

**Análisis bibliométrico de la producción científica sobre maíz genéticamente modificado:
Tendencias y nuevas perspectivas**

Guadalupe Manzano Ocampo*

Instituto Michoacano de Ciencias de la Educación José María Morelos, Profesora de Cátedra en las Maestrías en Pedagogía y Educación en Ciencias Naturales, Juárez núm. 1600, Morelia, Michoacán de Ocampo, C.P. 58060

*Corresponding author: gmanzanooc@gmail.com ORCID ID: 0009-0007-7403-5475

Resumen

El interés científico por el análisis del maíz genéticamente modificado ha ganado terreno en los últimos años. El estudio se enfocó en analizar la producción científica internacional sobre maíz genéticamente modificado, recopilado en la base de datos de *ScienceDirect* durante el período 2000-2024 (marzo). A través de indicadores bibliométricos y el uso de software *VOSviewer*, se visualizó y mapeó la información más relevante junto con las tendencias predominantes en este campo. Este proceso permitió la identificación de setenta y nueve agrupaciones que representan las

27 áreas primordiales de investigación, así como la distinción de los principales autores que abordan
28 el tema.

29 Entre las tendencias destacadas, se observa un marcado aumento en la producción de artículos
30 sobre el maíz genéticamente modificado, especialmente en el ámbito de la Bioquímica, Genética y
31 Biología Molecular.

32 **Palabras clave:** Glifosato, biotecnología, bioquímica, protección de la cultura local, salud.

33

34 **Abstract**

35 **Keywords:** Glyphosate, biotechnology, biochemistry, protection of local culture, health.

36 **Fecha de recibido:** Noviembre 18, 2024

37 **Fecha de aceptado:** Febrero 20, 2025

38

39

40 **Introducción**

41

42

43 El maíz genéticamente modificado se ha posicionado como un tema crucial en la agenda global,
44 abordando la necesidad imperante de conciliar la adopción de cultivos genéticamente modificados
45 con la conservación del ambiente, la protección de la cultura local y el bienestar de las comunidades
46 anfitrionas. En este contexto, el análisis bibliométrico de la producción científica sobre el maíz
47 genéticamente modificado se convierte en una herramienta fundamental para comprender las
48 tendencias, enfoques y desafíos actuales en este campo de estudio. A través de la recopilación y
49 análisis de investigaciones publicadas en *ScienceDirect* durante el periodo de los años 2000-2024,
50 se buscó identificar las áreas de investigación prioritarias, la evolución de los temas abordados y
51 las implicaciones prácticas de la adopción de maíz genéticamente modificado. En este documento,
52 se explorarán las diversas perspectivas y hallazgos relevantes que emergen de la literatura

53 científica, brindando una visión integral y actualizada sobre el panorama del maíz genéticamente
54 modificado a nivel mundial.

55 El primer apartado del documento resalta las tendencias y perspectivas teóricas en el análisis del
56 maíz genéticamente modificado hasta marzo del 2024. Posteriormente, en el siguiente apartado, se
57 detallan las técnicas empleadas en el análisis bibliométrico, que incluyeron el uso de *VOSviewer*
58 para el procesamiento de datos. Las unidades de estudio fueron artículos científicos originales
59 relacionados con el maíz genéticamente modificado indexados en *ScienceDirect* (2000-2024).
60 Posteriormente, se examinan los resultados de los años 2000 a 2024 sobre dicha producción
61 científica, lo que conduce a la conclusión de un aumento significativo año tras año en la
62 productividad de artículos científicos sobre este tema.

63

64

65 **Marco teórico**

66

67

68 La evolución espacio-temporal de la investigación sobre maíz transgénico en América Latina ha
69 mostrado un crecimiento lineal (Santillán-Fernández et al., 2021). Desafíos como las barreras
70 lingüísticas y las tendencias de publicación en revistas locales han impactado las bajas tasas de
71 citación de los estudios latinoamericanos (Phisanbut et al., 2020). El surgimiento de nuevos
72 clústeres de investigación en biotecnología, centrados en temas como la ingeniería metabólica y la
73 nanotecnología, refleja el panorama cambiante de la investigación agrícola (Magray et al., 2022).
74 Este marco integrado combina el análisis bibliométrico con una perspectiva tecnológica para
75 abordar los desafíos globales en la agricultura, como la seguridad alimentaria y el cambio climático.

76 Hasta el año 2022, el maíz (*Zea mays* L.) tuvo el nivel más alto de producción a nivel mundial entre
77 los cereales, superando al trigo (*Triticum aestivum* L.) y al arroz (*Oryza sativa* L.), sirviendo como
78 alimento básico en la dieta de los países latinoamericanos, particularmente México, donde su
79 importancia radica en la seguridad alimentaria del país (FAOSTAT, 2022). A través de avances en
80 biotecnología, se han desarrollado variedades de maíz genéticamente modificadas que muestran
81 resistencia a plagas y herbicidas, aumentando así la productividad por unidad de área.

82 El origen del maíz se remonta a México, donde se cultivaron 64 razas distintas, derivadas del
83 antiguo proceso de domesticación que involucró a sus ancestros silvestres, Teocintle y *Tripsacum*,
84 influenciados por diversos entornos, prácticas agrícolas y grupos étnicos. A pesar de la gran
85 variedad de razas en México, el país no ocupa la posición principal en la producción mundial de
86 maíz. La mayoría de la producción, el 70.06 %, se concentra en cinco naciones clave, Estados
87 Unidos (35.42 %), China (21.93 %) a la cabeza, seguidos por Brasil (7.22 %), Argentina (3.01 %)
88 y México (2.48 %) (FAOSTAT, 2022).

89 A diferencia de México, Estados Unidos, China, Brasil y Argentina enfatizan la utilización de
90 variedades de maíz genéticamente modificadas para impulsar su producción agrícola, mostrando
91 rendimientos más altos en comparación con las variedades tradicionales. La investigación indica
92 una correlación directa entre la competitividad agrícola de un país y la calidad de la investigación
93 realizada dentro del sector. La evaluación de la calidad de la investigación puede lograrse a través
94 del análisis bibliométrico, una metodología propuesta por académicos para examinar y seguir la
95 progresión de los esfuerzos científicos a través de publicaciones (FAOSTAT, 2022).

96 La difusión de los hallazgos científicos a través de publicaciones de investigación sirve como un
97 medio fundamental para compartir el conocimiento adquirido, siendo la visibilidad un papel crucial
98 para los investigadores, sus instituciones afiliadas y las organizaciones de financiamiento.

99 El aumento en la producción científica en los últimos años, junto con su inclusión en bases de datos
100 bibliográficas automatizadas, ha subrayado la importancia de la bibliometría y la formulación de
101 métricas para medir los resultados de los esfuerzos científicos y tecnológicos. Las investigaciones
102 bibliométricas basadas en artículos científicos publicados dependen de técnicas cuantitativas,
103 generación de métricas y modelos matemáticos para delinear la trayectoria y el crecimiento de los
104 esfuerzos científicos.

105 La técnica de análisis bibliométrico es reconocida como método documental. El objetivo principal
106 de emplear esta técnica es representar y comprender la progresión de un contexto o tema en
107 particular a lo largo de un período prolongado, discerniendo así su influencia y significado (Dewi
108 et al., 2023).

109

110

Metodología

111

112

113

114 La metodología implementada para ejecutar esta investigación fue el análisis bibliométrico.

115 Las unidades de estudio son los artículos científicos originales que se relacionan de manera directa
116 con el ámbito del maíz genéticamente modificado, indexados en *ScienceDirect* durante el periodo
117 2000-2024. A partir de determinar la fuente de información para la identificación de los artículos
118 originales, se realiza una estrategia de búsqueda genérica para recuperar el mayor número posible
119 de referencias publicadas durante el periodo antes mencionado.

120 Se seleccionaron las palabras clave en español *maíz genéticamente modificado* y en el idioma inglés
121 *genetically modified corn*. Los criterios de búsqueda establecidos fueron: artículos de investigación
122 originales, en el periodo 2000-2024, en todas las áreas del conocimiento disponibles. Los cuales
123 dieron como resultado 52 332 artículos científicos a marzo 2024, para el análisis se seleccionaron
124 la totalidad de ellos. Estos artículos provienen de diversas revistas de múltiples instituciones de
125 alrededor del mundo, todas ellas indexadas en *ScientDirect*.

126 El periodo seleccionado permite analizar las tendencias y patrones más recientes en la
127 investigación, proporcionando un panorama actualizado del estado actual del tema y permite un
128 manejo adecuado del volumen de datos encontrados. El estudio realizado por Rogers et al. (2020),
129 indicó que muestras de alrededor de 1 000 artículos proporcionan una buena representación del
130 rendimiento de las citas, pero en este caso se eligió la totalidad de citas arrojadas en la base de
131 datos según los criterios de búsqueda proporcionados.

132 Se activaron las casillas para que las palabras clave estuvieran incluidas en el *title, keywords* y
133 *abstract*. La normalización de los resultados obtenidos de la búsqueda se realizó con la ayuda del
134 gestor bibliográfico: Mendeley, de manera que se eliminaron los duplicados, y se corrigieron los
135 caracteres especiales. Después de hacer la limpieza de la base de datos estos fueron introducidos
136 en las referencias con ayuda del gestor bibliográfico para posteriormente exportar los resultados
137 obtenidos.

138 La información obtenida fue introducida en una base de datos, que con la ayuda de *Excel 2016* se
139 realizó el análisis descriptivo de las variables, se empleó además en el software *VOSviewer 1.6.8*

140 para la creación de las redes de coautoría y concurrencia de palabras clave. Finalmente, el análisis
141 del estudio bibliométrico se fundamentó según Dewi et al. (2023), en cada nivel productivo de
142 acuerdo con los indicadores de productividad autorial, capacidad idiomática, productividad de
143 artículos por año, categorías temáticas y colaboración autorial.

144

145

146

Resultados

147

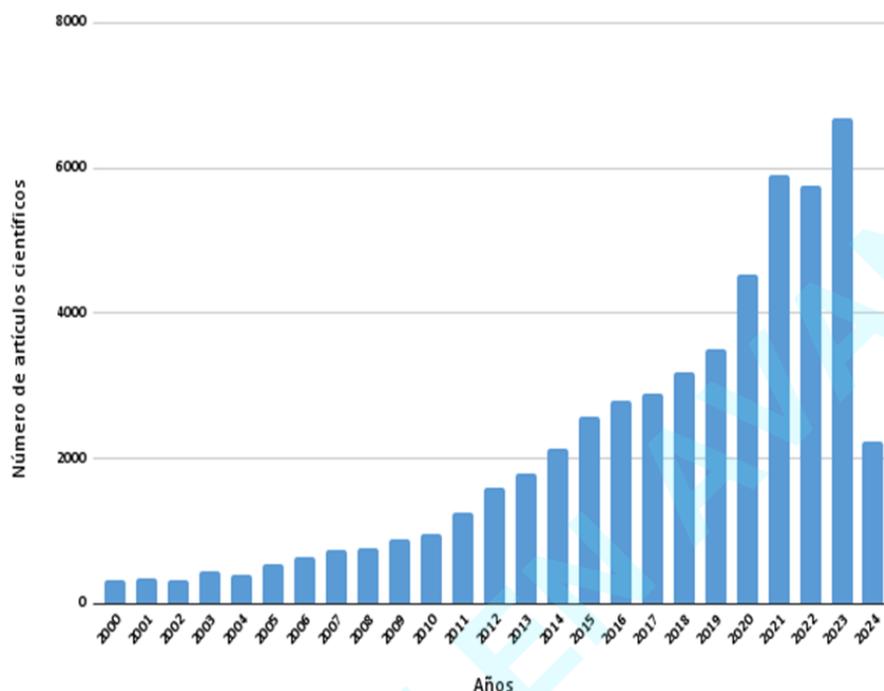
148

149 Como datos generales al introducir caracteres de búsqueda *genetically modified corn*, a la base de
150 datos de *ScienceDirect*, se obtuvieron alrededor de 52 332 artículos de investigación en el periodo
151 2000-2024 en todas las áreas del conocimiento. Se puede observar una tendencia creciente en la
152 producción de artículos científicos del tema desde el 2000 hasta el 2024 como se analiza en el
153 siguiente apartado.

154 a) Crecimiento en la productividad.

155 Se realizó una acotación al tema *genetically modified corn*, donde se activa la casilla solo artículos
156 originales arbitrados e indexados en el periodo 2000-2024, lo que arroja alrededor de 52 332
157 publicaciones.

158 **Figura 1.** Número de artículos científicos sobre maíz genéticamente modificado en el periodo
159 2000-2024, con base en datos de *ScienceDirect*.

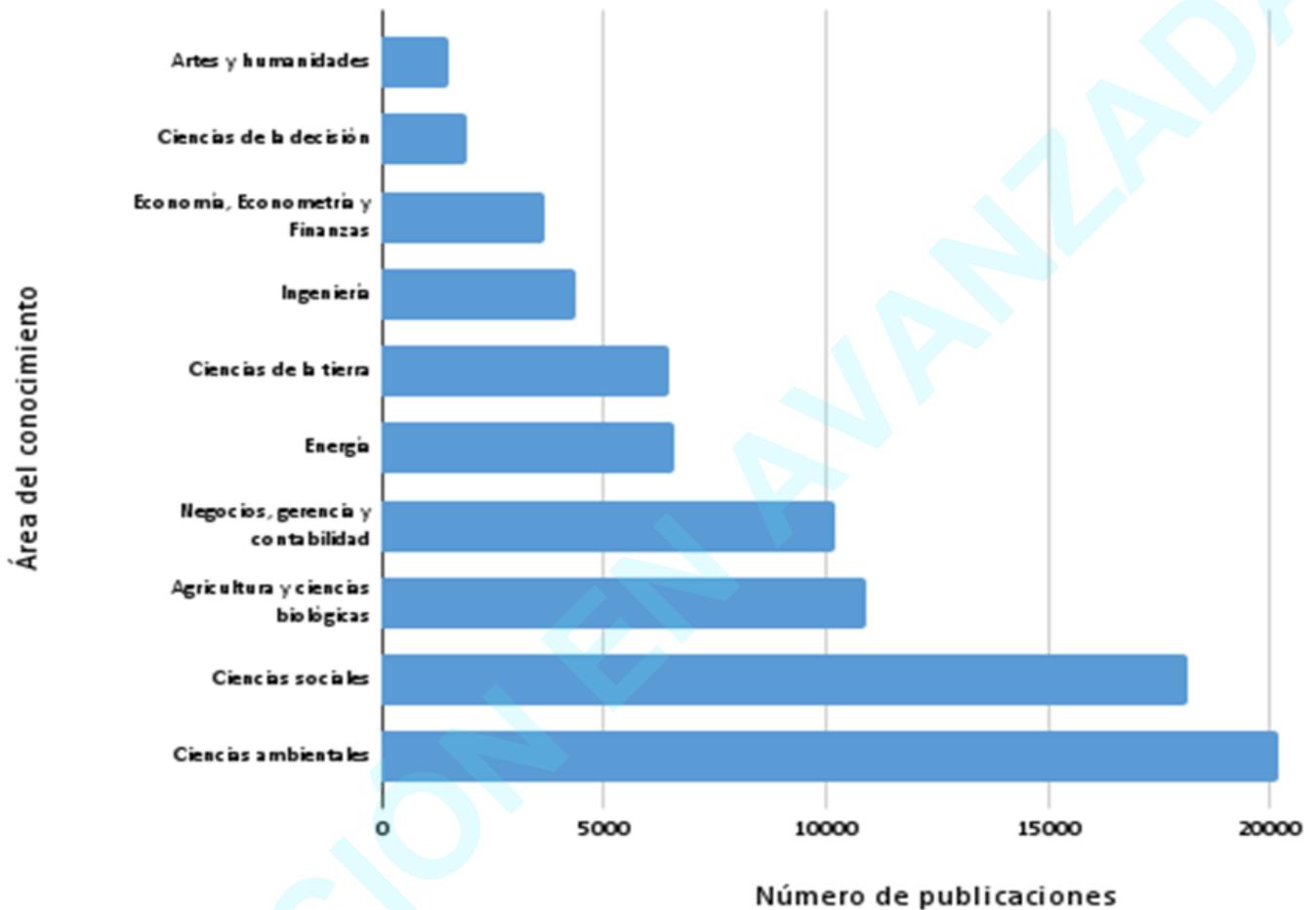


160 En la **Figura 1** se puede observar un crecimiento al cuádruple de los trabajos especializados sobre
161 el tema en el periodo señalado. Además, es importante señalar que la mayor parte de esta
162 producción es en el idioma inglés con 52 223 trabajos, mientras que solo siete se encontraron en el
163 idioma español, 100 en francés y dos en alemán.

164 b) Productividad por área del conocimiento.

165 En cuanto al dominio de conocimiento en el que se desarrollan la mayoría de los artículos, las áreas
166 donde se desarrolla el mayor número de ellos son Bioquímica, Genética, Biología Molecular y
167 Ciencias Agrícolas y Biológicas, abarcando más del 50 % de la producción científica sobre el tema,
168 seguidas por áreas como Medicina y Odontología, Inmunología y Microbiología, Ciencias
169 Ambientales y Farmacología, Toxicología y Ciencias Farmacéuticas. Por otro lado, disciplinas
170 como Química, así como Ciencias Veterinarias y Medicina Veterinaria, presentan menos
171 publicaciones en comparación con las mencionadas anteriormente, como se ilustra en la **Figura 2**.

172 **Figura 2.** Publicaciones sobre maíz genéticamente modificado por área del conocimiento con
173 base en datos de *ScienceDirect*



174

175 Se analizaron 52 332 artículos originales arrojados por la plataforma, durante el periodo estudiado.
176 Destaca el año 2023 como el de mayor productividad y el 2000 como el año de menor trabajo sobre
177 la temática, se observa una tendencia creciente en la producción científica sobre el tema.

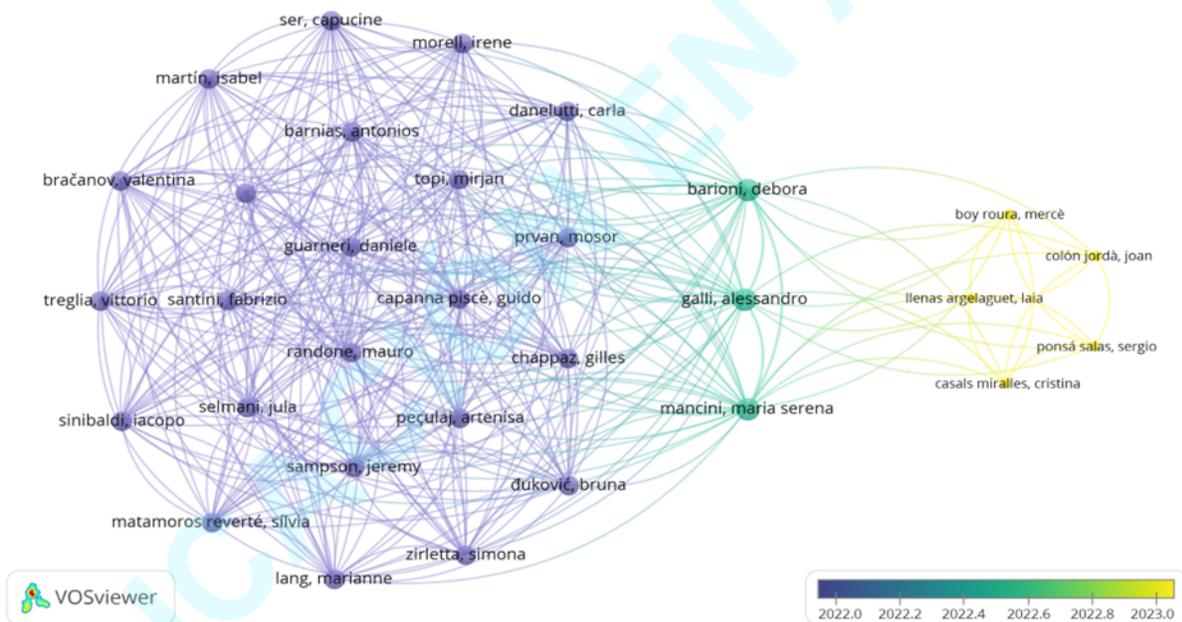
178 El trabajo más reciente sobre esta temática en el periodo estudiado en la base de datos de
179 *ScienceDirect* es el de los autores Heinzen et al. (2024), el cual presenta la calidad de los ensilajes
180 de planta entera y de espiga de dos híbridos, uno de maíz genéticamente modificado con *α -amilasa*
181 expresada en el grano (AMY) y otro de maíz isogénico (ISO) durante cuatro periodos de
182 almacenamiento. Se analizaron perfiles de fermentación, estabilidad aeróbica, pérdidas de materia
183 seca y composición de nutrientes en diferentes días de almacenamiento.

184 Se observaron diferencias significativas entre AMY e ISO en términos de perfil de fermentación y
185 estabilidad aeróbica. La interacción entre el híbrido y la duración del almacenamiento para las
186 pérdidas de MS ($P = 0,001$), fueron similares para 30, 60 y 90 días, pero menores para AMY en
187 comparación con ISO a los 120 días. Esto respalda la premisa de que la amilasa expresada en el
188 grano no afecta negativamente la fermentación del ensilaje y el perfil de nutrientes. Además, se
189 destacó la interacción entre el híbrido y la duración de almacenamiento en los niveles de nitrógeno
190 amoniacal.

191 c) Productividad por autor.

192 El análisis de colaboración autoral en el ámbito social, ilustrado en la **Figura 3** mediante nodos de
193 diversos colores, revela la presencia de diecisiete clústeres distintos.

194 **Figura 3.** Clúster de autores.



195
196 Se observa que los autores que destacan son: Matias Pasquali, Andrew P. Gutierrez, Allison A.
197 Snow, David A. Andow, Yann Devos, Bruce E. Tabashnik, José María E. Álvarez, Jane Morris,
198 Rod A. Herman.

199 **Cuadro 1.** Productividad por nivel de autores con base en datos de *ScienceDirect*.

Nivel	Número de trabajos	Autores	
		Número	Porcentaje
Grandes productores	10 o más	5	0.13 %
Medianos productores	2 a 9	889	30.5 %
Pequeños productores	1	2018	69.37 %
Total		2912	100 %

200 Siguiendo con el análisis de la distribución de los autores según su nivel de productividad
201 (pequeños, medianos y grandes productores) entre los 2 904 autores que contribuyen a estos
202 trabajos, se observa que solo el 0.13 % se clasifican como grandes autores, mientras que el 30.5 %
203 corresponden a los medianos y el 69.37 % a los pequeños productores como se muestra en el
204 **Cuadro 1.**

205 Este hallazgo sugiere que la mayoría de los autores que participaron en debates sobre el maíz
206 transgénico muestran niveles de productividad de bajos a moderados, mientras que solo un pequeño
207 porcentaje alcanza un nivel de producción significativamente alto.

208 d) Principales líneas de productividad.

209 El mapeo se utiliza para visualizar la densidad de términos en una red de coocurrencia de palabras
210 clave o conceptos en los artículos científicos. Por ejemplo, en un mapa de términos clave en
211 investigación, los términos más usuales o que aparecen juntos con mayor frecuencia están más
212 densamente agrupados y pueden representarse con un tamaño o color más llamativo. En la **Figura**
213 **4** se observa que las palabras que más aparecen en el análisis son glifosato, ganadería, etanol,
214 rastrojo de maíz, almidón, biofortificación, biotecnología.

215 **Figura 4.** Mapeo de la densidad de las palabras clave con base en datos de ScienceDirect.

216

233 la importancia de regular la exposición al glifosato para reducir las enfermedades asociadas y se
234 sugiere la formulación de políticas para proteger la salud de quienes trabajan con este compuesto
235 y prevenir la contaminación de fuentes de agua.

236 El glifosato es un herbicida comúnmente utilizado en la agricultura, y tiene relación con el maíz
237 modificado genéticamente (GM). Los estudios han demostrado que los residuos de glifosato se
238 pueden encontrar en el maíz transgénico, con niveles que van desde no detectados hasta 0.15
239 mg·kg⁻¹ (Rodrigues et al., 2020).

240 Se ha encontrado que la inclusión de sorbentes arcillosos en suelos contaminados reduce la
241 biodisponibilidad del glifosato y su metabolito AMPA en el maíz transgénico, lo que lleva a una
242 reducción en sus efectos adversos sobre el crecimiento de las plantas (Wang et al., 2023). Se han
243 desarrollado variedades de maíz transgénico que son tolerantes al glifosato, lo que permite el uso
244 de sistemas basados en glifosato para el control de malezas en cultivos de maíz (Yadav et al., 2019).

245 No obstante, existe evidencia que sugiere que el glifosato y el maíz transgénico pueden tener
246 efectos negativos en la salud humana, incluyendo correlaciones con diversas enfermedades como
247 hipertensión, diabetes, obesidad y cáncer (Swanson et al., 2013). En la **Figura 5** se presenta una red
248 que ilustra la estructura interconectada de elementos, como términos, palabras clave o nodos, junto
249 con sus relaciones mutuas. Esta representación visualiza un conjunto de nodos (que representan
250 elementos individuales) y enlaces (que denotan relaciones entre estos elementos).

251 Los nodos pueden estar interconectados según diversos criterios, como la co-aparición en
252 documentos científicos, la similitud de temas u otras relaciones definidas por los datos de entrada.
253 La visualización de estas redes proporciona una comprensión clara de la interconexión y la
254 estructura de los elementos dentro del maíz genéticamente modificado. Esto facilita la
255 identificación de clústeres, comunidades y patrones de relación entre los elementos analizados.

256 **Figura 5.** Mapeo de redes de las palabras clave con base en datos de ScienceDirect.

257

289 ambiental. La biotecnología emerge como un campo fundamental, aprovechando los mecanismos
290 biológicos para abordar desafíos agrícolas y alimentarios de manera innovadora.

291 En el contexto del *VOSviewer*, el *overlay* se refiere a la capacidad de agregar o superponer
292 diferentes tipos de información en un mismo mapa o visualización. En la **Figura 7**, se puede
293 apreciar una escala que va desde el color azul, que representa los clústeres de palabras clave más
294 antiguos, hasta el color amarillo, que indica los clústeres más recientes.

295 En este análisis se puede observar cómo el maíz genéticamente modificado se ha ido adaptando a
296 los cambios globales donde en la actualidad toman relevancia en la producción académica
297 conceptos como medicina regenerativa, inmunoterapia, bioplásticos y edición genómica.

298 La medicina regenerativa es un campo científico que se enfoca en reparar y reemplazar células,
299 tejidos y órganos para restaurar su función normal. Implica el uso de células madre, ingeniería
300 tisular y terapia génica para lograr ese objetivo (Dhot et al., 2018). El maíz genéticamente
301 modificado no está directamente relacionado con la medicina regenerativa. No obstante, un estudio
302 de Dhot et al. (2018) mencionó el uso de la transformación biolística, técnica que implica la
303 modificación genética de plantas, incluido el maíz, para optimizar la eficiencia de regeneración de
304 las plantas.

305 El estudio de Dhot et al. (2018) tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de regeneración de plantas
306 de maíz a partir de células transformadas utilizando la barra génica como marcador seleccionable.
307 Si bien se centró en la regeneración vegetal, destaca la necesidad de aumentar la eficiencia de los
308 protocolos de regeneración en la investigación de medicina regenerativa.

309

310 **Figura 7.** Visualización del overlay desde el 2016 hasta el 2024 con base en datos de
311 *ScienceDirect*.

327

328

329

Discusión

330

331

332 En el análisis bibliométrico de la producción científica sobre el maíz genéticamente modificado,
333 se observa una distribución desigual en la productividad de los autores, donde la mayoría se
334 clasifican como pequeños productores en términos de cantidad de trabajos publicados. Esta
335 disparidad puede deberse a diversos factores, como la disponibilidad de recursos, el acceso a
336 financiamiento para la investigación, la colaboración con otros investigadores y la especialización
337 en áreas específicas del tema.

338 Por un lado, la presencia de un pequeño porcentaje de grandes productores de trabajos científicos
339 sobre maíz genéticamente modificado puede indicar la existencia de investigadores líderes en el
340 campo, con una amplia experiencia y reconocimiento en la comunidad científica. Estos grandes
341 productores pueden estar a la vanguardia de la investigación, generando conocimiento innovador
342 y estableciendo tendencias en el área.

343 Por otro lado, la mayoría de los autores clasificados como medianos y pequeños productores
344 representan una base más amplia de investigadores que contribuyen de manera constante a la
345 producción científica sobre el maíz genéticamente modificado. Aunque individualmente puedan
346 tener una menor cantidad de publicaciones, en conjunto forman una red diversa de colaboradores
347 que enriquecen el campo con diferentes enfoques, metodologías y perspectivas.

348 Es importante destacar que la colaboración entre autores de distintos niveles de productividad
349 puede ser beneficiosa para el avance del conocimiento en este campo. La interacción entre
350 investigadores con diferentes experiencias y habilidades puede fomentar la generación de ideas
351 innovadoras, el intercambio de conocimientos y la realización de investigaciones
352 multidisciplinarias que aborden los desafíos complejos relacionados con el maíz genéticamente
353 modificado.

354 Las publicaciones recientes sobre este tema. subrayan importantes avances en las tecnologías de
355 edición del genoma, además de los continuos debates sobre su seguridad y eficacia. Estas
356 investigaciones se centran en la integración de métodos innovadores como CRISPR/Cas, lo que ha
357 permitido el desarrollo de maíz con características mejoradas. Sin embargo, persisten
358 preocupaciones respecto al diseño experimental y la percepción pública sobre estos productos.

359 En primer lugar, los avances en la edición del genoma, específicamente la tecnología CRISPR/Cas,
360 han sido revolucionarios. Esta herramienta permite realizar modificaciones precisas en el maíz,
361 enfocándose en genes específicos para mejorar características como la resistencia a la sequía y el
362 rendimiento (Hernandes-Lopes et al., 2023), (Zobrist et al., 2021). Estas mejoras no solo ayudan a
363 enfrentar desafíos agrícolas significativos, sino que también potencian la productividad de cultivos
364 esenciales para la alimentación global.

365 Además de CRISPR/Cas, se han desarrollado otras técnicas emergentes que muestran promesas
366 significativas. Métodos como Hi-Edit e IMGE han mejorado la eficiencia de la transformación
367 genética, facilitando la edición de los genomas del maíz sin necesidad del cultivo tradicional de
368 tejidos (Yassitepe et al., 2021). Estas innovaciones están permitiendo a los científicos y agricultores
369 desarrollar cultivos más rápidamente y con mayor precisión, lo cual es crucial para responder a las
370 demandas y desafíos actuales.

371 A pesar de estos avances, existen preocupaciones metodológicas y de seguridad que no deben ser
372 ignoradas. Algunos estudios recientes que utilizan tecnologías ómicas en el maíz modificado
373 genéticamente han sido criticados por sus deficiencias metodológicas. Estas críticas levantan dudas
374 sobre la validez de ciertos descubrimientos y destacan la necesidad de estándares más rigurosos en
375 las investigaciones (Eriksson et al., 2018). Esto subraya la importancia de una vigilancia continua
376 y una evaluación crítica de las metodologías empleadas.

377 Finalmente, la percepción pública y las cuestiones éticas relacionadas con los cultivos transgénicos
378 continúan siendo un tema de debate. Las preocupaciones sobre posibles riesgos para la salud y los
379 impactos ambientales juegan un papel significativo en las actitudes de los consumidores hacia los
380 productos GM (Sultana, 2023). La educación y la transparencia en la comunicación científica son
381 esenciales para abordar estos temores y construir una aceptación más amplia y fundamentada sobre
382 el uso de biotecnología en la agricultura.

383 En conclusión, la diversidad en la productividad de los autores en el campo del maíz genéticamente
384 modificado refleja la complejidad y amplitud de este tema de investigación. Tanto los grandes
385 productores como los medianos y pequeños contribuyen de manera significativa al avance del
386 conocimiento en este campo, cada uno aportando su experiencia y perspectiva única. La
387 colaboración entre investigadores de diferentes niveles de productividad es fundamental para
388 impulsar la investigación y promover un desarrollo sostenible en el ámbito del maíz genéticamente
389 modificado.

390

391

392 **Conclusiones**

393

394

395 El análisis bibliométrico de la producción científica sobre el maíz genéticamente modificado
396 presenta una visión integral y actualizada sobre las tendencias y perspectivas en este campo de
397 estudio. A través de la recopilación y análisis de investigaciones publicadas en *ScienceDirect*
398 durante el período 2000-2024, se han identificado áreas primordiales de investigación, tendencias
399 en la producción de artículos y los principales autores que abordan el tema.

400 Una de las principales conclusiones es el marcado aumento en la producción de artículos sobre el
401 maíz genéticamente modificado, especialmente en áreas como Bioquímica, Genética y Biología
402 Molecular. Este incremento refleja el creciente interés científico en este tema crucial, que busca
403 conciliar la adopción de cultivos genéticamente modificados con la conservación del medio
404 ambiente, la protección de la cultura local y el bienestar de las comunidades anfitrionas.

405 El mapeo de redes de palabras clave y la visualización de la densidad de términos en una red de
406 coocurrencia de palabras clave permiten identificar los temas más relevantes en la investigación
407 sobre el maíz genéticamente modificado. Palabras como glifosato, ganadería, etanol, rastrojo de
408 maíz, almidón, biofortificación y biotecnología destacan como términos frecuentes en los análisis,
409 lo que sugiere áreas de interés y enfoque en la literatura científica.

410 Además, se observa que la mayoría de los autores se clasifican como pequeños productores en
411 términos de productividad, lo que indica una distribución desigual en la contribución a la
412 investigación sobre el maíz genéticamente modificado. Esta disparidad en la productividad entre
413 los autores puede influir en la diversidad de enfoques y perspectivas presentes en la literatura
414 científica.

415 En resumen, el análisis bibliométrico realizado proporciona una panorámica detallada de la
416 producción científica sobre el maíz genéticamente modificado, destacando áreas prioritarias de
417 investigación, tendencias en la producción de artículos y la distribución de productividad entre los
418 autores. Estos hallazgos son fundamentales para comprender el estado actual de este campo de
419 estudio y orientar futuras investigaciones en la materia.

420

421

422 Referencias

423

424

425 Accinelli, C., Hamed, K., Abbas, W., & Shier, T. (2018). A bioplastic-based seed coating improves
426 seedling growth and reduces production of coated seed dust. *Journal of Crop Improvement*.
427 <https://doi.org/10.1080/15427528.2018.1425792>

428 Dewi, R. S., Saputro, H., Prasetyo, A. W., & Khairina, F. (2023). Bibliometric analysis of neural
429 basis expansion analysis for interpretable time series (n-beats) for research trend mapping.
430 *Barekeng*. <https://doi.org/10.30598/barekengvol17iss2pp1103-1112>

431 Dhot, P. S., & Tyagi, M. S. (2018). New Horizons in Regenerative Medicine in Organ Repair.
432 <https://doi.org/10.5772/INTECHOPEN.74241>

433 Eriksson, D., Ammann, K., Chassy, B. M., & Chawade, A. (2018). Comments on two recent
434 publications on GM maize and Roundup. *Scientific Reports*, 8(1), 13338.
435 <https://doi.org/10.1038/S41598-018-30440-7>

436 FAOSTAT. (2022). The Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database. Crops.
437 Disponible en línea: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC> (consultado el 17 de febrero de 2024).

438 Feng, P. G., Baley, J., Clinton, W. P., Bunkers, G. J., Alibhai, M. F., Paulitz, T. C., & Kidwell, K.
439 K. (2005). Glyphosate inhibits rust diseases in glyphosate-resistant wheat and soybean.
440 *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*.
441 <https://doi.org/10.1073/PNAS.0508873102>

442 Franz, J. M. K., Mao, J. A., & Sikorski, M. K. (1996). *Glyphosate: A Unique Global Herbicide*.

443 Fukuda, K., Ishida, W., Wakasa, Y., Takagi, H., Takaiwa, F., & Fukushima, A. (2018). Oral
444 Immunotherapy for Allergic Conjunctivitis Using Transgenic Rice Expressing Hypoallergenic
445 Antigens. *Cornea*. <https://doi.org/10.1097/ICO.0000000000001758>

446 Geiger, D., & Fuchs, M. A. (2001). Inhibitors of Aromatic Amino Acid Biosynthesis (Glyphosate).
447 https://doi.org/10.1007/978-3-642-59416-8_3

448 Heinzen Jr., C., Pupo, M. R., Ghizzi, L. G., Diepersloot, E. C., & Ferraretto, L. F. (2024). Effect
449 of a genetically-modified corn hybrid with alpha-amylase and storage length on fermentation
450 profile and starch disappearance of whole-plant corn silage and earlage. *Journal of Dairy Science*.
451 <https://doi.org/10.3168/jds.2023-24228>

452 Hernandez-Lopes, J., Teixeira Yassitepe, J. E. de C., Koltun, A., Pauwels, L., da Silva, V. C.,
453 Dante, R. A., Gerhardt, I. R., & Arruda, P. (2023). Genome editing in maize: Toward improving
454 complex traits in a global crop. *Genetics and Molecular Biology*, 46. [https://doi.org/10.1590/1678-](https://doi.org/10.1590/1678-4685-GMB-2022-0217)
455 [4685-GMB-2022-0217](https://doi.org/10.1590/1678-4685-GMB-2022-0217)

456 Magray, J., Zargar, S., & Islam, T. (2022). Use of Metabolic Engineering/Biotechnology in Crops
457 Breeding and Development of New Crops. https://doi.org/10.1007/978-981-16-7262-0_13

458 Phisanbut, N., Nuchsir, P., Thanapatpisarn, P., Pinthaya, S., Panpa, N., Teinlek, P., & Piamsanga,
459 P. (2020). A framework for cross-datasources agricultural research-to-impact analysis.
460 <https://doi.org/10.1109/ICSEC51790.2020.9375271>

461 Rogers, G., Szomszor, M., & Adams, J. (2020). Sample size in bibliometric analysis.
462 *Scientometrics*, 125(1), 777–794. <https://doi.org/10.1007/S11192-020-03647-7>

463 Rodrigues, N. R. A. P., de Souza, P. P. P., Morais, D. P. V., Braga, A. C., Crivellari, L. R. G., &
464 Favoretto, G. U. B. (2020). Residues of glyphosate and aminomethylphosphonic acid (AMPA) in
465 genetically modified glyphosate tolerant soybean, corn and cotton crops. *Ciencia Rural*.
466 <https://doi.org/10.1590/0103-8478CR20190244>

467 Saleem, H., & Awan, A. R. (2023). Glyphosate - A Silent, Slow Killer? *Journal of Pakistan*
468 *Medical Association*. <https://doi.org/10.47391/jpma.8475>

469 Santillán-Fernández, A., Salinas-Moreno, Y., Valdez-Lazalde, J. R., Carmona-Arellano, M. A.,
470 Vera-López, J. E., & Pereira-Lorenzo, S. (2021). Relationship between Maize Seed Productivity
471 in Mexico between 1983 and 2018 with the Adoption of Genetically Modified Maize and the
472 Resilience of Local Races. *Agriculture*. <https://doi.org/10.3390/AGRICULTURE11080737>

473 Sharjeel, A., Abbas, S., Khalid, N., Ahmad, A., & Ahmed, I. (2020). Application of Bioplastics in
474 Agro-Based Industries and Bioremediation. https://doi.org/10.1007/978-981-16-1823-9_22

475 Sultana, N. (2023). Recent Advancement in Genetically Modified Crops. *International Journal*
476 *For Science Technology And Engineering*, 11(8), 1082–1086.
477 <https://doi.org/10.22214/ijraset.2023.55291>

478 Swanson, N. L., Leu, A., Abrahamson, J., & Wallet, B. (2013). Genetically engineered crops,
479 glyphosate and the deterioration of health in the United States of America.

480 Wang, M., Rivenbark, K., & Phillips, T. D. (2023). Kinetics of glyphosate and
481 aminomethylphosphonic acid sorption onto montmorillonite clays in soil and their translocation to
482 genetically modified corn. *Journal of Environmental Sciences-china*.
483 <https://doi.org/10.1016/j.jes.2023.02.006>

484 Yadav, D. B., Singh, S., Singh, R., & Yadav, A. K. (2019). Glyphosate use in transgenic maize:
485 Effect on weeds and crop productivity in North-Western Indo-Gangetic Plains of Haryana. *Indian*
486 *Journal of Weed Science*. <https://doi.org/10.5958/0974-8164.2020.00076.3>

487 Yassitepe, J. E. de C. T., da Silva, V. C. H., Hernandez-Lopes, J., Dante, R. A., Gerhardt, I. R.,
488 Fernandes, F. R., da Silva, P. A., Vieira, L., Bonatti, V., & Arruda, P. (2021). Maize
489 Transformation: From Plant Material to the Release of Genetically Modified and Edited Varieties.
490 *Frontiers in Plant Science*, 12, 766702. <https://doi.org/10.3389/FPLS.2021.766702>

491 Yuki, Y., Takaiwa, F., & Kiyono, H. (2009). Transgenic Rice for Mucosal Vaccine and
492 Immunotherapy. https://doi.org/10.1007/978-4-431-99365-0_9

493 Zobrist, J. D., McCaw, M., Kang, M., Eggenberger, A. L., Lee, K., & Wang, K. (2021). Genome
494 editing of maize (pp. 341–375). Burleigh Dodds Science Publishing.
495 <https://doi.org/10.1201/9781003048237-15>