

## Chapter 7 / Capítulo 7

*Applied bibliometrics. From data to publication (Spanish Edition)*

ISBN: 978-9915-9680-6-3

DOI: 10.62486/978-9915-9680-6-3.ch07

©2025 The authors. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY) 4.0 License.

## HEAT MAPS: REPRESENTING RESEARCH DENSITY / MAPAS DE CALOR: REPRESENTANDO LA DENSIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

### 7.1. Interpretación de mapas de calor en análisis bibliométrico

Los mapas de calor constituyen una herramienta visual poderosa que transforma datos bibliométricos multidimensionales en representaciones intuitivas donde la intensidad cromática codifica densidad, frecuencia o impacto de la actividad investigadora. A diferencia de las redes que enfatizan relaciones estructurales, los mapas de calor capturan patrones de concentración temática, geográfica o temporal mediante gradientes de color que permiten identificar rápidamente áreas de alta productividad, nichos especializados y vacíos de conocimiento. La interpretación adecuada de estos mapas requiere comprender que cada tonalidad representa un continuo de valores donde los colores cálidos (rojos, naranjas) típicamente indican alta densidad o frecuencia, mientras los colores fríos (azules, verdes) señalan áreas de menor intensidad investigadora.

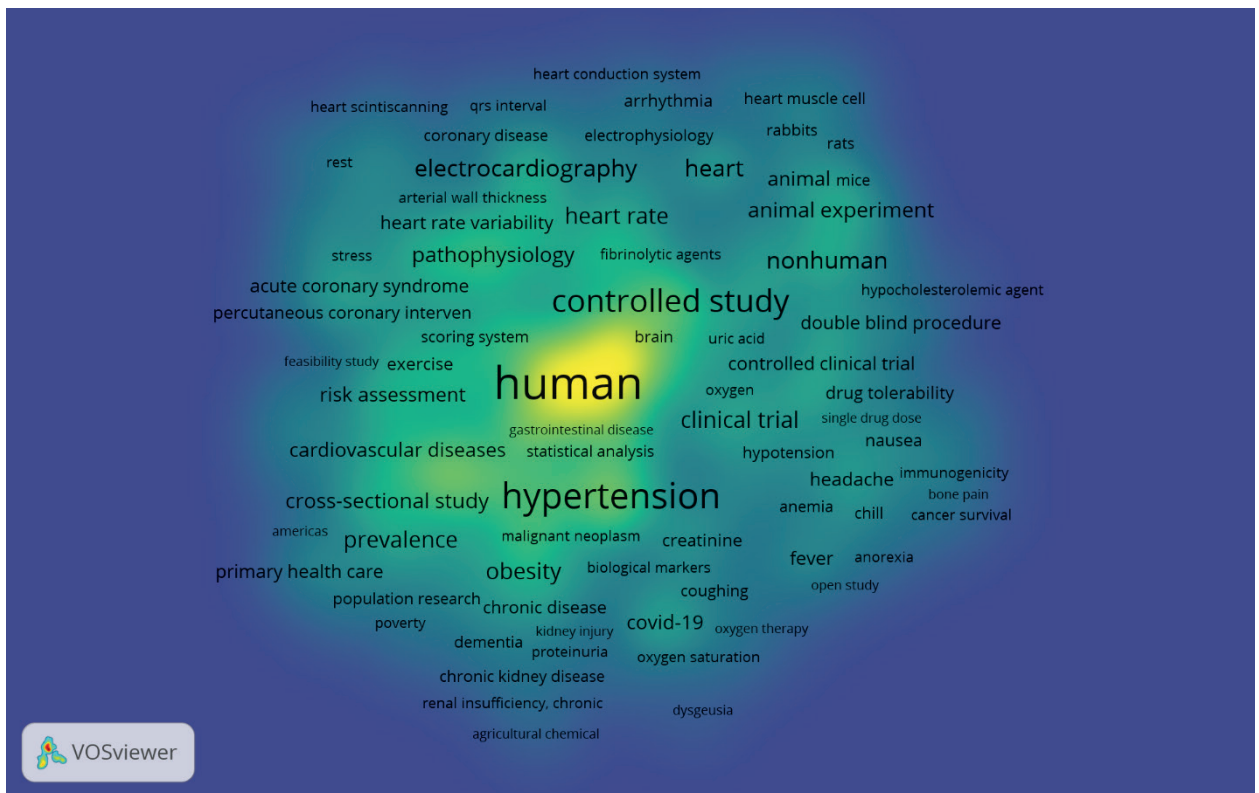


Figura 7.1. Ejemplo de mapa de densidades

La lectura estratificada de un mapa de calor bibliométrico implica descomponer la visualización en múltiples capas de significado. La primera capa, puramente cuantitativa, revela distribuciones básicas de frecuencia, dónde se concentran las publicaciones, qué temas reciben mayor atención, qué instituciones lideran la producción. La segunda capa, temporal, muestra evoluciones diacrónicas cuando el mapa incorpora una dimensión cronológica, permitiendo rastrear migraciones de interés investigador, surgimiento de nuevas líneas y declive de paradigmas establecidos. La tercera capa, relacional, emerge al superponer el mapa de calor

con redes estructurales, revelando cómo las áreas de alta densidad se relacionan con nodos centrales y puentes interdisciplinarios.

La interpretación contextualizada trasciende el análisis visual inmediato para integrar factores socio-institucionales, epistemológicos y de política científica que explican los patrones observados. Un área de alta densidad investigadora puede reflejar tanto el vigor intelectual de un campo promisorio como el efecto de financiamiento concentrado o modas académicas pasajeras. Las zonas frías pueden indicar tanto fronteras no exploradas con potencial innovador como callejones sin salida intelectuales o áreas con barreras de entrada metodológicas. El analista experto distingue estas posibilidades mediante triangulación con otras fuentes de evidencia y conocimiento disciplinar especializado, transformando el mapa de calor de mera descripción distribucional en herramienta diagnóstica para la planificación estratégica de la investigación.

## **7.2 Algoritmo de construcción de mapas de calor bibliométricos**

La construcción metodológicamente rigurosa de mapas de calor bibliométricos inicia con la definición precisa de las dimensiones a representar, típicamente ejes temáticos, temporales, geográficos o institucionales, y la selección de la métrica de intensidad apropiada para el objetivo investigador. Las opciones métricas abarcan desde indicadores básicos de productividad (número de publicaciones) hasta medidas sofisticadas de impacto (citaciones normalizadas por campo) o especialización (índices de concentración temática). La elección de esta métrica determina fundamentalmente el tipo de patrones que el mapa revelará, requiriendo alineación cuidadosa con las preguntas de investigación que motivan el análisis.

El procesamiento de datos para construcción de mapas de calor involucra etapas sucesivas de agregación, normalización y suavizado. La agregación transforma datos individuales de publicaciones en valores resumidos para las celdas de la matriz multidimensional que constituirá el mapa. La normalización ajusta estos valores crudos para permitir comparaciones significativas entre dominios con diferentes tamaños, prácticas de publicación o tradiciones citacionales, esencial cuando se analizan campos interdisciplinarios. El suavizado aplica algoritmos de interpolación para crear transiciones graduales entre celdas adyacentes, mejorando la legibilidad visual, pero introduciendo potenciales artefactos que el analista debe reconocer y controlar.

La codificación cromática representa la etapa donde los valores numéricos se transforman en experiencias visuales interpretables. La selección de paletas de color debe considerar principios de percepción visual, accesibilidad para personas con daltonismo, y convenciones disciplinares establecidas. Las paletas secuenciales, con variaciones de luminosidad de un solo color, son ideales para representar magnitudes unidireccionales, mientras las paletas divergentes, con dos colores contrastantes, capturan adecuadamente desviaciones de un punto de referencia central. La elección de puntos de quiebre entre intervalos de color puede destacar u ocultar patrones críticos, requiriendo justificación metodológica explícita basada en distribuciones estadísticas naturales de los datos o umbrales sustantivos significativos para el campo de estudio.

La validación interpretativa cierra el proceso constructivo, asegurando que los patrones visuales emergentes correspondan a fenómenos reales del ecosistema investigador y no a artefactos metodológicos. Esta validación involucra pruebas de sensibilidad a decisiones técnicas (umbrales, algoritmos de suavizado, paletas), triangulación con otras representaciones (redes, series temporales), y contraste con conocimiento experto del dominio. El mapa de calor maduro trasciende así su función descriptiva inicial para convertirse en interface interactiva de exploración analítica, una herramienta dinámica que permite formular y verificar hipótesis sobre

la estructura y evolución del conocimiento científico mediante la manipulación sistemática de parámetros de visualización y la iteración entre diferentes escalas de análisis.

### 7.3. Creación de mapas de calor bibliométricos

La creación de mapas de densidad en VOSviewer se realiza de manera integrada con la generación de grafos, requiriendo simplemente cambiar la visualización en la pestaña “Items” a la opción “*Density Visualization*”. Esta transición transforma la representación de red en un mapa de calor donde las áreas de color intenso indican regiones de alta concentración de elementos, manteniendo la misma disposición espacial obtenida en el análisis de redes. La densidad se calcula mediante funciones esenciales que suavizan la distribución puntual de los nodos, creando gradientes continuos donde el color, desde azul (baja densidad) hasta rojo (alta densidad), revela aglomeraciones temáticas o colaborativas. Los usuarios pueden ajustar la sensibilidad del mapa mediante el parámetro de suavizado y personalizar la paleta cromática para optimizar la legibilidad según las características específicas del set de datos analizado.

En CitNetExplorer, los mapas de densidad se generan mediante la función “*Clúster Density Visualization*” que permite observar la concentración de publicaciones en diferentes regiones de la red de citación. El proceso implica calcular la densidad de conexiones alrededor de cada nodo y representarla mediante un mapa térmico donde las áreas de mayor actividad investigadora aparecen en tonos cálidos. Esta aproximación resulta particularmente valiosa para identificar períodos de intensa actividad citacional dentro de trayectorias de investigación específicas, revelando momentos paradigmáticos en la evolución de campos científicos.

CiteSpace implementa mapas de densidad a través de su módulo “*Spectral Density Mapping*” que combina algoritmos de detección espectral con representaciones térmicas. El usuario debe activar la opción “*Show Density*” en el panel de control de visualización, lo que genera una capa adicional de color que se superpone al mapa de redes convencional. Esta herramienta permite identificar clústeres de alta cohesión interna y fronteras entre diferentes escuelas de pensamiento, con la particularidad de que la densidad se calcula considerando simultáneamente la proximidad espacial y la similitud temática entre elementos.

En el ecosistema de R con **Bibliometrix**, la creación de mapas de densidad se realiza mediante la función ***termDensity()*** para análisis temáticos o ***authorDensity()*** para estudios de colaboración. El proceso requiere primero generar la matriz de co-ocurrencia o colaboración y luego aplicar la función ***heatmap()*** sobre la matriz normalizada. La personalización avanzada incluye ajustar parámetros de suavizado mediante núcleos gaussianos y definir paletas de color específicas para diferentes rangos de densidad. Esta aproximación basada en programación ofrece máxima flexibilidad analítica, pero requiere competencias técnicas en manipulación de matrices y visualización en R.

PyBibX en Python aborda los mapas de densidad mediante su módulo ***density\_analysis*** que implementa algoritmos de estimación de densidad por núcleo sobre distribuciones bibliométricas. El flujo de trabajo típico implica cargar el set de datos bibliográficos, calcular las coordenadas multidimensionales mediante reducción de dimensionalidad, y luego generar el mapa de calor con ***plot\_density\_map()***. La librería permite ajustar el ancho de banda del núcleo para controlar el nivel de suavizado y exportar los mapas en formatos vectoriales para publicaciones de alta calidad. Esta implementación resulta especialmente poderosa para análisis de grandes volúmenes de datos donde se requiere procesamiento eficiente y personalización avanzada de visualizaciones.

## **Recapitulando**

- Los mapas de calor (*heat maps*) son representaciones gráficas que muestran la intensidad o densidad de un fenómeno mediante gradientes de color.
- En bibliometría, permiten visualizar zonas temáticas con mayor o menor concentración de publicaciones o citas.
- Se basan en la distribución de frecuencias o correlaciones dentro de matrices de coocurrencia, co-citación o colaboración.
- Cada celda o punto del mapa refleja el nivel de actividad investigadora, medido por número de documentos, citas o vínculos entre términos.
- El color actúa como variable visual: los tonos más cálidos (rojos, naranjas) indican mayor densidad, y los más fríos (azules, verdes) menor actividad.
- Los mapas de calor son útiles para detectar áreas emergentes, consolidadas o en declive dentro de un campo científico.
- También permiten observar la interrelación entre temas o autores, revelando clústeres de alta concentración investigadora.
- Se aplican tanto en análisis temático (palabras clave) como en análisis de colaboración (autores, países, instituciones).
- Los datos de entrada se obtienen de bases como Scopus, Web of Science o Dimensions, exportados en formato compatible (CSV, RIS, BibTeX).
- La elaboración de un mapa de calor requiere una matriz numérica de similitud o frecuencia.
- El proceso incluye normalización de datos, elección de la escala cromática y configuración del rango de densidad.
- Las herramientas más utilizadas para crear mapas de calor bibliométricos son VOSviewer, Bibliometrix (R/Biblioshiny), CiteSpace, Gephi y Excel con complementos estadísticos.
- En VOSviewer, los mapas de densidad representan zonas de mayor concentración de elementos (nodos) con colores más intensos.
- Los mapas de densidad temática facilitan la identificación de núcleos conceptuales y relaciones entre áreas del conocimiento.
- Los mapas institucionales o geográficos muestran la distribución espacial de la producción científica y colaboración internacional.
- Estos mapas permiten comparar el desempeño científico entre regiones o campos disciplinarios.
- El uso de escalas adecuadas evita distorsiones visuales y mejora la interpretación de la densidad de datos.
- Los mapas de calor deben ir acompañados de leyendas claras y metadatos completos que expliquen los criterios de color y escala.
- Una interpretación rigurosa combina la lectura visual con el análisis estadístico complementario (frecuencias, correlaciones, centralidades).
- Bien empleados, los mapas de calor se convierten en una herramienta poderosa para comunicar resultados bibliométricos de manera visual, intuitiva y comparativa.

## **Preguntas de autoevaluación**

1. ¿Qué representan los colores en un mapa de calor aplicado a bibliometría?
2. ¿Qué tipo de información cuantitativa se visualiza en un heat map bibliométrico?
3. ¿Qué diferencia hay entre un mapa de calor temático y uno institucional?
4. ¿Qué bases de datos suelen utilizarse para generar los datos de entrada?
5. ¿Qué papel cumple la normalización en la elaboración del mapa?
6. ¿Qué programas permiten crear mapas de calor de densidad investigadora?

7. ¿Cómo interpreta VOSviewer las zonas más cálidas del mapa?
8. ¿Qué precauciones deben tomarse al elegir la escala de color?
9. ¿Por qué es importante incluir una leyenda explicativa y metadatos?
10. ¿Qué aporta el uso de mapas de calor a la comprensión visual de la producción científica?

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. Chen C. Mapping scientific frontiers: the quest for knowledge visualization. 2nd ed. London: Springer; 2017. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-32043-4>
2. Börner K. Atlas of science: visualizing what we know. Cambridge (MA): MIT Press; 2010. ISBN 9780262014454
3. Börner K, Polley DE. Visual perspectives: a practical guide to making sense of data. Cambridge (MA): MIT Press; 2014. ISBN 9780262027898
4. Van Eck NJ, Waltman L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*. 2010;84(2):523-38. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>
5. Klavans R, Boyack KW. Toward a consensus map of science. *J Assoc Inf Sci Technol*. 2009;60(3):455-76. <https://doi.org/10.1002/asi.20991>