

## Micotoxinas en el análisis de los alimentos: Un estudio con indicadores bibliométricos y mapas de visualización

Mycotoxins in food analysis: A study with bibliometric indicators and visualization maps

Ricardo A. J. Leon-Vasquez<sup>1\*</sup> <https://orcid.org/0000-0001-9144-6320>

Cesar H. Limaymanta<sup>2,3</sup> <https://orcid.org/0000-0002-8797-4275>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Facultad de Medicina, Departamento de Microbiología y Patología. Arequipa, Perú.

<sup>2</sup>Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Departamento de Bibliotecología y Ciencias de la Información. Lima, Perú.

<sup>3</sup>Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Departamento de Ciencias. Lima, Perú.

\*Autor para la correspondencia: [rleon@unsa.edu.pe](mailto:rleon@unsa.edu.pe)

### RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo identificar el desarrollo de la producción científica según año y revistas; determinar la estructura temática e identificar la red de coautoría de la literatura sobre micotoxinas en el análisis de los alimentos. Se realizó un estudio descriptivo con indicadores bibliométricos y mapas de visualización, en el que se usó la base de datos Scopus de los documentos incluidos desde el año 2011 al 2020. Se consideraron 453 artículos que cumplieron con los criterios de inclusión, 382 artículos de investigación y 71 revisiones. El promedio de citas por artículo varió anualmente entre 6 (2019) y 40,5 (2012). La revista más productiva fue *Mycotoxin Research*, de la editorial *Springer Nature*. En el mapa de coocurrencias se obtuvieron 5 clústeres de descriptores. En el mapa de coautoría se hallaron 21 clústeres, 14 de ellos correspondieron a autores que investigaron en coautoría. El desarrollo científico

tuvo una producción anual no uniforme, con crecimiento lento. La estructura temática según la red de coocurrencia indica que el término más frecuente es micotoxinas, correspondiente al enfoque micotoxinas que influyen en la salud pública del primer clúster. La red de coautoría indica que el 98,2 % de los artículos fueron elaborados en coautoría y el autor más productivo fue *Krska Rudolf*, de la *Queen's University Belfast*, con 24 artículos. **Palabras clave:** Micotoxinas; análisis de los alimentos; bibliometría; mapas de visualización.

## ABSTRACT

The purpose of the study was to identify the development of scientific production by year and journal, determine the thematic structure and identify the co-authorship network of the literature about mycotoxins in food analysis. A descriptive study was conducted of documents published in the database Scopus from 2011 to 2020, using bibliometric indicators and visualization maps. A total 453 articles were included which met the inclusion criteria. Of these, 382 were research articles and 71 were reviews. The average annual number of citations per article ranged from 6 in 2019 to 40.5 in 2012. The most productive journal was *Mycotoxin Research* from Springer Nature publishers. The co-occurrence map displayed five descriptor clusters, whereas the co-authorship map displayed 21 clusters, 14 of which corresponded to authors researching in co-authorship. Scientific development had a non-uniform, slowly growing annual output. The thematic structure according to the co-occurrence network shows that the most frequent term is "mycotoxins", corresponding to mycotoxins influencing public health from the first cluster. The co-authorship network shows that 98.2% of the articles were co-authored, and the most productive author was *Krska Rudolf*, from *Queen's University, Belfast*, with 24 articles.

**Key words:** Mycotoxins; food analysis; bibliometrics; visualization maps.

Recibido: 26/11/2020

Aceptado: 02/07/2021

## Introducción

Los mohos, nombre con el que se denominan los hongos filamentosos, son organismos prácticamente ubicuos debido a sus mecanismos de dispersión. Muchas especies usan el aire como medio por el cual propagar sus esporas, las cuales pueden depositarse posteriormente sobre diversos sustratos, y en caso de que estos les brinden las condiciones necesarias de germinación, permitirán el desarrollo de nuevos mohos, que en muchos casos se desarrollan sobre alimentos de consumo humano, y que muchas veces pueden pasar desapercibidos por su tamaño, si la contaminación no es a gran escala. A su vez, mientras se desarrollan son capaces de generar diversos productos metabólicos, entre los que existen enzimas, antibióticos y antimicóticos, aunque también pueden producir micotoxinas.

Las micotoxinas son metabolitos secundarios de varias especies de hongos filamentosos, como los géneros *Aspergillus*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Fusarium* y otros. Tienen importancia en el área de salud, al ser carcinogénicas, mutagénicas, teratogénicas, neurotóxicas e inmunosupresivas para animales y para el hombre.<sup>(1,2,3)</sup> Los alimentos contaminados por hongos y sus micotoxinas constituyen un riesgo global. Los productos alimentarios se pueden contaminar por micotoxinas en etapas como pre- y poscosecha, almacenamiento, transporte, procesamiento y durante el periodo de venta comercial.<sup>(1)</sup> Dicho aspecto depende mucho de las condiciones en las cuales se haya realizado cada etapa, principalmente afectada por la humedad y el calor,<sup>(4)</sup> que estimula el desarrollo de estos microorganismos y, por tanto, su consiguiente metabolismo.

Existen muchos compuestos que pueden ser considerados como micotoxinas, aunque solo algunas tienen importancia por ser capaces de afectar a la salud del

ser humano. Las más conocidas son las Aflatoxinas (AF), las Fumonisinias (FB), la Ocratoxina A (OTA), el Deoxinivalenol (DON) y la Zearalenona (ZEN). La presencia de micotoxinas en cantidades significativas se convierte en un riesgo para la salud. Según su cantidad son capaces de generar desde reacciones alérgicas, hasta la muerte en seres humanos y animales;<sup>(1,3)</sup> incluso se ha encontrado, en las fumonisinias, relación entre estas moléculas y los partos pretérmino en seres humanos.<sup>(4)</sup> Estos metabolitos pueden ser, además, bioacumulables en algunos órganos y generar afecciones crónicas en el hígado, el cerebro y otros órganos que a largo plazo pueden producir cáncer y otras enfermedades graves producto de estas denominadas micotoxicosis.<sup>(5)</sup>

También es importante considerar el efecto que tienen sobre los animales de granja, los cuales se exponen al efecto de las micotoxinas debido a las malas condiciones de almacenamiento del pienso que se usa en su alimentación, la que pudiera estar en almacenes expuestos a la humedad. Esto favorecería el desarrollo de los mohos y, en consecuencia, la producción de micotoxinas. Dichas sustancias deterioran la salud de los animales de granja de diversas maneras, incluyendo inmunosupresión, reducción de peso, daño histopatológico, interferencia en su crecimiento y reducción de la fecundidad, lo que afectaría el proceso de producción agrícola, además de generar problemas sanitarios y pérdidas económicas, ya que estos animales afectados tienen menor calidad, e incluso ocasionan pérdidas totales para el granjero.<sup>(2,6)</sup>

Se han desarrollado técnicas de muestreo y métodos cromatográficos avanzados para la detección de micotoxinas, principalmente la cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC), la espectrometría de masas de alta resolución, la cromatografía de gases y la espectrometría de masas en tándem (MS/MS tándem).

Estas herramientas se han vuelto muy importantes en la detección de micotoxinas, además de las técnicas de inmunoensayo como ELISA y otras técnicas cuantitativas avanzadas que también se usan para la detección de estas sustancias.<sup>(7)</sup>

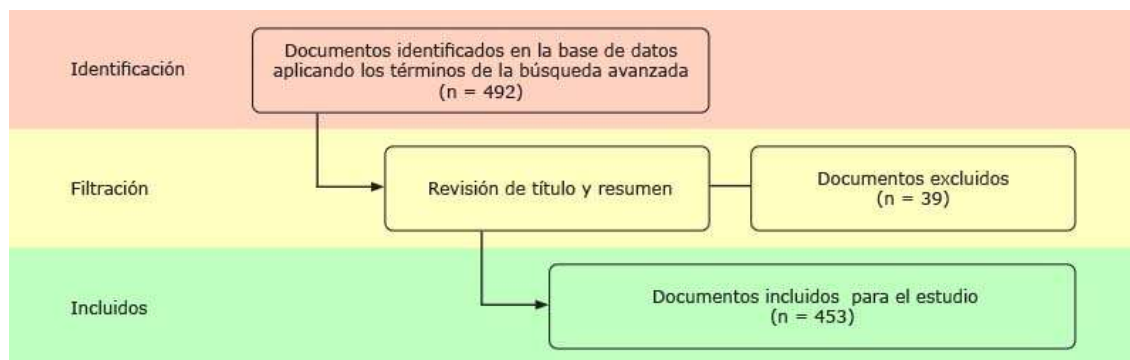
Ante la importancia de conocer las características de las micotoxinas en estudios realizados en diversos contextos, sería necesario conocer el comportamiento de la producción científica sobre micotoxinas en el análisis de los alimentos mediante métodos cuantitativos. Para tal fin, se toma como soporte la bibliometría para identificar tendencias e irregularidades de la producción científica,<sup>(8,9)</sup> y los mapas de redes bibliométricas como herramientas de visualización de la ciencia.<sup>(10)</sup>

Para comprender la estructura del dominio de la investigación sobre micotoxinas en el análisis de los alimentos se utilizó la coocurrencia de palabras clave y la coautoría de autores. Las redes de coocurrencia de las palabras clave han sido ampliamente estudiadas; el número de coocurrencias de dos palabras indica el número de publicaciones en las cuales ambas palabras ocurren en la lista de las palabras clave,<sup>(10)</sup> mientras que la red de coautoría de autores identifica la forma de cómo colaboran los autores, reflejando a investigadores que trabajan en red y a los que trabajan de manera individual.<sup>(11)</sup> Estos análisis son útiles para identificar la estructura temática (coocurrencia de palabras clave) y la estructura social (coautoría entre autores) en el dominio de la investigación de las micotoxinas en el análisis de los alimentos; dichos aspectos generaron la premisa de la investigación que tuvo por objetivo identificar el desarrollo de la producción científica según año y revistas; determinar la estructura temática e identificar la red de coautoría de la literatura sobre micotoxinas en el análisis de los alimentos.

## Métodos

Se realizó un estudio bibliométrico con mapas de visualización y con enfoque descriptivo. Para buscar y recuperar los registros objeto de análisis se empleó la base de datos Scopus, una base de datos multidisciplinaria que cubre todas las áreas temáticas y, por consiguiente, todas las revistas indizadas en Medline.<sup>(12)</sup> En julio del año 2020 se realizó la búsqueda de los documentos publicados desde 2011 hasta 2020, delimitando según tipo de documento (solo artículos originales y revisiones). La cadena de búsqueda final fue *TITLE-ABS-KEY (mycotoxin\* OR*

*mycotoxinos\* ) AND TITLE-ABS-KEY ( "food analysis" OR "aliment analysis" OR "nutriment analysis" ) AND PUBYEAR < 2021 AND PUBYEAR > 2010 AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE , "ar" ) OR LIMIT-TO ( DOCTYPE , "re" ) ).* La palabra *mycotoxin\** incluye a *mycotoxin* y *mycotoxins*, mientras que *mycotoxinos\** incluye a *mycotoxicosis* y *mycotoxicoses*. Se obtuvieron 492 artículos, de los cuales se descartaron 39 por no tratar sobre micotoxinas y el análisis de los alimentos, sino sobre las técnicas de análisis en términos generales (Fig. 1). Los 453 artículos restantes se exportaron en un archivo CSV según las siguientes opciones en Scopus: información de citas, información bibliográfica, título, resumen, palabras clave y alguna otra información.



**Fig. 1** - Proceso metodológico de búsqueda, recuperación y selección de los registros para el estudio.

Para obtener los resultados se usaron tres programas: Microsoft Excel 2019, que sirvió para la preparación, normalización de los datos y construcción de tablas y gráficos; Bibliometrix v3.0, el cual se usó para describir el comportamiento de la producción científica de las revistas mediante la ley de dispersión de Bradford (esta ley epónima fue desarrollada en el año 1934 y declara que si las revistas científicas se organizan en orden de productividad decreciente de los artículos sobre un tema determinado, existirá un núcleo de publicaciones periódicas dedicadas más particularmente al tema y en varios grupos o zonas que contengan la misma cantidad de artículos que el núcleo);<sup>(13)</sup> y VOSviewer v1.6.15, que se

utilizó para construir los mapas de coautoría y los mapas de coocurrencia de palabras clave,<sup>(10)</sup> previa construcción de tesauros para la normalización de los datos.

## Resultados

### Características de la producción científica sobre micotoxinas en el análisis de alimentos

Se encontraron 453 documentos que cumplían los criterios de inclusión y de exclusión desde el año 2011 hasta 2020, de los cuales 382 eran artículos de investigación y 71 correspondieron a revisiones. La figura 2 presenta la evolución del número de artículos por año hasta 2019 (no se muestra del 2020 porque solo se registraron publicaciones hasta julio de 2020). No se observa un crecimiento uniforme de su producción científica. En cuanto al promedio del número de citas por artículo, el mayor valor se registra en el año 2012 con 40,5 citas y el menor valor se da en el 2019 con 6 citas. Este descenso del promedio de citas es natural en las publicaciones científicas porque a mayor cantidad de años citables, se tiene mayor número de citas.

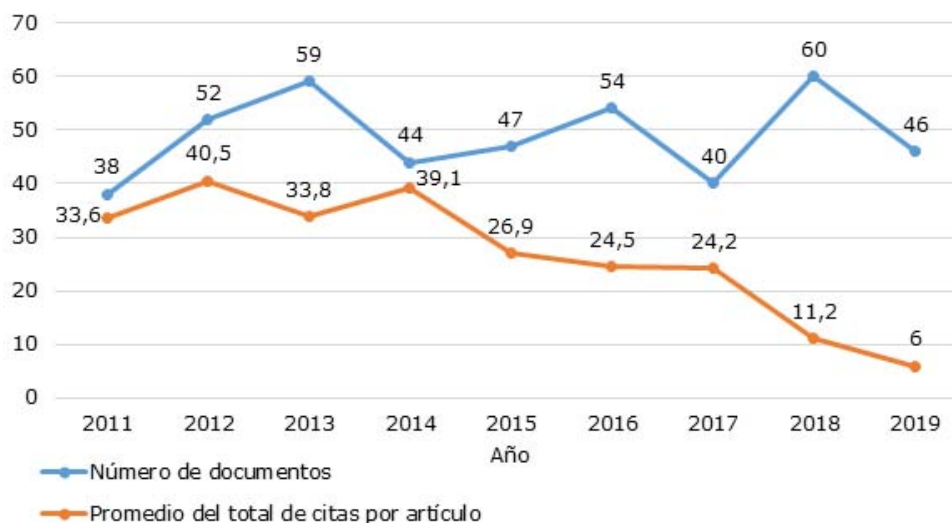


Fig. 2 - Número de artículos publicados y promedio de citas por artículo sobre micotoxinas en el análisis de alimentos, 2011-2019.

En cuanto a las revistas más productivas de los registros recuperados, se recurrió a la ley de dispersión de Bradford obtenido con el programa Bibliometrix 3.0. La tabla 1 presenta las revistas más productivas que se encuentran en el núcleo (zona 1) y en la zona 2. Existen cinco revistas que se encuentran en el núcleo. La revista más productiva es *Mycotoxin Research*, de la editorial *Springer Nature*, con 40 documentos. En la zona 2 se encuentran nueve revistas con 135 documentos y en la zona 3, 98 revistas menos productivas que reúnen a 149 documentos sobre micotoxinas en el análisis de los alimentos. Elsevier es la editorial más frecuente (7 veces) entre las revistas que se encuentran en el núcleo y en la zona 2.



**Tabla 1 - Revistas más productivas sobre micotoxinas en el análisis de alimentos**

N°	Revista / fuente	Editorial	ND	NAD	Zona / NR / ND
1	Mycotoxin Research	Springer Nature	40	40	Zona 1 Cinco revistas 169 documentos
2	Food Additives and Contaminants - Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment	Taylor & Francis	36	76	
3	Journal of Chromatography A	Elsevier	34	110	
4	Food And Chemical Toxicology	Elsevier	30	140	
5	Food Chemistry	Elsevier	29	169	
6	Analytical and Bioanalytical Chemistry	Springer Nature	24	193	Zona 2 Nueve revistas 135 documentos
7	Toxins	Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)	24	217	
8	Biosensors and Bioelectronics	Elsevier	20	237	
9	Analytica Chimica Acta	Elsevier	16	253	
10	TrAC - Trends in Analytical Chemistry	Elsevier	15	268	
11	World Mycotoxin Journal	Wageningen Academic Publishers	12	280	
12	Food Additives and Contaminants: Part B Surveillance	Taylor & Francis	9	289	
13	Talanta	Elsevier	8	297	
14	Journal of AOAC International	AOAC International	7	304	
15	Otras revistas/fuentes	--	149	453	

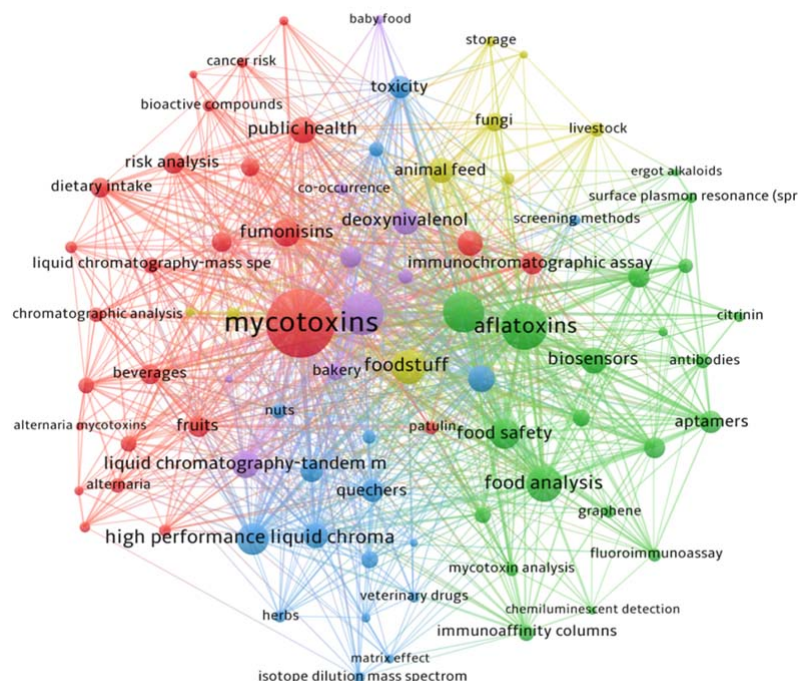
ND: Número de documentos; NAD: Número acumulado de documentos; NR: Número de revistas.

## Estructura temática de micotoxinas en el análisis de alimentos

### Mapa de coocurrencia de palabras clave

La figura 3 presenta el mapa de coocurrencia de palabras clave, que intenta describir la estructura temática sobre micotoxinas en el análisis de alimentos. Se observa que el descriptor de mayor frecuencia es mycotoxins (micotoxinas) con

202 ocurrencias; siguen en orden aflatoxins, cereals, ochratoxin a y food analysis, con 95, 84, 78 y 58 ocurrencias respectivamente. El número de coocurrencias de dos palabras indica la cantidad de publicaciones, en el cual las dos palabras ocurren en la lista de palabras clave de los documentos seleccionados.



Se tomaron en cuenta las palabras con cuatro a más apariciones. De las 1 221 palabras clave, solo 82 cumplieron con el umbral. Atracción 1, repulsión -1, resolución 0,75

Los colores indican agrupaciones de palabras clave relativamente relacionados entre sí, según la fortaleza de asociación de cada nodo, además de la diferencia visual de clústeres.<sup>(8)</sup>

**Fig. 3 - Visualización de la red de coocurrencia de palabras clave.**

Con los 82 descriptores de un total de 1 221 registrados en los 452 documentos recuperados y cinco clústeres observados, se realizó el análisis con sus 5 descriptores más importantes de acuerdo con su número de ocurrencias (Tabla 2).

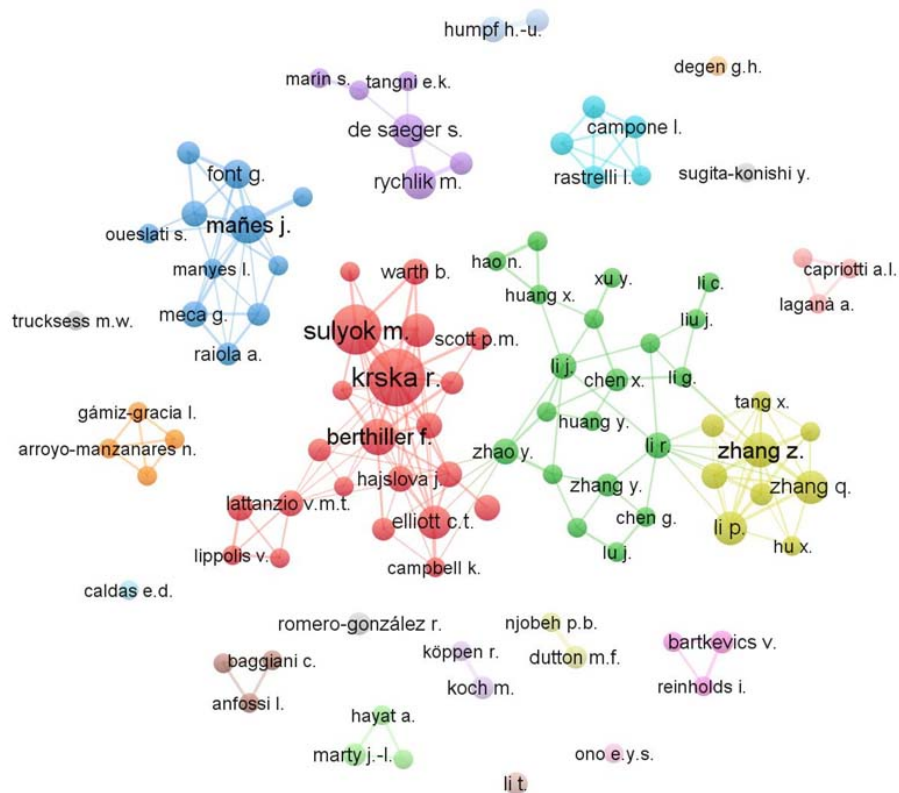
**Tabla 2 - Ítems y clústeres obtenidos del mapa de coocurrencia de palabras clave con interpretación de cada clúster**

Clúster	Palabra clave	Ocurrencias	Enfoque temático
1 Rojo	Mycotoxins	202	Micotoxinas que influyen en la salud pública
	Fumonisins	36	
	Public health	35	
	Zearalenone	30	
	Immunochemical assay	26	
2 Verde	Aflatoxins	95	Detección de micotoxinas en el análisis de alimentos
	Ochratoxin a	78	
	Food análisis	58	
	Food safety	44	
	Biosensors	34	
3 Azul	High performance liquid chromatography	47	Detección de micotoxinas con diversos métodos
	Contaminants detection	35	
	High resolution mass spectrometry	31	
	Quechers	25	
	Multi-mycotoxin análisis	24	
	Toxicity	24	
4 Amarillo	Foodstuff	55	Presencia de hongos productores de micotoxinas en alimentación de ganado
	Animal feed	31	
	Fungi	17	
	Livestock	12	
	Aspergillus	10	
5 Morado	Cereals	84	Detección de micotoxinas en cereales y productos de panadería
	Liquid chromatography-tandem mass spectrometry (lc-ms/ms)	36	
	Deoxynivalenol	34	
	Trichothecenes	23	
	Bakery	15	

El clúster 1 (rojo) se enfoca a las micotoxinas como factor que influye en la salud pública y su detección por métodos inmunocromatográficos; el clúster 2 (verde) corresponde al análisis de los alimentos para la detección de micotoxinas, como las aflatoxinas y la ocratoxina A como factores importantes en la seguridad alimentaria; el clúster 3 (azul) incluye 6 descriptores debido a que los últimos dos obtuvieron igual número de ocurrencias. Este clúster destaca a los métodos de análisis que permiten la detección de múltiples micotoxinas, considerando a métodos cromatográficos, de espectrometría, entre otros; el clúster 4 (amarillo) trata el tema de la presencia de hongos o mohos productores de micotoxinas en el alimento del ganado como fuente de contaminación; el tema del clúster 5 (morado) corresponde a la detección de micotoxinas en productos cereales y de panadería, como harinas, que tienen relación directa.

### **Red de coautoría y autores más productivos**

La coautoría entre autores se da cuando dos o más investigadores trabajan en colaboración un documento, lo que constituye una de las muchas formas de colaboración sobre un área específica. De los 453 documentos, solo ocho de ellos (1,8 %) fueron escritos sin colaboración (en solitario), mientras que los 445 restantes fueron escritos por dos o más autores. La figura 4 muestra el mapa de coautoría obtenido, donde cada nodo (círculo) representa a un investigador y su tamaño es la cantidad de documentos publicados por el autor sobre micotoxinas en el análisis de alimentos. En el mapa se visualiza a los autores con tres documentos como mínimo. De un total de 1 815 autores, 102 cumplen el umbral reflejando distintas agrupaciones que trabajan en red y los que trabajan en solitario. De los 21 clústeres que se muestran en el mapa, siete están conformados solo por un autor que realizan trabajos individuales. Estas características muestran un comportamiento heterogéneo en el trabajo colaborativo entre los autores sobre la temática.



Los parámetros son atracción: 2; repulsión: -3; resolución de agrupamiento: 0.5.

**Fig. 4** - Mapa de una red de coautoría entre autores

Los colores distintos indican las diferentes agrupaciones de autores que están relacionados según la fuerza de enlace total de coautoría. El clúster mejor consolidado y con mayor número de autores es el rojo (22 autores); allí se encuentra el autor más productivo (*Rudolf Krska*, de la *Queen's University Belfast*), con 24 documentos con índice H Scopus de 64. Este indicador equivale a que el autor tiene 64 documentos publicados en Scopus con al menos 64 citas en cada uno de ellos. Le sigue *Michael Sulyok*, afiliado a la *Universitat fur Bodenkultur Wien*, con 18 documentos sobre la temática, con 44 de índice H; la lista del top 12 de autores con al menos ocho documentos se muestran en la tabla 3. Tanto la figura 4 como la tabla 3 son de suma importancia para aquellas agencias de financiamiento o para aquellos investigadores que buscan identificar grupos de investigación y, por consiguiente, trabajar en colaboración temas sobre micotoxinas en el análisis de los alimentos.

**Tabla 3 - Autores más productivos en micotoxinas en el análisis de alimentos**

N°	Autor	ND	Índice H	Principal institución	País	FET
1	<i>Krska, Rudolf</i> Author ID: 7003506571	24	64	<i>Queen's University Belfast</i>	Reino Unido	23
2	<i>Sulyok, Michael</i> Author ID: 55893821400	18	44	<i>Universitat fur Bodenkultur Wien</i>	Austria	17
3	<i>Mañes, Jordi Damon</i> Author ID: 7006949013	11	57	<i>University of Valencia</i>	España	11
4	<i>Berthiller, Franz</i> Author ID: 8552019900	10	50	<i>Universitat fur Bodenkultur Wien</i>	Austria	8
5	<i>Zhang, Zhaowei</i> Author ID: 55322526300	9	20	<i>Chinese Academy of Agricultural Sciences</i>	China	9
6	<i>de Saeger, Sarah M.D.G.</i> Author ID: 56785623200	8	46	<i>Universiteit Gent</i>	Bélgica	3
7	<i>Elliott, Christopher Trevor</i> Author ID: 57217025966	8	50	<i>Queen's University Belfast</i>	Reino Unido	7
8	<i>Ezekiel, Chibundu N</i> Author ID: 23018377400	8	18	<i>Babcock University</i>	Nigeria	8
9	<i>Li, Peiwu</i> Author ID: 16836355500	8	32	<i>Ministry of Agriculture of the People's Republic of China</i>	China	8
10	<i>Rychlik, Michael</i> Author ID: 7003291418	8	35	<i>The University of Queensland</i>	Australia	5
11	<i>Zhang, Qi</i> Author ID: 56194049200	8	26	<i>Ministry of Agriculture of the People's Republic of China</i>	China	8
12	<i>Font, Guillermina</i> Author ID: 7006104567	6	52	<i>University of Valencia</i>	España	6

ND: Número de documentos; FET: Fuerza de enlace total.

## Discusión

Existen 453 documentos del tema *Micotoxinas en el análisis de los alimentos* en la base de datos Scopus, desde el año 2011 hasta el año 2019, con una producción científica anual no uniforme, la cual tiene un crecimiento lento en comparación con otros temas de salud.<sup>(14)</sup> Esta situación revela la poca importancia sobre el tema por parte de los investigadores, pero se debe enfatizar la relevancia del estudio de micotoxinas en el análisis de alimentos. En cuanto al impacto de la producción según las citas, se demostró que el promedio de citas por artículo tiene una ligera disminución desde el año 2014; esta situación obedece a un comportamiento normal del impacto de los documentos, dado que los documentos con mayor antigüedad son los más citados porque ofrecen una mayor ventana de citación.<sup>(15)</sup>

Con el modelo de dispersión de Bradford se identificó a las cinco revistas que pertenecen al núcleo productivo, la cual *Mycotoxin Research* de la editorial *Springer Nature* es la revista más productiva con 40 documentos.

Hay una tendencia, en la coocurrencia de términos, al considerar la relación entre alimentos y las micotoxinas presentes en estos, de lo cual se puede inferir una relación entre los productos analizados y las micotoxinas presentes; esto implica la diversidad de técnicas que se han desarrollado para demostrar su utilidad en el análisis de los alimentos en búsqueda de micotoxinas.<sup>(1,2,3,6,7)</sup>

Se determinó la estructura temática con un mapa de coocurrencia de palabras clave que mostró que el descriptor más frecuente es *mycotoxins* (micotoxinas) con 202 ocurrencias que indica su presencia en el 44,6 % de los documentos investigados, y corresponde al primer clúster que tiene un enfoque temático de micotoxinas que influyen en la salud pública. El siguiente término en ocurrencia es *aflatoxins* (aflatoxinas) con 95 registros (21 % de presencia), que corresponde

al clúster de Detección de micotoxinas en el análisis de los alimentos, pero también indicaría que es la micotoxina con mayor estudio en específico entre los artículos de investigación.<sup>(16)</sup> Los otros clústeres consideran la temática de detección de micotoxinas con diversos métodos, presencia de hongos productores de micotoxinas en alimentación de ganado y detección de micotoxinas en cereales y productos de panadería, lo que se corresponde con la bibliografía consultada, al dar mayor importancia a su efecto en la salud humana como predisponente de enfermedades crónicas, lo cual debe ser controlado.<sup>(1,3,4,5)</sup>

En la red de coautoría obtenida se determinó que solo el 1,8 % de los artículos estudiados correspondía a estudios con un solo autor, y el 98,2 % de los artículos fueron elaborados en coautoría. Este es un aspecto muy importante en la investigación porque trabajar en coautoría representa mayor cantidad de contactos personales con la presencia de un equipo que valorará y contribuirá con el documento. Dicho aspecto disminuye la posibilidad de cometer errores en su elaboración.<sup>(17)</sup>

Asimismo, se determinó la presencia de siete clústeres de un solo autor, que con las características del análisis indicarían que al menos tres veces han realizado publicaciones de manera individual; en cambio, la mayoría (95 autores) presentan trabajo colaborativo, el cual mejora el impacto científico de los artículos, junto con la calidad de la información brindada.<sup>(17)</sup> El autor más productivo fue *Rudolf Krska*, de la *Queen's University Belfast*, con 24 documentos; y luego *Michael Sulyok*, afiliado a la *Universitat fur Bodenkultur Wien*, con 18 documentos.

Se observó que en el ámbito científico local prácticamente no existe producción sobre micotoxinas. Se podría considerar posteriormente la promoción de la investigación del tema de a nivel local promoviendo la colaboración con autores internacionales. Asimismo, realizar estudios a nivel de detalle de diferentes grupos de alimentos o de micotoxinas específicas definidas, tal como se mostró en los enfoques de los clústeres encontrados, y considerar la revisión del incremento de



la cantidad de artículos de investigación del tema a través del tiempo, que permitiría definir el impacto que tiene en la salud pública como problema de interés incremental debido a las implicancias sanitarias observadas.

Por último, este estudio utilizó como fuente de información la base de datos Scopus; por eso se recomienda que futuras investigaciones bibliométricas o revisiones sistemáticas puedan emplear otras bases de datos como *Web of Science*, *Redalyc*, *Medline*, *Scielo* y *Microsoft Academic*, entre otras.

### Agradecimientos

A los docentes de la sección de Microbiología del Departamento de Microbiología y Patología de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa por su apoyo en las revisiones del artículo; al Licenciado *Luis Álvarez Rodríguez*, de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, por su valioso apoyo en la investigación como revisor de estilo; al Grupo de Investigación de Ciencias de la Información: Gestión, tecnologías, métricas, normas éticas y jurídicas (CIGETMEN) de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y a la Dirección de Investigación de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

### Referencias bibliográficas

1. Onyeke CC. Review of mycotoxins in foods in Nigeria. *Food Cont.* 2020;118. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107376>
2. Buszewska-Forajta M. Mycotoxins, invisible danger of feedstuff with toxic effect on animals. *Toxicon.* 2020;182:34-53. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2020.04.101>
3. Haque MA, Wang Y, Shen Z, Li X, Saleemi MK, He C. Mycotoxin contamination and control strategy in human, domestic animal and poultry: A review. *Microb Pathog.* 2020;142:104095. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2020.104095>

4. Kyei NNA, Boakye D, Gabrysch S. Maternal mycotoxin exposure and adverse pregnancy outcomes: a systematic review. *Mycot Res.* 2020;36(2):243-55. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12550-019-00384-6>
5. Bennett JW, Klich M. Mycotoxins. *Clin Microbiol Rev.* 2003 [acceso: 20/11/2021];16(3):497-516. Disponible en: <http://cmr.asm.org/content/16/3/497.abstract>
6. Yang C, Song G, Lim W. Effects of mycotoxin-contaminated feed on farm animals. *J Hazard Mater;* 2020;389:122087. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122087>
7. Singh J, Mehta A. Rapid and sensitive detection of mycotoxins by advanced and emerging analytical methods: A review. *Food Sci Nutr.* 2020;8(5):2183-204. DOI: <https://doi.org/10.1002/fsn3.1474>
8. Gregorio-Chaviano O, Limaymanta C, López-Mesa E. Análisis bibliométrico de la producción científica latinoamericana sobre COVID-19. *Biomédica.* 2020 [acceso: 20/11/2021];40(Supl. 2):1-12. Disponible en: <https://revistabiomedica.org/index.php/biomedica/article/view/5571>
9. Chin Roemer R, Borchardt R. *Meaningful Metrics: A 21st-Century Librarian's Guide to Bibliometrics, Altmetrics, and Research Impact.* Association of College and Research Libraries; 2015.
10. Van Eck, NJ, Waltman L. *Visualizing bibliometric networks.* In: *Measuring scholarly impact: Methods and practice.* Basel: Springer; 2014. p. 285-320.
11. Lazcano-Peña D, Reyes-Lillo D. Redes académicas en la investigación en Comunicación en Chile: análisis de co-autorías en el trabajo científico. *Rev Esp Doc Cient.* 2020 [acceso: 20/11/2021];43(1):259. Disponible en: <https://redc.revistas.csic.es/index.php/redc/article/view/1065>
12. Romani F. Análisis bibliométrico de las publicaciones científicas originales del Instituto Nacional de Salud del Perú en el periodo 1998-2018. *Rev Per Med Exp Salud Publica.* 2020 [acceso: 20/11/2021];37(2):195-202. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-46342020000300485](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342020000300485)

13. Osma ER. Aplicación del modelo bradford en la producción científica del área biomédica de la Universidad de Granada (1988-1996). *Encont Bibli Rev Eletr Bibliot Ciênc Inform.* 2007;11(3). DOI: <https://doi.org/10.5007/1518-2924.2006v11nesp2p1>
14. Sisa I, Espinel M, Fornasini M, Mantilla G. La producción científica en ciencias de la salud en Ecuador. *Rev Panam Salud Publ/Pan Am J Public Health.* 2011 [acceso: 20/11/2021];30(4):388-92. Disponible en: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/9508>
15. González MID, González PD. ¿Se ajustan las ventanas fijas de citación a las velocidades de maduración del impacto de las revistas científicas? *Investig Bibl.* 2016;30(68):73-89. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ibbai.2016.02.004>
16. Eze UA, Routledge MN, Okonofua FE, Huntriss J, Gong YY. Mycotoxin exposure and adverse reproductive health outcomes in Africa: A review. *World Mycotoxin J.* 2018;11(3):321-39. DOI: <https://doi.org/10.3920/WMJ2017.2261>
17. Olivera D, Peralta M, García O. La coautoría como expresión de la colaboración en la producción científica de Camagüey. *Biblios.* 2018 [acceso: 20/11/2021];(70):1-16. Disponible en: <http://biblios.pitt.edu/ojs/index.php/biblios/article/view/423>

### Conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

### Contribución de los autores

*Ricardo A. J. Leon-Vasquez:* Diseño del estudio, recolección y análisis de los datos, redacción de la primera versión del manuscrito y revisión de la redacción final del manuscrito.

*Cesar H. Limaymanta:* Diseño del estudio, recolección y análisis de los datos, redacción de la primera versión del manuscrito y revisión de la redacción final del manuscrito.

### Financiamiento

Autofinanciado.