

## ESTRUCTURA TOPOLÓGICA DEL MERCADO BURSÁTIL DE CHILE, PERÍODO 2009-2013

### TOPOLOGIC STRUCTURE OF CHILEAN STOCK MARKET IN 2009-2013

Edinson Edgardo Cornejo Saavedra<sup>1</sup> · Carola Andrea Figueroa Flores<sup>b</sup>

Clasificación: Trabajo empírico - investigación  
Recibido: 25 de Noviembre de 2014 / Aceptado: 27 de Mayo de 2015

#### Resumen

Este trabajo estudia cómo representar gráficamente un mercado bursátil. Con las series históricas de los precios semanales de las acciones negociadas en la Bolsa de Comercio de Santiago que registran una presencia bursátil anual mayor o igual a 80%, se diseña un mapa topológico del mercado bursátil chileno para 2009 (con base en 58 acciones), 2010 (75), 2011 (66), 2012 (69) y 2013 (65), utilizando una estructura topológica con el algoritmo de Kruskal basado en la teoría de grafos. En 2009 se observa una menor distancia entre acciones de empresas de un mismo sector económico, pero también se observan clústeres compuestos por acciones de diferentes sectores. Esto implica que, para diversificar el riesgo, no basta con invertir en acciones de diversos sectores económicos, sino que también es necesario analizar la correlación entre los retornos accionarios. En 2013, el nodo central del mercado sería la acción del Banco Santander-Chile, que se sitúa en una zona central, enlazando a un gran número de acciones pertenecientes a diversos sectores de la economía. Los mapas también evidencian una aparente inestabilidad en la estructura topológica del mercado bursátil chileno, la que se modifica entre un año y otro, exigiendo mayores actividades de monitoreo para identificar clústeres, acciones líderes y seguidoras. Se espera que el uso de una estructura topológica contribuya a una mayor comprensión de la dependencia mutua en el comportamiento de las acciones. Además, la identificación de clústeres y de acciones líderes y seguidoras podría ser útil para diseñar estrategias de *trading*.

*Palabras clave:* correlación, distancia euclidiana, algoritmo de Kruskal, clústeres, acción líder.

#### Abstract

This paper studies how to map a stock market. Using historical prices of most traded stocks on the Bolsa de Comercio de Santiago, a topological map of the Chilean stock market is designed for 2009 (based on 58 shares) 2010 (75) 2011 (66) 2012 (69) and 2013 (65), using a topological structure with the Kruskal algorithm based on graph theory. In 2009 a smaller distance between shares of companies in the same economic sector is observed, but clusters are also observed for shares in different sectors. This implies that, to diversify risk, not enough to invest in shares of various economic sectors, it is also necessary to analyze the correlation between stock returns. In 2013, the hub of the market would be the Banco Santander-Chile's stock, which is situated in a central area, linking a large number of shares

---

<sup>1</sup> Departamento de Gestión Empresarial, Facultad de Ciencias Empresariales, Universidad del Bío-Bío. Dirección: avenida Andrés Bello s/n, Campus Fernando May, Chillán - Casilla 447 - Código postal: 378000; móvil: 755 847 60; correo electrónico: ecornejo@ubiobio.cl. <sup>b</sup> Departamento de Ciencias de la Computación y Tecnologías de la Información, Facultad de Ciencias Empresariales, Universidad del BíoBío. Dirección: avenida Andrés Bello s/n, Campus Fernando May, Chillán - Casilla 447 - Código postal: 378000; móvil: 840 382 76; correo electrónico: cfigueroa@ubiobio.cl.

belonging to various sectors of the economy. The maps also show an apparent instability in the topological structure of the Chilean stock market, which is modified from one year to another, demanding greater monitoring efforts to identify clusters, leading stocks and followers. It is expected that the use of a topological structure contributes to a greater understanding of the mutual dependence on the stock's behavior. Furthermore, the identification of clusters and leaders and followers stocks could be useful for designing trading strategies.

*Keywords:* Correlation, euclidean distance, Kruskal algorithm, clusters, leader stock.

## Introducción

Este trabajo estudia cómo representar gráficamente un mercado bursátil. Dada la necesidad de herramientas de gestión que contribuyan a mejorar el desempeño de un portfolio de inversión, se investiga cómo modelar una representación gráfica de un mercado accionario usando un *minimal spanning tree*. Lo anterior podría ser útil para el desarrollo de estrategias de *trading* sobre la base de clústeres, vínculos y acciones líderes.

Es común desglosar un mercado financiero en sectores económicos, donde la asignación de una compañía a un sector es tarea de un experto, en la que una empresa es clasificada en la actividad que más cercanamente describe la naturaleza de su negocio. Sin embargo, el perfil de una compañía puede cambiar a través del tiempo y, con él, su clasificación. Además, aunque se espera que los precios accionarios de empresas pertenecientes a un mismo sector se muevan juntos, podría ser útil contar con una métrica y un esquema visual que identifique los vínculos más fuertes (en el marco de movimientos de retornos accionarios), yendo más allá de las clasificaciones industriales generalmente aceptadas. En este contexto, la estructura topológica es un mapa que representa el esqueleto de las correlaciones entre los retornos de las acciones que se transan en un mercado bursátil, y proporciona una estructura jerárquica organizada de él.

Este estudio diseña una representación gráfica del mercado bursátil chileno para cada año del período 2009-2013, a partir de las correlaciones entre los retornos de las acciones más transadas en la Bolsa de Comercio de Santiago, usando una estructura topológica con el algoritmo de Kruskal basado en la teoría de grafos.

## Revisión de la literatura

Los mapas topológicos se usan para analizar la estructura de un mercado accionario y también de un mercado de divisas. Por ejemplo, para Doherty, Adams, Davey y Pensuwon (2005), la descomposición del mercado financiero en sectores provee de una clasificación intuitiva por grupos de compañías. Los autores analizan si los precios de cierre accionarios se mueven juntos, y si los grupos de acciones que se mueven juntos son identificables en términos de actividad industrial. Usando el *Tree Growing Neural Gas* (TreeGNG)

sobre una serie de tiempo de precios de cierre accionarios, los autores identificaron compañías que se aglomeran en grupos claramente identificables. Estos clústeres se comparan favorablemente a un esquema de clasificación sectorial globalmente aceptado. En esta línea de investigación también se encuentra el trabajo de Cupal, Deev y Linnertová (2012), quienes examinaron los cambios en las características topológicas de la red de mercados accionarios europeos basada en correlaciones, de ámbito nacional y supranacional.

Con relación al mercado de divisas, Naylor, Rose y Moyle (2007) usan dos técnicas jerárquicas derivadas de la física, un *minimal spanning tree* y un *ultrametric hierarchical tree*, para extraer un mapa de influencias topológicas para las principales monedas, a partir de la matriz de distancias ultramétricas del período 1995-2001. Se muestra que la topología es robusta con respecto al método, al horizonte de tiempo, y es estable durante las crisis de mercado. Esta topología, usada apropiadamente, proporciona una guía útil para determinar las relaciones económicas subyacentes o las relaciones causales regionales para monedas individuales; y para comprender la dinámica de la determinación del tipo de cambio, como parte de una red compleja. También Mizuno, Takayasu y Takayasu (2006) analizaron datos del mercado de divisas de varias monedas. En un estudio similar, Keskin, Deviren y Kocakaplan (2011) analizaron la topología de una red de correlaciones entre las 34 principales monedas, usando los conceptos de *minimal spanning tree* y *ultrametric hierarchical tree*, para 2007-2008. Los autores encontraron que los clústeres se correspondieron de buena manera con las regiones geográficas de los países en el mundo, tales como Asia o Europa. Como se esperaba, las principales monedas fueron generalmente aquellas pertenecientes a las mayores economías.

## Metodología

Se utilizan series históricas de precios de cierre semanales de las acciones transadas en la Bolsa de Comercio de Santiago durante el período 2009-2013 y que registran una presencia bursátil anual mayor o igual a 80%. La presencia bursátil anual se restringe a un valor

mayor o igual a 80% para evitar la pérdida de datos y sesgos en el cálculo de los retornos y métricas de distancia. Como resultado de lo anterior, se diseña un mapa topológico del mercado bursátil chileno para 2009 con base en 58 acciones, para 2010 con 75 acciones, para 2011 con 66 acciones, para 2012 con 69 y para 2013 con 65. Los datos provienen de Economía y de la Bolsa de Comercio de Santiago, y el total de acciones analizadas se muestra en la tabla 1.

**Tabla 1. Nómima de las acciones seleccionadas para el análisis de estructura topológica. Acciones transadas en la Bolsa de Comercio de Santiago de Chile durante el período 2009-2013 y que registran una presencia bursátil mayor o igual a 80% anual**

N°	Empresa	N°	Empresa	N°	Empresa
1	Aesgener	30	Conchatoro	59	Las Condes
2	Aguas-A	31	Copec	60	Marinsa
3	Almendral	32	Corpbanca	61	Masisa
4	Andina-A	33	Cristales	62	Molytmet
5	Andina-B	34	Cruzados	63	Multifoods
6	Antarchile	35	Cruz Blanca	64	Nortegran
7	Aquachile	36	Cuprum	65	Nuevapolar
8	Australis	37	Curauma	66	Oro Blanco
9	Axxion	38	ECL	67	Parauco
10	Azul Azul	39	Embonor-B	68	Paz
11	Banmédica	40	Endesa	69	Pehuenche
12	BCI	41	Enersis	70	Pilmaiquén
13	Besalco	42	Enjoy	71	Provida
14	BSantander	43	Entel	72	Pucobre-A
15	Calichera-A	44	Esval-C	73	Quiñenco
16	Camanchaca	45	Falabella	74	Ripley
17	Campos	46	FASA	75	Salfacorp
18	CAP	47	Forus	76	Schwager
19	CCU	48	Gasco	77	Security
20	Cementos	49	Habitat	78	Sigdo Koppers (SK)
21	Cencosud	50	Hites	79	SM-Chile B
22	CFR	51	IAM	80	SM Saam
23	CGE	52	Iansa	81	Socovesa
24	Chile	53	ILC	82	Sonda
25	CIC	54	Indisa	83	SQM-B
26	Cintac	55	Invercap	84	Vapores
27	CMPC	56	Invermar	85	WMTCL
28	Colbun	57	Invexans (ex-Madeco)	86	Zofri
29	Colo Colo	58	LAN		

Fuente: elaboración propia, a partir de datos de Economía y de la Bolsa de Comercio de Santiago.

Una estructura o árbol topológico se caracteriza principalmente por lo siguiente: las acciones líderes se localizan en la parte central del árbol; las parejas de acciones que se encuentran fuertemente correlacionadas se representan por nodos enlazados; y existen ramas y racimos (clústeres) de acciones que pueden representar conglomerados de negocios, industrias o sectores del mercado.

Para construir la estructura topológica de un mercado bursátil con base en las correlaciones entre los retornos de las acciones, primero se calcula una matriz  $C$  de coeficientes de correlación  $(\rho_{ij})$ , considerando todos los posibles pares de acciones  $i$  y  $j$ . Esta matriz se calcula a partir de todos los pares de acciones, sobre la base de los retornos accionarios semanales (retornos accionarios). Para un mercado compuesto por  $n$  acciones, la matriz  $C$  es simétrica de  $n \times n$ .

El coeficiente de correlación varía entre  $-1$  y  $+1$  ( $-1 < \rho_{ij} < +1$ ), donde un coeficiente de correlación igual a  $-1$  indica una correlación perfecta negativa entre los retornos del par de acciones analizado, mientras que un coeficiente de correlación igual a  $+1$  señala una correlación perfecta positiva. Además,  $\rho_{ij}$  es igual a 1 en la diagonal principal, y existen  $n \times (n - 1)/2$  coeficientes que caracterizan completamente la matriz.

Segundo, se calcula una métrica euclidiana en función de los  $\rho_{ij}$ , para definir las distancias entre todos los posibles pares de acciones  $i$  y  $j$ , usando la expresión (1).

$$d_{i,j} = \sqrt{2(1 - \rho_{ij})} \quad (1)$$

donde (1) cumple con los siguientes requisitos:

$$d_{i,j} = 0 \quad \text{si y sólo si } i = j \quad (2)$$

$$d_{i,j} = d_{j,i} \quad (3)$$

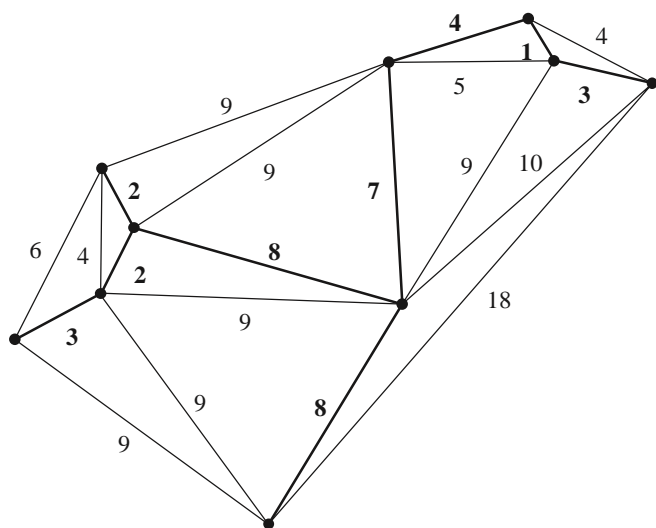
$$d_{i,j} \leq d_{i,k} + d_{k,j} \quad (4)$$

Cabe señalar que no se puede utilizar directamente  $\rho_{ij}$  como una medida de distancia, ya que no cumple los requisitos de una métrica.

Tercero, se construye una matriz de distancias  $D$  con todos los posibles pares de acciones, usando las métricas euclidianas. Y, cuarto, se diseña el *minimal spanning tree* (MST) o árbol minimal que conecta las  $n$  acciones. El MST es la suma más pequeña de  $n - 1$  segmentos que conectan  $n$  puntos o nodos (Kruskal, 1956).

Con relación al MST, este tiene como propósito encontrar un recorrido que una todos los nodos de un grafo y que la suma de los valores de las aristas sea mínima. Para ello se utilizan los algoritmos de Kruskal (1956) o de Prim (1957). Para aplicar estos algoritmos, el grafo debe ser: 1) conexo, 2) no dirigido, es decir, sus nodos o vértices están unidos por aristas y 3) cada arista debe tener un valor no negativo (representativo, por ejemplo, de una distancia, tiempo, costo, beneficio, etapa, etc.). La figura 1 muestra un MST, donde cada punto representa un vértice y cada arista está etiquetada con su peso, que en este caso equivale a una longitud.

Figura 1. Ejemplo de MST



Fuente: Cormen, Leiserson, Rivest y Stein (2001).

Con respecto al algoritmo de Kruskal, es un algoritmo de la teoría de grafos y debe su nombre a Joseph B. Kruskal, que en 1956 descubrió un algoritmo para la resolución del problema del árbol de costo total mínimo o minimal (*minimal spanning tree*). Su objetivo es construir un árbol (un subgrafo sin ciclos) formado por aristas sucesivamente seleccionadas de mínimo peso, a partir de un grafo con pesos en las aristas. La programación del algoritmo de Kruskal considera cuatro pasos: primero, marcar la arista  $a$  con menor valor y agregar a  $A'$  (si hay más de una arista con menor valor, se elige cualquiera de ellas); segundo, entre las aristas restantes, marcar la que tenga menor valor (si hay más de una, se elige cualquiera de ellas y se agrega al árbol o grafo  $T$ ); tercero, repetir el segundo paso, siempre que la arista elegida no forme un ciclo con las aristas ya marcadas; y cuarto, terminar el proceso cuando se tengan todos los vértices o nodos ( $V$ ) del grafo  $T$  en alguna de las aristas marcadas, es decir, cuando se tengan marcadas  $n - 1$  aristas, siendo  $n$  el número de vértices del grafo.

En este estudio, el gráfico que se obtendrá en  $T = (V, A)$ , en forma de un árbol jerárquico, representará la red de las

más importantes conexiones basadas en las correlaciones entre los retornos accionarios. Los vértices o nodos simbolizan acciones, y están conectados por aristas con un peso que representa la métrica euclidiana descrita en la fórmula (1), la cual se relaciona con el coeficiente de correlación entre los retornos de cada par de acciones  $i$  y  $j$ .

Se ha escogido el algoritmo de Kruskal para abordar el objetivo planteado, siguiendo el estudio de Doherty *et al.* (2005). Se han definido como vértices las acciones transadas en la Bolsa de Comercio de Santiago durante el período 2009-2013 y que registran una presencia bursátil anual mayor o igual a 80%. Y se han definido como aristas las rutas que unen las acciones, donde el valor de relación (peso) representa la distancia euclidiana. El MST reflejará la estructura topológica del mercado bursátil chileno en cada año del período 2009-2013.

## Resultados y análisis

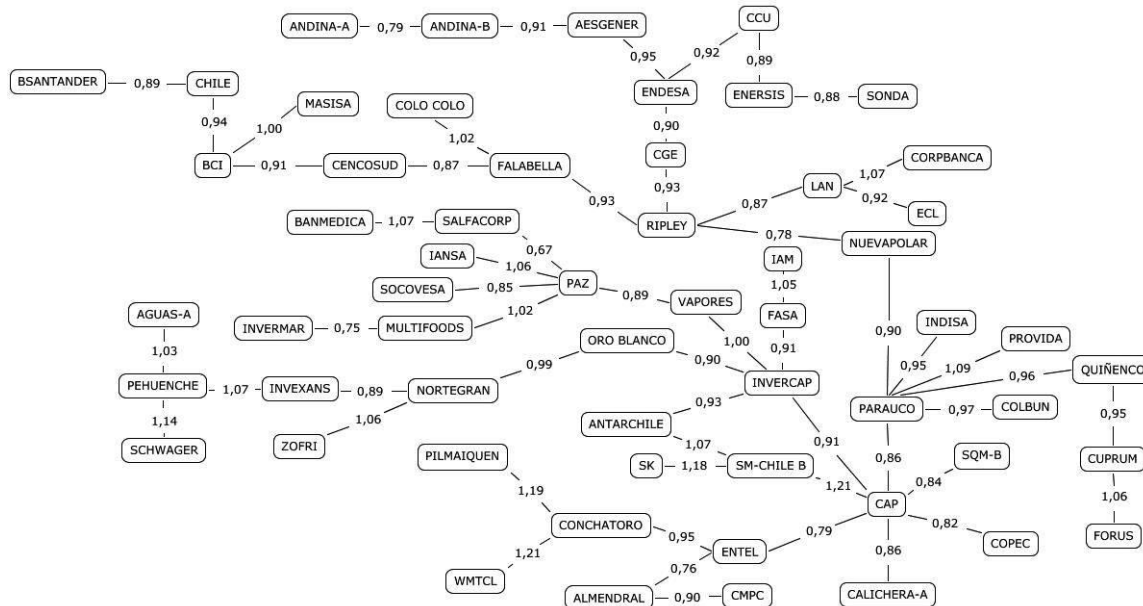
A partir de los precios de cierre semanales de cada año (entre el 2 de enero y el 31 de diciembre) del período 2009-2013, se calcularon los retornos semanales de las acciones transadas en la Bolsa de Comercio de Santiago que registraron una presencia bursátil anual mayor o igual a 80%. Usando los retornos semanales de cada una de las acciones (58 en 2009, 75 en 2010, 66 en 2011, 69 en 2012 y 65 en 2013) se calculó una matriz de coeficientes de correlación ( $\Pi_{ij}$ ) en cada año, para luego calcular las distancias euclidianas entre todos los posibles pares de acciones  $i$  y  $j$  ( $d_{ij}$ ). Con base en la matriz de distancias euclidianas ( $D$ ) se aplicó el algoritmo de Kruskal para construir un grafo conexo, donde las distancias euclidianas se representan por medio de aristas que unen las acciones con menor distancia. Finalmente, a partir del grafo conexo se obtuvo la estructura topológica del mercado bursátil chileno para 2009 (figura 2), 2010 (figura 3), 2011 (figura 4), 2012 (figura 5) y 2013 (figura 6), donde los números en las aristas (pesos) corresponden a las distancias euclidianas.

La figura 2 muestra el mapa topológico del mercado bursátil chileno en 2009 a partir de las 58 acciones con mayor presencia bursátil. El mapa permite identificar clústeres de acciones, acciones líderes (la acción posicionada en el núcleo o en el centro del clúster) y acciones seguidoras. Destacan, en la posición de nodos centrales, las acciones de la Compañía de Acero del Pacífico (CAP), Parque Arauco (Parauco), Paz Corp. (Paz), Invercap y Ripley. Se observa una menor distancia entre acciones de empresas pertenecientes a un mismo sector económico, como Cencosud, Falabella, Ripley y Nuevapolar (sector *retail*);

Salfacorp, Paz y Socovesa (sector inmobiliario); Aesgener, Endesa y CGE (sector de servicios públicos); y Banco de Crédito e Inversiones (BCI), Banco de Chile (Chile) y Banco Santander-Chile

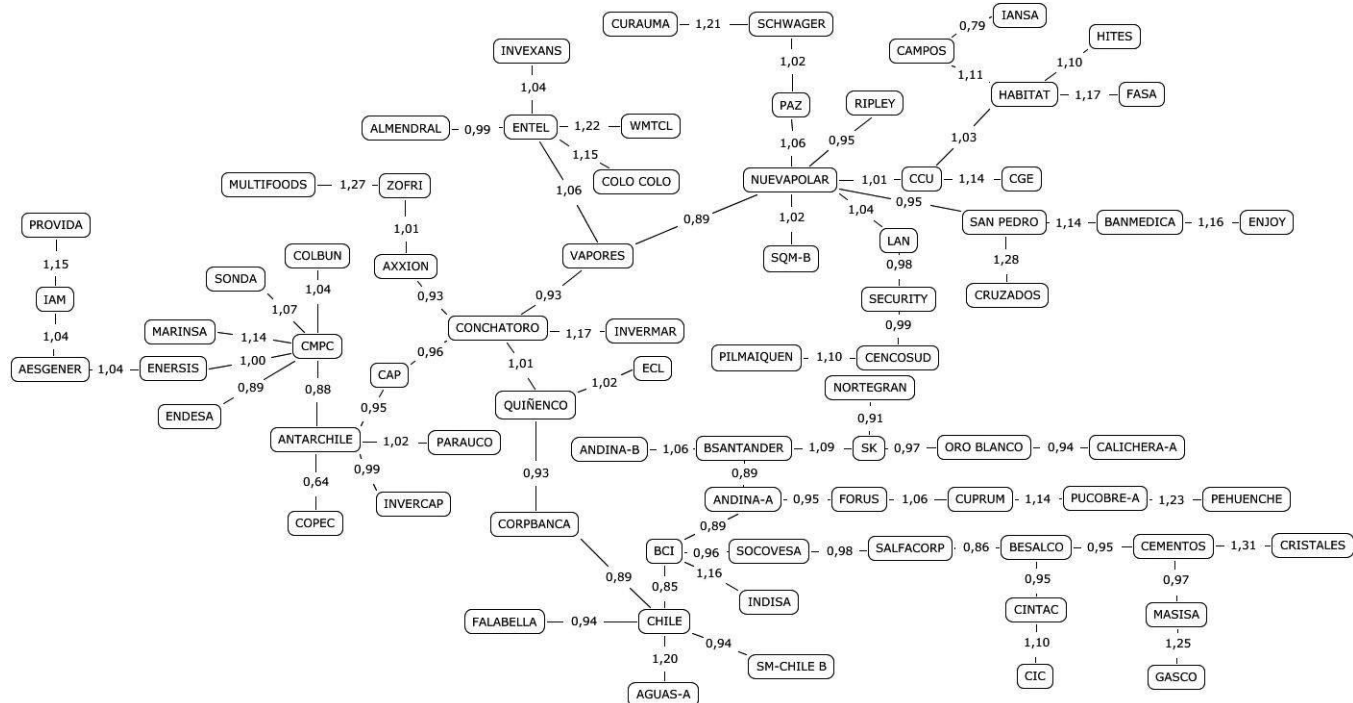
(BSantander), del sector financiero<sup>1</sup>. Pero también se observan clústeres o grupos compuestos por acciones de diferentes sectores económicos, como es el caso del clúster for-

**Figura 2. MST, estructura topológica del mercado bursátil de Chile (2009), considerando las 58 acciones con mayor presencia bursátil (mayor o igual a 80%)**



Fuente: elaboración propia.

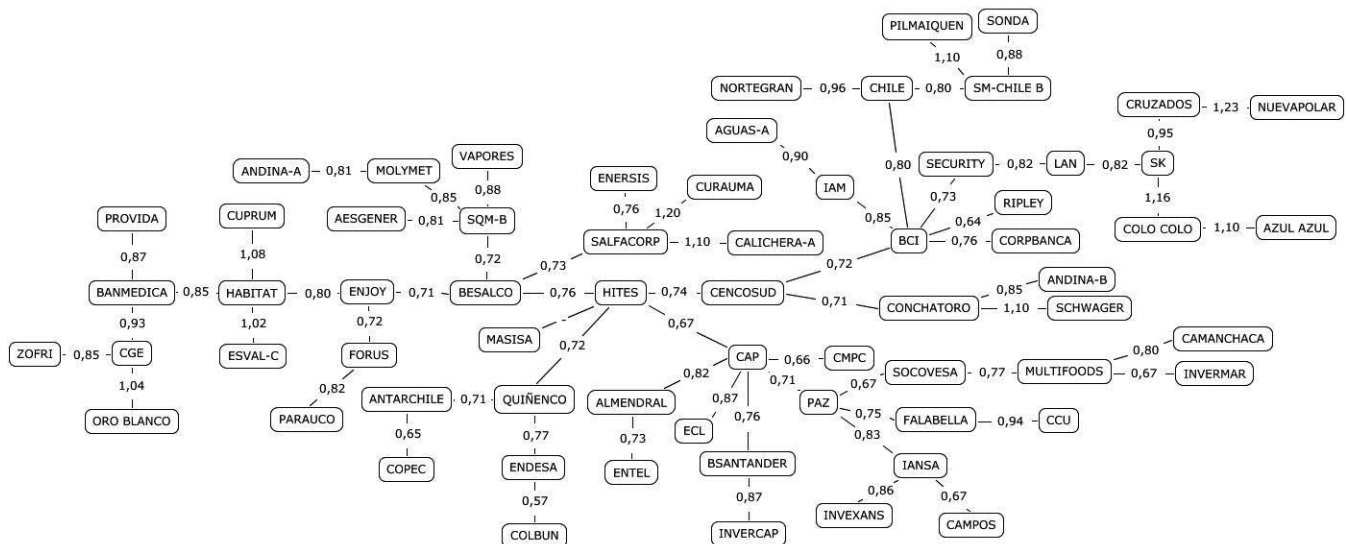
**Figura 3. MST, estructura topológica del mercado bursátil de Chile (2010), considerando las 75 acciones con mayor presencia bursátil (mayor o igual a 80%)**



<sup>1</sup> La clasificación industrial corresponde al *North American Industry Classification System* (NAICS), usando dos dígitos.

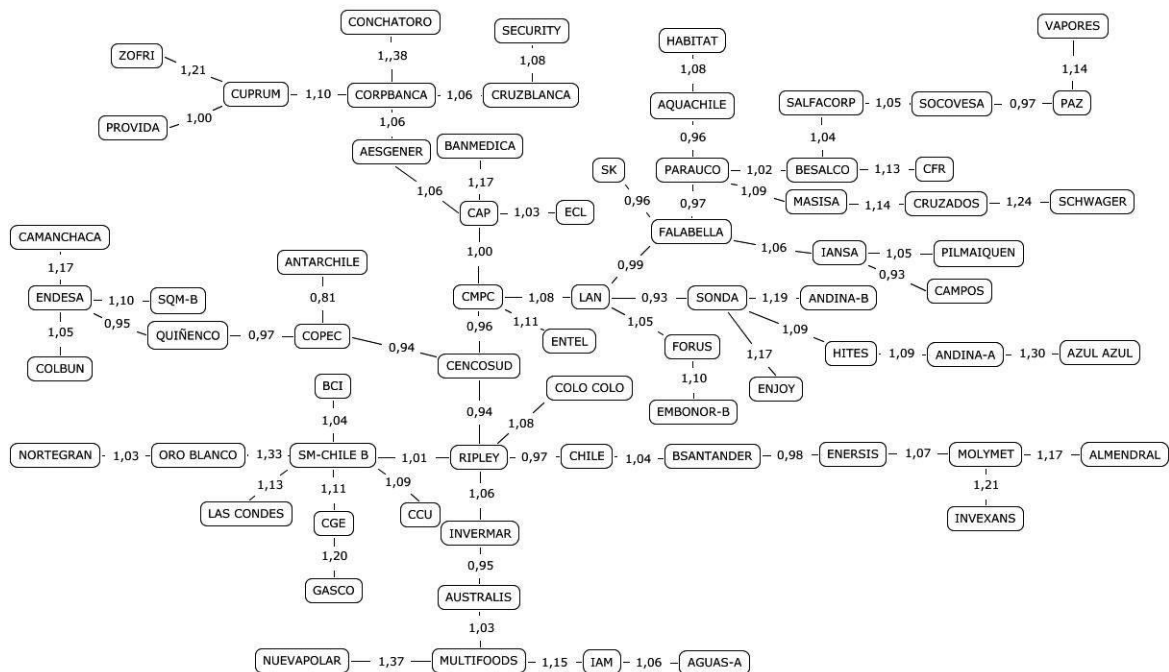
Fuente: elaboración propia.

**Figura 4. MST, estructura topológica del mercado bursátil de Chile (2011), considerando las 66 acciones con mayor presencia bursátil (mayor o igual a 80%)**



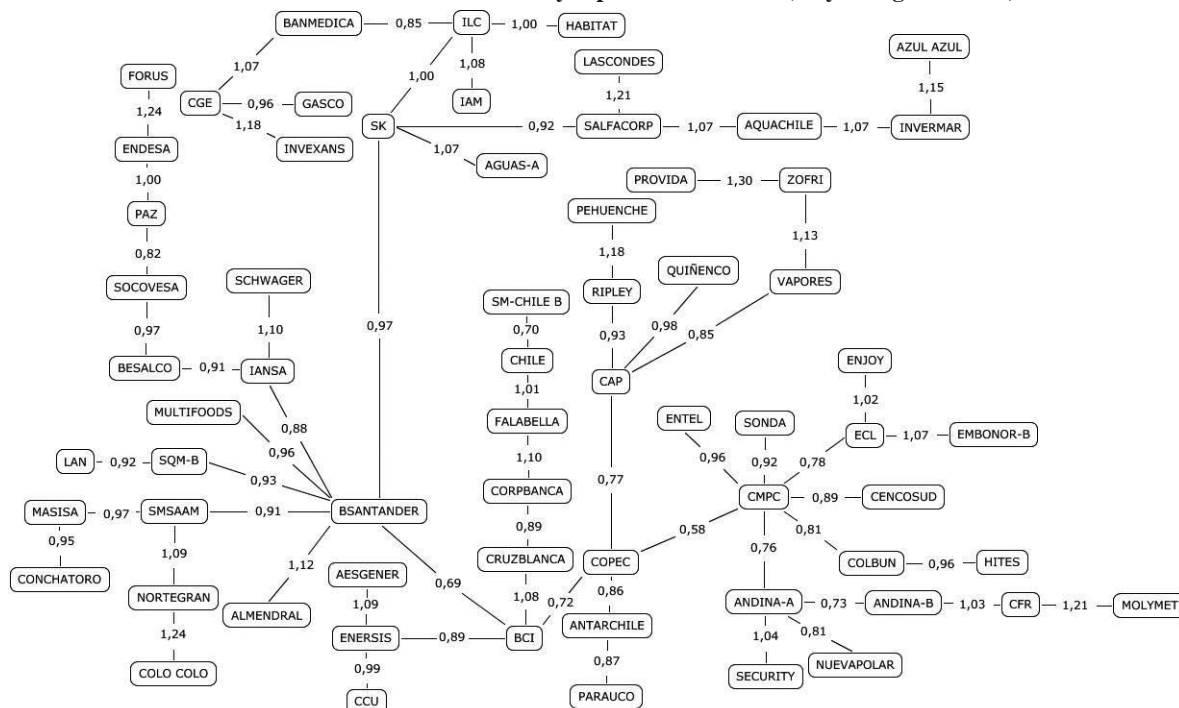
Fuente: elaboración propia.

**Figura 5. MST, estructura topológica del mercado bursátil de Chile (2012), considerando las 69 acciones con mayor presencia bursátil (mayor o igual a 80%)**



Fuente: elaboración propia.

**Figura 6. MST, estructura topológica del mercado bursátil de Chile (2013), considerando las 65 acciones con mayor presencia bursátil (mayor o igual a 80%)**



Fuente: elaboración propia.

**Tabla 2. Matriz de correlaciones para un clúster formado en 2009.**

Matriz de coeficientes de correlación para un clúster formado por acciones de empresas de diferentes sectores económicos, formado en 2009. El clúster está formado por las acciones de CAP, Parauco, SQM-B, Copec, Calichera-A, Entel, SM-Chile B e Invercap

	CAP	Parauco	SQM-B	Copec	Calichera-A	Entel	SM-Chile B	Invercap
CAP	1,00	0,63	0,65	0,67	0,63	0,69	0,26	0,59
Parauco	0,63	1,00	0,48	0,60	0,61	0,60	0,25	0,46
SQM-B	0,65	0,48	1,00	0,56	0,63	0,54	0,18	0,57
Copec	0,67	0,60	0,56	1,00	0,48	0,53	0,38	0,52
Calichera-A	0,63	0,61	0,63	0,48	1,00	0,50	0,19	0,55
Entel	0,69	0,60	0,54	0,53	0,50	1,00	0,36	0,38
SM-Chile B	0,26	0,25	0,18	0,38	0,19	0,36	1,00	0,24
Invercap	0,59	0,46	0,57	0,52	0,55	0,38	0,24	1,00

Fuente: elaboración propia.

mado por la CAP (manufactura), Parauco (inmobiliario), Sqm-B (minería), Copec (retail), Calichera-A (financiero), Entel (telecomunicaciones), SM-Chile B (financiero) e Invercap (inversiones). Esto implica que, para diversificar el riesgo de un portfolio de inversión, no basta con invertir en

acciones de diferentes sectores —ya que aún en este caso los retornos podrían comportarse de manera similar ante un mismo escenario económico—, sino que es necesario analizar la correlación entre los retornos de cada par de acciones, tal como lo plantea la teoría financiera. La tabla 2 muestra la matriz de correlaciones para las acciones de este clúster: las

correlaciones son positivas y alcanzan un máximo de 0,69.

En la figura 3 se puede apreciar el mapa topológico para 2010 a partir de las 75 acciones con mayor presencia bursátil. Destacan, en la posición de nodos centrales, las acciones de Nuevapolar, Compañía Manufacturera de Papeles y Cartones (CMPC), Entel, Conchatoro, Antarchile y Chile, donde el mayor clúster se presenta en torno a Nuevapolar.

En la figura 4 se observa el mapa topológico correspondiente al 2011 a partir de las 66 acciones con mayor presencia bursátil. Destacan las acciones de CAP, BCI e Hites. Las dos primeras constituyen el nodo central de los dos mayores clústeres.

La figura 5 muestra el mapa topológico del mercado bursátil chileno en 2012 a partir de las 69 acciones con mayor presencia bursátil. Destacan, en la posición de nodos centrales, las acciones de SM-Chile B y Ripley.

La figura 6 corresponde al 2013. De acuerdo con los resultados, el nodo central del mercado bursátil chileno en 2013 sería la acción de BSantander. También se observan nodos secundarios importantes: la acción de CMPC, Ingeniería y Construcción Sigdo Koppers (SK), BCI, CAP, Embotelladora Andina (Andina-A) y Copec. Estos nodos resultan relevantes, ya que, a partir de ellos, se podría monitorear y pronosticar el comportamiento futuro de los retornos de las acciones que se sitúan alrededor.

Finalmente, se aprecia que hay varios sectores que se revelan visualmente y de forma automática, lo que plantea la posibilidad de analizar el porqué de estos agrupamientos, más allá de las métricas de distancia y de correlación, teniendo en consideración el sector o industria y los grupos económicos propietarios de las compañías. Los mapas también evidencian una aparente inestabilidad en la estructura topológica del mercado bursátil chileno, la que se modifica entre un año y otro, exigiendo mayores actividades de monitoreo. No obstante, se muestra que es posible modelar la estructura topológica de un mercado bursátil para la identificación de clústeres y acciones líderes, y para el desarrollo de una representación gráfica de las relaciones de dependencia mutua en un mercado accionario.

### **Implicancias de la investigación**

El estudio permite identificar clústeres, acciones líderes y acciones seguidoras en el mercado bursátil chileno, en el contexto de las acciones más transadas. Esta información podría ser utilizada, por una parte, para monitorear el comportamiento del mercado bursátil y, por otra, para elaborar modelos predictivos. Con respecto a esto último, el uso de herramientas de análisis técnico bursátil o la elaboración de modelos para predecir las variaciones (o el signo de las variaciones) del precio de una acción líder podría

ser útil para diseñar estrategias de *trading*. Lo anterior podría ser relevante para la gestión de portafolios de inversión, ya que al identificar clústeres y acciones líderes (el núcleo del clúster) y predecir el comportamiento de estas últimas, se podrían pronosticar los movimientos futuros de las acciones seguidoras, para luego diseñar estrategias de *trading* con el objetivo final de gestionar el retorno esperado y el riesgo de un fondo de inversión.

### **Conclusiones**

Este estudio diseña una representación gráfica del mercado bursátil chileno para 2009-2013, utilizando una estructura topológica con el algoritmo de Kruskal basado en la teoría de grafos. Para esto se usan precios de cierre semanales de las acciones transadas en la Bolsa de Comercio de Santiago que registran una presencia bursátil anual mayor o igual a 80%. Usando los retornos semanales de cada una de las acciones, se calculó una matriz de distancias euclidianas ( $D$ ) con todos los posibles pares de acciones  $i$  y  $j$  ( $d_{i,j}$ ). Con base en la matriz se aplicó el algoritmo de Kruskal para construir un grafo conexo y, a partir de este, se obtuvo la estructura topológica. De acuerdo con los resultados, en 2009 se observa una menor distancia entre acciones de empresas pertenecientes a un mismo sector económico, pero también se observan clústeres o grupos compuestos por acciones que pertenecen a diferentes sectores. Esto podría significar que, para diversificar el riesgo de un portafolio de inversión, no basta con invertir en acciones de diversos sectores, ya que aún en este caso los retornos podrían comportarse de manera similar ante un mismo escenario económico, por lo que es necesario analizar la correlación entre los retornos accionarios. El nodo central del mercado bursátil chileno durante 2013 sería la acción del Banco Santander-Chile (BSantander), la que se sitúa en una zona central, enlazando a un gran número de acciones pertenecientes a diversos sectores de la economía del país. Los mapas topológicos diseñados para 2009-2013 también evidencian una aparente inestabilidad en la estructura topológica del mercado bursátil chileno, la que se modifica entre un año y otro, exigiendo mayores actividades de monitoreo para identificar clústeres, acciones líderes y acciones seguidoras.

Se espera que el uso de una estructura topológica para modelar el mercado bursátil contribuya a una mayor comprensión acerca de la dependencia mutua en el comportamiento de las acciones. Además, la identificación de acciones líderes y seguidoras podría ser útil para diseñar estrategias de *trading*. Así, la estructura topológica podría constituirse en una herramienta útil para la gestión de portafolios de inversión.



## Referencias

- Cormen, T., Leiserson, C., Rivest, R., & Stein, C. (2001). The algorithms of Kruskal and Prim. In M. P. and McGraw-Hill (Ed.), *Introduction to algorithms*, second edition (pp. 567-574).
- Cupal, M., Deev, O., & Linnertová, D. (2012). Network structures of the European stock markets. *Physica A*, 382, 199-208.
- Keskin, M., Deviren, B., & Kocakaplan, Y. (2011). Topology of the correlation networks among major currencies using hierarchical structure methods. *Physica A*, 382, 199-208.
- Kruskal, J. B. (1956). On the shortest spanning subtree of a graph and the travelling salesman problem. *Proceedings of the American Mathematical Society*, 2, 48-50.
- Mizuno, T., Takayasu, H., & Takayasu, M. (2006). Correlation networks among currencies. *Physica A*, 364, 336-342.
- Proceedings of 30<sup>th</sup> International Conference Mathematical Methods in Economics, pp. 79-84.
- Doherty, K. A. J., Adams, R. G., Davey, N., & Pensuwon, W. (2005). Hierarchical topological clustering learns stock market sectors. ICSC. Congress on Computational Intelligence Methods and Applications.
- Naylor, M. J., Rose, L. C., & Moyle, B. J. (2007). Topology of foreign exchange markets using hierarchical structure methods. *Physica A*, 390, 719-730.
- Prim, R. C. (1957). Shortest connection networks and generalizations. *Proceedings of the American Mathematical Society*, 36, 1389-1401.