

Productividad científica de investigadores de la Universidad Nacional de Asunción (UNA): comprobación del modelo de Lotka

Emilce Sena Correa*
María Luisa Lascurain**
Mariana Cáceres Ruiz Díaz*
Johana Raquel Pineda Alvarenga*

Artículo recibido:
12 de mayo de 2023
Artículo aceptado:
16 de agosto de 2023

Artículo de investigación

RESUMEN

Este trabajo plantea la comprobación del modelo sobre productividad de los autores propuesto por Lotka. En su forma generalizada, para los investigadores de la Universidad Nacional de Asunción que publicaron entre los años 2015 y 2020 en revistas paraguayas recogidas en SciELO particularmente en las áreas de Ciencias Médicas y de la Salud, Ciencias Sociales, Ciencias Veterinarias y Agrícolas. Se recuperaron un total de 627 documentos incluidos en 15 títulos de revista. En las cuatro áreas de estudio se comprueba el ajuste de la producción de los autores al postulado de Lotka con una importante proporción de autores esporádicos. El análisis demuestra la posibilidad de

- * Facultad Politécnica, Universidad Nacional de Asunción, Paraguay
esena@pol.una.py mcaceresrd@pol.una.py jpineda@pol.una.py
- ** Facultad de Humanidades, Comunicación y Documentación, Universidad Carlos III de Madrid, España
mlascura@bib.uc3m.es

comprobación del modelo en distintas áreas científicas en un periodo inferior a los 10 años.

Palabras clave: Paraguay; Revistas científicas; Modelo de Lotka; Productividad de autores paraguayos; Producción científica; Universidad Nacional de Asunción; Investigadores.

Scientific productivity of researchers at the National University of Asuncion (UNA): Testing Lotka's model

Emilce Sena Correa, María Luisa Lascurain, Mariana Cáceres Ruiz Díaz and Johana Raquel Pineda Alvarenga

ABSTRACT

This paper proposes the verification of the model about author productivity proposed by Lotka, in its generalized form, for researchers of the National University of Asuncion who published between 2015 and 2020 in Paraguayan journals, collected in SciELO, in the areas of Medical and Health Sciences, Social Sciences, Veterinary and Agricultural Sciences. A total of 627 documents included in 15 journal titles were collected. In the four areas studied, the adjustment of the authors' production to Lotka's postulate was verified, with a significant proportion of sporadic authors. The study demonstrates the possibility of testing the model in different scientific areas in a period of less than 10 years.

Keywords: Paraguay; Scientific journals; Lotka Model; Productivity of Paraguayan authors; Scientific production; National University of Asuncion; Researchers.

INTRODUCCIÓN

En su artículo publicado en *Journal of the Washington Academy of Science*, Lotka (1926) desarrolló el modelo matemático que serviría para determinar la contribución de los autores de distintas categorías al progreso de la ciencia. A partir de ese momento, su ley epónima del cuadrado inverso estableció que, en todas las comunidades científicas, el número de autores (A) que han publicado

un determinado número de trabajos (n) en el curso de varios años de actividad (An), es igual a la cantidad de autores que han publicado un único trabajo ($A1$) dividida entre el cuadrado de n ($An=A1/n^2$). Se trata, como señala Gorbea Portal (2005, 67), de un modelo matemático que sirve para determinar «la presencia de cierta regularidad estadística en el comportamiento cuantitativo de la productividad de autores científicos dentro de una disciplina específica».

Como recogen varios autores (Potter 1981; Urbizagástegui Alvarado 1999; 2005; Gorbea Portal 2005; Pulgarín 2012; Egghe 2012), el modelo de Lotka ha tenido numerosas críticas tanto en sus aspectos metodológicos y matemáticos como por su dispar eficacia al ser aplicado en distintas áreas temáticas.

En esta investigación, el propósito radica en comprobar el ajuste al modelo de Lotka del comportamiento de la producción científica de los investigadores de la UNA en revistas paraguayas indexadas en SciELO en el periodo 2015-2020.

Se pretende validar el ajuste de la productividad estudiada en cuatro áreas científicas y realizar comparaciones en los patrones de comportamiento, a fin de establecer una línea de base para estudios posteriores respecto a la productividad de autores, según campos de la ciencia.

La investigación parte de una perspectiva bibliométrica para abordar la evaluación de los resultados de la actividad científica como es el análisis de la productividad. Dado que las publicaciones científicas dan una mayor visibilidad y prestigio tanto a la Universidad como a sus investigadores, se destaca la relevancia de este trabajo para la UNA.

METODOLOGÍA

Se planteó un estudio con enfoque cuantitativo y alcance correlacional, ya que se realizó la comprobación de ajustar los datos que se observaron a los esperados según el modelo de Lotka, para lo cual se aplicó una prueba de hipótesis. El diseño fue no experimental y de corte transversal.

En el contexto de este estudio, se denominó investigador de la UNA a todo autor que declaró esta filiación institucional en su publicación. En lo que respecta a los casos de filiación múltiple de los autores, se consideró la de la UNA independientemente del orden de presentación de ésta.

Se examinaron las publicaciones indexadas en la base de datos bibliográfica SciELO (<https://scielo.org/>), correspondientes al periodo 2015-2020. Entre los meses de enero y febrero del año 2021, se procedió a exportar de SciELO los siguientes metadatos: número de identificación de la publicación, título de la publicación, nombres y apellidos de la totalidad de autores, nombre de la revista, idioma, año de publicación, dirección electrónica de la publicación.

Los datos fueron alojados y procesados en hojas de cálculo de Microsoft Excel. Con estos datos se conformó la primera base, en la cual se identificaron las publicaciones que contaban con al menos un investigador de la UNA como autor. Para ello se examinaron las publicaciones utilizando la dirección electrónica correspondiente, con el objeto de verificar la filiación institucional de los autores.

A continuación, se conformó una segunda base de datos, que contempló únicamente las publicaciones con al menos un investigador de la UNA como autor. A esta segunda base se añadieron las variables siguientes:

- Institución de filiación
- Orden de firmas
- Tipo de documento: artículo de revisión, artículo original, caso clínico, comunicación breve, reporte de caso, revisión bibliográfica, tema de actualidad, carta al editor, editorial, nota al editor, proyecto educativo, reflexión, resumen de congreso.

Por último, la base de datos definitiva se constituyó con las variables que se citan a continuación:

- Número de identificación de la publicación
- Título de la publicación
- Nombres y apellidos del autor
- Nombre de la revista
- Idioma de la publicación
- Año de publicación
- Dirección electrónica de la publicación
- Institución de filiación del autor
- Orden de firmas
- Área de la ciencia
- Tipo de documento

Las categorías de las variables fueron normalizadas y codificadas.

En cuanto a los nombres y apellidos de los autores, éstos fueron depurados por medio del programa OpenRefine (<https://openrefine.org/>). Esta herramienta de código abierto libre permite ordenar y depurar los datos para disponerlos de forma utilizable (Centro Universitario de Liderazgo y Tecnología Avanzada 2016). Con ello, se logró la normalización de los nombres y apellidos de los autores de forma semiautomática, realizándose la corrección de diferencias de ortografía, espacios en blanco, entre otros, mediante el uso de filtros y

agrupamiento de los datos. Este proceso posibilitó después determinar la cantidad de publicaciones por autor y superar el sesgo que en este tipo de análisis supone las firmas incorrectas.

Cabe destacar que en muchos casos la visibilidad nacional e internacional de los trabajos científicos se ve afectada por la falta de normalización de la firma del investigador, tal como lo mencionan Barceló *et al.* (2009, 154): «La ambigüedad que podemos encontrar en nombres de autores dedicados a la investigación, la literatura y las artes, dificulta la adjudicación acertada de las obras concebidas», un factor que incide en la realización de análisis métricos de la producción científica y de la visibilidad e impacto de la misma.

En este sentido, se presentaron diversas limitaciones y obstáculos durante el desarrollo del trabajo.

Asimismo, es significativo apuntar que se escogió SciELO para la realización de este estudio por ser una de las importantes bases de datos bibliográficas que da visibilidad a la productividad científica generada en América Latina.

En cuanto a los criterios establecidos para la selección:

- Se consideraron únicamente aquellas revistas científicas pertenecientes a Paraguay, con el objeto de aproximar el aporte de los investigadores de la UNA en las revistas nacionales.
- Para la elección de las principales áreas de la ciencia se tuvo en consideración, por un lado, las que concentraban la mayor cantidad de publicaciones, y por otro, la relevancia de las temáticas abordadas. Las denominaciones de las áreas corresponden al Manual de Frascati, edición del año 2015, con la salvedad de que, para este estudio, Ciencias Agrícolas y Ciencias Veterinarias fueron presentadas de manera independiente, conforme los requerimientos del presente trabajo.
- Seguidamente, a fin de determinar las revistas correspondientes a cada área se llevó a cabo la revisión de los aspectos temáticos y finalidad de estas.
- Por último, se seleccionó la tipología documental que atañe a los tipos de documentos generalmente considerados en los estudios métricos: artículo de revisión, artículo original, reporte/revisión de caso y caso clínico.

Conforme a los criterios establecidos, la aplicación del modelo de Lotka se llevó a cabo en la producción científica de los investigadores de la UNA de las áreas: Ciencias Médicas y de la Salud, Ciencias Sociales, Ciencias Veterinarias y Ciencias Agrícolas, en 15 de 18 revistas paraguayas que se encontraban indexadas en SciELO, en el periodo seleccionado. Fueron exceptuadas tres revistas que congregaron alrededor de 9 % del total de documentos que presentaron temática multidisciplinaria, las cuales no fueron consideradas debido a los requerimientos del modelo objeto de este análisis.

En lo que hace propiamente al modelo de Lotka cabe mencionar que para el conteo de las contribuciones se adoptó el método completo, según el cual la contribución es atribuida tanto al primer autor como a los demás autores (Urbizagástegui Alvarado 1999).

Se propuso la comprobación de la forma general del modelo de Lotka que se conoce como el de «poder inverso generalizado», cuya expresión es (Urbizagástegui Alvarado 2005, 55):

$$y_x = \frac{C}{x^n}$$

Donde:

y_x : Probabilidad de que un autor realice “x” contribuciones

C: Parámetro

n: Parámetro

Para la comprobación del modelo se siguieron los lineamientos dados por Urbizagástegui Alvarado (2005), siendo éstos:

- Recopilación y tabulación de datos
La recopilación de los datos se realizó con base en las contribuciones de los autores en un ámbito determinado de la ciencia, acreditándose la contribución a la totalidad de autores presentes en la obra.
Los datos se tabularon de tal manera que en la primera columna se dispuso en forma ascendente la cantidad de contribuciones (columna x) y, en la segunda, la cantidad de autores que realizan x contribuciones (columna y).
- Cálculo del valor de n
Se utilizó el método de mínimos cuadrados, el cual permite estimar los parámetros en una ecuación mediante la minimización de la suma de los cuadrados de las diferencias entre los valores observados y los correspondientes a la ecuación de predicción (Canavos 2001), para llevar a cabo la operación del valor de n ajustado a los datos observados, aplicando la fórmula siguiente:

$$n = \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{N \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

Donde:

X: Logaritmo de base 10 de x

Y: Logaritmo de base 10 de y

N: Cantidad de pares de datos en la muestra

- Cálculo del valor de C
Para calcular el valor del parámetro C se utilizó una fórmula de aproximación exacta que se expresa como:

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

Donde:

P: Cantidad de pares de datos observados xy

- Prueba de ajuste
El estadístico de prueba que se utilizó para la comprobación estadística del modelo fue el de Kolmogorov-Smirnov (K-S), a un nivel de significación de 1 %.

Cabe señalar que la regla de decisión aplicada fue: Si la máxima desviación absoluta es menor al valor crítico ($D_{máx} < Valor\ crítico$) la hipótesis nula no puede ser rechazada. Por consiguiente, la productividad científica de los investigadores observados se ajusta a la forma generalizada del modelo matemático de Lotka.

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se recuperó un total de 693 documentos con al menos un investigador con filiación a la UNA, correspondientes al periodo 2015-2020, presentes en 18 revistas paraguayas indexadas en SciELO. Se observó que la mitad de estas fueron del área de Ciencias Médicas y de la Salud y agruparon aproximadamente siete de cada 10 documentos, seguida por el área de Ciencias Sociales que concentró alrededor de 22 % de las revistas y cerca de 8 % de los documentos. Por su parte, las áreas de Ciencias Veterinarias y Ciencias Agrícolas presentaron cada una de ellas una revista única, agrupando 5,5 % y 5,2 % de los documentos respectivamente (véase *tabla 1*). Conforme a estos hallazgos las áreas de la ciencia seleccionadas para la comprobación del modelo de Lotka fueron las cuatro mencionadas con anterioridad. En estas se recuperaron 627 documentos en total, correspondientes a 15 revistas entre los 18 títulos del país recogidos en SciELO.

La cuantificación de los investigadores mostró que el campo de Ciencias Médicas y de la Salud concentró a la mayor parte de ellos con 78 %, posicionándose a continuación las Ciencias Veterinarias con cerca de 10 %, seguida por las Ciencias Sociales y las Ciencias Agrícolas con aproximadamente 7 % y 6 %, respectivamente (véase *tabla 2*).

Así, se observó un comportamiento de correspondencia entre la concentración de publicaciones e investigadores para el área de Ciencias Médicas y de la Salud, con mayor cantidad de publicaciones e investigadores.

Área de la ciencia	Cantidad de revistas	Cantidad de documentos
Ciencias Médicas y de la Salud	9	500
Ciencias Sociales	4	53
Ciencias Veterinarias	1	38
Ciencias Agrícolas	1	36
Otras áreas	3	66
Total	18	693

Tabla 1. Distribución de cantidad de revistas y publicaciones con al menos un investigador con filiación a la UNA, según áreas de la ciencia. Periodo 2015-2020
Fuente: Elaboración propia a partir de datos relevados en el estudio.

Área de la ciencia	Cantidad de investigadores
Ciencias Médicas y de la Salud	992
Ciencias Sociales	83
Ciencias Veterinarias	120
Ciencias Agrícolas	70
Total	1265

Tabla 2. Distribución de investigadores con filiación a la UNA que poseen publicaciones en revistas paraguayas indexadas en SciELO, según áreas de la ciencia seleccionadas. Periodo 2015-2020
Fuente: Elaboración propia a partir de datos relevados en el estudio.

Posteriormente, se presentan los hallazgos según el área de la ciencia, en lo que respecta a la comprobación del modelo de Lotka en su forma generalizada.

Ciencias Médicas y de la Salud

En el área de Ciencias Médicas y de la Salud se registró que un total de 992 investigadores produjeron 500 publicaciones, contando con una sola publicación cerca de 67 % y con más de cinco aproximadamente 5 % de ellos (véase *tabla 3*). El porcentaje de autores con una única contribución resulta mayor al encontrado por Cáceres Ruiz Díaz (2019) en una muestra de investigadores de Ciencias Médicas categorizados en el PRONII de Paraguay, con un valor aproximado de 38 % para investigadores con una sola publicación.

Distribución observada					Distribución esperada según el modelo de Lotka			Prueba de ajuste según K-S	
Cantidad de contribuciones x	Cantidad de investigadores observados y	Cantidad de investigadores observados acumulados	Cantidad de investigadores observados acumulados relativo $s(x)$	Cantidad de investigadores esperados	Cantidad de investigadores esperados acumulados	Cantidad de investigadores esperados acumulados relativo $f(x)$	$f(x) - s(x)$	$ f(x) - s(x) $	
1	669	669	0,67440	637	637	0,65664	-0,01776	0,01776	
2	154	823	0,82964	149	787	0,81070	-0,01894	0,01894	
3	67	890	0,89718	64	851	0,87667	-0,02050	0,02050	
4	31	921	0,92843	35	886	0,91282	-0,01561	0,01561	
5	25	946	0,95363	22	908	0,93548	-0,01814	0,01814	
6	11	957	0,96472	15	923	0,95096	-0,01375	0,01375	
7	11	968	0,97581	11	933	0,96218	-0,01363	0,01363	
8	7	975	0,98286	8	942	0,97066	-0,01221	0,01221	
9	2	977	0,98488	6	948	0,97729	-0,00759	0,00759	
10	4	981	0,98891	5	953	0,98260	-0,00631	0,00631	
11	1	982	0,98992	4	958	0,98696	-0,00296	0,00296	
13	2	984	0,99194	3	961	0,99003	-0,00190	0,00190	
15	2	986	0,99395	2	963	0,99231	-0,00164	0,00164	

16	1	987	0,99496	2	965	0,99430	-0,00066	0,00066
17	1	988	0,99597	2	966	0,99605	0,00008	0,00008
18	1	989	0,99698	2	968	0,99761	0,00063	0,00063
19	1	990	0,99798	1	969	0,99900	0,00101	0,00101
28	1	991	0,99899	1	970	0,99961	0,00062	0,00062
35	1	992	1,00000	0	970	1,00000	0,00000	0,00000

Tabla 3. Distribución de contribuciones por investigador y comprobación estadística del modelo matemático de Lotka en el área de Ciencias Médicas y de la Salud. Periodo 2015-2020
Fuente: Elaboración propia a partir de datos relevados en este estudio.

La comprobación del modelo de Lotka en esta área arrojó un valor de $n=-2,0916$ (ecuación 1) y un valor del parámetro $C=0,6422$ (ecuación 2). Se observó un coeficiente de determinación de 92,67 % entre la cantidad de publicaciones e investigadores (figura 1). Como la máxima desviación absoluta 0,02050 fue menor al valor crítico 0,05175 la hipótesis nula no fue rechazada (tabla 3), por tanto, el modelo de Lotka se cumplió para el área de Ciencias Médicas y de la Salud.

Ecuación 1

$$n = \frac{19(7,44) - (17,85)(14,16)}{19(19,58) - (17,85)^2} = -2,0916$$

Ecuación 2

$$C = \frac{1}{\sum_{x=1}^{18} \left(\frac{1}{x^{2,0916}} \right) + \frac{1}{(2,0916-1)(19)(2,0916-1)} + \frac{1}{2(19)2,0916} + \frac{2,0916}{24(19-1)(2,0916+1)}} = \frac{1}{1,5602} = 0,6422$$

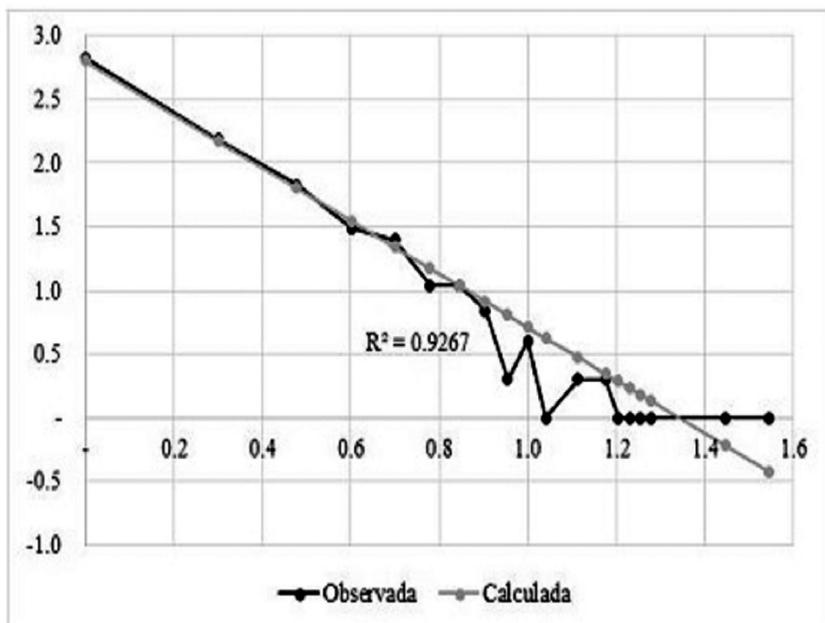


Figura 1. Distribución de productividad de investigadores observados y esperados en el área de Ciencias Médicas y de la Salud (escala logarítmica)

Fuente: Elaboración propia a partir de datos relevados en este estudio.

Ciencias Sociales

En Ciencias Sociales 83 investigadores generaron 53 publicaciones. Se observó que en torno a 93 % de los mismos produjeron una única publicación, evidenciándose por ende una elevada presencia de pequeños productores (véase *tabla 4*).

La comprobación del modelo de Lotka para el área de Ciencias Sociales mostró un valor de $n=-2,9075$ (*ecuación 3*) y un valor del parámetro $C=0,8183$ (*ecuación 4*). El coeficiente de determinación entre la cantidad de publicaciones e investigadores tuvo un valor de 82,24 % (*figura 2*). Resultó que la máxima desviación absoluta 0,08881 fue menor al valor crítico 0,17892, por lo cual se rechazó la hipótesis nula (véase *tabla 4*), razón por la que se comprobó que se cumplió el modelo de Lotka para el área de Ciencias Sociales.

Ecuación 3

$$n = \frac{4(0,32) - (1,38)(2,66)}{4(0,68) - (1,38)^2} = -2,9075$$

Ecuación 4

$$C = \frac{1}{\sum_{x=1}^3 \left(\frac{1}{x^{2,9075}} \right) + \frac{1}{(2,9075-1)(4)} + \frac{1}{2(4)^{2,9075}} + \frac{2,9075}{24(4-1)(2,9075+1)}} = \frac{1}{1,2221} = 0,8183$$

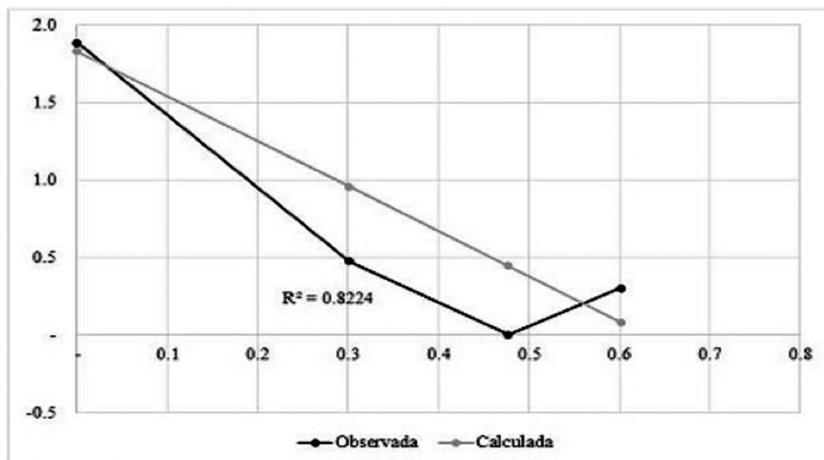


Figura 2. Distribución de productividad de investigadores observado y esperados en el área de Ciencias Sociales (escala logarítmica)
Fuente: Elaboración propia a partir de datos relevados en este estudio.

Cantidad de contribuciones x	Distribución observada					Distribución esperada según el model de Lotk		Prueba de ajuste según K-S	
	Cantidad de investigadores observados y	Cantidad de investigadores observados acumulados	Cantidad de investigadores observados acumulados relativo $s(x)$	Cantidad de investigadores esperados	Cantidad de investigadores esperados acumulados	Cantidad de investigadores esperados acumulados relativo $f(x)$	$f(x) - s(x)$	$ f(x) - s(x) $	
1	77	77	0,92771	68	68	0,83890	-0,08881	0,08881	
2	3	80	0,96386	9	77	0,95071	-0,01315	0,01315	
3	1	81	0,97590	3	80	0,98510	0,00920	0,00920	
4	2	83	1,00000	1	81	1,00000	0,00000	0,00000	

Tabla 4. Distribución de contribuciones por investigador y comprobación estadística del modelo matemático de Lotka en el área de Ciencias Sociales. Período 2015-2020.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos relevados en este estudio.

Ciencias Veterinarias

En el área de Ciencias Veterinarias se registraron 120 investigadores que generaron 38 publicaciones, en la cual los pequeños productores representan el 77,5 %. Por su parte, un único investigador presentó cinco publicaciones, que correspondió al número más elevado de contribuciones (véase *tabla 5*).

La comprobación del modelo de Lotka para el área de Ciencias Veterinarias produjo un valor de $n=-2,5917$ (*ecuación 5*), un parámetro $C=0,7643$ (*ecuación 6*) y un coeficiente de determinación de 96,63 % (*figura 3*). En vista de que la máxima desviación absoluta 0,02031 resultó menor al valor crítico 0,14880 la hipótesis nula no fue rechazada (véase *tabla 5*). Por consiguiente, se comprobó el cumplimiento del modelo de Lotka en esta área.

Ecuación 5

$$n = \frac{5(1,12) - (2,08)(4,59)}{5(1,17) - (2,08)^2} = -2,5917$$

Ecuación 6

$$C = \frac{1}{\sum_{x=1}^4 \left(\frac{1}{x^{2,5917}} \right) + \frac{1}{(2,5917-1)(5)} + \frac{1}{(2,5917-1)2(5)} + \frac{1}{2(5)2,5917} + \frac{2,5917}{24(5-1)(2,5917+1)}} = \frac{1}{1,3084} = 0,7643$$

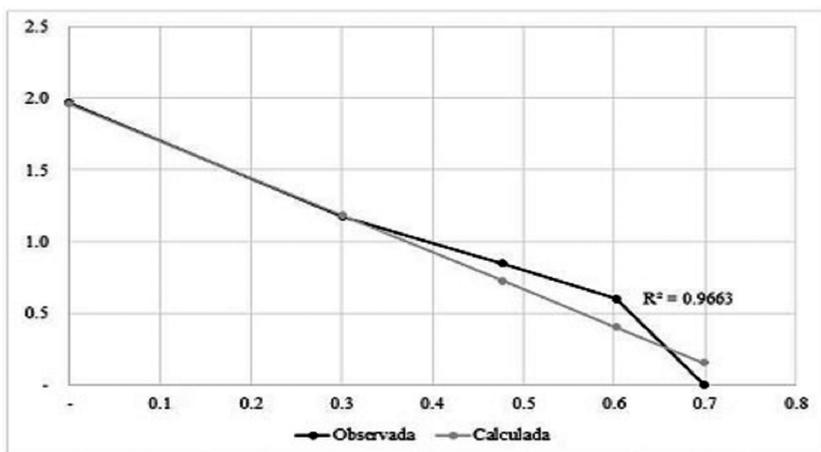


Figura 3. Distribución de productividad de investigadores observados y esperados en el área de Ciencias Veterinarias (escala logarítmica)
Fuente: Elaboración propia a partir de datos relevados en este estudio

Cantidad de contribuciones x	Distribución observada			Distribución esperada según el modelo de Lotka			Prueba de ajuste según K-S	$f(x) \cdot s(x)$
	Cantidad de investigadores observados y	Cantida de investigadores observados acumulado	Cantidad de investigadores observados acumulado relativo $s(x)$	Cantidad de investigadores esperados	Cantidad de investigadores esperados acumulado	Cantidad de investigadores esperados acumulado relativo $f(x)$		
1	93	93	0,77500	92	92	0,78936	0,01436	0,01436
2	15	108	0,90000	15	107	0,92031	0,02031	0,02031
3	7	115	0,95833	5	112	0,96609	0,00776	0,00776
4	4	119	0,99167	3	115	0,98782	-0,00385	0,00385
5	1	120	1,00000	1	116	1,00000	0,00000	0,00000

Tabla 5. Distribución de contribuciones por investigador y comprobación estadística del modelo matemático de Lotka en el área de Ciencias Veterinarias. Periodo 2015-2020
Fuente: Elaboración propia a partir de datos relevados en este estudio.

Ciencias Agrícolas

En las Ciencias Agrícolas se encontró que 70 investigadores generaron 36 publicaciones, donde los pequeños productores resultaron aproximadamente 77 %, un valor muy cercano al obtenido en este estudio para el área de Ciencias Veterinarias. Por su parte, solo dos investigadores poseían la cantidad máxima de contribuciones, que ascendió a un valor de cuatro (véase *tabla 6*).

Se obtuvo un valor de $n=-2,4609$ (*ecuación 7*) y un valor del parámetro $C=0,7365$ (*ecuación 8*). El coeficiente de determinación entre la cantidad de publicaciones e investigadores fue de 99,08 % (*figura 4*). Considerando que la máxima desviación absoluta 0,00885, que en comparación con el valor crítico 0,19482 fue menor, la hipótesis nula no fue rechazada (véase *tabla 6*). De ahí que, se comprobó que el modelo de Lotka se cumplió para el área de Ciencias Agrícolas.

Ecuación 7

$$n = \frac{4(0,72) - (1,38)(3,55)}{4(0,68) - (1,38)^2} = -2,4609$$

Ecuación 8

$$C = \frac{1}{\sum_{x=1}^3 \left(\frac{1}{x^{2,4609}} \right) + \frac{1}{(2,4609-1)(4)} + \frac{1}{2(4)^{2,4609}} + \frac{2,4609}{24(4-1)(2,4609+1)}} = \frac{1}{1,3577} = 0,7365$$

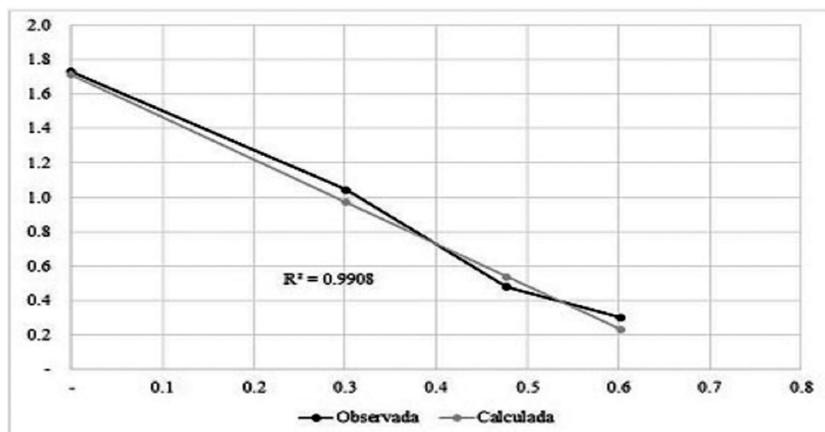


Figura 4. Distribución de productividad de investigadores observados y esperados en el área de Ciencias Agrícolas (escala logarítmica)
Fuente: Elaboración propia a partir de datos relevados en este estudio.

Cantidad de contribuciones x	Distribución observada			Distribución esperada según el modelo de Lotka			Prueba de ajuste según K-S	
	Cantidad de investigadores observados y	Cantidad de investigadores observados acumulados	Cantidad de investigadores observados acumulados relativo $s(x)$	Cantidad de investigadores esperados	Cantidad de investigadores esperados acumulados	Cantidad de investigadores esperados acumulados relativo $f(x)$	$f(x)-s(x)$	$f(x)-s(x)$
1	54	54	0,77143	52	52	0,78028	0,00885	0,00885
2	11	65	0,92857	9	61	0,92201	-0,00657	0,00657
3	3	68	0,97143	3	64	0,97426	0,00283	0,00283
4	2	70	1,00000	2	66	1,00000	0,00000	0,00000

Tabla 6. Distribución de contribuciones por investigador y comprobación estadística del modelo matemático de Lotka en el área de Ciencias Agrícolas. Periodo 2015-2020
Fuente: Elaboración propia a partir de datos relevados en este estudio.

A continuación, se presenta un cuadro comparativo del modelo de Lotka por áreas de la ciencia.

Áreas de la ciencia	Coficiente de variación (R^2)	Valor de n	Valor de C	Valor crítico Prueba K-S	Desviación máxima	Ajuste al modelo de Lotka
Ciencias Médicas y de la Salud	0,9267	-2,0916	0,6422	0,05175	0,02050	Se ajusta
Ciencias Sociales	0,8224	-2,9075	0,8183	0,17892	0,08881	Se ajusta
Ciencias Veterinarias	0,9663	-2,5917	0,7643	0,14880	0,02031	Se ajusta
Ciencias Agrícolas	0,9908	-2,4609	0,7365	0,19482	0,00885	Se ajusta

Tabla 7. Comparación del modelo de Lotka según áreas de la ciencia
Fuente: Elaboración propia a partir de datos relevados en este estudio.

DISCUSIÓN

La cantidad de investigadores con filiación a la UNA según área de la ciencia evidenció un comportamiento diferenciado en comparación a la distribución de investigadores (personas físicas) de Paraguay para el año 2020, según datos preliminares, la mayoría de los investigadores declarados en Actividades Científicas y Tecnológicas (ACT) pertenecen al área de Ciencias Sociales, aproximadamente 24 %, y en segundo lugar el área de Ciencias Médicas y de la Salud, con alrededor de 21 % (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología 2020). De hecho, estas cifras no son estrictamente comparables en consideración a la metodología que implica la concepción de las áreas de la ciencia, pero permite dar cuenta que a nivel nacional las dos principales áreas de incursión de los investigadores son las Ciencias Médicas y de la Salud y las Ciencias Sociales.

En cuanto a la distribución de las publicaciones por área de la ciencia los resultados coinciden con los reportados por la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana e Interamericana (2019) en el periodo 2015-2019, conforme a la base de datos bibliográfica Scopus, con un valor aproximado de 40 %, cuya área principal fue la de Ciencias de la Salud. Asimismo, un estudio cuantitativo realizado sobre los resultados de investigación de la Universidad Rashtrasant Tukadoji Maharaj Nagpur reveló una escasa producción investigativa en las Ciencias Sociales, así como en Humanidades, en comparación con demás áreas temáticas (Bapte y Kherde 2019), lo cual se asemeja a lo obtenido en este estudio.

En lo referido a la comprobación del modelo de Lotka en el área de Ciencias Médicas y de la Salud, al igual que en los estudios de Cáceres Ruiz Díaz (2019, 51) y Urbizagástegui Alvarado (2002, 18), se comprobó el cumplimiento del modelo de Lotka en su forma general, pero con un valor de n mucho mayor en comparación con el primer estudio, que mostró $n=-1,2058$, y más cercano al segundo, que reportó un valor de $n=-2,76$ para el área de Medicina. Además, en un estudio sobre la aplicabilidad de la ley de Lotka en la rama de la Parasitología de la India, se comprobó el ajuste de la literatura en este campo a dicha ley (Naeem, Sivaraman y Saravanan 2019).

Por otra parte, en la comprobación del modelo en el área de las Ciencias Sociales, resulta significativo traer a colación un estudio sobre productividad realizado dentro de un campo particular de esta área, el de la Bibliotecología y Ciencias de la Información, el cual mostró que la distribución de la productividad de autores se ajusta a ley de Lotka para la literatura correspondiente a India (Bisaria 2020). De manera análoga, en una investigación sobre publicaciones realizadas en una revista de documentación se comprobó la aplicabilidad de la ley de Lotka (Kumar 2017). Asimismo, en un trabajo hecho sobre patrones de autoría se concluyó que la distribución de Lotka es válida para la literatura de negocios internacionales (Naqvi y Fatima 2017). Lo expuesto ofrece indicios de la aplicabilidad de la ley de Lotka en el área de las Ciencias Sociales, de forma coincidente con los hallazgos del presente estudio.

En contrapartida, la comprobación del cumplimiento del modelo de Lotka en el área de Ciencias Veterinarias, se contrapone al hallazgo de Urbizagástegui Alvarado (2002), que comprobó que las publicaciones de los profesores de la Escola de Veterinária de la UFMG (Brasil) no se ajusta al cuadrado inverso del modelo de Lotka en el área de Veterinaria.

En tanto que, el cumplimiento del modelo de Lotka en el área de Ciencias Agrícolas, se da de manera semejante a lo reportado en un trabajo realizado por Urbizagástegui Alvarado (2005), en el cual se aplicó la Ley de Lotka por el método del «poder inverso generalizado» a datos de un estudio realizado por Oliveira (1983), éste halló un ajuste de la literatura estudiada al modelo de Lotka. Cabe señalar que Oliveira estudió el comportamiento de la literatura sobre jaca, a partir de resúmenes del ámbito agrícola.

Considerando que la ciencia posee productividad que se encuentra sesgada, es de vital relevancia que los recursos disponibles se encuentren orientados a los investigadores que conforman el grupo élite en un campo de la ciencia (González de Dios, Moya y Mateos Hernández 1997).

La relevancia del modelo de Lotka, según lo plantea Rau (2011, 214), radica en «una aplicación práctica del cumplimiento o no de esta ley, podría traducirse en la propuesta de fondos gubernamentales para el desarrollo de un área científica».

CONCLUSIONES

La comprobación del modelo de Lotka en su forma generalizada, con el correspondiente cálculo del valor de n por el método de los mínimos cuadrados y el valor de C , mediante la aplicación de la prueba Kolmogorov-Smirnov evidencia un ajuste de la producción científica de los investigadores con filiación a la UNA, en revistas paraguayas indexadas en SciELO, en las áreas estudiadas, con respecto al postulado teórico del modelo, a un nivel de 1 % de significación.

En las cuatro áreas de estudio se observa una importante proporción de autores esporádicos, autores que publican en una sola ocasión, cuyos valores superan al predicho por Lotka (1926) que en su estudio presenta un valor que ronda en 60 %. Esto implica que predominan los pequeños productores, es decir, la mayor parte manifiesta baja productividad, en contrapartida, representa una pequeña cantidad de éstos la que agrupa la mayor proporción de las publicaciones.

Aunque la metodología para la comprobación del modelo de Lotka debería preferentemente realizarse en una temática específica y en un lapso de tiempo considerable, al menos 10 años, se ha demostrado en este estudio que también resulta plausible la comprobación del modelo considerando áreas de la ciencia y un rango temporal no muy amplio, en este caso seis años.

REFERENCIAS

- Bapte, Vishal Dattatray y Mohan R. Kherde. 2019. An Institutional Collaboration and Application of Lotka's Law to the Research Output of Rashtrasant Tukadoji Maharaj Nagpur. *Library Philosophy and Practice (e-Journal)*.
- Barceló, Grettel, Eduardo Cendejas, Igor Bolshakov y Grigori Sidorov. 2009. Ambigüedad en nombres hispanos. *Revista Signos* 42(70): 153-169.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=157013778001>
- Bisaria, Garima. 2020. Lotka's Law and Authorship Trends in Library and Information Science: A Study Based on Select Journals of India, US and UK. *Library Philosophy and Practice (e-journal)*: 1-22.
- Cáceres Ruiz Díaz, Mariana. 2019. Productividad científica de los investigadores categorizados del área de Ciencias Médicas y de la Salud: aplicación del modelo matemático de Lotka. *Memorias del Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Salud* 17(2): 44-55.
<http://scielo.iics.una.py/pdf/iics/v17n2/1812-9528-iics-17-02-44.pdf>
- Canavos, George C. 2001. *Probabilidad y Estadística*. México: McGraw-Hill.
- Centro Universitario de Liderazgo y Tecnología Avanzada. 2016. Metodología de limpieza de datos con la herramienta de OpenRefine.
<http://www.visualix.mx/files/5eb360388714341c277936ecb036e370.pdf>

- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. 2020. *Indicadores de Ciencia y Tecnología de Paraguay* 2020.
https://www.conacyt.gov.py/sites/default/files/upload_editores/u489/Resultados-ACT2020-Indicadores-CyT_Paraguay-2020.pdf
- Egge, L. 2012. Theoretical evidence for empirical findings of A. Pulgarin on Lotka's law. *Malaysian Journal of Library & Information Science* 17(3): 1-15.
<https://ajba.um.edu.my/index.php/MJLIS/article/view/6637>
- González de Dios, J., M. Moya y M. A. Mateos Hernández. 1997. Indicadores bibliométricos: características y limitaciones en el análisis de la actividad científica. *Anales Españoles de Pediatría* 47(3): 235-244.
<https://www.aeped.es/sites/default/files/anales/47-3-3.pdf>
- Gorbea Portal, Salvador. 2005. *El modelo matemático de Lotka: su aplicación a la producción científica latinoamericana en ciencias bibliotecológica y de la información*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Centro Universitario de Investigaciones Bibliotecológicas.
http://ru.iibi.unam.mx/jspui/bitstream/IIBI_UNAM/L82/1/modelo_matematico_lotka.pdf
- Kumar, Suresh. 2017. Author Productivity and the Application of Lotka's Law in LIS Publications. *Annals of Library and Information Studies* 64(4): 234-241.
- Lotka, Alfred. J. 1926. The Frequency Distribution of Scientific Productivity. *Journal of the Washington Academy of Sciences* 16(12): 317-323.
- Naheem, K. T., P. Sivaraman y G. Saravanan. 2019. Applicability of Lotka's Law in Parasitology Research Output of India. *Library Philosophy and Practice* (e-journal).
- Naqvi, S. H. y N. Fatima. 2017. Authorship Patterns in International Business Literature: Applicability of Lotka's Law. *Annals of Library and Information Studies* 64(4): 253-259.
- OCDE. 2018. Manual de Frascati 2015: *Guía para la recopilación y presentación de información sobre la investigación y el desarrollo experimental*. Madrid: FECYT.
<https://doi.org/10.1787/9789264310681-es>
- Oliveira, Silas Marques. 1983. Aplicação da lei de produtividade de autores de Lotka à literatura de Jaca. *Revista de Biblioteconomia de Brasília* 11(1): 125-130.
<https://1library.org/document/yrwg8lpz-aplicacao-da-lei-produtividade-autores-lotka-literatura-jaca.html>
- Potter, W. G. 1981. Lotka's Law revisited. *Library Trends* 31: 21-29.
- Pulgarín, A. 2012. Dependence of Lotka's law parameters on the scientific area. *Malaysian Journal of Library & Information Science* 17(1): 41-50.
<https://mjlis.um.edu.my/index.php/MJLIS/article/view/1881>
- Rau, Jaime R. 2011. ¿Siguen la producción de artículos ISI de los ecólogos chilenos (sensu lato) la ley de Lotka (1926)? *Revista Chilena de Historia Natural* 84: 213-216.
<http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2011000200007>
- Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana e Interamericana. 2019. Publicaciones. Acceso el 26 de enero de 2022.
http://app.riicyt.org/ui/v3/bycountry.html?country=PY&subfamily=CTI_BIB&start_year=2010&end_year=2019
- Urbizagástegui Alvarado, Rubén. 1999. La ley de Lotka y la literatura de bibliometría. *Investigación Bibliotecológica* 13(27): 125-141.
<http://dx.doi.org/10.22201/iibi.0187358xp.1999.27.3913>

- _____ 2002. A Lei de Lotka na bibliometria brasileira. *Ciência da Informação* 31(2): 14-20.
<https://doi.org/10.1590/S0100-19652002000200002>
- _____ 2005. La productividad científica de los autores. Un modelo de aplicación de la Ley Lotka por el método del poder inverso generalizado. *Información, cultura y sociedad* 12: 51-73.
<http://repositorio.filo.uba.ar/bitstream/handle/filodigital/8017/n12a04.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Para citar este texto:

Sena Correa, Emilce, María Luisa Lascurain, Mariana Cáceres Ruiz Díaz y Johana Raquel Pineda Alvarenga 2023. “Productividad científica de investigadores de la Universidad Nacional de Asunción (UNA): comprobación del modelo de Lotka”. *Investigación Bibliotecológica: archivonomía, bibliotecología e información* 37 (96): 170-200.
<http://dx.doi.org/10.22201/iibi.24488321xe.2023.96.58793>