

Comparación del método modular y el jerárquico de clúster para el análisis de una red sanitaria

Comparison of the Modular and Hierarchical Cluster Methods
for the Analysis of a Health Network

Carolina Leyton-Pavez^{1*} <https://orcid.org/0000-0002-2939-7000>

Patricia Huerta-Riveros² <https://orcid.org/0000-0002-0115-3661>

Joan Carles Gil-Martín³ <https://orcid.org/0000-0002-7380-1031>

¹Universidad del Bío-Bío, Facultad de Ciencias Empresariales, Departamento de Gestión Empresarial. Chillán. Chile.

²Universidad del Bío-Bío, Facultad de Ciencias Empresariales, Departamento de Administración y Auditoría. Concepción, Chile.

³Universitat Politècnica de Catalunya, Departamento de Organización de Empresas. Barcelona, España.

*Autor para la correspondencia: cleyton@ubiobio.cl

RESUMEN

Introducción: La teoría de grafos posee diferentes métodos, que se deben considerar para el análisis y la detección de comunidades.

Objetivos: Comparar el método jerárquico y el modular para caracterizar los clústeres de una red sanitaria.

Métodos: Se realizó la fundamentación teórica; posteriormente, se contextualizó la metodología reticular, se aplicaron y compararon los métodos en una red pública de salud de Chile, la cual estuvo conformada por 140 centros de salud y 864 755 derivaciones de especialidad, durante el período 2010-2017.

Resultados: Se pudo demostrar que las métricas de vínculos permiten obtener resultados relevantes, con el fin de ofrecer recomendaciones de políticas para mejorar las relaciones existentes.

Conclusiones: La utilidad de descomponer la red es amplia, en especial, porque facilita la detección de secuencias de agrupamiento, donde es posible observar cómo los diferentes centros de salud de una red sanitaria se unen hacia subagrupaciones, en la medida en que comparten características vinculantes que son atractivas para los integrantes de cada subgrupo.

Palabras clave: clúster; redes; análisis de red; teoría de grafos.

ABSTRACT

Introduction: Graph theory has different methods, which must be considered for the analysis and detection of communities.

Objectives: To compare the hierarchical and modular methods to characterize the clusters of a health network.

Methods: The theoretical foundation was established; subsequently, the reticular methodology was contextualized, the methods were applied and compared in a public health network in Chile, which consisted of 140 health centers and 864,755 specialty referrals, during the period 2010-2017.

Results: It was demonstrated that link metrics allow obtaining relevant results, in order to offer policy recommendations to improve existing relationships.

Conclusions: The utility of network decomposition is broad, especially because it facilitates the detection of clustering sequences, where it is possible to observe how different health centers in a health network coalesce into sub-groups, to the

extent that they share binding characteristics that are attractive to the members of each sub-group.

Keywords: cluster; networks; network analysis; graph theory.

Recibido: 12/08/2022

Aceptado: 17/01/2024

Introducción

Dado que la teoría de grafos posee diferentes métodos para el análisis y la detección de comunidades, se presenta este estudio, que permite conocer dos métodos empleados para el análisis de redes, aplicado al sector sanitario.

Específicamente, el enfoque sistemático de la teoría de redes comenzó en 1930, cuando Jacob Levi Moreno introdujo la sociometría, cuya disciplina investiga la evolución y organización de grupos, así como la posición de los individuos dentro de dichos grupos.⁽¹⁾

A la vez, al análisis de redes también se le denomina análisis reticular o estructural, ya que tiene forma de red, y designa una perspectiva de investigación de tipo estructural. En cambio, la noción de estructura se hace operativa, al representarla en términos de un sistema de relaciones, que vinculan entidades o agentes diferenciadas, como actores, grupos, organizaciones públicas y/o privadas, o cualquier otro tipo de entidad social susceptible de ser considerado un elemento. El conjunto de vínculos entre las entidades constituye las redes. La estructura de la red vendrá determinada por las pautas o regularidades en las formas de vinculación, que emergen de los conjuntos relacionales como consecuencia del análisis,⁽²⁾ y que suele cobrar relevancia en el ámbito sanitario, porque en este sector el trabajo es en red.

En cambio, el método de evaluación de redes se denomina análisis de redes, y en general se considera como el estudio de la estructura de una red, a partir de las regularidades en el patrón de relaciones establecidas entre entidades, definidas como personas, grupos u organizaciones,⁽³⁾ o un método cuantitativo para obtener la estructura de una red.⁽⁴⁾ Por lo tanto, el estudio tuvo como objetivos analizar y comparar el método jerárquico y modular para caracterizar los clústeres en una red sanitaria.

A continuación, se presentarán los términos clave con los cuales se interpreta y descompone una red desde la teoría de grafos, debido a que su análisis se requiere para la aplicación al ámbito de las redes sanitarias, en función de su gestión.

Análisis de relaciones

En el análisis focalizado en subgrupos de actores se distinguen tres conjuntos de relaciones significativos que resulta relevante considerar:

- Red diádica (*dyadic network*): se focaliza sobre pares de actores y la intensidad, robustez y duración de sus vínculos.
- Relaciones tríadicas (*triadic relations*): involucra tres actores.
- Clúster: se focaliza en los subgrupos dentro de la red, donde la dinámica permite inferir pautas o patrones de agrupamiento. Las series temporales de datos permitirían obtener grafos distintos para cada secuencia, y así ver cómo evolucionan los grupos, por ejemplo, cómo aumenta o disminuye la cantidad de nodos y/o relaciones; cómo se traspasan nodos de un grupo a otro, etcétera.

Al respecto, distintos modelos matemáticos permiten realizar estos análisis como las matrices de datos, la representación gráfica, que, si bien no es necesaria para el análisis, permite inferencias, a la vez que es una herramienta heurística de gran utilidad. Sin embargo, a pesar de las diferencias que se pueden encontrar entre

investigadores y corrientes de investigación, el análisis de redes se trata de un paradigma estructural de investigación que incluye un conjunto de técnicas y una metodología.

Específicamente, un subgrupo, subgrafo, subred, unas subagrupaciones, subestructuras y subdivisiones constituyen un subconjunto de los nodos de una red y todas las aristas o bordes que enlazan estos nodos. Por lo tanto, cualquier grupo de nodos puede formar un subgrupo. Además, dentro de este análisis es relevante conocer los conceptos de camarilla, clúster y componentes (fig. 1).

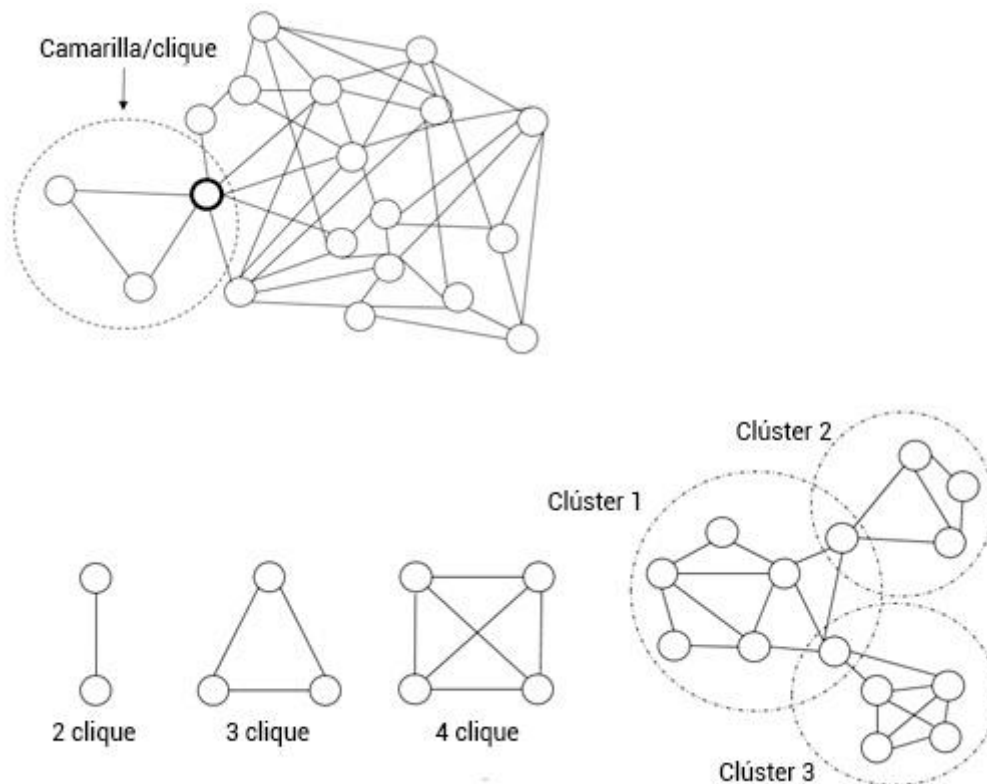


Fig. 1 – Tipos de subgrupos.

A la vez, la camarilla o clique, que se aprecia en la figura 1, lo constituye un subgrupo cohesivo completamente conectado, es decir, en el cual todos los nodos están acoplados entre sí.⁽⁵⁾ Matemáticamente se define como el conjunto de puntos en el que todos los pares de puntos se conectan, por lo menos, por una arista, o sea, se basa en el cálculo de relaciones conformadas por más de dos

actores, en las cuales todos los actores se conectan entre sí: subgrafo máximo completamente conectado.⁽³⁾ De esta forma, la teoría de grafos puede considerarse como una red completa.⁽⁶⁾

En concreto, un clúster, clan o racimo es una medida más flexible de identificación de subgrupos, a través de los cuales se aprovecha toda la información relacional de la red; mediante un análisis de pasos que integra subgrupos de nodos, de acuerdo con el nivel de similitud de estos, y no requiere que los nodos pertenezcan al mismo clique. Esto se fundamenta en la similitud y equivalencia de las relaciones entre los nodos que van formando clústeres diferentes, y paulatinamente se van adicionando a diferentes clústeres, hasta la conformación de uno que integra a todos los nodos de la red. Su utilidad es amplia, en especial porque facilita la detección de secuencias de agrupamiento. Aquí resulta posible observar cómo los diferentes nodos se unen a subagrupaciones, en la medida en que comparten características que los vinculan, y se muestran atractivas para los integrantes de cada subgrupo.⁽⁷⁾ De hecho, la descomposición de una red permitirá identificar sus subagrupaciones, las cuales comparten características vinculantes.

Otra forma de representar las subagrupaciones de forma visual es a través de un dendrograma (fig. 2), que corresponde a un tipo de representación gráfica o diagrama de datos en forma de árbol; organiza los datos en subcategorías que se van dividiendo en otras, hasta llegar al nivel de detalle deseado. Se asemejan a las ramas de un árbol que se van dividiendo en otras, sucesivamente. Este tipo de representación permite apreciar las relaciones de agrupación entre los datos e, incluso, entre grupos de ellos, aunque no las relaciones de similitud o cercanía entre categorías. Al observar las sucesivas subdivisiones se ilustran las agrupaciones, derivadas de la aplicación de un algoritmo de *clustering* jerárquico.⁽⁸⁾

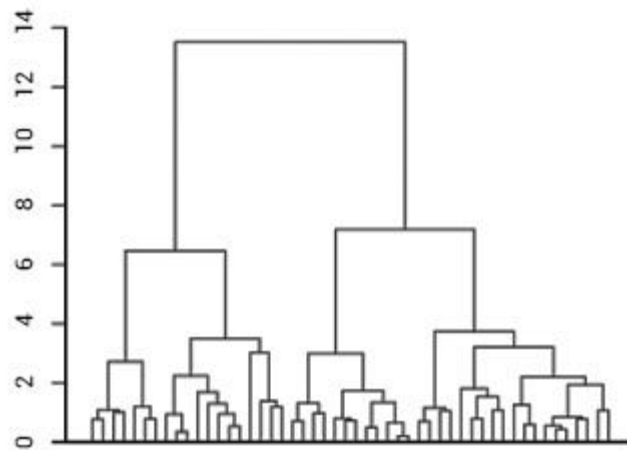


Fig. 2 – Dendrograma de clúster.

En resumen, el análisis de clúster consiste en encontrar grupos dentro de la red, de acuerdo con sus relaciones,⁽⁹⁾ y corresponde a un algoritmo que permite conocer los diferentes grupos a los que pertenece un nodo. La idea de las redes como conjunto de clústeres desafía, una vez más, al modelo de redes aleatorias (*random networks*), e interpela a indagar en los patrones de conectividad y agrupamiento.

Por otra parte, existen actores que se sitúan de forma natural en grupos o comunidades; las aristas dentro de las zonas son numerosas, mientras que existe solo un pequeño grupo de aristas entre los diferentes grupos.⁽¹⁰⁾

Así, en la figura 3 se detectan tres comunidades diferenciadas, donde se supone que los nodos de cada una de ellas tienen alguna característica o atributo en común.

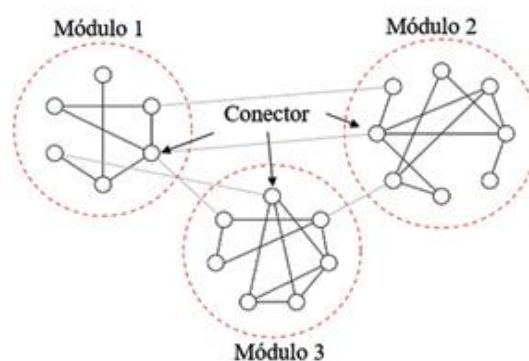


Fig. 3 – Red modular.

Específicamente, un módulo incluye un subgrupo de nodos de la red, que muestran un nivel relativamente alto de conectividad dentro del módulo, y un nivel relativamente bajo de conectividad intermodal.

A la vez, la estructura de las comunidades, también llamadas subgrupos cohesivos, incluye un subconjunto de nodos de la red que muestran un nivel relativamente alto de conectividad dentro del módulo, y un nivel relativamente bajo de la conectividad intermodal, lo cual mide el nivel de descomposición de la red en grupos o comunidades modulares. De esta forma, una alta modularidad indica una sofisticada estructura interna, y se basa en la idea de que los actores contenidos dentro de una misma comunidad comparten atributos, características comunes o relaciones fundamentales. Se comprende como comunidad aquel subgrupo en el que los vértices deben estar más relacionados entre sí, que con el resto de los vértices de la red.⁽⁵⁾

En particular, los análisis de modularidad se centran en comparar los enlaces internos de una comunidad frente a los que conectan la comunidad con el resto de la red. Busca medir la fuerza de la división de una red en módulos, donde las redes con alta modularidad tienen conexiones densas entre los nodos dentro de los módulos, pero escasas conexiones entre los nodos en diferentes módulos. En concreto, a menudo se utiliza en métodos de optimización para la detección de estructura en las redes. Sin embargo, se ha demostrado que sufren de un límite de resolución y, por tanto, son incapaces de detectar pequeñas comunidades como redes biológicas y los cerebros animales, que presentan un alto grado de modularidad.⁽⁵⁾

Dentro de la teoría de grafos se tienen diferentes métodos para el análisis y la detección de comunidades, los que se pueden agrupar en dos tipos: los métodos jerárquicos y los métodos modulares, que son claves que permiten analizar las redes sanitarias, a partir de los elementos que las componen y descomponen en subagrupaciones.

Los métodos jerárquicos buscan las divisiones naturales en la red y se basan en una estructura jerárquica. Existen numerosos algoritmos que forman parte de este tipo de método. Sin embargo, dentro de los paquetes de *software* para la

investigación de redes complejas de Csardi y Nepusz⁽¹¹⁾ para este caso se propone una aproximación jerárquica creciente, la cual optimiza la función de calidad, y es la llamada modularidad de una manera codiciosa (*fastgreedy*).

Este enfoque detecta las comunidades de abajo hacia arriba, en lugar de arriba hacia abajo, porque inicialmente cada nodo pertenece a una comunidad separada. Posteriormente, las comunidades se unen de manera iterativa, de tal forma que cada unión resulte un óptimo local, es decir, que cada comunidad da el mayor valor posible de modularidad. Constituye un método rápido y, generalmente, se aplica como primera aproximación, debido a que no tiene parámetros para ajustar. Sin embargo, posee un límite de resolución, o sea, las comunidades por debajo de un umbral de tamaño dado (dependiendo del número de centros de salud y derivaciones) se fusionarán con las comunidades vecinas.

En definitiva, el algoritmo se detiene cuando ya no resulta posible aumentar la modularidad. Proporciona una agrupación máxima y un dendrograma, cuya representación de datos en forma de árbol permite apreciar las derivaciones de agrupación entre los datos e incluso entre grupos de ellos; aunque no las relaciones de similitud o cercanía entre categorías. Al observar las sucesivas subdivisiones, ilustra las agrupaciones derivadas de la aplicación de un algoritmo de *clustering* jerárquico.

La figura 4 a la izquierda representa un primer recorrido amplio o nivel ordenamiento transversal, y a la derecha se observa un recorrido con mayor profundidad, que inicia en los primeros niveles desde la raíz y le sigue un avance de izquierda a derecha.

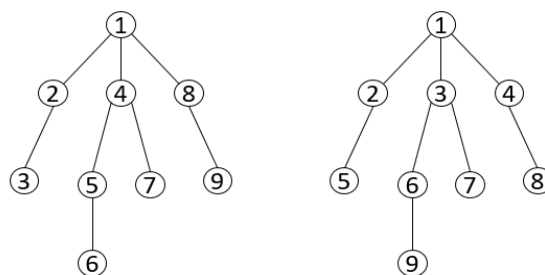


Fig. 4 – Recorrido de ordenamiento mediante el método manera codiciosa (*fastgreedy*).

En cambio, los métodos modulares de Csardi y Nepusz⁽¹¹⁾ proponen el método de comunidad de vidrio giratorio (*spinglass*), donde cada vértice puede estar en uno de los estados de giro. Ellos especifican qué pares de vértices prefieren mantener el mismo estado de giro y cuáles prefieren tener estados de giro opuestos.

Finalmente, se simula el modelo para un número dado de pasos, y los estados de giro de los centros de salud al final definen las comunidades, donde solo habrá c comunidades; aunque se puede configurar de c hasta 200, por lo que para el caso de estudio se estima suficiente.

De igual modo, puede existir menos de c comunidades al final, ya que algunos de los estados de giro pueden quedar vacíos. Por lo que no garantiza que los centros de salud en partes remotas de las redes tengan diferentes estados de giro. Sin embargo, esto suele ser un problema para las redes desconectadas, que no es el caso en el estudio.

El método es particularmente rápido y no es determinista, pero tiene un parámetro de resolución ajustable que determina los tamaños del clúster. Una variante del método también puede considerar los enlaces negativos.

La figura 5 muestra el ordenamiento de las comunidades, el cual responde a un patrón de incorporación mediante la orientación del nodo, y enfoca la búsqueda hacia regiones específicas de la red.

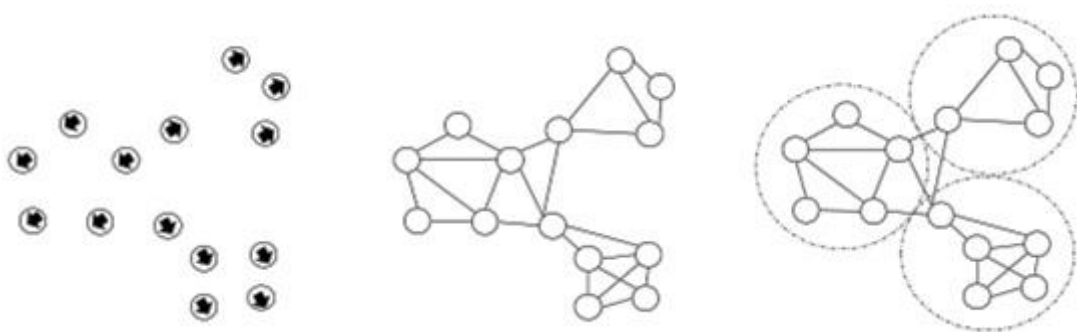


Fig. 5 – Recorrido de ordenamiento mediante el método de vidrio giratorio (*spinglass*).

Métodos

El estudio definió a los actores como los centros de salud de la red pública del Servicio de Salud Ñuble, ubicada en la región de Ñuble en Chile. Las relaciones o vínculos están dados por los flujos de pacientes que se generan, a partir de las derivaciones o interconsultas de especialidad entre los centros de salud públicos de dicha red.

La siguiente tabla presenta de forma práctica los *softwares*, la fuente de información y las técnicas empleadas en este estudio, entre otros datos. Esta información se utilizó para obtener los datos de las derivaciones, con lo cual se construyeron matrices o tablas que permitieron relacionar los nodos de las filas, que constituye el origen del flujo o derivación, con los nodos de las columnas, que son el destino de los flujos o las derivaciones.⁽¹²⁾

Tabla - Diseño de la investigación: ficha técnica

Tipo de información	Descripción
Ámbito geográfico	País Chile
Ámbito regional	Región de Ñuble
Unidad de análisis	Dirección Servicio de Salud Ñuble
Población	Red de centros de salud públicos de la región de Ñuble
Período de análisis	Desde el año 2010 hasta el 2017 (8 años)
Tipo de investigación	Análisis de redes
Método de obtención de la información	Base de datos cualitativa proporcionada por: <ol style="list-style-type: none"> 1. Instituciones públicas chilenas: <ul style="list-style-type: none"> – Ministerio de Salud (MINSAL) – Departamento de Estadística en Salud (DEIS) – Dirección Servicio de Salud Ñuble (DSSÑ)

	<ul style="list-style-type: none"> – Departamento de Planificación Sanitaria (DEPS) de la Dirección del Servicio de Salud Ñuble (DSSÑ) – Instituto Nacional de Estadísticas (INE) <p>2. Bases de datos académicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>Web of Science</i> (WoS) – Scopus – Google Scholar <p>3. Base de datos cuantitativa proporcionada por:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Departamento de Integración y Procesos de la Red Asistencial (DIPRAS) de la Dirección del Servicio de Salud Ñuble (DSSÑ)
Tamaño de la población	140 centros de salud que pertenecen al Servicio de Salud Ñuble
Tamaño de la red	47 centros de salud que pertenecen al Servicio de Salud y derivan pacientes
Unidad	Centro de salud
Tamaño de las observaciones	864 755 derivaciones de especialidad
Especialidades y subespecialidades médicas	<p>27: Anestesiología, Broncopulmonar, Cardiología, Cirugía adulto</p> <p>Cirugía infantil, Cirugía plástica, Dermatología, Endocrinología, Gastroenterología, Ginecología, Hematología, Infecciones transmisión sexual, Medicina Física y Rehabilitación, Medicina interna, Nefrología, Neonatología, Neurocirugía, Neurología</p> <p>Obstetricia, Oftalmología, Oncología, Otorrinolaringología, Pediatría, Psiquiatría, Reumatología, Traumatología y Urología</p>
Especialidades y subespecialidades odontológicas	8: Rehabilitación, Ortodoncia, Endodoncia, Maxilofacial, Odontopediatría, Trastornos mandibulares, Periodoncia y Cirugía Bucal
Naturaleza de las observaciones	Relaciones simples y materiales
Tratamiento de la información	Excel, Word y R

Se debe considerar que una red se basa en establecer relaciones entre nodos que, a su vez, establecen vínculos entre ellos; y crean un grafo de nodos unidos por estas relaciones, con la cual se obtiene una matriz binaria o dicotómica, donde la diagonal principal es siempre cero.

A partir de lo anterior, con la matriz cuadrada de mediciones y la visualización de redes, de acuerdo con Madariaga y Ávila-Toscano,⁽¹³⁾ se puede iniciar la valoración de las particularidades de las redes, para el análisis y la detección de comunidades, específicamente, con la utilización de los métodos jerárquicos (*fastgreedy*) y los modulares (*spinglass*).

Como se mencionó anteriormente, en la teoría de grafos existen diversos métodos para el análisis y la detección de comunidades.

Resultados

Para obtener los resultados, se empleó la información presentada en la tabla y, a continuación, se presentan la reflexión y los esquemas derivados de su aplicación.

Teniendo en cuenta cada método y los datos de las derivaciones durante el período 2010-2017, se observan los resultados de las comunidades a través de la figura 6.

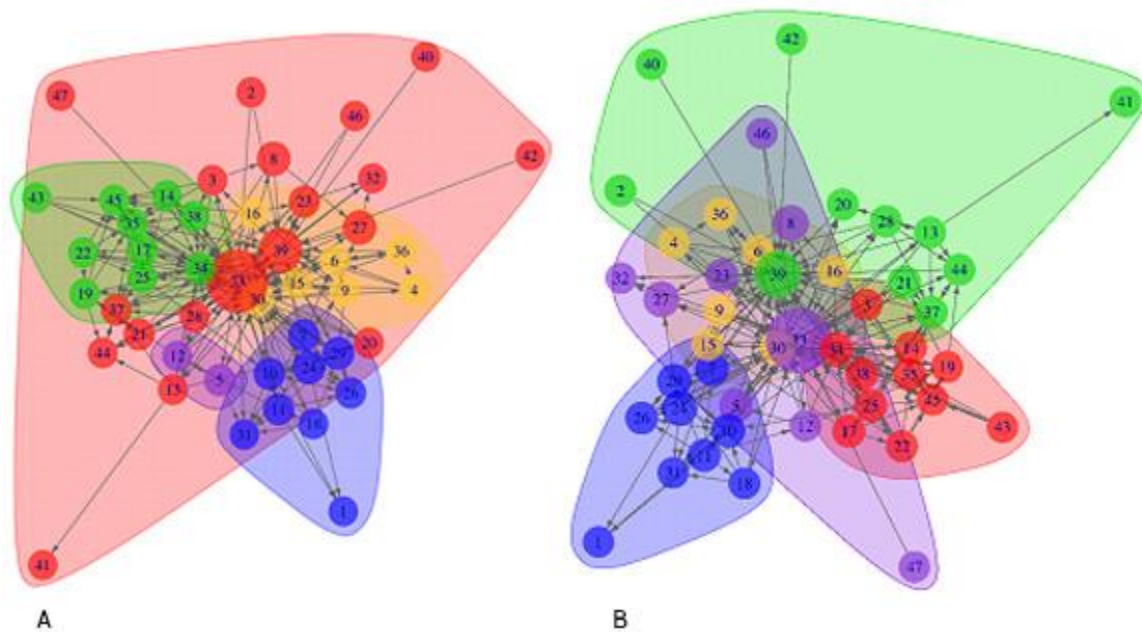


Fig. 6 – Comunidades según método, período 2010-2017. A: Comunidad de una manera codiciosa. B: Comunidad de vidrio giratorio.

A continuación, se presentan los principales resultados del estudio.

Específicamente, durante el período acumulado desde 2010 hasta 2017 con 47 centros de salud, ambos métodos identifican cinco comunidades.

Para el caso del primer método de comunidades de una manera codiciosa (*fastgreedy*), el clúster de mayor tamaño, con 19 centros de salud, se conformó por los dos hospitales de mayor complejidad y resolutivez de la red. El centro estructural es el Hospital de San Carlos (HSC) (39) y el absoluto de la red es el Hospital Clínico Herminda Martín (HCHM) (33).

El segundo clúster de mayor tamaño, compuesto por 10 instituciones de salud, está liderado estructuralmente por el Hospital Comunitario de Salud Familiar (HCSF Bulnes) (34). Los otros dos clústeres intermedios, con nueve y siete centros de salud, están encabezados por el Centro de Salud Familiar (CESFAM Ultraestación) (29) y el CESFAM Violeta Parra (30), respectivamente. Finalmente, este método identificó solo una dupla o clique, sin detectar comunidades individuales.

En el caso del segundo método de comunidades de vidrio giratorio (*spinglass*), se han identificado dos clústeres con 11 centros de salud, uno de ellos con centro estructural al HSC (39), y el otro al HCSF Bulnes (34).

Los otros dos clústeres identificados tienen nueve centros de salud; uno de ellos presenta como centro estructural y centro absoluto de la red al HCHM (33); y el otro clúster no define claramente el centro estructural.

El último clúster se conforma por siete centros de salud, y el centro estructural es el CESFAM Violeta Parra (30).

En cuanto a los centros de salud periféricos, ambos métodos han identificado a: las Posta de Salud Rural (PSR) El Sauce Ninhue (40); PSR Guarilhue (41); PSR Ñiquén (42); y el Servicio de Atención Primaria de Urgencia José Durán Trujillo (SAPU) (47).

La figura 7 muestra la evolución de modularidad en la red durante el período 2010-2017.

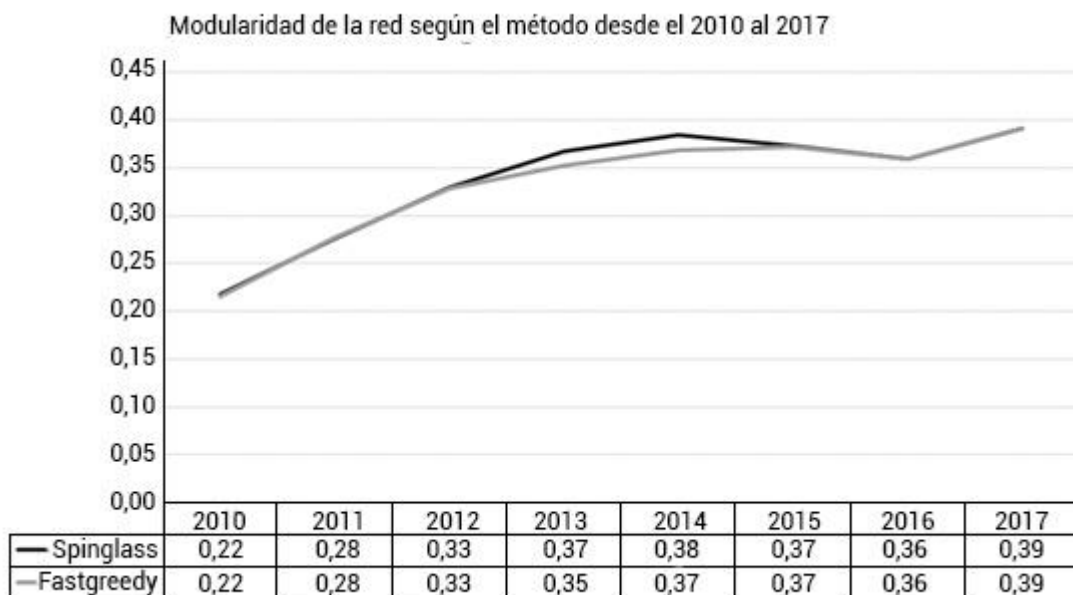


Fig. 7 – Modularidad y comunidades de la red, según el método.

En la figura 7 se observa la evolución positiva de modularidad de la red, de acuerdo con los métodos de comunidades de una manera codiciosa (*fastgreedy*) y el de vidrio giratorio (*spinglass*), los que, además, presentan similar índice de modularidad desde 2010 hasta 2017.

Por otro lado, el método de vidrio giratorio (*spinglass*) forma más comunidades que el método de una manera codiciosa (*fastgreedy*), excepto en el año 2013, donde ambos forman cuatro comunidades modulares o clúster. Posteriormente, se acentúa la diferencia, especialmente, en 2014, donde el primer método forma seis comunidades, y el segundo solo cuatro comunidades. En 2016 y 2017 ambos concluyen con el mismo número de comunidades (fig. 8).

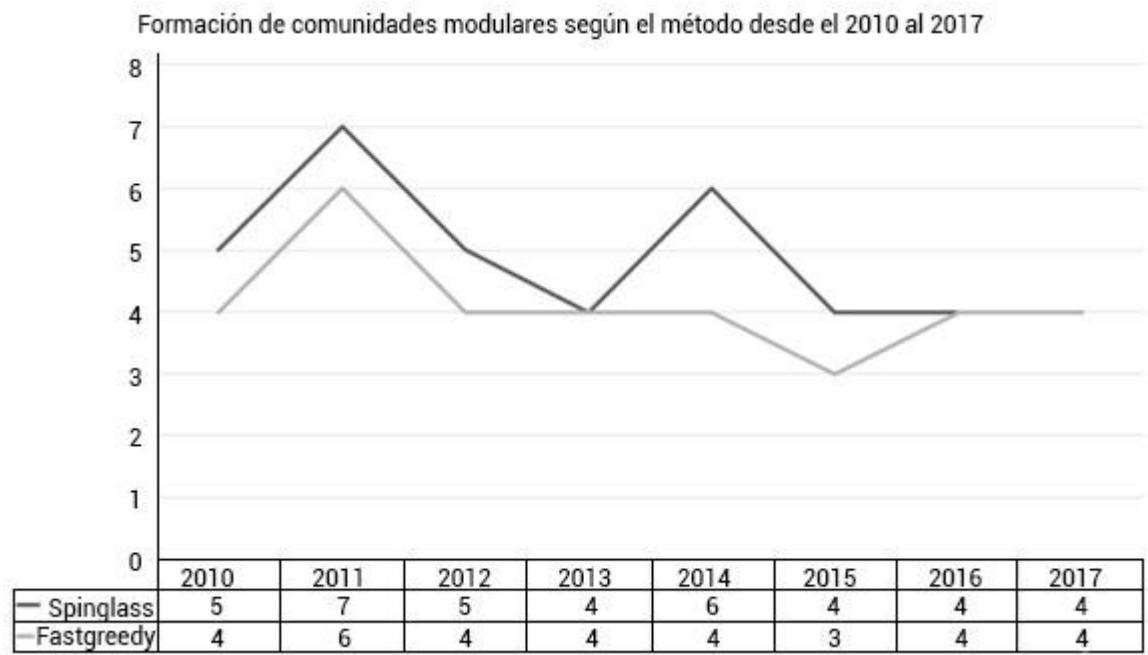


Fig. 8 – Formación de comunidades modulares según el método.

En concreto, las diferencias entre ambos métodos permiten demostrar que los resultados varían, según como se analicen las derivaciones. El método jerárquico (*fastgreedy*) asume que todos los centros de salud forman una sola comunidad; mientras que el método modular (*spinglass*) identifica gradualmente la formación

de comunidades o clústeres dentro de la red, sobre la base de la proximidad de los nodos.

Es relevante mencionar que el estudio aplicó, al menos, seis tipos de análisis de clúster (*edge betweenness*, *label propagation*, *walktrap*, *leading eigenvector*, *fastgreedy* y *spinglass*); se seleccionaron para el análisis uno por cada método (*fastgreedy* y *spinglass*), en función de mostrar la diferencia en los resultados.

Una vez seleccionados los métodos, se aprecia que en la conformación de comunidades algunos algoritmos incluyen una pequeña porción de azar, lo que suele ser común. Lo anterior significa que, cada vez que se hace, los resultados pueden ser distintos. Por lo cual, se han ejecutado 1000 simulaciones para cada tipo de método; se tomó nota de qué clúster aparecía cada vez, para finalmente, seleccionar el que había aparecido más veces, interpretado como el más probable.

Discusión

Se constató que, a medida que aumentan las comunidades en la red, la estructura interna se va volviendo más sofisticada. Este planteamiento se fundamenta en la idea de que los centros de salud contenidos dentro de una misma comunidad, cada vez comparten más atributos, características comunes o relaciones fundamentales, y se diferencian de los demás centros de salud de la red.

La estructura de la red de relaciones es una fuente de explicación de las conductas de que los atributos individuales compartidos de los actores, las posiciones, identificadas y diferenciadas por los patrones de relaciones, solo existen en el contexto de un sistema de posiciones; y son independientes de los actores que las ocupan. El comportamiento de los actores y grupos, así como sus normas y valores, están relacionados con la posición que ocupan dentro del sistema estructurado de relaciones. La interdependencia entre la estructura y la interacción diádica de los actores desplaza el enfoque del análisis desde los actores y grupos hacia las relaciones y las redes de relaciones. La metodología estructural

reemplaza a la individualista; define la población o muestra en términos relacionales, y utiliza técnicas matemáticas especializadas en lugar de enfoques estadísticos individuales.

Según Garrido,⁽¹⁴⁾ el principio metodológico del análisis de redes no es directamente observable en los datos, sino del resultado del análisis. Por lo general, las relaciones son recíprocamente asimétricas; se diferencian en contenido e intensidad; los miembros de la red se vinculan de forma directa e indirecta; y es el conjunto del contexto estructural el que define una relación específica. Las redes creadas por la estructura de las relaciones no son arbitrarias, y las relaciones pueden vincular a actores, así como a grupos y organizaciones.

De hecho, el análisis de redes sigue concentrando el interés de los investigadores, tal como lo demuestra el estudio de Park y otros,⁽¹⁵⁾ quienes analizan el ecosistema de la industria del cuidado de la salud digital a través de un análisis de red, de forma similar al presente estudio. Además, el artículo de Branchi,⁽¹⁶⁾ que analiza la salud mental a través de la teoría de redes, guarda correspondencia con la teoría de grafos, empleada en esta investigación.

De manera similar, Martinelli y otros⁽¹⁷⁾ analizan la estructuración de la Red de Atención a la Salud en el Estado de Mato Grosso, Brasil, en el contexto de la regionalización. El estudio emplea, en cierta medida, el enfoque utilizado en esta investigación y demuestran el interés por el análisis de las subagrupaciones que componen una red.

Se concluye que las métricas de vínculos permiten obtener resultados relevantes, con el fin de ofrecer recomendaciones de política para mejorar las relaciones existentes. De hecho, el análisis del estudio permitió encontrar grupos dentro de la red, de acuerdo con el flujo de las derivaciones de especialidades. Este, de acuerdo con cada algoritmo, permite conocer los diferentes grupos a los que pertenece un centro de salud en la red.

Las diferencias entre ambos métodos muestran que los resultados dependen de cómo se analicen las derivaciones. El método jerárquico (*fastgreedy*) asume inicialmente que todos los centros de salud forman una única comunidad. En

contraste, el método modular (*springlass*) identifica gradualmente la formación de comunidades o clústeres dentro de la red, con fundamento en la proximidad de los nodos.

La utilidad de descomponer la red es amplia, en especial, ha logrado facilitar la detección de secuencias de agrupamiento. Se pudo observar cómo los diferentes centros de salud de la red asistencial se unen a subagrupaciones, en la medida en que comparten características vinculantes que son atractivas para los integrantes de cada subgrupo. Se sustenta que la descomposición de una red sanitaria de salud permitirá identificar sus subagrupaciones, las cuales comparten características vinculantes, *ceteris paribus*.

Lo anterior permite conocer cómo trabaja una red a través de sus conexiones y vinculaciones, lo cual repercute en su gestión y aceptación ante la comunidad sanitaria; además, el descubrir cómo se descompone una red permitirá orientar los recursos y las acciones hacia los nodos con mayor o menos vinculación, según sea la estrategia sanitaria que se desee implementar, lo que favorece la gestión de la red global y su relación con la comunidad.

Una de las limitaciones de esta investigación fue el utilizar una fuente de información secundaria; sin embargo, se optó por ella, debido a que este tipo de estudio requiere una gran cantidad de datos. Por último, para el presente análisis es recomendable utilizar una gran variedad de métodos, puesto que cada uno de ellos aporta información relevante en la conformación de comunidades.

Referencias bibliográficas

1. Bezanilla JM, Miranda MA. La socionomía y el pensamiento de Jacobo Levy Moreno: una revisión teórica. Rev Psicol GEPU. 2012 [acceso 12/04/2022];3(1):148-80. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3982380>
2. Reynoso C. Hacia la complejidad por la vía de las redes. Nuevas lecciones epistemológicas. Desacatos Rev Ciencias Soc. 2008 [acceso 12/04/2022];(28):17-40. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5852215>
3. Have P, Webster C, Shiell A. A glossary of terms for navigating the field of social network analysis. J Epidemiol Community Health. 2004 [acceso 12/04/2022];58(12):971-5. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15547054/>
4. Molina JL. La ciencia de las redes. Apunt Cienc y Tecnol. 2004 [acceso 12/04/2022];11:36-42. Disponible en: <http://revista-redes.rediris.es/recerca/jlm/ars/ciencia.pdf>
5. Herrero R. La terminología del análisis de redes: problemas de definición y de traducción. Política y Soc. 2000 [acceso 12/04/2022];33(33):199-206. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=154578>
6. Mejía Olivares CP. Análisis de Redes Sociales a Gran Escala. México: Centro de investigación y de estudios avanzados del Instituto Politécnico Nacional; 2010 [acceso 12/04/2022]. Disponible en: <http://www.cs.cinvestav.mx/Estudiantes/TesisGraduados/2010/tesisCristianMeji a.pdf>
7. Ávila-Toscano JH, Vega BG, Soto JP. Indicadores Estructurales y Conglomerados de Actores en la Red Social de una Subcultura Urbana. Rev Colomb Psicol. 2011 [acceso 12/04/2022];20(2):193-207. Disponible en: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=aph&AN=72682557&lang=es&site=ehost-live>

8. Girvan M, Newman MEJ. Community structure in social and biological networks. Proc Natl Acad Sci. 2002;11;99(12):7821-6. DOI: <https://pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.122653799>
9. Boden B, Haag R, Seidl T. Detecting and exploring clusters in attributed graphs. En: Proceedings of the 22nd ACM international conference on Conference on information & knowledge management - CIKM '13. New York, New York, USA: ACM Press; 2013 [acceso 12/04/2022]. p. 2505-8. Disponible en: <http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2505515.2508200>
10. Newman MEJ. Modularity and community structure in networks. Proc Natl Acad Sci U S A. 2006;103(23):8577-82.
11. Csardi G, Nepusz T. The igraph software package for complex network research. InterJournal Complex Syst. 2006 (1695); p.1-9.
12. Fernández-Quijada D. El análisis de redes sociales aplicado al estudio de la estructura de las industrias culturales. En: Congreso I+C: Investigar la Comunicación. Santiago de Compostela, España; 2008. p. 1-16.
13. Ávila-Toscano JH, Madariga-Orozco C. Redes sociales: un ejercicio caracterológico. En: Redes sociales y análisis de redes: aplicaciones en el contexto comunitario y virtual. Barranquilla, Colombia; 2012 [acceso 12/04/2022]. p. 14-47. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=511130>
14. Garrido F. El análisis de redes: En el desarrollo local. Proyecto crítico de ciencias sociales: Materialismo histórico y teoría crítica, Facultad de Ciencias Políticas y Sociología. Universidad Complutense de Madrid; 2014.
15. Park Y, Park S, Lee M. Digital Health Care Industry Ecosystem: Network Analysis. J Med Internet Res 2022;24(8):e37622. DOI: <http://dx.doi.org/10.2196/3762>
16. Branchi I. Plasticity in mental health: A network theory. Neuroscience & Biobehavioral Reviews. 2022; 138:104691. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2022.104691>

17. Martinelli NL; Scatena JHG, Castro MD, Soares NRF, Charbel SC, Souza NFD, Medeiros ARS, de Souza DPO. Analysis of the structuring of the Health Care Network in the State of Mato Grosso, Brazil, within the context of Regionalization. 2023;28(2):585-98. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1413-81232023282.12952021>

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

Contribución de los autores

Conceptualización: Carolina Leyton-Pavez y Patricia Huerta-Riveros.

Análisis formal: Carolina Leyton-Pavez, Patricia Huerta-Riveros y Joan Carles Gil-Martín.

Supervisión: Joan Carles Gil-Martín.

Investigación: Carolina Leyton-Pavez y Patricia Huerta-Riveros.

Metodología: Carolina Leyton-Pavez.

Redacción – borrador original: Carolina Leyton-Pavez, Patricia Huerta-Riveros y Joan Carles Gil-Martín.

Redacción – revisión y edición: Carolina Leyton-Pavez, Patricia Huerta-Riveros y Joan Carles Gil-Martín.

Financiación

Este trabajo ha sido financiado por la Universidad del Bío-Bío (Chile), a través de un Proyecto de Investigación regular y el grupo de investigación de economía, gestión agroalimentaria y salud poblacional, ambos del Departamento de Gestión Empresarial de la Facultad de Ciencias Empresariales.