

# TENDENCIAS EMERGENTES DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA SOBRE *Dactylopius coccus* Costa (HEMIPTERA: DACTYLOPIIDAE), ÁCIDO CARMÍNICO Y SUS DERIVADOS: UN ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO

Angel **Bravo-Vinaja**, Santiago de Jesús **Méndez-Gallegos\***

Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí, Postgrado en Innovación en Manejo de Recursos Naturales, Iturbide no. 73, Salinas de Hidalgo. 78620, San Luis Potosí, México

\*Autor de correspondencia: jmendez@colpos.mx

## RESUMEN

El objetivo del estudio fue identificar las temáticas emergentes de la producción científica publicada en revistas de corriente principal, su visibilidad y sinergias a través de un enfoque de indicadores bibliométricos (IB) unidimensionales y multidimensionales sobre *Dactylopius coccus*, ácido carmínico (AC) y derivados, de 1980 a 2019. Los IB se obtuvieron con los programas informáticos Excel®, *bibliometrix*, y VOSviewer. Durante el periodo en estudio se registró un crecimiento de las publicaciones en el cual predominaron los artículos científicos en inglés, concentrados en dos revistas: Food Chemistry y Journal of Raman Spectroscopy. I. Karapanagiotis resultó el autor con la productividad más alta; los autores con mayor influencia en la generación de nuevo conocimiento fueron M. Leona (576 citas) y F. Casadio (568 citas) ambos de los Estados Unidos de América (EE. UU.). La investigación principal se orientó a la identificación, caracterización y análisis del AC con diferentes técnicas. Otras temáticas emergentes e innovadoras destacadas fueron la aplicación del AC en celdas solares, y sus propiedades terapéuticas como antioxidante y para prevención de cáncer. Algunos de los temas recurrentes se relacionaron con aspectos biológicos del insecto, los efectos secundarios asociados con el consumo o exposición al AC, a la tinción de fibras naturales o animales y a sus aplicaciones como aditivo alimentario.

**Palabras clave:** bibliometría, cochinilla, evaluación de la producción científica, minería de textos, tendencias de investigación, VOSviewer.

## INTRODUCCIÓN

La cochinilla *Dactylopius coccus* Costa (Hemiptera: Dactylopiidae) es un insecto de gran importancia social y económica (Méndez-Gallegos *et al.*, 2010; Cooksey, 2019) en varios países entre los que destacan Perú, Chile, España y México. Su importancia radica en que de los cuerpos secos de las hembras se obtiene un colorante natural y principal compuesto colorante presente (González *et al.*, 2002; Borges *et al.*, 2012), el ácido carmínico (AC) (Miller *et al.*, 2017). El AC, constituido por una unidad de glucosa unida a una hidroxiantraquinona (Lancaster *et al.*, 1996), es bio sintetizado por el insecto con fines de defensa (Dettner, 2014) y está presente en proporciones variables en todas las especies de *Dactylopius* (Chávez-Moreno *et al.*, 2010).

Tanto el AC como sus derivados (laca, carmín, extracto, entre otros) tienen aplicaciones múltiples y son de gran interés industrial (Borges *et al.*, 2012; Müller-Maatsch y Gras, 2016; Cooksey, 2019). Su uso se ha sido favorecido por las restricciones técnicas y regulatorias de algunos colorantes sintéticos con efectos colaterales sobre la salud. Asimismo, el

**Citation:** Bravo-Vinaja A, Méndez-Gallegos SJ. 2023. Tendencias emergentes de investigación científica sobre *Dactylopius coccus* Costa (Hemiptera: dactylopiidae), ácido carmínico y sus derivados: un análisis bibliométrico. Agricultura, Sociedad y Desarrollo <https://doi.org/10.22231/asyd.v20i2.1387>

ASyD 20(2): 139-165

**Editor in Chief:**  
Dr. Benito Ramírez Valverde

Received: January 28, 2021.

Approved: August 22, 2022.

**Estimated publication date:**  
April 17, 2023.

This work is licensed  
under a Creative Commons  
Attribution-Non-Commercial  
4.0 International license.



AC y sus derivados son apreciados por su alta estabilidad al calor, luz y al oxígeno (Dufossé, 2014), por sus nuevas aplicaciones potenciales en escala mundial (Velho *et al.*, 2017; Sánchez-García *et al.*, 2018; Roslan *et al.*, 2018) y por sus propiedades antioxidantes y ausencia de actividad mutagénica (Li *et al.*, 2009), entre otros.

A lo anterior se suman, la identificación y caracterización del principal alérgeno (Ohgiya *et al.*, 2009) que permitió el uso del AC con riesgo menor a la salud, la mayor eficiencia en los métodos de extracción que reducen las reacciones adversas por la presencia de residuos e impurezas (Schmidt-Jacobsen y Frandsen, 2011; Borges *et al.*, 2012) y el desarrollo de métodos más simples y rápidos para detectar contaminantes (Nakayama *et al.*, 2015). Estos aspectos facilitaron su autorización por los principales organismos reguladores de alimentos y salud, como la Agencia de Drogas y Alimentos de los EE. UU. (FDA) y la Unión Europea (Dufossé, 2014; EFSA, 2015; Müller-Maatsch y Gras, 2016; Miller *et al.*, 2017). De manera que existe un gran esfuerzo de investigación por parte de empresas, fabricantes de aditivos alimentarios, centros de investigación y universidades, y grupos de investigadores que se ha reflejado en artículos científicos, tesis y patentes. Las publicaciones científicas facilitan la difusión de la información y propician el surgimiento de conocimiento nuevo, el crecimiento de la ciencia y el progreso científico (Bordons, 2004). Su análisis cuantitativo brinda una visión del complejo proceso de comunicación científica, ya que permite examinar su comportamiento en un determinado campo de la ciencia. La bibliometría, definida por Groos y Pritchard (1969) como la aplicación de los métodos matemáticos a los libros y otros medios de comunicación, ofrece un conjunto de métodos y medidas para estudiar la estructura y el proceso de dicha comunicación académica (Borgman y Furner, 2002).

Una forma de aplicar la bibliometría es el uso de indicadores cuantitativos definidos por van Raan (1993) como medidas cuantitativas basadas en datos de material publicado, en particular de literatura seriada, denominados indicadores bibliométricos (IB). De estos se distinguen tres tipos: tamaño y características de la producción científica, impacto de ésta y características estructurales de la ciencia. Asimismo, van Raan (1993) distinguió dos tipos metodológicos de indicadores: unidimensional o escalar y bidimensional o relacional. A estos últimos, Sanz-Casado y Martín-Moreno (1997) los llamaron también multidimensionales para incluir a los indicadores de más de dos dimensiones.

La técnica escalar o de una dimensión se basa en conteos directos (ocurrencias) de elementos bibliográficos específicos de publicaciones y patentes. Mientras que los indicadores de técnica relacional se construyen a partir de coocurrencias de ítems específicos que muestran las relaciones e interacciones conjuntas que se pueden representar por medio de “mapas bibliométricos” (Tijssen y Van Raan, 1994). Entre los IB unidimensionales destacan el crecimiento de la producción científica, su envejecimiento y obsolescencia, y la dispersión de la literatura (Bradford, 1934); también, la colaboración en las publicaciones, ya sea entre autores (índice de coautoría), instituciones y países, capacidad lingüística o lenguaje de publicación y tipología documental. Por último, número de citas recibidas por los autores, medido por el índice H (Hirsch, 2005) y las revistas principales para publicación, característica determinada por índices como el factor de impacto (FI) (Garfield, 2006) o el CiteScore (Ziljstra y McCollough, 2016).

Los indicadores multidimensionales permiten analizar con mayor detalle un fenómeno multifacético como la producción científica. Estos indicadores, se basan en matrices de datos, donde cada uno de los componentes representa la coocurrencia de variables comunes entre dos objetos; pueden representar autores, instituciones, revistas o temas de investigación, mientras que las variables pueden ser la coautoría, las citas o la aparición conjunta de descriptores o palabras clave (Lascurain-Sánchez, 2006). Este tipo de IB incluye también dos aspectos importantes: el análisis de palabras conjuntas o coocurrencia de palabras, es decir, el uso de grupos de palabras con aparición simultánea en varios documentos ya sea en lenguaje controlado o texto libre.

El análisis de coocurrencia permite identificar los términos clave y asociar los documentos por el grado de coocurrencia de los términos para producir el mapa de una especialidad de la ciencia (Spinak, 1996). En tanto que, la minería de textos, entendida como minería de datos aplicada a textos en lenguaje natural (Leopold *et al.*, 2004), es un campo interdisciplinario que combina técnicas de lingüística, informática y estadística que por medio de herramientas informáticas recupera y extrae información del texto digital de manera eficiente (Bergman *et al.*, 2013).

En los análisis bibliométricos, se utilizan herramientas y software informáticos, tanto de propietario como de código abierto, tales como VOSviewer (van Eck y Waltman, 2010) y *bibliometrix* (Aria y Cuccurullo, 2017), los cuales permiten procesar grandes cantidades de información bibliográfica. Estos programas se utilizaron en este estudio con el objetivo de caracterizar la producción científica sobre *D. coccus*, AC y sus derivados, a fin de identificar las tendencias de investigación científica en revistas de corriente principal, durante el periodo 1980 a 2019.

## METODOLOGÍA

### Estrategia de búsqueda

Se estableció una estrategia de búsqueda para identificar en las bases de datos que indizan las revistas de corriente principal (Salager-Zeyer, 2015) Science Citation Index Expanded (SCIE) y Social Sciences Citation Index (SSCI) de Clarivate Analytics. En específico en los campos: título, resumen y palabras clave de los registros bibliográficos de los documentos relacionados con *Dactylopius coccus*, ácido carmínico y derivados. En la opción “búsqueda avanzada” se ejecutó la expresión de la estrategia que se muestra a continuación:

```
TS=((cochineal NOT “Dactylopius opuntiae”) OR cochenille OR “carminic acid” OR “carminc acid” OR “carmine E-120” OR “CI 75470” OR “Natural red 4” OR “Dactylopius coccus” OR (“Carminic acid” NOT “Indigo carmine”) OR (“Dactylopius coccus” AND “Dactylopius opuntiae”))
```

Para identificar los documentos que incluyeron en los títulos el tema o palabras, se separaron los documentos de aquellos que los contenían en el resumen y las palabras clave, con la siguiente expresión de búsqueda:

```
TS=((cochineal NOT “Dactylopius opuntiae”) OR cochenille OR “carminic acid” OR “carminc acid” OR “carmine E-120” OR “CI 75470” OR “Natural red 4” OR “Dac-
```

*tylopius coccus*” OR (“Carminic acid” NOT “Indigo carmine”) OR (“*Dactylopius coccus*” AND “*Dactylopius opuntiae*”)) NOT TI=((Cochineal NOT “*Dactylopius opuntiae*”) OR Cochenille OR “Carminic acid” OR “Carminc acid” OR “Carminic acid E-120” OR “CI 75470” OR “Natural red 4” OR “*Dactylopius coccus*” OR (“Carminic acid” NOT “Indigo carmine”) OR (“*Dactylopius coccus*” AND “*Dactylopius opuntiae*”))

Esta separación permitió identificar con mayor certeza los documentos que abordan el tema, de aquellos que lo tratan de forma secundaria o parcial. Los resultados se usaron para la elaboración de los indicadores “Tipología documental” y Autores con mayor producción”.

En ambos casos, los registros obtenidos hasta el 21 de mayo de 2020 se reclasificaron por años de publicación (1980-2019) y por tipología documental (artículos, artículos *in extenso* de congresos, artículos de revisión, acceso temprano, cartas y notas científicas). La identificación de documentos con el uso de estos criterios es destacable, porque al restringirse la búsqueda de los términos sólo en el título de los documentos, se asegura que en efecto aborden los temas de investigación de interés. En tanto que la búsqueda que incluye los términos en el resumen y palabras clave, que en la mayoría de los casos no repiten los conceptos ya expresados en el título, abordan la temática de forma secundaria, incidental o relacionada con otros temas afines.

### Procesamiento estadístico

Se obtuvieron 617 registros bibliográficos en las bases de datos consultadas, los cuales se exportaron en formato RIS para procesarlos desde Zotero. Después, se reclasificaron en Excel para generar los siguientes indicadores bibliográficos (IB) unidimensionales: Crecimiento de la producción científica, Tipología documental, Revistas de publicación, Índice de coautoría, y Producción por países. Asimismo, los registros bibliográficos completos con las citas incluidas se exportaron como “texto sin formato” al programa *bibliometrix*, donde se generó el IB unidimensional Concentración y dispersión de la literatura, por aplicación de la Ley de Bradford (1934). También con *bibliometrix* se obtuvieron los IB multidimensionales: Autores con mayor producción por países y su relación con los temas de investigación, a través de las palabras clave asignadas por la base de datos (Keyword Plus): Autores con mayor producción a través del tiempo; Evolución temática de la investigación, de acuerdo con las palabras contenidas en el título de los documentos, y Autores con mayor producción y su relación con los Temas de investigación por países.

Finalmente, desde el programa VOSviewer, se importaron los registros completos y referencias citadas, previa exportación desde SCIE y SSCI en el formato de archivo “texto sin formato” para generar el IB unidimensional: Autores con mayor producción, y los IB multidimensionales: Relaciones de citas entre las revistas; Relaciones de citas conjuntas entre las revistas; Redes de colaboración entre autores; Red de colaboración entre países; y Evolución temática de la investigación, utilizando las palabras del título de los documentos (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Indicadores bibliométricos (IB) unidimensionales y multidimensionales utilizados para describir las regularidades e identificar tendencias de la información científica (1980–2019) sobre *Dactylopius coccus*, ácido carmínico (AC) y sus derivados, en revistas de corriente principal.

IB unidimensionales	IB multidimensionales
Crecimiento de la producción científica. Tipología documental. Lenguajes de publicación. Revistas de publicación.	Relaciones de citas entre las revistas. Relaciones de citas conjuntas entre las revistas. Redes de colaboración entre autores. Autores con mayor producción por países y su relación con los temas de investigación de acuerdo con Keyword Plus.
Concentración y dispersión de la literatura. Índice de coautoría.	Autores con mayor producción, a través del tiempo. Red de colaboración entre países. Identificación de temas de investigación por medio de mapa de red de palabras conjuntas, palabras clave de autores y Keyword Plus.
Autores con mayor producción. Autores más citados.	
Producción e impacto de los documentos por países.	Evolución temática de la investigación según las palabras del título de los documentos.

### Elaboración de mapas de redes

Los procedimientos de análisis bibliométricos para crear y visualizar los mapas mencionados (Cuadro 1), se realizaron con el software VOSviewer. Este programa permite crear y visualizar mapas a partir de registros bibliográficos obtenidos en bases de datos como SCIE, SSCI, Scopus, Dimensions, CrossRef y PubMed. Dichos mapas recrean redes de interacciones e interrelaciones de documentos y publicaciones científicas, investigadores, instituciones, países o palabras clave relacionadas con un tema de investigación en específico. La conexión de los elementos que conforman estas redes se puede dar por coautoría, coocurrencia, cita, cita conjunta o acoplamiento bibliográfico (van Eck y Waltman, 2010). VOSviewer utiliza la representación visual por similitud (Visualization of Similarities–VOS), un método propuesto por van Eck y Waltman (2007) como alternativa al escalado multidimensional para visualizar similitudes entre objetos. VOSviewer utiliza por asignación el método de normalización denominado Fuerza de Asociación (FA) para crear clústeres. También, ofrece la posibilidad de obtenerlos con los métodos de Fraccionalización y Modularidad LinLog (Noack, 2007) y sin normalizar como lo describen van Eck y Waltman (2010).

### Minería de texto

En el programa VOSviewer se utilizó la función minería de texto para generar un mapa de temas de investigación y compararlo con el análisis de palabras coocurrentes obtenido con las palabras clave. Este análisis, a pesar de que representa la opción más objetiva, es criticado por considerar sólo las palabras clave de los autores, las cuales en muchos casos las revistas limitan a cinco, sin repetir las palabras contenidas en el título del documento; razón por la cual, las palabras clave o descriptores no representan fidedignamente los temas

abordados. Otra crítica importante se refiere a las posibles inconsistencias u omisiones en la selección de los términos por parte de los indizadores profesionales que trabajan en las distintas bases de datos, a lo cual se llama “efecto del indizador” (Spinak, 1996).

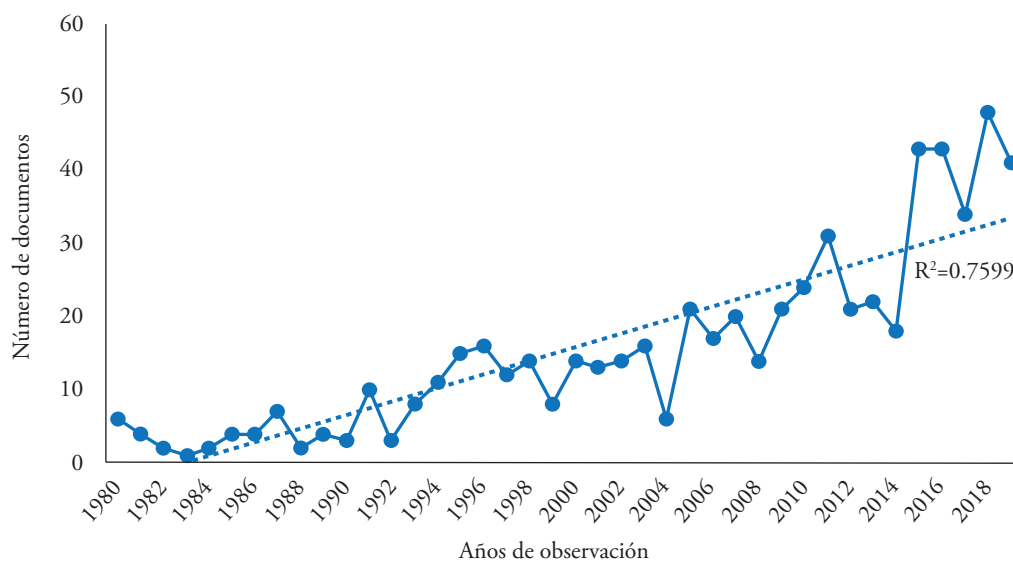
La funcionalidad de minería de texto de VOSviewer permite la creación de mapas de términos provenientes de un conjunto de documentos, tales como el título y resumen. Un mapa de términos, es un mapa bidimensional en el cual se ubican, de manera tal que, la distancia entre dos términos puede interpretarse como una relación entre ellos; en general, cuanto menor es la distancia entre dos términos, más fuerte es su relación y se determina en función de las coincidencias encontradas en los documentos analizados (van Eck y Waltman, 2011).

Por último, VOSviewer permite la creación de tesauros de términos para normalizar autores y palabras, o bien, eliminarlas para que no aparezcan en los mapas. Se crearon tres tesauros para normalizar autores, palabras clave de autor y Keyword Plus y para las palabras obtenidas de los títulos, y resúmenes de los documentos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Crecimiento de la producción científica

En los 40 años que comprendió el periodo de estudio, se observó un crecimiento constante de la producción científica, como lo demuestra la línea de tendencia ( $R^2= 0.7599$ ). Durante el primer tercio del periodo de estudio (1980 a 1993), se publicaron menos de 10 documentos por año; mientras que de 1994 a 2004 se registró un aumento para un promedio entre 10 y 20 documentos publicados por año; y de 2005 a la fecha, en la mayoría de los años se publicaron entre 20 y 50 documentos por año (Figura 1).



**Figura 1.** Comportamiento de las publicaciones (1980–2019) sobre *Dactylopius coccus*, ácido carmínico (AC) y derivados, en revistas de corriente principal.

### Tipología documental

Respecto al tipo de documentos, se observó una predominancia alta de los artículos de investigación con 95.3%, seguido por los artículos de revisión con 3.08%. Los artículos *in extenso* en congresos, contabilizados también como artículos de investigación, contribuyeron con 5.19% del total; mientras que los preimpresos (documentos de acceso temprano), cartas y las notas tuvieron una participación menor al 1% (Cuadro 2).

Los documentos cuyas temáticas de búsqueda se encontraron en el título, representaron más de una tercera parte (37%), mientras que alrededor del 63% se localizaron en resumen y palabras clave.

### Lenguaje de publicación

La lengua inglesa predominó en los documentos publicados con 92.7%, seguida por japonés (1.62%), francés y alemán (1.14 %). Los documentos publicados en español, portugués, chino mandarín, húngaro y polaco aportaron valores promedio inferiores a 1% (Cuadro 3). Estos resultados demuestran que las revistas de corriente principal publican en inglés en esta área de la ciencia, a pesar del origen latinoamericano del insecto.

### Revistas de publicación

Los resultados obtenidos demostraron que existe una concentración alta de los documentos publicados en un número reducido de revistas. Se registró que sólo 73 revistas (20%) publicaron 50% del total de documentos; el otro 50% de las publicaciones se distribuyó en 289 (80%) revistas. Cabe destacar que 61% (223) de las revistas publicaron un solo documento. En el Cuadro 4 se listan las 20 revistas, un 5.95% de los 336 títulos registrados, en las cuales se publicó la cuarta parte (25.77%) de los documentos relativos al tema evaluado.

Sólo dos revistas publicaron más de 15 documentos relacionados con el tema, Food Chemistry y Journal of Raman Spectroscopy (16). La mayoría de las revistas que más publicaron sobre el tema, se ubican entre las mejor posicionadas de acuerdo con el FI obtenido en 2019 en sus categorías JCR; 15 de los 25 títulos incluidos en el Cuadro 4 están posicionados en el primer cuartil; cuatro revistas en el segundo cuartil; una en el tercer cuartil; y dos en el cuarto cuartil. Agrociencia, única revista latinoamericana que aparece entre

**Cuadro 2.** Tipos de documentos sobre *Dactylopius coccus*, ácido carmínico (AC) y derivados, publicados (1980–2019) en revistas de corriente principal.

Tipos de documento	Detectados en el título	Detectados en resumen y palabras clave	Total	%
Artículos de investigación	217	371	588	95.30
*Artículos <i>in extenso</i> en congresos	5	27	32	5.19
Artículos de revisión	3	16	19	3.08
Artículos de acceso temprano	1	0	0	0.16
Cartas	6	0	6	0.97
Notas	1	3	4	0.64
Total	233 (228)	417 (389)	640 (617)	

\*Los artículos *in extenso* también están clasificados como artículos de investigación.

**Cuadro 3.** Lenguaje de publicación de los documentos relacionados con *Dactylopius coccus*, ácido carmínico (AC) y derivados, publicados (1980–2019) en revistas de corriente principal.

Lengua	Documentos	%
Inglés	572	92.70
Japonés	10	1.62
Francés	7	1.14
Alemán	7	1.14
Español	6	0.97
Portugués	5	0.81
Chino mandarín	3	0.49
Ruso	3	0.49
Húngaro	2	0.32
Polaco	2	0.32
Total	617	100

**Cuadro 4.** Revistas de corriente principal (primeras 20) con más documentos publicados (1980–2019) sobre *Dactylopius coccus*, ácido carmínico (AC) y derivados.

Revista	# de docs.	% de docs.	FI 2019	Categoría JCR	Posición categoría JCR	Cuartil categoría JCR
Food Chemistry	16	2.63	6.309	Ciencia y tecnología de los Alimentos	6/139	1
Journal of Raman Spectroscopy	16	2.47	2.000	Espectroscopia	19/42	2
Analytical and Bioanalytical Chemistry	12	1.86	3.637	Química Analítico	18/86	1
Talanta	12	1.86	5.339	Química Analítica	11/86	1
Dyes and Pigments	11	1.70	4.613	Ciencias de los Materiales, Textiles	1/24	1
Journal of Chromatography A	9	1.39	4.049	Métodos de Investigación Bioquímica	13/77	1
Heritage Science	8	1.24	1.902	Espectroscopía	21/42	2
Analytica Chimica Acta	7	1.08	5.977	Química Analítica	10/86	1
Journal of Agricultural and Food Chemistry	7	1.08	4.192	Agricultura Multidisciplinaria	4/58	1
Journal of Cultural Heritage	7	1.08	2.553	Espectroscopía	14/42	2
Agrociencia	6	0.93	0.346	Agricultura Multidisciplinaria	51/58	4
Coloration Technology	6	0.93	1.500	Ciencia de los Materiales, Textiles	9/24	2
Journal of The Food Hygienic Society of Japan	6	0.93	0.371*	Ciencia y Tecnología de los Alimentos	nd	nd
Microchemical Journal	6	0.93	3.594	Química Analítica	19/86	1
Spectrochimica Acta Part A—Molecular and Biomolecular Spectroscopy	6	0.93	3.232	Espectroscopía	7/42	1
Analyst	5	0.77	3.978	Química Analítica	15/86	1

**Cuadro 4.** Continuación.

Revista	# de docs.	% de docs.	FI 2019	Categoría JCR	Posición categoría JCR	Cuartil categoría JCR
Food Additives and Contaminants Part A—Chemistry Analysis Control Exposure Risk Assessment	5	0.77	2.340	Ciencia y Tecnología de los Alimentos	60/139	2
Food and Chemical Toxicology	5	0.77	4.679	Ciencia y Tecnología de los Alimentos	14/139	1
Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies	5	0.77	0.992	Química Analítica	75/86	4
Allergy	4	0.62	8.706	Alergia	2/28	1
316 revistas con 4 o menos publicaciones	458	72.02				
Total: 336	617	100				

\*El FI de esta revista corresponde al año 2011, último año en que fue incluida en el JCR.

las que publican sobre el tema, se ubica en el cuarto cuartil. De las 20 revistas en la lista, ocho están categorizadas en Química Analítica y cinco en Espectroscopía. De acuerdo con las categorías JCR, de las 336 revistas de corriente principal que publicaron los 617 documentos, 136 (40.48%) están categorizadas en Química analítica, 89 (26.49%), en Ciencia y tecnología de los alimentos, 66 (19.64 %) en Química aplicada y 52 (15.47%) en Espectroscopía. Aunque se debe considerar que algunas revistas pueden estar incluidas en una o más categorías (Cuadro 4).

Para visualizar el impacto en el tema en estudio, es necesario identificar las revistas con el mayor número de citas en los 617 documentos analizados. Entre las 10 revistas cuyos documentos recibieron más citas, hasta el 21 de mayo de 2020, destacan aquellas cuyos temas se enfocan en espectroscopia y cromatografía como el Journal of Raman Spectroscopy y Journal of Chromatography (Cuadro 5).

#### Concentración y dispersión de la literatura

Al aplicar la Ley de Bradford (Bradford, 1934), o modelo matemático de Bradford, se identificaron tres grupos de revistas en los cuales se concentraron y dispersaron los documentos que abordan el tema de estudio. El primer grupo incluyó 32 revistas que publicaron 207 documentos (33.55%), de este grupo en el Cuadro 4 se listan 20 revistas; el segundo grupo consideró 101 revistas que publicaron 207 documentos (33.55%), y un tercer grupo de 203 revistas que publicaron 203 documentos (32.9%).

#### Relaciones de citas entre las revistas

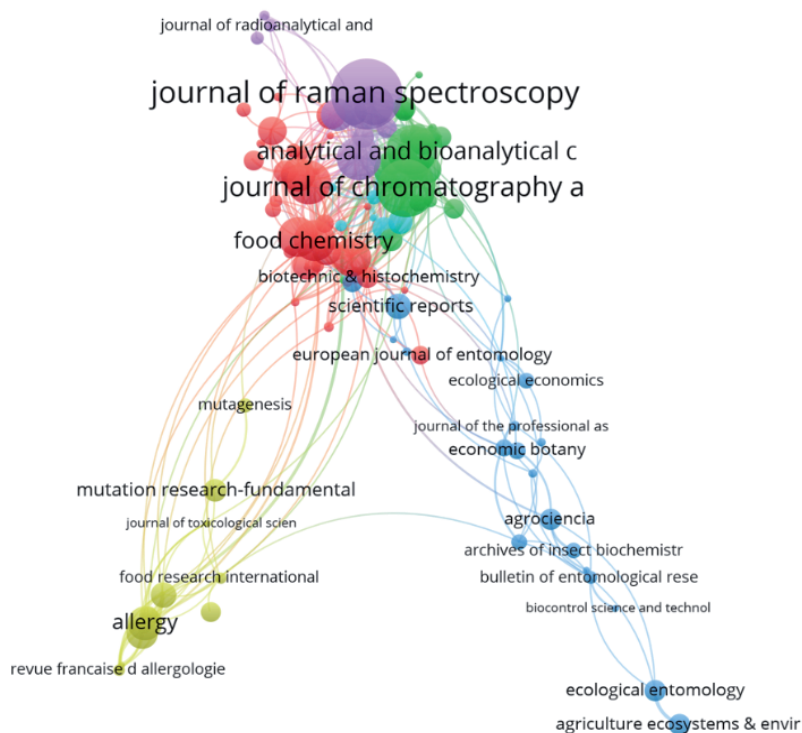
Las relaciones (por citas) entre las revistas en estudio se presentan en un mapa de representación visual de similitudes, obtenido con los datos bibliográficos de los 617 documentos analizados en VOSviewer (Figura 2). En el cual se identificaron las revistas con al menos

**Cuadro 5.** Revistas de corriente principal (primeras 10) con más citas en los 617 documentos analizados (1980–2019), sobre *Dactylopius coccus*, ácido carmínico (AC) y sus derivados.

Revista	Documentos	Citas	% de citas totales (11430)
Journal of Raman Spectroscopy	16	735	6.43
Journal of Chromatography A	9	507	4.46
Analytical and Bioanalytical Chemistry	12	364	3.18
Dyes and Pigments	11	288	2.52
Talanta	12	285	2.49
Food Chemistry	16	260	2.27
International Journal of Food Science and Technology	2	241	2.10
Analytical Chemistry	4	233	2.03
Analytica Chimica Acta	7	225	1.97
Journal of Agricultural and Food Chemistry	7	224	1.96

dos documentos publicados y con al menos 10 citas; el mapa se visualizó con la opción *citas*. En el mapa se destaca cómo las revistas se relacionan por medio de las citas, de acuerdo con las temáticas abordadas.

Se identificaron, con el método de normalización Ling/Log Modularity, 105 revistas agrupadas en seis clústeres. El clúster uno (rojo) concentró 33 revistas, cuya temática



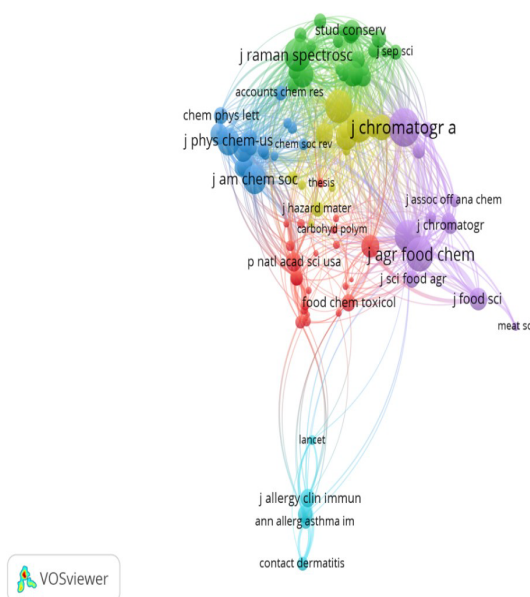
**Figura 2.** Mapa de las relaciones por citas entre las revistas de corriente principal que publicaron (1980–2019) sobre *Dactylopius coccus*, ácido carmínico (AC) y derivados.

principal es química de los alimentos, donde destacaron Food Chemistry y Journal of Agricultural of Food Chemistry. El clúster dos (verde) incluyó 21 revistas que publican sobre aspectos de química analítica, cromatografía, y conservación y patrimonio cultural, sobresalieron las revistas: Journal of Chromatography, Química Analítica y Bioanalítica, Chimica Analytica Acta y Journal of Cultural Heritage. En el clúster tres (azul) se observó una clara especialización en aspectos relacionados con la biología del insecto, tales como entomología, ecología y botánica y se agruparon 20 revistas, donde destacaron Scientific Reports, Ecological Entomology, Agriculture Ecosystems and Environment, y Agrociencia. Las revistas del clúster cuatro (amarillo) que incluyó 14 de ellas, sobresalió en el mapa (al igual que el clúster tres) que al separarse del resto agrupó aquellas revistas que abordan temas relacionados con alergias, destacaron Allergy y Journal of Allergy. El clúster cinco (morado) consideró 11 revistas que en lo principal publican aspectos de espectroscopía, sobre la identificación y caracterización de tintes naturales; además, este clúster mantuvo una relación estrecha con las revistas del clúster dos; las revistas más destacadas en este grupo fueron Journal of Raman Spectroscopy y Dyes and Pigments. Por último, el clúster seis (aguamarina) agrupó seis revistas que se enfocan en textiles, fibras y su coloración, se distinguieron las revistas Textile Research Journal y Coloration Technology.

#### **Relaciones por citas conjuntas entre las revistas**

El índice de citas conjuntas (Small, 1973), aplicado a las revistas identifica aquellas en las cuales sus documentos tienen una doble relación de citación en los documentos evaluados; con diferencia de las citas simples que muestran las relaciones de las revistas en las que se publican los documentos. Las citas conjuntas, permiten identificar con mayor claridad las temáticas de investigación en las que se especializan las revistas y con ello, identificar los aspectos de investigación que más se investigan en un tema amplio como el de este estudio. En el mapa de citas conjuntas se consideraron únicamente 99 revistas que tuvieron 30 citas en la fecha de toma de datos. Se calculó la fuerza total de los enlaces de “citas conjuntas” de unas fuentes con otras; los resultados mostraron la influencia de algunas revistas que no están incluidas en corriente principal, tal es el caso de Acta Horticulturae, agrupada en el clúster rojo y los libros “Artist’s pigments, a handbook for their history and characteristics” y el “National Gallery Technical Bulletin” (clúster verde) (Figura 3).

En general, el mapa de citas conjuntas obtenido mostró un comportamiento similar al mapa de citas, formando seis clústeres. Sin embargo, vale la pena destacar dos aspectos importantes: primero la desaparición del clúster que agrupa las revistas sobre entomología, ecología y botánica, lo cual podría relacionarse con que se analizaron sólo las revistas con 30 citas o más. Sin embargo, esto sería indicativo de que el tema se cita menos que los que sí aparecen (clúster azul, Figura 3). El segundo aspecto, la especialización visualizada por medio de una marcada separación del clúster que agrupa las revistas sobre alergias, y en menor grado las revistas sobre química y ciencia y tecnología de alimentos, lo cual revela que tanto las revistas que abordan temas sobre alergias y química de los alimentos se citan más entre ellas, que con las de otros clústeres.



**Figura 3.** Mapa de las relaciones por citas conjuntas entre las revistas de corriente principal (1980–2019) relacionadas con *Dactylopius coccus*, ácido carmínico (AC) y sus derivados.

### Colaboración entre autores

La colaboración en la publicación de documentos se puede presentar en diferentes modalidades, como autores, instituciones y países. Los siguientes seis indicadores muestran diferentes facetas de dicha colaboración.

### Índice de coautoría

El índice de coautoría es el valor medio del número de autores que participan en la creación de un documento científico (Vinkler, 1993); en este estudio dicho promedio fue de 4.17 autores por documento. Este valor indica una alta colaboración para publicar; sin embargo, esto no se mantiene como una regla general, ya que el índice registrado en la década de los 1980's fue de 2.89, pero durante los diez años más recientes aumentó a 4.68. Lo anterior, muestra la tendencia de que el índice tuvo incremento constante a través del tiempo. Los valores del índice de coautoría registrados para las décadas 1990–1999 (3.59) y 2000–2009 (3.75) son similares al comportamiento reportado en México por el Foro Consultivo, Científico y Tecnológico (2006) durante el periodo 1990–2004, con un índice promedio de 3.96 para las ciencias agrícolas.

### Autores con mayor producción

Los tres autores con mayor producción científica sobre *D. coccus*, AC y sus derivados fueron Ioannis Karapanagiotis de la Academia Eclesiástica Universitaria de Salónica en Grecia, cuyos temas principales son el análisis por medio de técnicas cromatográficas del

patrimonio cultural y la identificación de pigmentos naturales en textiles; Masoud Salavati-Niasari de la Universidad Kashan de Irán, con sus investigaciones sobre nanotecnología, nanomateriales y sobre la síntesis de nanopartículas de plata a partir del tinte de cochinilla; y Celina Llanderal-Cázares, del Colegio de Postgraduados en México, con sus estudios relacionados con la fisiología de insectos, en particular sobre cría de *D. coccus* y propagación con fines comerciales (Cuadro 6).

Cabe aclarar que las columnas “Docs. título” y “Docs. r kw” señaladas en el Cuadro 6, incluyen el número de documentos en los que los conceptos considerados en la estrategia de búsqueda se identificaron en título, resumen y palabras clave; y otros, en los resúmenes y las palabras clave de los documentos analizados. Los colores asignados destacan el apartado del registro bibliográfico donde se encontraron dichos conceptos, según la estrategia de

**Cuadro 6.** Autores con mayor producción (1980–2019) relacionada con *Dactylopius coccus*, ácido carmínico (AC) y sus derivados, en revistas de corriente principal.

Autor (Índice H)	Docs.	Citas	Docs. título	Docs. r kw	Institución	Temas de investigación
Karapanagiotis, Ioannis (SCI 25, S 26, GA 29)*	17	475	2	15	Univ. Eccl. Acad. Thessaloniki (Grecia)	Patrimonio cultural, polímeros.
Salavati-Niasari, Masoud (SCI 81, S 85, GA 92)	10	298	4	6	Kashan Univ. (Irán)	Nanotecnología, nanomateriales.
Llanderal-Cázares, Celina (SCI 8, S 9, GA 12)	9	52	9	0	ColPos (México)	Cochinilla, fisiología de insectos.
Navalon, Alberto (SCI 37, S 39, GA 43)	8	281	2	6	Univ. Granada (España)	Química analítica.
Goudarzi, Mojgan (SCI, 11, GA 14)	8	205	3	5	Kashan Univ (Irán)	Nanotecnología, Fotocatálisis.
Sugimoto, Naoki (SCI 17, S 18)	8	60	5	3	Nat. Inst. Health Sci. (Japón)	Cochinilla, tinte, cromatografía, aditivos en alimentos.
Leona, Marco (SCI 22, S 24, GA 28)	7	576	0	7	Met. Museum of Art (EE. UU.)	Conservación de trabajos artísticos, SERS.
Vilchez, José Luis (SCI 38, S 38, GA 56)	7	262	2	5	Univ. Granada (España)	Química analítica, espectrometría.
Jarosz, Maciej (SCI 24, S 23)	7	208	2	5	Warsaw Univ. Technol. (Polonia)	Identificación de tintes, técnicas espectrométricas.
Zimmermann, Helmuth G. (SCI 14, S 18, GA 36)	7	191	0	7	Plant Protect Res. Institute (Sudáfrica)	Control biológico.
López-Martínez, Leticia (SCI 12, S 15)	7	81	5	2	Univ. Guanajuato (México)	Química analítica, ciencias nucleares.
Casadio, Francesca (SCI 22, S 25, GA 31)	6	568	0	6	School of the Art Institute of Chicago (EE. UU.)	Conservación de trabajos artísticos, SERS.
Mousavi-Kamazani, Mehedi (SCI 13, S 16, GA 19)	6	259	1	5	Islamic Azad Univ. (Irán)	Nanotecnología, celdas solares, fotocatalisis.
Chryssoulakis, Yannis (SCI 13, S 14, GA 15)	6	255	0	6	Natl. Tech. Univ. Athens (Grecia)	Arqueometría, textiles, DAD, arte, HPLC.
Valianou, LEMONIA (SCI 5, S 9, GA 10)	6	240	1	5	Natl. Tech. Univ. Athens (Grecia)	Patrimonio cultural, polímeros.

**Cuadro 6.** Continuación.

Autor (Índice H)	Docs.	Citas	Docs. título	Docs. r kw	Institución	Temas de investigación
Martínez-Romero, Esperanza (SCI 47, S 56, GA 74)	6	85	3	3	UNAM (México)	Genómica
Rosenblueth, Monica (SCI 14, S 15, GS 19)	6	85	3	3	UNAM (México)	Biología molecular.
López-De-Alba, PL (SCI 13, S 15, GA 19)	6	71	4	2	Univ. Guanajuato (México)	Química analítica, ciencias nucleares.
Akiyama, Hiroshi (SCI 30, S 35)	6	54	5	1	Nat. Inst. of Health Sci. (Japón)	Alergia, química de alimentos.
Safapour, Siyamak (SCI 9, S 11, GA 12)	6	43	4	2	Tabriz Islamic Art Univ. (Irán)	Textiles y fibras
Total de documentos	149		55	94		

Docs. título: documentos con conceptos de búsqueda encontrados en el título. Docs. r kw: documentos con conceptos de búsqueda encontrados en resumen y palabras clave. \*(SCI: Science Citation Index Expanded, S: Scopus, GA: Google Académico).

búsqueda. Se observó que 12 de los 20 autores más productivos publicaron documentos que abordaron los temas del ácido carmínico y *D. coccus* de forma secundaria, ya que, en la mayor parte de sus estudios, los conceptos de búsqueda de información sobre el tema se registraron en el resumen o en las palabras clave. Dichos trabajos se dirigen en particular al análisis (con técnicas de análisis espectral como SERS y HPCL) de diversos tipos de colorantes naturales, entre los que se encuentra el producido por *D. coccus*. También resaltaron otros temas como el uso tinte de *D. coccus* en la síntesis de nanopartículas de plata, y la identificación de colorantes en trabajos textiles y en obras de arte, considerados patrimonio cultural. Entre estos autores sobresalieron Karapanagiotis, de Grecia; Salavati-Niasari y Goudarzi, de Irán; Navalón de España; y Marco Leona, de EE. UU. Por el contrario, sólo seis de los autores con el mayor número de publicaciones, incluyeron en el título de sus documentos, las palabras de búsqueda del tema en estudio; esto significa que *D. coccus*, AC y sus derivados representan el tema principal abordado en dichos documentos, entre los cuales destacan química de los alimentos, colorantes en textiles, cultivo y producción, así como aspectos fisiológicos.

Los autores con el mayor número de publicaciones fueron Llanderal-Cázares, de México; Sugimoto, de Japón; y López-Martínez y López de Alba, de México. Los autores que publicaron sobre el tema, y lo abordaron tanto de forma principal como secundaria fueron Esperanza Martínez-Romero y Mónica Rosenblueth, ambas de UNAM en México. Los tres autores con el índice H más alto en el SCIE fueron: Masoud Salavati-Niasari, de la Universidad Kashan de Irán (SCI 81), Esperanza Martínez Romero, de la UNAM, México (SCI 47) y José Luis Vilchez, de la Universidad de Granada, España (SCI 38) (Cuadro 6).

#### **Autores más citados**

Los autores con mayor influencia (200 citas o más) en la generación de conocimiento nuevo en esta área fueron: Marco Leona (576), Richard P. Van Duyne (533), Francesca Casadio (568) y John R. Lombardi (287), todos ellos de EE. UU.; Ionannis

Karapanagiotis (475), Yannis Chrysoulakis (255) y Lemonia Valianou (240), de Grecia; Masoud Salavati-Niasari (298), Mehedi Mousavi-Kamazani (259) y Mojgan Goudarzi (205), de Irán; Alberto Navalón (281), José Luis Vílchez (262) y Domingo Concepción (200), de España; y Maciej Jarosz, de Polonia (Cuadros 6 y 7).

Todos los autores con 200 citas o más publicaron sobre *Dactylopius coccus*, AC y derivados de forma secundaria; es decir, sus investigaciones incluyeron otros objetos de estudio diferentes (Cuadro 6). Las publicaciones se enfocaron en el análisis del espectro (con diferentes técnicas como SERS y HPLC, entre otras) para identificar tintes naturales, sobre textiles y obras de arte (pinturas), o bien sobre nanotecnología.

### Redes de colaboración de autores

La colaboración entre autores se ha incrementado con el tiempo, tal y como lo reflejan los índices de coautoría mostrados en los diferentes periodos en estudio. La mayoría de las colaboraciones se concentra entre autores de un mismo país. Esto se confirmó con las 22 redes de colaboración identificadas por medio de VOSviewer, de aquellos investigadores que publicaron cuatro o más documentos. Es importante destacar que la visualización otorga mayor peso al número de citas de los autores. Por su magnitud, destacan las redes encabezadas por Marco Leona, quien colabora con Francesca Casadio, Richard Van Duyne y María Vega Cañamares, quien a su vez colabora con Concepción Domingo y Santiago Sánchez Cortés. Por su parte, Ioannis Karapanagotis colabora con Yannis Chrysoulakis, Lemonia Valianou, S. Danila y C. Panayiotu. La red de Masoud Salavati-Niasari la complementan Mehedi Mousavi-Kamazani y Mojgan Goudarzi.

También destacan las redes de Alberto Navalón con José Luis Vílchez; Helmuth Zimmermann, con Cliff Moran, John H. Hoffman y C.W. Mathenege; Celina Llanderal-Cázares con A. Ramírez-Cruz, Sandra Caselín-Castro y S. de Jesús Méndez-Gallegos, quien a su vez colabora con A. Carnero y M. González; Maciej Jazros con Katazyna Lech; Naoki Sugimoto con Hiroshi Akiyama; Pedro L. López de Alba con Leticia López-Ramírez; Mónica Rosenblueth con Esperanza Martínez-Romero, Arturo Vera-Ponce de León, C.K. Chávez-Moreno, Alberto Tecante y Shamayim T. Ramírez-Puebla; y Safapour Siyamak con Mousa Sadhegi Kiakhani (Figura 4).

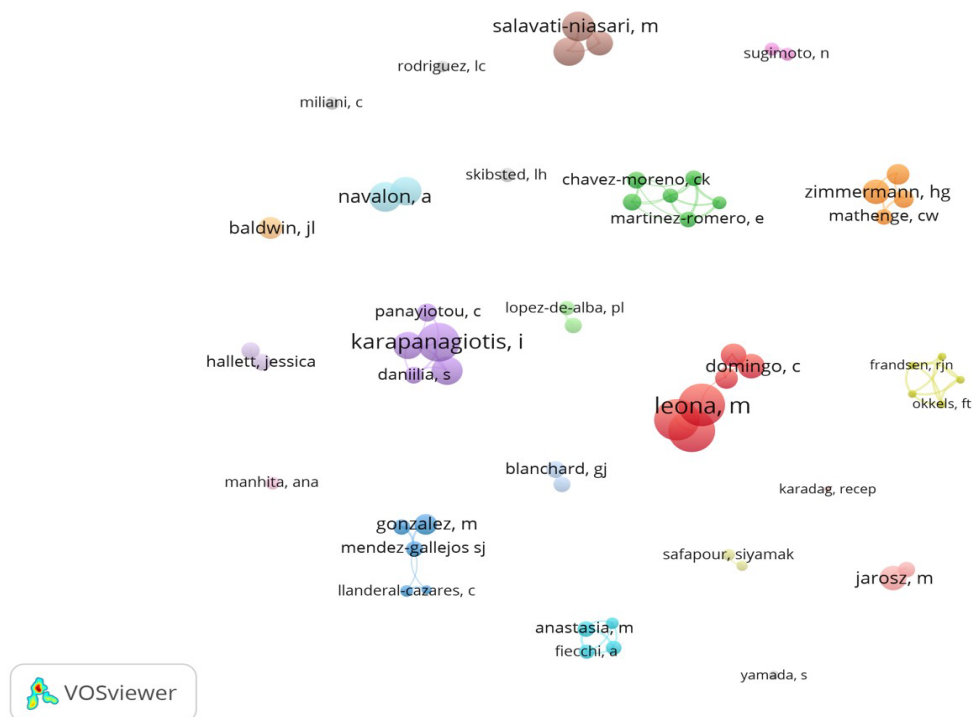
**Cuadro 7.** Investigadores más citados que publicaron documentos (1980–2019) sobre *Dactylopius coccus*, ácido carmínico (AC) y sus derivados, en revistas de corriente principal (complementan a los autores listados en el Cuadro 6).

Autor (Índice H)	Docs	Citas	Institución	Temas de investigación
Van Duyne, Richard P (SCI 98, GA 131)	5	533	Northwestern Univ., EE. UU.	Identificación de fibras y tintes usando SERS.
Lombardi, John R. (SCI 50, GA 57, S 51)	3	287	City College of NY, EE. UU.	SERS aplicado al arte y ciencia forense.
Domingo, Concepción (SCI 34, S 36)	4	200	CSIC, España	Identificación de fibras y tintes usando SERS.

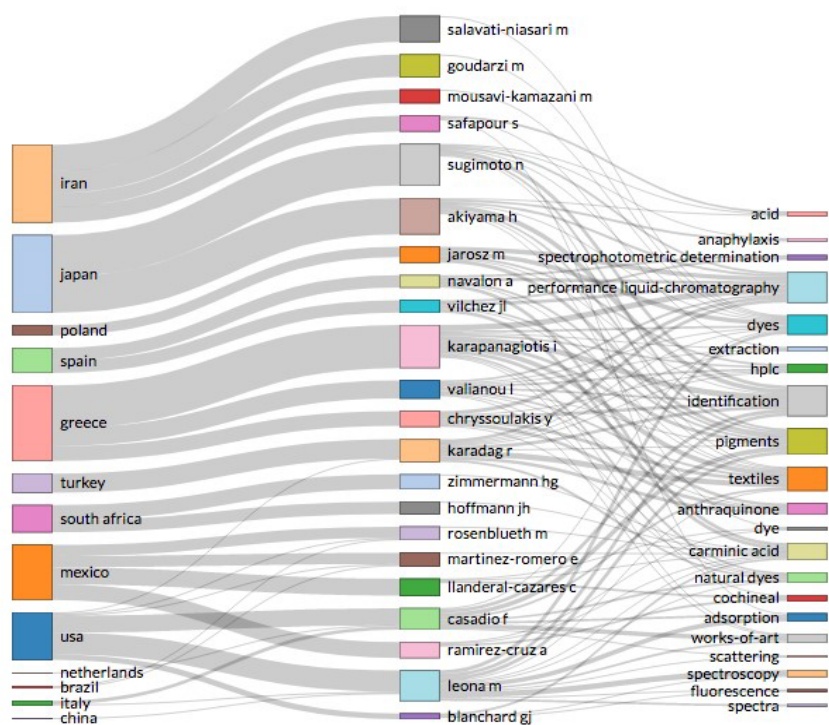
### Autores con mayor producción por países y su relación con los temas de investigación, de acuerdo con Keyword Plus

Los autores por país que publicaron un mayor número de documentos abordaron temas específicos, tal como se observa en el diagrama realizado en *bibliometrix* por países-autores-Keyword Plus (Figura 5). Se observó que Karapanagiotis de Grecia, el autor con el mayor número de documentos publicados se relacionó con los términos HPLC, identificación, tintes, textiles, cochinilla y antraquinona, que en conjunto conforman su área de investigación “identificación de tintes y pigmentos naturales, principalmente de cochinilla y antraquinonas, mediante HPLC”; estos mismos temas los comparten sus compatriotas y colegas Vilanou y Chrysoulakis.

Por otra parte, Marco Leona (de EE. UU.), el autor con el mayor número de citas, se relacionó con las palabras, espectroscopía, espectro, fluorescencia, adsorción, identificación, pigmentos, tintes, tintes naturales, textiles y trabajos de arte, temas similares a los de su colaborador Casadio, quien se relacionó además con las palabras adsorción y dispersión. Los iraníes Salavati-Niasari, Gourdazi y Mousavi Kamazini se relacionaron únicamente con tintes, pero Safapour lo hizo además con AC y adsorción. Naoki Sugimoto e Hiroshi Akiyama, de Japón, se asociaron con HPLC, tintes, AC, anafilaxia, pigmentos y textiles.



**Figura 4.** Redes de colaboración de los autores con cuatro o más publicaciones (1980–2019) relacionadas con *Dactylopius coccus*, ácido carmínico (AC) y sus derivados, en revistas de corriente principal. La visualización incluye el peso, de acuerdo con el número de citas de los autores.

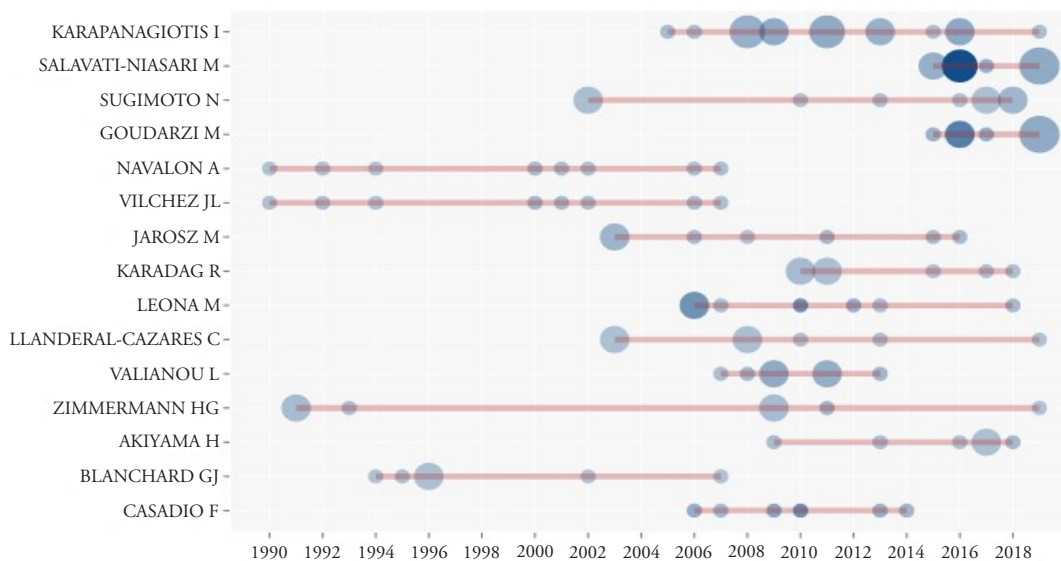


**Figura 5.** Diagrama-paísesautores-Keywords Plus (palabras o temas asignados por SCIE y SSCI) sobre *Dactylopius coccus*, ácido carmínico (AC) y sus derivados, en revistas de corriente principal (1980–2019).

El polaco Jazros se asoció con HPLC, tintes, pigmentos e identificación. Los autores españoles Navalón y Vilchez se asociaron con ácido carmínico (AC), pigmentos, HPLC, determinación espectrofotométrica y textiles. Karadag de Turquía se relacionó con textiles, identificación, colorantes naturales, tintes y antraquinonas. Zimmermann y Hoffmann de Sudáfrica se ligaron con AC; Llanderal-Cázares (de México) se relacionó con AC, cochinilla y tinte; también de México, Martínez-Romero y Rosenblueth se asociaron con AC, al igual que Ramírez-Cruz, con cochinilla, AC y tinte.

#### **Autores con mayor número de publicaciones, a través del tiempo**

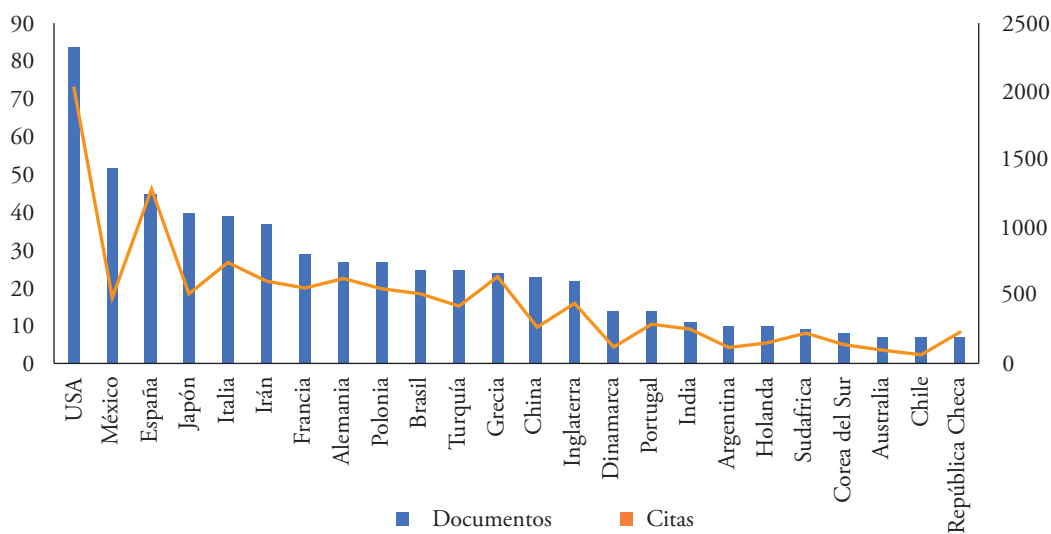
La producción de los autores que abordaron el tema en estudio varió a través del tiempo. Al respecto, una manera de determinar si un autor sigue vigente o no, es revisar la temporalidad de sus contribuciones. La mayoría de los autores más prolíficos continúan vigentes. No obstante, los que destacan por contribuir con más documentos publicados en los últimos años son los iraníes Salavati-Niasari y Gourdazi. Por el contrario, los españoles Navalón y Vilchez dejaron de publicar desde 2008. El autor que ha permanecido más tiempo vigente y con contribuciones nuevas es el sudafricano H.G. Zimmermann (Figura 6).



**Figura 6.** Publicaciones a través del tiempo (1980–2019), de los autores con mayor producción sobre *Dactylopius coccus*, ácido carmínico (AC) y sus derivados en revistas de corriente principal.

### Producción e impacto de los documentos por países

Respecto a la producción científica entre países, se observó una participación alta de los investigadores en la creación de nuevo conocimiento. Los 10 países con mayor producción resultaron ser EE. UU. (84, 12.17%), México (52, 7.54%), España (45, 6.52%), Japón



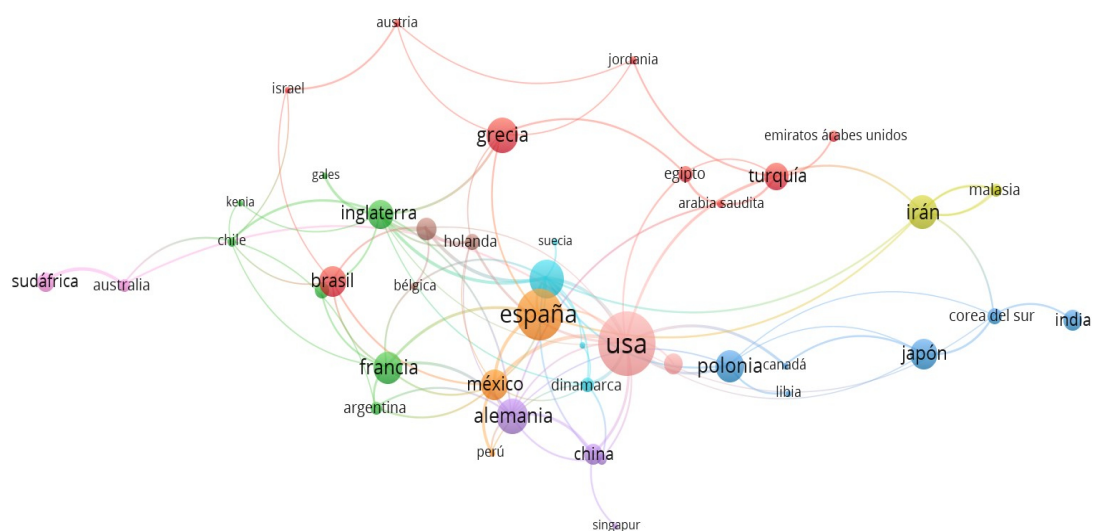
**Figura 7.** Producción e impacto (1980–2019) de los documentos en diferentes países, cuya temática fue *Dactylopius coccus*, ácido carmínico (AC) y sus derivados, en revistas de corriente principal.

(40, 5.80%), Italia (39, 5.65%), Irán (37, 5.36%), Francia (29, 4.20%), Alemania (27, 3.91%), Polonia (27, 3.91%) y Brasil (25, 3.62%) tal como se representa en la Figura 7. Los 10 países con mayor influencia, al considerar el número de citas recibidas por los documentos publicados fueron EE. UU. (2029, 15.82%), España (1289, 10.05%), Italia (755, 5.89%), Grecia (641, 5.00%), Alemania (636, 4.96%), Irán, (617, 4.81%), Polonia (544, 4.24%), Brasil (514, 4.01%), Japón (511, 3.99%) y México (481, 3.75%). No se incluyeron 36 países con seis documentos o menos; 15 países publicaron un solo documento (Figura 7).

### Red de colaboración entre países

La colaboración entre autores de diferentes países permite fortalecer los campos científicos; se evitan con ello, el endemismo y el aislamiento de la investigación. Se generó a través de VOSviewer una red de colaboración entre los países con al menos 10 citas; con el método de normalización “fortaleza de asociación” se obtuvieron 10 clústeres de países (Figura 8). La visualización de los grupos incluyó el peso del número de citas recibidas, destacaron los países mencionados en la Figura 7, como Estados Unidos, España, Italia y Grecia, entre otros.

En la misma Figura 8 destacaron algunas tendencias interesantes de resaltar; por ejemplo, algunos autores colaboran con aquellos con los que tienen cercanía geográfica, cultural o lingüística, como Turquía con Egipto, Emiratos Árabes Unidos, Arabia Saudita y Jordania; Japón, con Corea del Sur; España, con México; y Sudáfrica con Australia. Es destacable el comportamiento de Estados Unidos que colabora con la mayoría de los países, especialmente con España; sin embargo, no colabora con algunos países que tienen un impacto notable como Grecia, Irán, Francia y Brasil, lo que podría estar asociado con intereses



**Figura 8.** Red de colaboración en la publicación (1980–2019) entre países, de documentos relacionados con *Dactylopius coccis*, ácido carmínico (AC) y sus derivados, en revistas de corriente principal.

temáticos diferentes. Es destacable que de los 45 países incluidos en el mapa, participaron 17 países europeos; no se contaron Israel ni Rusia, aunque política y económicamente participan más en Europa que en Asia.

### **Identificación de temáticas de investigación**

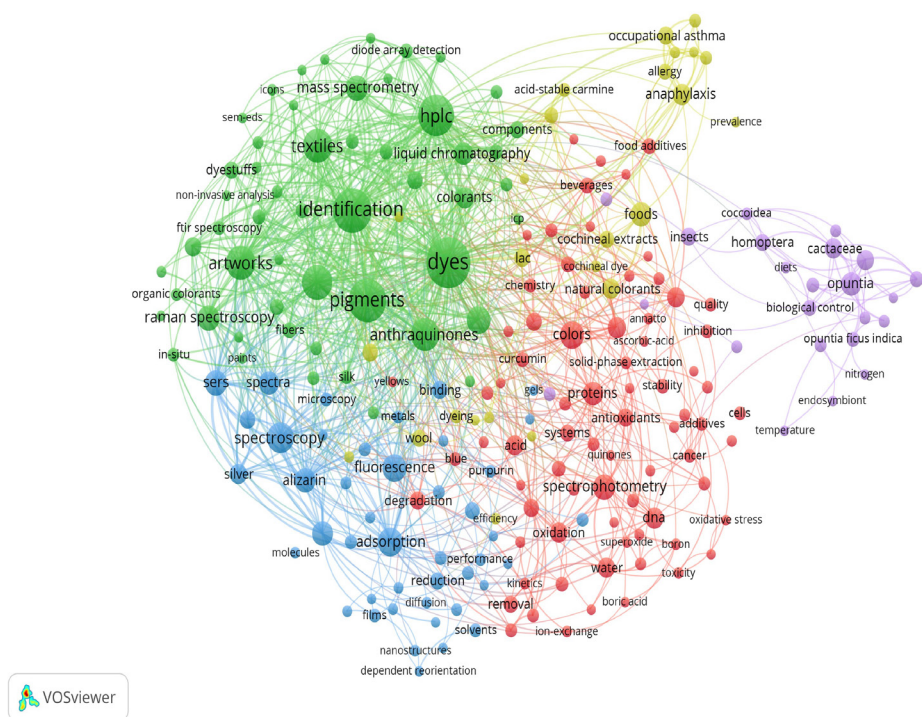
Las bases de datos SCIE y SSCI proporcionan sólo las temáticas de investigación, de acuerdo con las categorías JCR en las que se clasifican las revistas, las cuales ya se discutieron con anterioridad en el IB “Revistas de publicación”. El indicador de autores con la productividad e influencia más altas también ofrece una idea de los temas de investigación que se desarrollan en torno a *D. coccus*, y del ácido carmínico y sus derivados. Para aclarar lo anterior se combinaron dos IB, uno incluyó el análisis de palabras conjuntas, las palabras clave o descriptores de los autores y de los indizadores; el otro, se basó en el análisis de la información contenida en los títulos y en los resúmenes de los documentos, mejor conocido como minería de texto.

### **Identificación de temas de investigación, por medio de mapa de red de palabras conjuntas, basado en palabras clave de autores y Keyword Plus.**

El análisis de palabras conjuntas realizado en VOSviewer con el uso de los registros bibliográficos y el método de normalización LingLog, y su visualización por número de ocurrencias (en sustitución del número de enlaces) que considera cinco ocurrencias o más; por palabra clave de autores; y en las base de datos SCIE y SSCI (Keyword Plus) mostró que la temática de investigación se orientó en lo principal, a la identificación y análisis de tintes naturales y pigmentos en textiles, piezas arqueológicas, obras artísticas, tanto en lienzos como en murales, y otros objetos de patrimonio cultural de interés histórico por medio de diferentes técnicas de detección, caracterización e identificación.

Entre ellas, la espectroscopía de Raman o la espectroscopía Raman con superficie mejorada (Surface-enhanced Raman Spectroscopy–SERS) (Leona *et al.*, 2006; Casadio *et al.*, 2010; Luo *et al.*, 2019), la cromatografía de gases y líquida, la cromatografía líquida de alta eficacia o High Performance Liquid Chromatography–HPLC) (Karapanagiotis *et al.*, 2008; 2019); también destacó el uso de técnicas como la ionización por electroespray, la espectrometría de masas, la espectroscopía infrarroja transformada de Fourier (o Fourier Transform Infrared Spectroscopy–FTIR) (Ben Messaoud *et al.*, 2016), entre otras, incluidas en los clústeres verde y rojo (Figura 9).

La tendencia anterior concuerda con las temáticas mencionadas en el IB de autores más productores y citados, tales como Karapanagiotis y Leona, así como con las áreas JCR de las revistas que más publicaron. Un tema de actualidad e innovador que se destaca es la aplicación del AC y sus derivados como pigmento fotosintetizador en celdas solares (como la celda Graetzel) también conocida como célula solar sensibilizada por colorante (Mousavi-Kamazani *et al.*, 2016; Sun *et al.* 2016), agrupadas en el clúster azul (Figura 9). También se observó que los compuestos colorantes alizarina y otras antraquinonas se abordaron en conjunto cuando *D. coccus* y el AC se estudiaron como tema secundario.



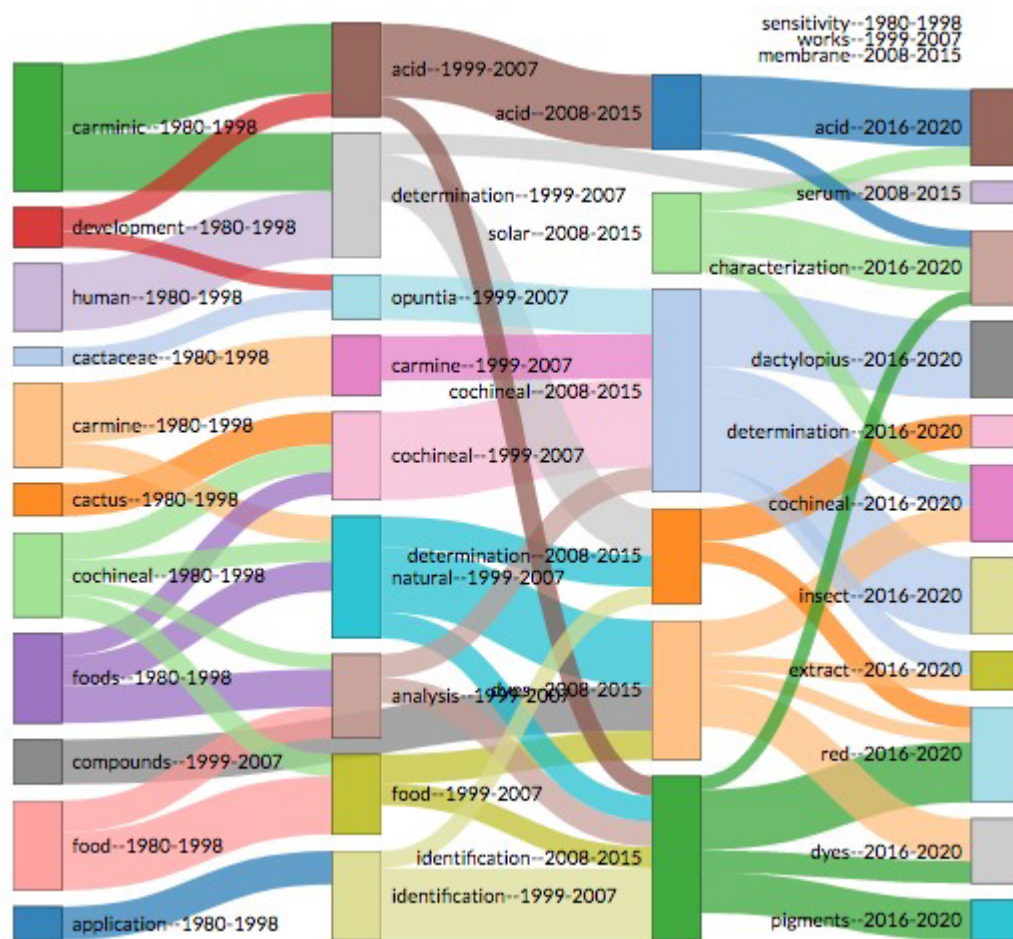
**Figura 9.** Análisis de palabras conjuntas por palabras clave del autor y de la base de datos con cinco ocurrencias o más, en publicaciones (1980–2019) sobre *Dactylopius coccus*, ácido carmínico (AC) y sus derivados, en revistas de corriente principal.

Algunos de los temas destacados incluyeron aspectos de biología (clúster morado), como filogenética (Ramírez-Puebla *et al.*, 2010), biotipos (Van Dam y May, 2012) estudio de endosimbiontes (Bustamante-Brito *et al.*, 2019) y factores bióticos y abióticos limitantes. De manera similar se abordaron los efectos secundarios asociados con el consumo o exposición al AC y a sus derivados (clúster amarillo), tales como la anafilaxis y el asma (Greenhawt *et al.*, 2009), causadas por el consumo de alimentos donde fueron añadidos, o bien al contacto o exposición durante los procesos de extracción o preparación (Pecquet, 2013). Este clúster también agrupó la tinción de fibras naturales o animales con tintes obtenidos de *D. coccus* (Mirnezhad *et al.*, 2017).

En el clúster rojo, sobresalieron otros importantes temas de investigación, por ejemplo, el uso como aditivo alimentario (Miller *et al.*, 2017), el cual incluye pureza y calidad, estabilidad, degradación y decoloración. Además, se agruparon estudios enfocados en determinar sus propiedades terapéuticas para la prevención de cáncer (Goudarzi *et al.*, 2019a; 2019b), caracterización como aditivo alimentario en combinación con antocianinas y carotenoides (Fernández-López *et al.*, 2013; Cosentino *et al.*, 2016), así como las técnicas principales utilizadas para su estudio como la fotoespectrometría, HPLC (Bonan *et al.*, 2013).

### Evolución temática de la investigación, según las palabras del título de los documentos

El análisis con *bibliometrix* de las palabras contenidas en los títulos de los documentos sobre *D. coccus*, y ácido carmínico y sus derivados, divididos en cuatro periodos de publicación (1980–1998, 1999–2007, 2008–2015 y 2016–2019), permitió determinar una tendencia más clara de la evolución de la temática abordada a lo largo de los años. Durante los primeros 20 años del periodo de estudio, se observó que la investigación se enfocó en el ácido carmínico y sus aplicaciones en alimentos y bebidas, así como la evaluación de los hospedantes para su crianza. En cambio, durante el periodo 1999–2007, la temática se centró en el análisis e identificación de colorantes naturales, incluido el ácido carmínico, así como la continuación de estudios sobre sus hospedantes, su análisis y determinación en alimentos, e investigaciones sobre la determinación e identificación (Figura 10).



**Figura 10.** Evolución temática de la investigación al considerar las palabras incluidas en los títulos de los documentos (1980–2019) acerca de *Dactylopius coccus*, ácido carmínico (AC) y sus derivados en revistas de corriente principal.

En el periodo 2008–2015 continuaron los estudios relacionados con evaluar metodologías para su identificación y determinación; así como investigaciones sobre tintes, membranas y paneles solares. En 2016–2019, los estudios se enfocaron en aplicación de *D. coccus* y AC como pigmentos y tintes, y continuaron apareciendo estudios dirigidos a la identificación de extractos, aunque ya no figura en este periodo el tema de su uso en alimentos (Figura 10).

## CONCLUSIONES

Durante el periodo del estudio se observó una tendencia de crecimiento de publicaciones similar a la que muestran todas las áreas de la ciencia, debido al crecimiento de las actividades de investigación a nivel mundial que son parte del desarrollo científico y tecnológico. El artículo científico resultó ser el principal tipo de publicación en las revistas que publicaron sobre el tema; esto indica que el artículo científico es la vía para publicar la mayoría de los resultados de investigación. El índice de coautoría se incrementó a través del tiempo; demuestra la tendencia a una colaboración más estrecha que se puede asociar con la presión por publicar y acceder a los sistemas por país de estímulos a la investigación y docencia, ahorros en costos e inversiones, y aprovechamiento más eficiente de las infraestructuras institucionales.

Las revistas que concentraron publicaciones sobre estos pigmentos naturales son de las áreas de ciencia y tecnología de los alimentos y química analítica. Las que concentraron los artículos más citados se especializan en métodos de análisis espectrales; lo cual denota su importancia como aditivos alimentarios y el interés en asegurar su calidad e inocuidad. El análisis de citas conjuntas aplicado a revistas identificó temáticas emergentes principales de investigación como química analítica, ciencia y tecnología de los alimentos, alergias, espectroscopia de tintes naturales, textiles y fibras.

Los autores con la productividad más alta publicaron documentos identificados por palabras de búsqueda (palabras clave) y resúmenes; su investigación se enfocó en el análisis y caracterización de pigmentos a través de técnicas espectrográficas. Tres de los autores más citados recibieron más de 500 citas en el área estudiada. La mayoría de las colaboraciones ocurrió entre autores de un mismo país, con cercanía geográfica y la misma lengua. La temática principal fue Ciencia y Tecnología de los Alimentos. A pesar del número reducido de países que participan en la cría comercial del insecto, una amplia diversidad de países realiza investigación, con una participación alta de autores. Sin embargo, existe una conexión escasa entre autores de diferentes países. Estados Unidos fue el país que registró la colaboración más alta. La minería de textos permitió identificar temas de investigación relacionados con tres ejes principales: determinación, detección, concentración de ácido carmínico, análisis de tintes y pigmentos por medio de distintas técnicas espectroscópicas; cría y cultivo, calidad y rendimiento, y estudios sobre la biología y desarrollo del insecto *Dactylopius coccus*. El análisis bibliométrico por tiempo permitió determinar la evolución temática, aunque algunas temáticas permanecen, tales como la tinción de fibras, los efectos colaterales del consumo o contacto, y las técnicas de cultivo del insecto. Por último, en los años más recientes destacaron algunos temas emergentes tales como nanotecnología, actividad terapéutica y uso como pigmento fotosintetizador en celdas solares.

## REFERENCIAS

- Aria M, Cuccurullo C. 2017. (sic.) bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics* 11 (4): 959–975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Ben Messaoud G, Sanchez-Gonzalez L, Probst L, Desobry S. 2016. Influence of internal composition on physicochemical properties of alginate aqueous-core capsules. *Journal of Colloid and Interface Science* 469: 120–128. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2016.02.018>
- Bergman CM, Hunter LE, Rzhetsky A. 2013. Announcing the PLOS Text Mining Collection. *Everyone*. <https://everyone.plos.org/2013/04/17/announcing-the-plos-text-mining-collection/>.
- Bonan S, Fedrizzi G, Menotta S, Elisabetta C. 2013. Simultaneous determination of synthetic dyes in foodstuffs and beverages by high-performance liquid chromatography coupled with diode-array detector. *Dyes and Pigments* 99 (1): 36–40. <https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2013.03.029>
- Bordons M. 2004. Hacia el reconocimiento internacional de las publicaciones científicas españolas. *Revista Española de Cardiología* 57 (9): 799–802. <http://www.revescardiol.org/es-hacia-el-reconocimiento-internacional-publicaciones-articulo-13065646>.
- Borges ME, Tejera RL, Díaz L, Esparza P, Ibáñez E. 2012. Natural dyes extraction from cochineal (*Dactylopius coccus*). New extraction methods. *Food Chemistry* 132 (4): 1855–1860. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.12.018>
- Borgman CL, Furner J. 2002. Scholarly communication and bibliometrics. *Annual Review of Information Science and Technology* [asis&ct] 36 (1): 2–72. <https://doi.org/10.1002/aris.1440360102>
- Bradford SC. 1934. Sources of information of specific subjects. *Journal of Information Science* 10 (4): 176 <https://doi.org/10.1177/016555158501000407>
- Bustamante-Brito R, Vera-Ponce de L A, Rosenblueth M, Martínez-Romero JC, Martínez-Romero E. 2019. Metatranscriptomic analysis of the bacterial symbiont *Dactylopiibacterium carminicum* from the Carmine cochineal *Dactylopius coccus* (Hemiptera: Coccoidea: Dactylopiidae). *Life-Basel* 9 (1): 4. <https://doi.org/10.3390/life9010004>
- Casadio F, Leona M, Lombardi JR, Van Duyne R. 2010. Identification of organic colorants in fibers, paints, and glazes by Surface Enhanced Raman Spectroscopy. *Accounts of Chemical Research* 43 (6): 782–791. <https://doi.org/10.1021/ar100019q>
- Chávez-Moreno CK, Tecante A, Fragoso-Serrano M, Pereda-Miranda R. 2010. Metabolic profiling of *Dactylopius* (Hemiptera: Dactylopiidae) species pigments by geographical origin and hosts using multivariate data analysis. *Biochemical Systematics and Ecology* 38 (4): 671–679. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2010.04.003>
- Cooksey CJ. 2019. The red insect dyes: carminic, kermesic and laccaic acids and their derivatives. *Biotechnic & Histochemistry* 94 (2): 100–107. <https://doi.org/10.1080/10520295.2018.1511065>
- Cosentino HM, Takinami PYI, del Mastro NL. 2016. Comparison of the ionizing radiation effects on cochineal, annatto and turmeric natural dyes. *Radiation Physics and Chemistry* 124: 208–211. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2015.09.016>
- Dettner K. 2014. Toxins, defensive compounds and drugs from insects. *In: Insect Molecular Biology and Ecology*. Hoffmann KH (ed); CRC Press: Boca Raton, FL, USA, [https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.09.012](https://doi.org/10.1201/b17Dufossé L. 2014. Anthraquinones, the Dr Jekyll and Mr Hyde of the food pigment family. Food Research International</a> 65 (Part B): 132–136. <a href=). pp: 49–103.
- EFSA–Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food (ANS). 2015. Scientific Opinion on the re-evaluation of cochineal, carminic acid, carmines (E 120) as a food additive. *EFSA Journal* 13 (11): 4288. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4288>
- Fernández-López JA, Angosto JM, Giménez PJ, León G. 2013. Thermal stability of selected natural red extracts used as food colorants. *Plant Foods for Human Nutrition* 68 (1): 11–17. <https://doi.org/10.1007/s11130-013-0337-1>
- Foro Consultivo, Científico y Tecnológico. 2006. Diagnóstico de la política científica, tecnológica y de fomento a la innovación en México (2000–2006), Foro Consultivo, Científico y Tecnológico, A.C., ISBN: 968-9167-00-6; México DF. 285 p. [http://www.foroconsultivo.org.mx/libros\\_editados/diagnostico.pdf](http://www.foroconsultivo.org.mx/libros_editados/diagnostico.pdf)
- Garfield E. 2006. The history and meaning of the Journal Impact Factor. *JAMA*, 295 (1): 90–93. <https://doi.org/10.1001/jama.295.1.90>
- González M, Méndez J, Carnero A, Lobo MG, Afonso A. 2002. Optimizing conditions for the extraction of

- pigments in cochineals (*Dactylopius coccus* Costa) using response surface methodology. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50 (24): 6968–6974. <https://doi.org/10.1021/jf025756r>
- Goudarzi M, Salavati-Niasari M, Amiri M. 2019a. Effective induction of death in breast cancer cells with magnetite NiCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/NiO nanocomposite. *Composites Part B: Engineering* 166: 457–463. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2019.02.017>
- Goudarzi M, Salavati-Niasari M, Yazdian F, Amiri M. 2019b. Sonochemical assisted thermal decomposition method for green synthesis of CuCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/CuO ceramic nanocomposite using *Dactylopius coccus* for anti-tumor investigations. *Journal of Alloys and Compounds* 788: 944–953. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2019.02.288>
- Greenhawt M, McMorris M, Baldwin J. 2009. Carmine hypersensitivity masquerading as azithromycin hypersensitivity. *Allergy and Asthma Proceedings* 30 (1): 95–101. <https://doi.org/10.2500/aap.2009.30.3199>
- Groos OV, Pritchard A. 1969. Statistical bibliography or bibliometrics? *Documentation Notes. Journal of Documentation* 25 (4): 348–349 <https://doi.org/10.1108/eb026482>
- Hirsch JE. 2005. An index to quantify an individual's scientific research output. *PNAS—Proceedings of the National Academy of Sciences* 102 (46): 16569–16572. <https://doi.org/10.1073/pnas.0507655102>
- Karapanagiotis I, Lakka A, Valianou L, Chrysosoulakis Y. 2008. High-performance liquid chromatographic determination of colouring matters in historical garments from the Holy Mountain of Athos. *Microchimica Acta* 160: 477–483. <https://doi.org/10.1007/s00604-007-0774-4>
- Karapanagiotis I, Verhecken-Lammens C, Kamaterou P. 2019. Identification of dyes in Egyptian textiles of the first millennium AD from the collection Fill-Trevisiol. *Archaeological and Anthropological Sciences* 11: 2699–2710. <https://doi.org/10.1007/s12520-018-0705-8>
- Lancaster FE, Lawrence JF. 1996. High-performance liquid chromatographic separation of carminic acid,  $\alpha$ - and  $\beta$ -bixin, and  $\alpha$ - and  $\beta$ -norbixin, and the determination of carminic acid in foods. *Journal of Chromatography A* 732 (2): 394–398. [https://doi.org/10.1016/0021-9673\(95\)01332-6](https://doi.org/10.1016/0021-9673(95)01332-6)
- Lascrain-Sánchez M. 2006. La evaluación de la actividad científica mediante indicadores bibliométricos. *Bibliotecas* 24 (1, 2): 9–26. <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/bibliotecas/article/view/429>
- Leona M, Stenger J, Ferloni E. 2006. Application of surface-enhanced Raman scattering techniques to the ultrasensitive identification of natural dyes in works of art. *Journal of Raman Spectroscopy* 37 (10): 981–992. <https://doi.org/10.1002/jrs.1582>
- Leopold E, May M, Paaß G. 2004. Data mining and text mining for science & technology research. *In: Handbook of Quantitative Science and Technology Research*. Moed HF, Glänzel W, Schmoch U (eds); Springer: Dordrecht; [https://doi.org/10.1007/1-4020-2755-9\\_9](https://doi.org/10.1007/1-4020-2755-9_9). pp: 187–213.
- Li GX, Liu ZQ, Wu D. 2009. Carminic acid: an antioxidant to protect erythrocytes and DNA against radical-induced oxidation. *Journal of Physical Organic Chemistry* 22 (9): 883–887. <https://doi.org/10.1002/poc.1536>
- Luo Y, Wang Y, Zhang X. 2019. A combination of techniques to study Chinese traditional Lajian paper. *Journal of Cultural Heritage* 38: 75–81. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2019.01.008>
- Méndez-Gallegos SJ, Tarango-Arámbula LA, Carnero A, Tiberi R, Díaz-Gómez O. 2010. Crecimiento poblacional de la cochinilla *Dactylopius coccus* Costa criada en cinco cultivares de nopal *Opuntia ficus-indica* Mill. *Agrociencia* 44 (2): 225–234.
- Miller A, Müller R, Scheiding P, Schneider H, Oberloher A. 2017. Studies on the formation of 4-amino-carminic acid. *Journal of Consumer Protection and Food Safety* 12: 329–334. <https://doi.org/10.1007/s00003-017-1134-9>
- Mirnezhad S, Safapour S, Sadeghi-Kiakhani M. 2017. Dual-mode adsorption of cochineal natural dye on wool fibers: Kinetic, equilibrium, and thermodynamic studies. *Fibers and Polymers* 18: 1134–1145. <https://doi.org/10.1007/s12221-017-6923-3>
- Mousavi-Kamazani M, Zarghami Z, Salavati-Niasari M. 2016. Facile and Novel Chemical Synthesis, Characterization, and Formation Mechanism of Copper Sulfide (Cu<sub>2</sub>S, Cu<sub>2</sub>S/CuS, CuS) Nanostructures for Increasing the Efficiency of Solar Cells. *The Journal of Physical Chemistry C* 120 (4): 2096–2108. <https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.5b11566>
- Müller-Maatsch J, Gras C. 2016. 18—The “Carmine Problem” and Potential Alternatives. *In: Handbook on Natural Pigments in Food and Beverages*. Carle R, Schweiggert RM (eds.); Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100371-8.00018-X>. pp: 385–428.
- Nakayama N, Ohtsu Y, Maezawa-Kase D, Sano KI. 2015. Development of a rapid and simple method for

- detection of protein contaminants in carmine. *International Journal of Analytical Chemistry*, article ID 748056. <https://doi.org/10.1155/2015/748056>
- Noack A. 2007. Energy models for graph clustering. *Journal of Graph Algorithms and Applications* 11(2): 453–480. <https://doi.org/10.7155/jgaa.00154>
- Ohgiya Y, Arakawa F, Akiyama H, Yoshioka Y, Hayashi Y, Sakai S, Ito S, Yamakawa Y, Ohgiya S, Ikezawa Z, Teshima R. 2009. Molecular cloning, expression, and characterization of a major 38-kd cochlear allergen. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 123(5): 1157–1162.E4. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2008.12.1111>
- Pecquet C. 2013. Allergic reactions to insect secretions. *European Journal of Dermatology* 23(6): 767–773. <https://doi.org/10.1684/ejd.2013.2186>
- Ramírez-Puebla ST, Rosenblueth M, Chávez-Moreno CK, Catanho Pereira de Lyra, MC, Tecante A, Martínez-Romero E. 2010. Molecular phylogeny of the genus *Dactylopius* (Hemiptera: Dactylopiidae) and Identification of the Symbiotic Bacteria. *Environmental Entomology* 39 (4): 1178–1183. <https://doi.org/10.1603/EN10037>
- Roslan N, Ya'acob ME, Radzi MAM, Hashimoto Y, Jamaludin D, Chen G. 2018. Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) greenhouse shading: New insights for solar radiation manipulation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 92: 171–186. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.095>
- Salager-Zeyer F. 2015. Peripheral scholarly journals: From locality to globality. *Iberica* 30: 15–36. <https://www.redalyc.org/pdf/2870/287042542002.pdf>
- Sánchez-García MA, Bokhimi X, Velázquez Martínez S, Jiménez-González AE. 2018. Dye-sensitized solar cells prepared with Mexican pre-Hispanic dyes. *Journal of Nanotechnology* 2018, article ID 1236878. <https://doi.org/10.1155/2018/1236878>
- Sanz-Casado E, Martín-Moreno C. 1997. Técnicas bibliométricas aplicadas a los estudios de usuarios. *Revista General de Información y Documentación* 7 (2): 41–68. <https://revistas.ucm.es/index.php/RGID/article/view/RGID9797220041A/10878>
- Schmidt-Jacobsen JF, Frandsen RS. 2011. Method for the preparation of a carminic acid lake. United States Patents: US8021440B2. <https://patents.google.com/patent/US8021440B2/en>
- Small H. 1973. Co-citation in the scientific literature: A new measure of the relationship between two documents. *Journal of the American Society for Information Science [asis&t]* 24 (4): 265–269. <https://doi.org/10.1002/ASI.4630240406>
- Spinak E. 1996. *Diccionario enciclopédico de bibliometría, ciencias de la información e informetría*. UNESCO: Caracas, Venezuela. 245 p.
- Sun C, Li Y, Song P, Ma F. 2016. An experimental and theoretical investigation of the electronic structures and photoelectrical properties of ethyl red and carminic acid for DSSC application. *Materials* 9 (10): 813. <https://doi.org/10.3390/ma9100813>
- Tijssen RJW, Van Raan AFJ. 1994. Mapping changes in science and technology: Bibliometric co-occurrence analysis of the R&D literature. *Evaluation Review* 18 (1): 98–115. <https://doi.org/10.1177/0193841X9401800110>
- Van Dam AR, May B. 2012. A new species of *Dactylopius* Costa (*Dactylopius gracilipilus* sp nov.) (Hemiptera: Coccoidea: Dactylopiidae) from the Chihuahuan Desert, Texas, USA. *Zootaxa* 3573 (1): 33–39. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3573.1.3>
- van Eck NJ, Waltman L. 2007. VOS: A New Method for Visualizing Similarities Between Objects. *In: Advances in Data Analysis. Studies in Classification, Data Analysis, and Knowledge Organization*. Decker R, Lenz HJ (eds); Springer: Berlin, Heidelberg; pp: 299–306. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-70981-7\\_34](https://doi.org/10.1007/978-3-540-70981-7_34)
- van Eck NJ, Waltman L. 2010. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics* 84: 523–538. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>
- van Eck NJ, Waltman L. 2011. Text mining and visualization using VOSviewer; 5 p. <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1109/1109.2058.pdf>
- van Raan AFJ. 1993. Advanced bibliometric methods to assess research performance and scientific development: basic principles and recent practical applications. *Research Evaluation* 3 (3): 151–166. <https://doi.org/10.1093/rev/3.3.151>
- Velho SRK, Brum LFW, Petter CO, dos Santos JHZ, Šimunić Š, Kappa WH. 2017. Development of structured natural dyes for use into plastics. *Dyes and Pigments* 136: 248–254. <https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2016.08.021>

- Vinkler P. 1993. Research contribution, authorship and team cooperativeness. *Scientometrics* 26: 213–230. <https://doi.org/10.1007/BF02016801>
- Ziljstra H, McCollough R. 2016. CiteScore: a new metric to help you choose the right journal. *Authors' Update*. Elsevier Connect. <https://www.elsevier.com/authors-update/story/impact-metrics/citescore-a-new-metric-to-help-you-choose-the-right-journal> 876-4