta investigación.

Entre las características principales de esta literatura compilada sobre el modelo matemático de Lotka se destacan las siguientes:

- El 82.4% de los documentos son artículos de revistas, sólo unos pocos aparecen publicados en otros tipos de documentos, como libros y folletos con 6 %; ponencias presentadas en eventos científicos (con un 7.6%) y sólo (3.8%) de estos documentos corresponden a tesis, en las que ha sido tratado este modelo, al menos, en esta parte de la documentación seleccionada para esta obra.
- Del total de artículos compilados en esta bibliografía (150), 50.65% (tomando un umbral de frecuencia mayor a 5 y por encima de 3%)

aparecen publicados en 6 revistas principales, las cuales representan sólo 10.7% del total de títulos compilados (56), tal y como se presenta en la siguiente distribución:

Títulos de Revistas	Cant. Ref.	%
Journal of the American Society for Information Science	31	20.66%
Scientometrics	18	12.00%
Information Processing and Management	12	8.00%
Nauchno-tekhnicheskaya informatsiya, Series. 2	5	3.33%
Journal of Documentation	5	3.33%
Journal of Information Science	5	3.33%
Subtotal	76	50.65%

- Una distribución de los documentos compilados en esta bibliografía, de acuerdo con su fecha de publicación y agrupación en décadas, denota que 36.81 y 28.57% de los documentos fueron publicados en las décadas de los ochenta y noventa, respectivamente, lo cual indica que más de 65% de los documentos de esta muestra aparecen en este lapso de veinte años. Resulta significativo también que, en los años setentas se llegó a publicar 24.73% de estos documentos. Sin embargo, Potter, en el documento antes citado, refiere que el modelo de Lotka aparece citado desde 1941 y que en 1949 alcanzó la denominación de “ley”; en la búsqueda realizada para este libro, no se encontraron documentos de la década de los cuarenta, sólo uno fechado en 1957 y 6.04 % de los documentos publicados en los años sesenta. En este sentido, otro dato curioso es la vigencia de este modelo si se considera que en los últimos años transcurridos de la presente década (2000-2005) todavía, aunque en menor proporción, aparecen documentos publicados en 3.30 %.
- En la muestra de documentos compilados en esta bibliografía, se observa que los 182 registros aparecen escritos por 230 autores y el análisis de su autoría indica que 76.92% de estos son escritos por un solo autor mientras que 19.78 y 3.30 % aparecen firmados

El modelo matemático de Lotka

por dos, por tres o más, respectivamente. Estos valores condicionan que el índice de coautoría de esta muestra sea de 1.26 autores firmantes por documentos y que la tasa promedio de documentos coautorados sea de 0.23, lo cual significa que 23% de los mismos han sido firmados por autoría múltiple, datos similares a los encontrados en la muestra estudiada de INFOBILA y presentados en el apartado de los resultados.

Los resultados anteriores sobre la autoría, obtenidos con la bibliografía selectiva sobre el modelo matemático de Lotka, motivan el interés por comprobar si en esta reducida muestra de documentos altamente especializados sobre el mismo modelo se cumple lo postulado por Lotka, es decir, confrontar a Lotka consigo mismo, tal y como se muestra en los cálculos siguientes.

Lotka vs. Lotka

Debido a lo exiguo de la muestra, se trabaja con su totalidad sin realizar el denominado cut-off y se adopta por definición el modelo sobre el inverso del cuadrado sugerido por Lotka, en el que el valor de $n = 2$; es decir: $y = \frac{C}{n^2}$ Los resultados obtenidos con este cálculo se muestran en la tabla siguiente:

Distribución de frecuencia de autores por contribuciones, según el modelo de Lotka utilizando el estadígrafo Kolmogorov-Smirnov

A	Distribución muestral			Distribución teórica			Estadígrafo K-S	
	B	C	D	E	F	G	H	I
Contrib	Aut.obser	Acu.obser	s(x)	1/(n)2	Teor. Acu.	f(x)	f(x) - s(x)	/f(x) - s(x)/
1	82	82	0.75229	82.00	82.00	0.65252	-0.09978	0.09978
2	15	97	0.88991	20.50	102.50	0.81565	-0.07426	0.07426
3	2	99	0.90826	9.11	111.61	0.88815	-0.02011	0.02011
4	2	101	0.92661	5.13	116.74	0.92893	0.00233	0.00233
5	3	104	0.95413	3.28	120.02	0.95503	0.00090	0.00090
6	2	106	0.97248	2.28	122.29	0.97316	0.00068	0.00068
7	1	107	0.98165	1.67	123.97	0.98648	0.00482	0.00482
8	1	108	0.99083	1.28	125.25	0.99667	0.00585	0.00585
14	1	109	1.00000	0.42	125.67	1.00000	0.00000	0.00000

Para la comprobación del modelo, al igual que en los resultados anteriores, se calcula el estadígrafo de Kolmogorov-Smirnov y los resultados obtenidos son estos.

$$D = \text{máxima} [f(x) - s(x)]$$

donde

$f(x)$ = Distribución acumulada teórica

$s(x)$ = Distribución acumulada observada

$$D = \text{máxima} = 0.09978 \quad n = 109 \text{ (tamaño de la muestra de autores)}$$

$$K - S = \frac{1.63}{\sqrt{n}} \quad \text{Para un nivel de significación de } \alpha = 0.01$$

$$K - S = \frac{1.63}{\sqrt{109}} \quad K - S = \frac{1.63}{10.44} = 0.15614$$

$$D = \text{máxima} = 0.09978 < 0.15614$$

Este resultado denota que se cumple lo postulado por Lotka para los valores calculados con esta muestra partiendo del supuesto que $n = 2$. No obstante a estos resultados se le calcula el valor de n siguiendo la metodología empleada en esta investigación y se obtienen estos resultados:

Cálculo de los coeficientes de regresión. Mínimos cuadrados

x	x ²	y	logy	logx	logylogx	(logx) ²
1	1	82	1.91	0.00	0.00	0.00
2	4	15	1.18	0.30	0.35	0.09
3	9	2	0.30	0.48	0.14	0.23
4	16	2	0.30	0.60	0.18	0.36
5	25	3	0.48	0.70	0.33	0.49
6	36	2	0.30	0.78	0.23	0.61
7	49	1	0.00	0.85	0.00	0.71
8	64	1	0.00	0.90	0.00	0.82
14	196	1	0.00	1.15	0.00	1.31
50	400	109	4.47	5.75	1.25	4.62

El modelo matemático de Lotka

$$\sum \log y = Nc + n \sum \log x$$

$$\sum \log y \log x = c \sum \log x + n \sum (\log x)^2$$

Sustituyendo en el sistema de ecuaciones por:

$$4.47 = 9c + 5.75n \quad \text{Coeficientes del Sistema de Ecuaciones.}$$

$$1.25 = 5.75c + 4.62n$$

$$-25.71 = -51.76c - 33.08n \quad \text{Resolución del Sistema de Ecuaciones}$$

$$11.22 = 51.76c + 41.56n$$

$$-14.49 = 8.48n$$

$$n = \frac{-14.49}{8.48}$$

$$\boxed{n = -1.71}$$

Como se observa, el resultado obtenido en el cálculo del valor de n por el método de los mínimos cuadrados es próximo a 2 o al menos a -1.888 obtenido por Lotka en la muestra del *Chemical Abstracts*; sin embargo, al sustituir en el modelo el valor de n por el calculado (-1.71), la hipótesis no se cumple con esta pequeña muestra, debido quizás al tamaño mismo de la muestra o a que la disminución del valor se encuentra muy por debajo de lo tolerado por este parámetro, para que la muestra observada sea estadísticamente igual a la calculada. Otro aspecto a considerar son los valores de C , es decir, la cantidad de autores que participan, una vez que en la muestra observada es de 75%, mientras que en la calculada es de 65% en ambos casos rebasan 60%, porcentaje estipulado por Lotka en su modelo.

REFERENCIAS

Potter, William Gray. "Lotka's Law revisited". *Library Trends* 30 (1): 21-39, 1981.

Urbizagástegui Alvarado, R. "A Lei de Lotka na Bibliometria brasileira". *Ciencia da Informacao* 31 (2): 14-20. 2002.

Vlachy, Jan. "Frequency distributions of scientific performance: a bibliography of Lotka's Law and related phenomena". *Scientometrics* 1 (1): 109-130, 1978.

BIBLIOGRAFÍA SELECTIVA DEL MODELO MATEMÁTICO DE LOTKA SOBRE LA PRODUCTIVIDAD CIENTÍFICA DE AUTORES

Artículos de revistas

- [1] Lotka, Alfred J. "The Frequency distribution of scientific productivity". *Journal of the Washington Academy of Sciences* 16 (12): 317-323, 1926.
- [2] Shockley, W. "On the statistics of individual variations of productivity in research laboratories". *Proceedings IRE* 45 (3): 279-290, 1957.
- [3] Platz, A. "Psychology of the scientific 11 Lotka's law and research visibility". *Psychological Reports* 16: 566-568, 1965.
- [4] Khursin, L. A and L. S. Kozachkov. "The Basic probability distribution in information flow systems". "Osnovnoe veroyatnostnoe raspredelenie v sistemakh informatsionny kh potokov". *Nauchno Tekhnicheskaya Informatsiya, Series 2* (Russia) (2): 3-12, 1968.
- [5] Kozachkov, L. S. and L. A. Khursin. "A Model of the growth of scientific publications based on Lotka-Bradford-Zipf law". *Nauchno-tekhnicheskaya informatsiya, Series. 2* (Russia) (8): 3-10, 1968.
- [6] Zener, C. "An Analysis of scientific productivity". *Proceedings of the National Academy of Science* 58(4):1078-1081, 1968.
- [7] Zener, C. "Analysis of scientific productivity (abstract)". *Science* 160 (3826): 444, 1968.

El modelo matemático de Lotka

- [8] Akhmerov, F.R. "Descriptions of relationships between authors and their usage for classification purposes". *Nauchno Tekhnicheskaya Informatsiya, Series 2* (Russia) (10): 6-9., 1969.
- [9] Kozachkov, L.S. "Information flow in Science [Informatsini potoki v nauksi]". *Vistnik an URSR* (Russia) (8): 76-91, 1969.
- [10] Mulchenko, Z.M. and V.V. Nalimov. "A Word to add to the exponential growth concept". *Nauchno Tekhnicheskaya Informatsiya. Series 2* (Russia) (8): 12-14, 1969.
- [11] Vlachy, Jan. "Publications and scientific productivity (Methodological approaches)". *Teorie a metoda* 2(2): 89-112, 1970.
- [12] Vlachy, Jan. "Remarks on the productivity age". *Teorie e Metoda* 2(3): 121-150, 1970.
- [13] Vlachy, Jan. "Some creativity patterns in physical sciences". *Teorie a Metoda* 3(1): 83-96, 1971.
- [14] Vlachy, J.-"Variable factors in scientific communities (Observations of Lotka's law)". *Teorie a Metoda* 4: 91-120, 1972.
- [15] Murphy, Larry J. - "Lotka's Law in the Humanities?". *Journal of the American Society for Information Science* 24 (6): 461-462, 1973.
- [16] Allison, P.D. and J.A. Stewart. "Productivity differences among scientists evidence for accumulative advantage". *American Sociological Review* 39 (4) :596-606, 1974.
- [17] Murphy, Larry J. "Letter to the editor". *Journal of the American Society for Information Science* 25 (2) :134, 1974.

- [18] Schorr, A.E. "Lotka's Law and library science". *Reference Quarterly* 14 (1): 32-33, 1974.
- [19] Voos, H. "Lotka and information science". *Journal of the American Society for Information Science* 25 (4): 270-272, 1974.
- [20] Bookstein, Abraham. "The Bibliometric distributions". *Library Quarterly* 46 (4): 416-423, 1975.
- [21] Coile, Russell C. "Letter. <<Lotka and Information-Science>>". *Journal of the American Society for Information Science* 26 (2): 133-134, 1975.
- [22] Faia, M.A. "Productivity among scientists a replication and elaboration". *American Sociological Review* 40 (6): 825-829, 1975.
- [23] Schorr, A.E. "Lotka's Law and map librarianship". *Journal of the American Society for Information Science* 26 (3): 189-190, 1975.
- [24] Schorr, A.E. "Lotka's Law and the history of legal medicine". *Research in Librarianship* (30): 205-209 Sept., 1975.
- [25] Voos, H. "Letter". *Journal of the American Society for Information Science* 26 (2): 134, 1975.
- [26] Windsor, Donald A. "Developing drug literatures-1: Bibliometrics of baclofen and dantrolene sodium". *Journal of Chemical Information and Computer Sciences* 15 (4): 237-241, 1975.
- [27] Aiyepeku, W.O. "The Productivity of geographical authors - A case study from Nigeria". *Journal of Documentation* 32 (2): 105-117, 1976.

- [28] Allison, P.D., Derek de Solla Price, Belver C. Griffith, Michael J. Moravcsik, and John A. Stewart. "Lotka's Law: a problem in its interpretation and application". *Social Studies of Science* 6 (2): 269-276, 1976.
- [29] Oliveira, Margarida Pinto. "Análise bibliométrica da literatura médica brasileira. (Bibliometric analysis of Brazilian medical literature)". *Revista da Escola de Biblioteconomia da UFMG* 5 (1): 7-26., 1976.
- [30] Price, Derek J. de Solla. "A General theory of bibliometric and other cumulative advantage processes". *Journal of the American Society for Information Science* 27 (5/6): 292-306, 1976.
- [31] Vlachy, Jan. Time factor in Lotka's Law. [Factorul timp in legea lui Lotka].--*Probleme de Informare si Documentare* 10(2):44-87, 1976.
- [32] Bookstein, Abraham. "Patterns of scientific productivity and social change: a discussion of Lotka's Law and Bibliometric symmetry". *Journal of the American Society for Information Science* 28(4):206-210, 1977.
- [33] Coile, Russell C. "Lotka's frequency distribution of scientific productivity". *Journal of the American Society for Information Science* 28 (6): 366-370, 1977.
- [34] Hubert, John J. "Bibliometric models for journal productivity". *Social Indicators Research* 4: 441-473, 1977.
- [35] Hubert, John J. Letter to the editor on Murphy L.J. "Lotka's Law in the Humanities".--*Journal of the American Society for Information Science* 28 (1): 66, 1977.
- [36] Krisciunas, Kevin. Letter to the editor "Lotka's law year by year". *Journal of the American Society for Information Science* 28 (1): 65-66, 1977

- [37] Narin, Francis and Joy K. Moll. "Bibliometrics". *Annual Review of Information Science and Technology* 12: 35-58, 1977.
- [38] Terrada, María Luz y Víctor Navarro. "La productividad de los autores españoles de bibliografía médica". [The productivity of Spanish authors in medical literature] *Revista Española de Documentación Científica* 1(1): 9-19, 1977.
- [39] Bomeny, Regina Helena Diniz. "Estudio bibliométrico aplicado ao arquivo privado de Getulio Vargas". [A bibliometric study of the private archives of Getulio Vargas]. *Ciencia da Informação* 7 (1): 37-42, 1978.
- [40] Gusmao, Heloisa Rios. "An Analysis of Brazilian iron and steel literature". [Análise da literatura brasileira de siderurgia]. *Ciencia da Informação (Brasil)* 7 (1): 25-35, 1978.
- [41] Kozachkov, L.S. "Information system of hierarchic "ranking" structure". [Informatsionnye sistemy ierarkhicheskoi 'rangovoi' strukturoi]. *Nauchno Tekhnicheskaya Informatsiya, Series 2* (Rusia) (8): 15-24, 1978.
- [42] Vlachy, Jan. "Frequency distributions of scientific performance: a bibliography of Lotka's Law and related phenomena". *Scientometrics* 1 (1): 109-130, 1978.
- [43] Pao, Miranda Lee. "Bibliometrics and computational musicology". *Collection Management* 3 (1): 97-109, 1979
- [44] Radhakrishnan, T. and R. Kerninzan. "Lotka's Law and computer science literature". *Journal of the American Society for Information Science* 30 (1): 51-54, 1979.

El modelo matemático de Lotka

- [45] Subramanyam, K. "Lotka's Law and the literature of computer science". *IEEE Transactions on Professional Communication, PC* 22 (4): 187-190, 1979.
- [46] Potter, William Gray. "When names collide: conflict in the catalog and AACR2".—*Library Resources and Technical Services* 24 (1): 3-16, 1980.
- [47] Yablonsky, A.I. "On fundamental regularities of the distribution of scientific productivity". *Scientometrics* 2 (1): 3-34, 1980.
- [48] Ferreiro Alaez, Luis. "La producción científica del CSIC en biología (1963-1978). Estudio sociométrico". [The scientific production of the Spanish Higher Research Council (CSIC) in biology (1963-1978)]. *Revista Española de Documentación Científica* 4 (1): 9-21, 1981.
- [49] Lawani, S.M. "Bibliometrics: its theoretical foundations, methods and applications". *Libri* 31 (4): 294-315, 1981.
- [50] Momcilovic, B. and V. Simeon. "Distribution of citation frequencies in a non-selected group of scientific papers". *Informatologica Yugoslavica Zagreb* 13 (1-4): 123-128, 1981.
- [51] O'Connor, Daniel O. and H. Voos. "Empirical laws, theory construction and bibliometrics". *Library Trends* 30 (1): 9-20, 1981.
- [52] Petersen, Erland Munch. "Bibliometrics and fiction". *Libri* 31 (1): 1-21, March, 1981.
- [53] Potter, William Gray. "Lotka's Law revisited". *Library Trends* 30 (1): 21-39, 1981.
- [54] Richardson, Valerie L. and William Gray Potter. "Lotka's Law and the catalogue?" *Australian Academic and Research Libraries* 12 (3): 185-190, 1981.

- [55] Subramanyam, K. "Lotka's Law and library literature". *Library Research* 3 (2): 167-170, 1981.
- [56] Bensman, Stephen J. "Bibliometric laws and library usage as social phenomena". *Library Research* 4 (3): 279-312, 1982.
- [57] Fedorowicz, J. "The Theoretical foundation of Zipf's law and its application to the bibliographic database environment". *Journal of the American Society for Information Science* 33 (5): 285-293, 1982.
- [58] MacRoberts, M. H. and B.R. MacRoberts. "A Re-evaluation of Lotka's law of scientific productivity". *Social Studies of Science* 12 (3): 443-450, 1982.
- [59] Mattsson, Bjorn Eric and Gun Akerman. "Nordinfo Course in Bibliometrics, 1981-10-26-29, Hanassari, Helsinki, Swedish-Finnish Cultural Centre". *Biblioteksbladet* 67 (3): 54-55, 1982.
- [60] Pao, Miranda Lee. "Lotka's test". *Collection Management* 4 (1-2): 111-124, 1982.
- [61] Schreiber, Herbert. "Die Anwendung von mass und zahl auf das schrifttum". [The application of measure and numbers to literature to written matter]. *Zentralblatt fur Bibliothekswesen* 96 (10): 454-456, 1982.
- [62] Brookes, Bertram C. "The Empirical law of natural categorization". *Journal of Information Science* 6 (5): 147-157, 1983.
- [63] Kretschmer, Hildrun. "The Reflection of Lotka's Law in the structure of citations of a journal". *Scientometrics* 5 (2): 85-92, 1983.

El modelo matemático de Lotka

- [64] Oliveira, Silas Marques de. "Aplicacao da Lei de productividade de autores de Lotka a literatura de jaca. [Application of Lotka's Law of author productivity to the literature of the jackfruit]". *Revista de Biblioteconomia de Brasilia* 11 (1): 125-130, 1983.
- [65] Brookes, Bertram C. "Ranking techniques and the empirical log law". *Information Reports and Bibliographies* 20 (1): 37-46, 1984.
- [66] Gabor, Frantisek. "Bibliometrics: a bibliographical survey". [Bibliometria: bibliograficky prehl'ad]. *Citatel* 33 (6): 224-226, 1984.
- [67] Montenegro de Lima, R.C. "Estudo bibliometrico: analise de citações no periodico Scientometrics". [Bibliometric study: analysis of citations in the journal Scientometrics].-- *Ciencia da Informacao* 13 (1): 57-66, 1984.
- [68] Oliveira, Silas Marques de. "A Lei de Lotka sobre a produtividade de autores: aplicabilidade do quadrado inverso". [Lotka's Law of intellectual productivity: further applications].--*Revista da Escola de Biblioteconomia da UFMG* 13 (2): 207-233, 1984.
- [69] Zunde, P. "Empirical laws and theories of information and software sciences". *Information Processing and Management* 20 (1-2): 5-18., 1984.
- [70] Egghe, Leo. "Consequences of Lotka's Law for the Law of Bradford". *Journal of Documentation* 41 (3): 173-189, 1985.
- [71] Glanzel, W. and Andras Schubert. "Price distribution. An exact formulation of <<Price's square root law>>". *Scientometrics* 7 (3-6): 211-219, 1985.

- [72] Ikpaahindi, Linus. "An Overview of bibliometrics: its measurements, laws and their applications". *Libri* 35 (2): 163-177, 1985.
- [73] López Calafi, J.; A. Salvador y M. de la Guardia. "Estudio bibliométrico de la literatura científica sobre la determinación de elementos metálicos en aceites lubricantes por espectroscopia de absorción atómica". [Bibliometric study of the scientific literature on the determination of metallic elements in lubricating oils by flame atomic absorption analysis]. *Revista Española de Documentación Científica* (España) 8 (3): 201-213, 1985.
- [74] Pao, Miranda Lee. "Lotka's Law: a testing procedure". *Information Processing and Management* 21 (4): 305-320, 1985.
- [75] Chen, Ye-Sho and Ferdinand F Leimkuhler. "A Relationship between Lotka's Law, Bradford Law and Zipf's Law". *Journal of the American Society for Information Science* 37(5):307-314, 1986.
- [76] Egghe, Leo and Ronald Rousseau. "A Characterization of distributions which satisfy Price's Law and consequences for the Laws of Zipf and Mandelbrot". *Journal of Information Science* 12 (4): 193-197, 1986.
- [77] Egghe, Leo. "The Dual of Bradford's Law". *Journal of the American Society for Information Science* 37 (4): 246-255, 1986.
- [78] Nicholls, Paul Travis. "Empirical validation of Lotka's Law". *Information Processing and Management* 22 (5): 417-419, 1986.
- [79] Pao, Miranda Lee. "An Empirical examination of Lotka's Law". *Journal of the American Society for Information Science* 37 (1): 26-33, 1986.

El modelo matemático de Lotka

- [80] Broadus, R.N. "Early approaches to Bibliometrics". *Journal of the American Society for Information Science* 38 (2): 127-129, 1987.
- [81] Egghe, Leo. "An Exact calculation of Price's Law for the Law of Lotka" *Scientometrics* 11 (1-2): 81-97, 1987.
- [82] Egghe, Leo. "Pratt's measure for some bibliometric distributions and its relation with the 80/20 rule". *Journal of the American Society for Information Science* 38 (4): 288-297, 1987.
- [83] Gupta, Davendra K. "Lotka's Law and productivity patterns of entomological research in Nigeria for the period 1900-1973". *Scientometrics* 12 (1-2): 33-46, 1987.
- [84] Nicholls, P. T. "Estimation of Zipf parameters". *Journal of the American Society for Information Science*. 38(6):443-445, 1987. Erratum. *JASIS* 39:287, 1988.
- [85] Tsay, Ming-yueh. "An Introductory review of Bibliometrics". *Journal of Educational Media and Library Sciences* 24 (3): 261-269, 1987.
- [86] Egghe, Leo. "On the classification of the classical bibliometric laws". *Journal of Documentation* 44 (1): 53-62, 1988.
- [87] Glanzel, Wolfgang and Andras Schubert. "Characteristic scores and scales in assessing citation impact". *Journal of Information Science* 4 (2): 123-127, 1988.
- [88] Kunz, M. "Lotka and Zipf: paper dragons with fuzzy tails". *Scientometrics* 13 (5-6): 281-89, 1988.
- [89] Nicholls, Paul Travis. "Price's square root law: empirical validity and relation to Lotka's Law". *Information Processing and Management* 24 (4): 469-477., 1988.

- [90] Rousseau, Ronald. "Lotka's Law and its Leimkuhler representation:". *Library Science with a Slant to Documentation* 25 (3): 150-178., 1988.
- [91] Chen, Ye-Sho. "Analysis of Lotka's Law: the Simon-Yule approach". *Information Processing and Management* 25 (5): 527-544, 1989.
- [92] Cook, Kevin L. "Laws of scattering applied to popular music". *Journal of the American Society for Information Science* 40 (4): 277-283, 1989.
- [93] Gupta, Davendra K. "Lotka's Law and its application to author productivity distribution of psychological literature of Africa for the period, 1966-1975, part 1: Development of Lotka's Law." *Herald of Library Science* 28 (1-2): 11-21, 1989.
- [94] Gupta, Davendra K. "Lotka's Law and its application to author productivity distribution of psychological literature of Africa, 1966-1975", part 2. *Herald of Library Science* 28 (49): 318-326, 1989.
- [95] Gupta, Davendra K. "Scientometric study of biochemical literature of Nigeria, 1970-1984: application of Lotka's Law and the 80/20-rule". *Scientometrics* 15 (3-4): 171-179, 1989.
- [96] Kyvik, S. "Productivity differences, fields of learning and Lotka's Law". *Scientometrics* 15: 205-214, 1989.
- [97] Nicholls, Paul Travis. "Bibliometric modeling processes and the empirical validity of Lotka's Law". *Journal of the American Society for Information Science* 40 (6): 379-385, 1989.
- [98] Tsay, Ming-yueh. "A Bibliometric study of indexing and abstracting, 1876-1976". *Indexer* 6 (4): 234-238, 1989.

El modelo matemático de Lotka

- [99] White, Howard D. and Katherine W. McCain. "Bibliometrics". *Annual Review of Information Science and Technology*. 23: 119-186, 1989.
- [100] Budd, John and Charles A. Seavey. "Characteristics of journal authorship by academic librarians". *College and Research Libraries* 51 (sept. '90):463-470, 1990.
- [101] Egghe, Leo. "The Duality of informetric systems with applications to the empirical laws". *Journal of Information Science* 16 (1): 17-27, 1990.
- [102] Kinnucan, Mark T. and Dietmar Wolfram. "Direct comparison of bibliometric models". *Information Processing and Management*, 26 (6): 777-790, 1990
- [103] Roman, Eliza. "Legi ale stintei informaril". [Laws of information science]. *Probleme de Informare si Documentare* 24 (2): 76-82, 1990.
- [104] Rousseau, Ronald. "A Bibliometric study of Nieuwenhuysen's bibliography of microcomputer software for online information and documentation work". *Journal of Information Science* 16 (1): 45-50, 1990.
- [105] Rousseau, Ronald. "Relations between continuous versions of bibliometric laws". *Journal of the American Society for Information Science* 41 (3): 197-203, 1990.
- [106] Ivanov, S.A. "Theoretical foundations of Lotka's Law of scientific productivity distribution". [Terteticheskoe obosnovanie empiricheskogo zakona raspredeleniya ucheniya po produktivnosti A. Lotki.]. *Nauchno Tekhnicheskaya Informatsiya. Series 1* (Russia) (11):6-13, 1991.
- [107] Nath, Ravinder and Wade M. Jackson. "Productivity of management information systems researchers: does Lotka's Law apply?. *Information Processing and Management* 27 (2/3): 203-209, 1991.

- [108] Rousseau, Ronald. "Breakdown of the robustness property of Lotka's Law: the case of adjusted counts for multiauthorship attribution". *Journal of the American Society for Information Science* 43 (10): 645-647, 1992.
- [109] Rousseau, Ronald. and Quiao Quiao Zhang. "Zipf's data on the frequency of Chinese words revisited" *Scientometrics* 24 (2): 201-220, 1992.
- [110] Coleman, S.R. "The Laboratory as a productivity and citation unit in the publication of experimental-psychology specialty". *Journal of the American Society for Information Science* 43 (9): 639-643, 1992.
- [111] Dierick, J.C.J. "Determining the Lotka parameters by sampling". *Scientometrics* 25 (1): 115-148, 1992.
- [112] Gupta, Davendra K. "Scientometric study of exploration geophysics: author productivity trends". *Annals of Library Science and Documentation* 39 (4): 145-152, 1992.
- [113] Ho, J. "Quantitative analysis of sample articles on bibliometrics". *Journal of Library and Information Science* 18 (1): 48-82, 1992.
- [114] Lemoine, W. "The Frequency distribution of research papers and patents according to sex. The case of CSIR, India". *Scientometrics* 24 (3): 449-469, 1992.
- [115] Lemoine, W. "Productivity patterns of men and women scientists in Venezuela". *Scientometrics* 24 (2): 281-295, 1992.
- [116] Loughner, William. "Lotka's Law and the Kolmogorov-Smirnov Test: An error in calculation". *Journal of the American Society for Information Science* 43 (2): 149-150, 1992.

- [117] Chen, Ye-Sho, P. P. Chong and M. Y. Tong. "Theoretical foundation of the 80/20 rule" *Scientometrics* 28 (2): 183-204, 1993.
- [118] Egghe, Leo. "Exact probabilistic and mathematical proofs of the relation between the mean μ and the generalized 80/20 rule". *Journal of the American Society for Information Science* 44 (7): 369-375, 1993.
- [119] Gupta, Davendra K. "Author productivity patterns: geoscientific literature of Nigeria for the period 1904-1979". *Library Science with a Slant to Documentation* 30 (2): 76-89, 1993.
- [120] Parvathamma, N. and R. Nijagunappa. "Growth pattern of literature and scientific productivity of authors in Indian earth science 1978-1988". *Library Science with a Slant to Documentation* 30 (2): 54-64, 1993.
- [121] Rousseau, Ronald. "Determination of a core of a bibliography". *IASLIC Bulletin* 38 (2): 49-57, 1993.
- [122] Rousseau, Ronald. "Informetric distributions: a tutorial review". *Canadian Journal of Information Science*. 18 (2): 51-63, 1993.
- [123] Rousseau, Ronald. "A Table for estimating the exponent in Lotka's Law". *Journal of Documentation* 49 (4): 409-412., 1993.
- [124] Sharada, B.A. "Bibliometric studies in linguistics and Bibliometric laws". *Library Science with a Slant to Documentation* 30(2):71-75, 1993.
- [125] Chen, Ye-Sho; P.P. Chong and M.Y. Tong. "The Simon-Yule approach to Bibliometric modeling". *Information Processing and Management* 30 (4): 535-556, 1994.

- [126] Egghe, Leo. "Special features of the author-publication relationship and a new explanation of Lotka's Law based on convolution theory". *Journal of the American Society for Information Science* 45 (6): 422-427, 1994.
- [127] Stewart, J.A. "The Poisson/lognormal Model for Bibliometric / Scientometric distributions". *Information Processing and Management*. 30 (2): 239-251, 1994.
- [128] Abdullaev, U.G. "Quasi linearization and inverse problems of Nonlinear dynamics". *Journal of Optimization: Theory and Applications*. 85 (3): 509-526., 1995.
- [129] Burrell, Quentin and Ronald Rousseau. "Fractional counts for authorship attribution; a numerical study". *Journal of the American Society for Information Science*. 46 (2): 97-102, 1995.
- [130] Díaz-García, I. y G. Sotolongo Aguilar. "Bibliometría comparada sobre tecnología de la información: diez años en la base de datos ERIC". [Comparative Bibliometrics in the field of information technology: ten years of the ERIC database]. *Ciencias de la Información* 26 (4): 162-173., 1995.
- [131] Egghe, Leo and Ronald Rousseau. "Generalized success-breeds-success principle leading to time-dependent informetric distributions". *Journal of the American Society for Information Science* 46 (6): 426-445, 1995.
- [132] Fang, P.H and J.M. Fang. "A Modification of Lotka's function for scientific productivity". *Information Processing and Management*. 31 (1): 133-137, 1995.
- [133] Klaić, B. "Analysis of the Scientific Productivity of Researchers from the republic of Croatia for the Period 1990-1992". *Scientometrics* 32 (2): 133-152, 1995

- [134] Koenig, M. and T. Harrell. "Lotka's law, Price's urn, and electronic publishing". *Journal of the American Society for Information Science* 46 (5): 386-388, 1995.
- [135] Wagner-Dobler, Roland and Jan Berg. "The dependence of Lotka's Law on the selection of time periods in the development of Scientific area and author". *Journal of Documentation* 51 (1): 28-43, 1995.
- [136] Wagner-Dobler, Roland. "Where has the cumulative advantage gone? Some observations about the frequency distribution of scientific productivity, of distribution of scientific productivity, of duration of scientific participation and speed of publication". *Scientometrics* 32 (2): 123-132, 1995.
- [137] Berg, J. and R. Wagner-Dobler. "A multidimensional analysis of scientific dynamics. Part 1. Case studies of mathematical logic in the 20th century". *Scientometrics* 35 (3): 321-346, 1996.
- [138] Egghe, Leo and Ronald Rousseau. "Modeling multi-relational data with special attention to the average number of collaborators as a variable in informetric distributions". *Information Processing and Management* 32 (5): 563-571, 1996.
- [139] Forst, C.V. "Chaotic interactions of self-replicating RNA". *Computers and Chemistry* 20(1):69-83, 1996.
- [140] Gatto, M and L. L. Ghezzi. "Optimal life strategies in organisms exposed to recurrent critical events". *Journal of Optimization: Theory and Applications* 90 (1): 79-94, 1996.
- [141] Gupta, B.M and C. R. Karisiddapa. "Author productivity patterns in theoretical population genetics (1900-1980)". *Scientometrics* 36 (1): 19-41, 1996.

- [142] Joshi, A.N and B.S. Maheshwarappa. "Studies in scientific productivity: a review of literature.". *International Information Communication and Education* 15 (2): 161-76, 1996.
- [143] Lu, B. "The Internal mechanism of information distribution laws". *Bulletin of the Library Association of China* (57): 169-174, 1996.
- [144] Sen, B.K; M. F. B. Hassan y C.A.B. Taib "Library and Information Science literature and Lotka's law". *Malaysian Journal of Library and Information Science* 1 (2): 89-93, 1996.
- [145] Jiménez Contreras, Evaristo. y Félix de Moya Anegón "Análisis de la autoría en revistas españolas de Biblioteconomía y Documentación, 1975-1995". [An analysis of authorship in Spanish library and documentation journals, 1975-1995]. *Revista Española de Documentación Científica* 20 (3): 252-266, 1997.
- [146] Kumar, Suresh; Praveen Sharma and K.C. Garg.—Lotka's Law and Institutional Productivity.— *Information Processing and Management* 34 (6): 775-783, 1998.
- [147] Urbizagástegui Alvarado, R. "La Ley de Lotka y la literatura de Bibliometría". *Investigación Bibliotecológica* 13 (27): 125-141, 1999.
- [148] Rousseau, Brendan and Ronald Rousseau. "Lotka: A Program to fit a power law distribution to observed frequency data". *CyberMetrics* 4 (1): paper 4, 2000. en <http://cybermetrics.cindoc.csic.es/pruebas/v4ilp4.htm> (Consultado:02/12/2003).
- [149] Huber, John C. "A new Method for Analyzing Scientific Productivity". *Journal of the American Society for Information Science* 52 (13): 1089-1099, 2001.

- [150] Urbizagástegui Alvarado, R. "A Lei de Lotka na Bibliometria brasileira". *Ciencia da Informacao* 31 (2): 14-20. 2002.

Libros y folletos

- [151] Britton, J.P. "The Productivity of scientists a prelude to manpower studies. E.U.A. : Yale University, New Haven, 1964. s/p (document mimeographed)
- [152] López-Piñero, J. M. "La productividad de los autores científicos y la visibilidad de sus trabajos" pp. 49-58. en *Análisis estadístico y sociométrico de la literatura científica* Valencia, 1972, 82p. (Cuadernos de documentación e información Médica, I).
- [153] Hubert, John J. "A Rank-frequency model for the scientific productivity of Canadian mathematicians". (*Stat. Ser. no. 31*) -- Canada: University of Guelph (Ontario), 1975, s/p.
- [154] Hubert, John J. "Bibliometric models for journal productivity". (*Stat. Ser. no. 52*). Canada: University of Guelph (Ontario), 1976. s/p.
- [155] Coile, Russell C. "Bibliometric study of frequency distributions of scientific productivity". London: Center for Information Science, The City University, 1977. s/p.
- [156] Ravichandra Rao, Inna Kedage. "Quantitative methods for library and information science". E.U.A : John Wiley & Sons, 1983, 182-186.
- [157] Price de Solla, Derek J. "Galton revisited, In: Little science, big science ... and beyond". E.U.A: Columbia: University Press, 1986, pp. 30-55.

- [158] Egghe, Leo and Ronald Rousseau. "Fitting of the generalized Leimkuhlet and Lotka functions", In: *Introduction to Informetrics: quantitative methods in library, documentation and information science* Belgium: Elsevier, 1990, pp. 355-360.
- [159] Egghe, Leo and Ronald Rousseau. "The Laws that are equivalent to Lotka's law". In: *Introduction to Informetrics: quantitative methods in library, documentation and information science* - Belgium: Elsevier, 1990, pp.322-340.
- [160] Ferreiro Aláez, Luís. "Leyes empíricas bibliométricas (3)", capítulo 20. Ley de Lotka (Distribución de los autores según el número de sus trabajos publicados), pp. 435-447, en *Bibliometría (Análisis Bivariante)* Madrid: Eypasa, 1993. 480 p.
- [161] Urbizagástegui Alvarado, R. *La Ley de Lotka: Aplicación de la distribución Gauss-Poisson inversa generalizada a la productividad de autores*. Rosario: Nuevo Paradigma, 2004, 120 p.

Ponencias presentadas en eventos científicos

- [162] Kozachkov, L.S. "Analysis of some trends in scientific information". [Analiz nekotorykh tendentsii nauchnoi informatsii], In *Automation of informational materials and problems of mathematical linguistics. Transactions of a Seminar no. 1*, Kiev, 1968, Rusia : [s.e.], 1968, -- pp. 25-42.
- [163] Beck, Leonard N. "Soviet discussion of the exponential growth of scientific publications", In: *Proceedings of the ASIS 33rd Annual Meeting*. Philadelphia, October 11-15, 1970 -- E.U.A: American Society for Information Science, 1970. pp. 5-17.

- [164] Coile, Russell C. "Bibliometric studies of scientific productivity". In: *Proceedings of the 39th ASIS Annual Meeting*, October 4-9, 1976 -- E.U.A: American Society for Information Science, 1976, v. 13, p. 90.
- [165] Coile, Russell C. "A Bibliometric examination of the square root theory of scientific publication productivity" In: *Proceedings of the 40th ASIS Annual Meeting*, Sept 26-Oct 1 -- E.U.A: American Society for Information Science, 1977, v. 14, part 1, p. 39.
- [166] Pao, Miranda Lee. "American Revolution: comparison of a bibliography with a quality-selected list"., In: *Proceedings fo the 45th ASIS Annual Meeting*,. Columbus, Ohio, 17-21 October 1982.-- E.U.A. : Knowledge Industry Publications, 1982, 19: 224-226.
- [167] Brookes, Bertram C. "The Relevance of Laplace's 'role of succession' to knowledge representation In: *Proceedings of the Fifth International Research Forum in Information Science* (IRFIS 5) Heidelberg, F.R.G., September 5-7, 1983. Alemania : Elsevier, 1984, pp. 75-86
- [168] McCreery, Laurie S. and Miranda Lee Pao. "Bibliometric analysis of ethnomusicology". In: *47th ASIS annual meeting*. E.U.A.: Knowledge Industry Publications, 1984. pp. 212-216.
- [169] Griffith, B.C. "Exact fits in Bibliometrics: some tools and results", In: *INFORMETRICS 87/88/ Leo Egghe y Ronald Rousseau*, (ed.). Belgium: Elsevier, 1988. pp. 85-96.
- [170] Griffith, B.C. -- The Hyperbolic function in Lotka's Law in "Exact fits in: some tools and results". In: *INFORMETRICS 87/88 / Leo Egghe y Ronald Rousseau*, (ed.). Belgium: Elsevier, 1988, pp. 87-95.

- [171] Tague, Jean. "What's the use of Bibliometric?", file design and the Zipf/Lotka distribution, pp. 272-274. In: *INFORMATRICS 87/88 /*, Leo Egghe y Ronald Rousseau (ed.). -- Elsevier, 1988. -- p. 329.
- [172] Pao, Miranda Lee. "Importance of quality data for Bibliometric research", In: *Proceedings, National Online Meeting*, May 9-11, 1989. E.U.A.: Learned Information, 1989, pp. 321-326.
- [173] Egghe, Leo. "New Bradfordian laws equivalent with old Lotka laws, evolving from a source-item duality argument", In: *INFORMETRICS 89/90 /*. Leo Egghe y Ronald Rousseau (ed.). Belgium: Elsevier, 1991, pp. 79-96, 401 p.
- [174] Vinkler, Peter. "Bibliometric analysis of publication activity of a scientific research institute", In: *INFORMETRICS 89/90 /*. Leo Egghe y Ronald Rousseau (ed.). London, Ontario, July 1989 - Amsterdam: Elsevier, 1991, pp. 309-334.
- [175] Oluic-Vukovic, Vesna. "The Meaning of Bradford's and Lotka's law beyond their immediate context", In: *Fourth International Conference on Bibliometrics, Informetrics and Scientometric*, Berlin, 1993, Parte I.

Tesis

- [176] Vlachy, Jan. "*Creativity, research productivity, effectiveness, choice, priorities, publication patterns, age, interdisciplinary - A selected bibliography*". Praga: Inst. Phil. Soc., Czech. Acad. Sci. Prague, 1971, s/p.
- [177] Adenaike, Babs O. "*Bibliometrics of cowpea (vigna unguiculata L. Walp) literature, 1888-1973*". Adenaike.: City University, Centre for Information Science, 1979, 119 p.

- [178] Brand, Stephanie. *“Computer programs for analysis of bibliometric distributions”*. London: City University, 1980, 123 p.
- [179] Nichols, Paul Travis. *“The Lotka hypothesis and Bibliometric methodology”*. London, Canada: School of Library and Information Science, The University of Western Ontario, London, Canada, 1987 (tesis doctoral)
- [180] García-Zorita, J. C. *La actividad científica de los economistas españoles, en función del ámbito nacional o internacional de sus publicaciones: estudio comparativo basado en un análisis bibliométrico durante el período 1986-1995*. Getafe, Madrid: el Autor, Universidad Carlos III de Madrid. Facultad de Humanidades, Comunicación y Documentación, 2000. 405 p. (tesis doctoral, Asesor: Elías Sanz Casado).
- [181] Moneda Corrochano, M. de la. *“Análisis bibliométrico de la producción bibliográfica española en Biblioteconomía y Documentación”*. Granada: la autora, Universidad de Granada, Facultad de Biblioteconomía y Documentación, 2003, 409 p. (tesis doctoral; Asesores: Evaristo Jiménez Contreras y Félix de Moya Anegón).
- [182] Gorbea-Portal, S. *“Producción y comunicación científica latinoamericana en ciencias bibliotecológica y de la información”*.- Getafe, Madrid: el autor, Universidad Carlos III de Madrid, Facultad de Humanidades, Comunicación y Documentación, 2004, xix, 508 p. (tesis doctoral, Asesor: Elías Sanz Casado).

ÍNDICE DE AUTORES

A	
Abdullaev, U.G.	128
Adenaike, Babs O.	177
Aiyepeku, W.O.	27
Akhmerov, F.R.	8
Allison, P.D. and J.A. Stewart	16
Allison, P.D. et. al.	28
B	
Beck, Leonard N.	163
Bensman, Stephen J.	56
Berg, J. and R. Wagner-Döbler	137
Bomeny, Regina Helena Diniz	39
Bookstein, Abraham	20, 32
Brand, Stephanie	178
Britton, J.P.	151
Broadus, R.N.	80
Brookes, Bertram C.	62, 65, 167
Budd, John and Charles A. Seavey	100
Burrell, Quentin and Ronald Rousseau	129
C	
Chen, Ye-Sho and Ferdinand F Leimkuhler	75
Chen, Ye-Sho.	91
Chen, Ye-Sho; P. P. Chong and M. Y. Tong	117, 125
Coile, Russell C.	21, 33, 155, 164, 165
Coleman, S.R.	110
Cook, Kevin L.	92
D	
Díaz-García, I. y G. Sotolongo Aguilar	130
Dierick, J.C.J.	111
E	
Egghe, Leo	70, 77, 81, 82, 86, 101, 118, 126, 173
Egghe, Leo and Ronald Rousseau	76, 131, 138, 158, 159

El modelo matemático de Lotka

F	
Faia, M.A.	22
Fang, P.H and J.M. Fang	132
Fedorowicz, J.	57
Ferreiro Alaez, Luis	48, 160
Forst, C.V.	139

G	
Gabor, Frantisek	66
García-Zorita, J.C.	180
Gatto, M and L. L. Ghezzi	140
Glanzel, Wolfgang and Andras Schubert	71, 87
Gorbea-Portal, Salvador	182
Griffith, B.C.	169, 170
Gupta, B.M and C. R. Karisiddapa	141
Gupta, Davendra K.	83, 93, 94, 95, 112, 119
Gusmao, Heloisa Rios	40

H	
Ho, J.	113
Huber, John C.	149
Hubert, John J.	34, 35, 154

I	
Ikpaahindi, Linus	72
Ivanov, S.A.	106

J	
Jiménez Contreras, Evaristo.y F. de Moya Anegón	145
Joshi, A.N and B.S. Maheshwarappa	142

K	
Khursin, L. A and L. S. Kozachkov	4
Kinnucan, Mark T. and Dietmar Wolfram	102
Klaic, B.	133
Koenig, M. and T. Harrell	134
Kozachkov, L.S.	9, 41, 162
Kozachkov, L.S. and L. A. Khursin	5
Kretschmer, Hildrun.	63

Krisciunas, Kevin.	36
Kumar, Suresh; Praveen Sharma and K.C. Garg.	146
Kunz, M.	88
Kyvik, S.	96

L

Lawani, S.M.	49
Lemoine, W.	114, 115
López Calafi, J.; A. Salvador y M. de la Guardia	73
López-Piñero, J. M.	152
Lotka, Alfred J.	1
Loughner, William	116
Lu, B.	143

M

MacRoberts, M. H. and B.R. MacRoberts	58
Mattsson, Bjorn Eric and Gun Akerman	59
McCreery, Laurie S. and Miranda Lee Pao	168
Momcilovic, B. and V. Simeon	50
Moneda Corrochano, M. de la	181
Montenegro de Lima, R.C.	67
Mulchenko, Z.M. and V.V. Nalimov	10
Murphy, Larry J.	15, 17

N

Narin, Francis and Joy K. Moll	37
Nath, Ravinder and Wade M. Jackson	107
Nicholls, Paul Travis	78, 84, 89, 97, 179

O

O'Connor, Daniel O. and H. Voos	51
Oliveira, Margarida Pinto	29
Oliveira, Silas, Marqués de	64, 68
Oluic-Vukovic, Vesna	175

P

Pao Lee, Miranda	43, 60, 74, 79, 166, 172
Parvathamma, N. and R. Nijagunappa	120
Petersen, Erland Munch	52

El modelo matemático de Lotka

Platz, A.	3
Potter, William Gray.	46, 53
Price, Derek J. de Solla	30, 157

R

Radhakrishnan, T. and R. Kerninzan	44
Ravichandra Rao, Inna Kedage	156
Richardson, Valerie L. and William Gray Potter	54
Roman, Eliza	103
Rousseau, Brendan and Ronald Rousseau	148
Rousseau, Ronald	90, 104, 105, 108, 121, 122, 123
Rousseau, Ronald. and Quiao Quiao Zhang	109

S

Schorr, A. E.	18, 23, 24,
Schreiber, Herbert	61
Sen, B.K; M. F. B. Hassan y C.A.B. Taib	144
Sharada, B.A.	124
Shockley, W.	2
Stewart, J.A.	127
Subramanyam, K.	45, 55

T

Tague, Jean	171
Terrada, María Luz y Víctor Navarro	38
Tsay, Ming-yueh	85, 98

U

Urbizagástegui Alvarado, R.	147, 150, 161
-----------------------------	---------------

V

Vinkler, Peter	174
Vlachy, Jan	11, 12, 13, 14, 31, 42, 176
Voos, H.	19, 25

W

Wagner-Dobler, Roland	136
Wagner-Dobler, Roland and Jan Berg	135
White, Howard D. and Katherine W. McCain	99

Índice de autores

Windsor, Donald A.		26
	Y	
Yablonsky, A.I.		47
	Z	
Zener, C.		6, 7
Zunde, P.		69

ÍNDICE DE TÍTULOS

A

A Bibliometric examination of the square root theory	165
A Bibliometric study of indexing and abstracting	98
A Bibliometric study of Nieuwenhuysen's bibliography	104
A Characterization of distributions which satisfy	76
A General theory of bibliometric and other	30
A Lei de Lotka na Bibliometria brasileira	150
A Lei de Lotka sobre a produtividade de autores	68
A Model of the growth of scientific publications based	5
A Modification of Lotka's function for scientific productivity	132
A Multidimensional analysis of scientific dynamics	137
A New Method for Analyzing Scientific Productivity	149
A Rank-frequency model for the scientific productivity	153
A Re-evaluation of Lotka's law of scientific productivity	58
A Relationship between Lotka's Law	75
A Table for estimating the exponent in Lotka's Law	123
A Word to add to the exponential growth concept	10
American Revolution: comparison of a bibliography	166
An Analysis of Brazilian iron and steel literature	40
An Analysis of scientific productivity	6
An Empirical examination of Lotka's Law	79
An Exact calculation of Price's Law for the Law of Lotka	81
An Introductory review of Bibliometrics	85
An Overview of bibliometrics: its measurements, laws	72
Análise bibliométrica da literatura medica brasileira	29
Análisis bibliométrico de la producción bibliográfica	181
Análisis de la autoría en revistas españolas de	145
Analysis of Lotka's Law: the Simon-Yule approach	91
Analysis of scientific productivity (abstract)	7
Analysis of some trends in scientific information	162
Analysis of the Scientific Productivity of Researchers	133
Aplicacao da Lei de produtividade de autores de Lotka	64
Author productivity patterns in theoretical population	141
Author productivity patterns: geoscientific literature	119

B

Bibliometría comparada sobre tecnología de la información:	130
Bibliometric analysis of ethnomusicology	168
Bibliometric analysis of publication activity of a	174
Bibliometric laws and library usage as social phenomena	56
Bibliometric modeling processes and the empirical	97
Bibliometric models for journal productivity	34, 154
Bibliometric studies in linguistics and Bibliometric laws	124
Bibliometric studies of scientific productivity	164
Bibliometric study of frequency distributions of	155
Bibliometrics	37, 99
Bibliometrics and computational musicology	43
Bibliometrics and fiction	52
Bibliometrics of cowpea (<i>vigna unguiculata</i> L. Walp)	177
Bibliometrics: a bibliographical survey	66
Bibliometrics: its theoretical foundations, methods	49
Breakdown of the robustness property of Lotka's Law	108

C

Chaotic interactions of self-replicating RNA	139
Characteristic scores and scales in assessing citation	87
Characteristics of journal authorship by academic librarians.	100
Computer programs for analysis of bibliometric distributions	178
Consequences of Lotka's Law for the Law of Bradford	70
Creativity, research productivity, effectiveness	176

D

Descriptions of relationships between authors and their	8
Determination of a core of a bibliography	121
Determining the Lotka parameters by sampling	111
Developing drug literatures-1: bibliometrics of baclofen and	26
Die Anwendung von mass und zahl auf das schrifttum	61
Direct comparison of bibliometric models	102
Distribution of citation frequencies in a non-selected	50

E

Early approaches to Bibliometrics.	80
Empirical laws and theories of information and software	69
Empirical laws, theory construction and bibliometrics.	51

El modelo matemático de Lotka

Empirical validation of Lotka's Law.	78
Estimation Zipf parameters	84
Estudio bibliométrico aplicado ao arquivo privado de	39
Estudio bibliométrico de la literatura científica sobre la	73
Estudo bibliometrico: analise de citacoes no periodico	67
Exact fits in Bibliometrics: some tools and results.	169
Exact probabilistic and mathematical proofs of the	118
F	
Fitting of the generalized Leimkuhlet and Lotka functions	158
Fractional counts for authorship attribution; ...	129
Frequency distributions of scientific performance: ...	42
G	
Galton revisited. In: Little science, big science ...	157
Generalized success-breeds-success principle leading ...	131
Growth pattern of literature and scientific productivity ...	120
I	
Importance of quality data for Bibliometric research.	172
Information flow in Science [Informatsini potoki v nauksi].	9
Information Systems Hierarchic "Ranking" Structure.	41
Informetric distributions: a tutorial review.	122
L	
La actividad científica de los economistas españoles, ...	180
La Ley de Lotka y la literatura de Bibliometría.	147
La Ley de Lotka: Aplicación de la distribución Gauss-Poisson ...	161
La Producción científica del CSIC en biología ...	48
La Productividad de los autores científicos y la ...	152
La Productividad de los autores españoles de ...	38
Laws of scattering applied to popular music.	92
Legi ale stinteii informarii. [Laws of information science]	103
Letter	25
Letter to the editor	17
Letter to the editor on Murphy L.J. "Lotka's Law in the Humanities"	35
Letter to the editor "Lotka's law year by year".	36
Letter. "Lotka and Information-Science".	21
Leyes empíricas bibliométricas (3), Capítulo 20. Ley de Lotka ...	160
Library and Information Science literature and Lotka's law.	144

Lotka and information science.	19
Lotka and Zipf: paper dragons with fuzzy tails.	88
Lotka: A Program to fit a power law distribution to ...	148
Lotka's frequency distribution of scientific productivity.	33
Lotka's Law and computer science literature.	44
Lotka's Law and Institutional Productivity.	146
Lotka's Law and its application to author productivity ...	93,94
Lotka's Law and its Leimkuhler representation:.	90
Lotka's Law and library literature.	55
Lotka's Law and library science.	18
Lotka's Law and map librarianship.	23
Lotka's Law and productivity patterns of entomological ...	83
Lotka's Law and the catalogue?	54
Lotka's Law and the history of legal medicine.	24
Lotka's Law and the Kolmogorov-Smirnov Test : ...	116
Lotka's Law and the literature of computer science.	45
Lotka's Law in the Humanities?.	15
Lotka's Law revisited.	53
Lotka's Law, Price's urn, and electronic publishing.	134
Lotka's Law: a problem in its interpretation and application.	28
Lotka's Law: a testing procedure.	74
Lotka's test.	60

M

Modeling multi-relational data with special attention ...	138
---	-----

N

New Bradfordian laws equivalent with old Lotka laws,	173
NORDINFO Course in Bibliometrics, ...	59

O

On fundamental regularities of the distribution of ...	47
On the classification of the classical Bibliometric laws.	86
On the statistics of individual variations of productivity ...	2
Optimal life strategies in organisms exposed to...	140

P

Patterns of scientific productivity and social change: ...	32
Pratt's measure for some Bibliometric distributions ...	82

El modelo matemático de Lotka

Price distribution. An exact formulation of Price's ...	71
Price's square root law: empirical validity and relation ...	89
Producción y Comunicación Científica Latinoamericana en	182
Productivity among scientists a replication and elaboration.	22
Productivity differences among scientists evidence for ...	16
Productivity differences, fields of learning and Lotka's Law.	96
Productivity of management information systems ...	107
Productivity patterns of men and women scientists...	115
Psychology of the scientific 11 Lotka's Law ...	3
Publications and scientific productivity ...	11

Q

Quantitative analysis of sample articles on Bibliometrics.	113
Quantitative methods for library and information science	156
Quasi linearization and inverse problems of Nonlinear ...	128

R

Ranking techniques and the empirical log law	65
Relations between continuous versions of Bibliometric laws.	105
Remarks on the productivity age.	12

S

Scientometric study of exploration geophysics: ...	112
Scientrometric study of biochemical literature of ...	95
Some creativity patterns in physical sciences.	13
Soviet discussion of the exponential growth of ...	163
Special features of the author-publication relationship	126
Studies in scientific productivity: a review of literature..	142

T

The Basic probability distribution in information ...	4
The Bibliometric distributions.	20
The Dependence of Lotka's Law on the selection ...	135
The Dual of Bradford's Law.	77
The Duality of Informetrics systems with applications ...	101
The Empirical law of natural categorization.	62
The Frequency distribution of research papers and ...	114
The Frequency distribution of scientific productivity.	1
The Hyperbolic function in Lotka's Law in "Exact fits in:	170

The Internal mechanism of information distribution laws.	143
The Laboratory as a productivity and citation unit in ...	110
The Laws that are equivalent to Lotka's Law.	159
The Lotka hypothesis and Bibliometric methodology.	179
The Meaning of Bradford's and Lotka's law beyond ...	175
The Poisson/lognormal Model for Bibliometric...	127
The Productivity of geographical authors ...	27
The Productivity of scientists a prelude to ...	151
The Reflection of Lotka's Law in the structure of ...	63
The Relevance of Laplace's 'role of succession' to ...	167
The Simon-Yule approach to Bibliometric modeling.	125
The Theoretical foundation of Zipf's law and its	57
Theoretical foundation of the 80/20 rule.	117
Theoretical foundations of Lotka's Law of scientific ...	106
Time factor in Lotka's Law. ...	31
V	
Variable factors in scientific communities...	14
W	
What's the use of Bibliometric?: File design and ...	171
When names collide: conflict in the catalog and AACR2	46
Where has the cumulative advantage gone?	136
Z	
Zipf's data on the frequency of Chinese words revisited.	109

ÍNDICE DE REVISTAS

A	
American Sociological Review	16, 22
Annals of Library Science and Documentation	112
Annual Review of Information Science and Technology	37, 99
Australian Academic and Research Libraries	54
B	
Biblioteksbladet	59
Bulletin of the Library Association of China	143
C	
Canadian Journal of Information Science	122
Ciencia da Informaçao	39, 40, 67, 150
Ciencias de la Información	130
Citatel	66
Collection Management	43, 60
College and Research Libraries	100
Computers and Chemistry	139
CyberMetrics	148
H	
Herald of Library Science	93, 94
I	
IASLIC Bulletin	121
IEEE Transactions on Professional Communication, PC	45
Indexer	98
Information Processing and Management	69, 74, 78, 89, 91, 102, 107, 125, 127, 132, 138, 146
Information Reports and Bibliographies	65
Informatologica Yugoslavica Zagreb	50
International Information Communication and Education	142
Investigación Bibliotecológica	147
J	
Journal of Optimization: Theory and Applications	128, 140
Journal of Chemical Information and Computer Sciences	26

Índice de revistas

Journal of Documentation	27, 70, 86, 123, 135
Journal of Educational Media and Library Sciences	85
Journal of Information Science	62, 76, 87, 101, 104
Journal of Library and Information Science	113
Journal of the American Society for Information Science	15, 17, 19, 21, 23, 25, 30, 32, 33, 35, 36, 44, 57, 75, 77, 79, 80, 82, 84, 92, 97, 105, 108, 110, 116, 118, 126, 129, 131, 134, 149
Journal of the Washington Academy of Sciences	1

L

Library Quarterly	20
Library Research	55, 56
Library Resources and Technical Services	46
Library Science with a Slant to Documentation	90, 119, 120, 124
Library Trends	51, 53
Libri	49, 52, 72

M

Malaysian Journal of Library and Information Science	144
--	-----

N

Nauchno Tekhnicheskaya Informatsiya. Series 1	106
Nauchno Tekhnicheskaya Informatsiya. Series 2	4, 5, 8, 10, 41

P

Probleme de Informare si Documentare	31, 103
Proceedings IRE	2
Proceedings of the National Academy of Science	6
Psychological Reports	3

R

Reference Quarterly	18
Research in Librarianship	24
Revista da Escola de Biblioteconomia da UFMG	29, 68
Revista de Biblioteconomia de Brasília	64
Revista Española de Documentación Científica	38, 48, 73, 145

El modelo matemático de Lotka

	S	
Science		7
Scientometrics		42, 47, 63, 71, 81, 83, 88, 95, 96, 109, 111, 114, 115, 117, 133, 136, 137, 141
Social Indicators Research		34
Social Studies of Science		28, 58
	T	
Teorie a metoda		11, 12, 13, 14
	V	
Vistnik an URSS		9
	Z	
Zentralblatt fur Bibliothekswesen		61

El modelo matemático de Lotka su aplicación a la producción científica latinoamericana en ciencias bibliotecológica y de la información.

La edición consta de 500 ejemplares. Cuidado de la edición, Ignacio Rodríguez Sánchez. Formación editorial, Mario Ocampo Chávez y Christopher Barrueta Álvarez. Revisión especializada, Hugo A. Espinoza Rubio. Centro Universitario de Investigaciones Bibliotecológicas. Fue impreso en papel cultural ahuesado de 90 gr. en Desarrollo Gráfico Editorial, S.A. de C.V., ubicado en Municipio Libre 175, Nave Principal, Col. Portales, México, D. F. Se terminó de imprimir en el mes de diciembre de 2005.