

# **CORRELACIONES MÉTRICAS ENTRE SERIES STOCKS DEL MERCADO DE VALORES DE COLOMBIA**

Trabajo final presentado por:

**ESNEIDER FERNANDO RAMIREZ MORALES**

CÓDIGO: 1520020209

Asesor: Prof. Andy Rafael Domínguez Monterroza



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA POLITECNICO GRANCOLOMBIANO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS

ESPECIALIZACION EN MATEMÁTICA APLICADA

BOGOTÁ D.C. 2017

## CONTENIDO

|                           |      |
|---------------------------|------|
| 1. RESUMEN .....          | 3    |
| 2. OBJETIVO GENERAL ..... | 3    |
| 3. INTRODUCCIÓN .....     | 4    |
| 4. METODOLOGÍA .....      | 5    |
| 5. DATOS .....            | 6    |
| 6. RESULTADOS .....       | 8-11 |
| 7. DISCUSIÓN .....        | 12   |
| 8. CONCLUSIONES .....     | 13   |
| 9. BIBLIOGRAFÍA .....     | 14   |

## **1. RESUMEN**

Los mercados financieros son definidos como sistemas complejos, puesto que la interacción de los agentes que lo constituyen hace que emerjan dinámicas complejas. Una herramienta de análisis reciente para estudiar las interacciones de los activos de los mercados proviene de la física de sistemas complejos. El concepto de matriz de distancia propuesto por Rafael Mantegna en [1], se basa en una métrica derivada a partir de una matriz de correlación que permite estudiar las interacciones y la estructura de las correlaciones de un conjunto de series stocks dentro de un mercado financiero. En esta investigación se extiende tal concepto para las principales acciones que determinan la dinámica del mercado de valores de Colombia. Los resultados revelan la estructura de las interacciones de dinámica anual del mercado de Colombia para los años comprendido entre 2011 a 2014.

## **2. OBJETIVO GENERAL**

Estimar el grado de interacción métrica entre series de activos financieros del mercado de valores de Colombia entre los años 2011 a 2014 haciendo uso del concepto de matriz métrica de distancia.

### 3. INTRODUCCIÓN

Los mercados financieros son concebidos como sistemas complejos. Son sistemas en donde agentes, compañías y entes reguladores interactúan haciendo que dinámicas complejas den lugar. El precio de un activo de una empresa puede estar influido por otro o por una lista de compañías, como de otros factores exógenos (condiciones meteorológicas, decisiones políticas, etc). Investigadores desde diversas disciplinas, incluidos matemáticos y físicos teóricos, se han interesado por estudiar los mercados financieros haciendo uso de modelos analógicos venidos de la física (Econofísica), concibiendo muchas veces las dinámicas subyacentes como interacciones y relaciones, estudiar la estructura. Desde el trabajo pionero en el área, Mantegna R. [1], propone que la relación entre activos sea estudiada en términos de correlaciones de las series de retornos logarítmicos a través de una red o un grafo no dirigido con un número finito de nodos, permitiendo cuantificar el grado de sincronización de un activo con otro a través del concepto de una métrica, la distancia entre el precio de un activo y otro en un mismo registro temporal.

Estos métodos provenientes de la física teórica, y desde el área denominada Econofísica, se han propuestos para caracterizar y describir sistemas complejos en el área de la Economía y Finanzas. En tal dirección el método propuesto por Mantegna R. [1] para estudiar la estructura y el nivel o jerarquización de las correlaciones entre elementos constitutivos de sistemas complejos se fundamenta en una matriz de distancias entre dos activos o *stocks* de un mercado financiero. Este método derivado de la física es útil para extraer información útil sobre la interacción, correlación y jerarquía de un sistema a través de la construcción de una

matriz de distancia derivada de la matriz de correlación de las acciones que conforman el mercado.

#### 4. METODOLOGÍA

El método para determinar la distancia entre dos activos fue propuesto originariamente por Rafael Mantegna [1] y se puede resumir en los siguientes pasos:

- (i) Supongáse una serie temporale  $x(i)$  ( $i: 1, 2, \dots, N$ ) donde  $N$  es la longitud de la serie para un periodo de tiempo. Para la serie calculamos el retorno logarírmico diario:

$$r_i(t) = \left[ \log \frac{x(t+1)}{x(t)} \right] \quad (1)$$

- (ii) Se construye una matriz de correlación  $C_{ij} = (c_{ij})$  de tamaño  $N \times N$  donde los coeficientes de correlación entre el activo  $i$  y  $j$  es calculado mediante:

$$c_{ij} = \frac{\langle r_i r_j \rangle - \langle r_i \rangle \langle r_j \rangle}{\sqrt{(\langle r_i^2 \rangle - \langle r_i \rangle^2)(\langle r_j^2 \rangle - \langle r_j \rangle^2)}} \quad (2)$$

donde  $\langle r_i \rangle$  indica la media sobre  $r_i(t)$  para todo  $t$ . El valor de  $c_{ij}$  indica la fuerza de la relación lineal entre el activo  $i$  y  $j$ . En particular se dice que  $i$  y  $j$  están completamente correlacionado(anti-correlacionado)  $c_{ij} = 1$  ( $-1$ ) o no correlacionado si  $c_{ij} = 0$

- (iii) Se construye una matriz de distancia  $D_{ij} = (d_{ij})$  a partir de  $C_{ij}$  el coeficiente de correlación  $c_{ij}$  en una distancia  $d_{ij}$  dada por la siguiente ecuación:

$$d_{ij} = \sqrt{2(1 - c_{ij})} \quad (3)$$

## 5. DATOS

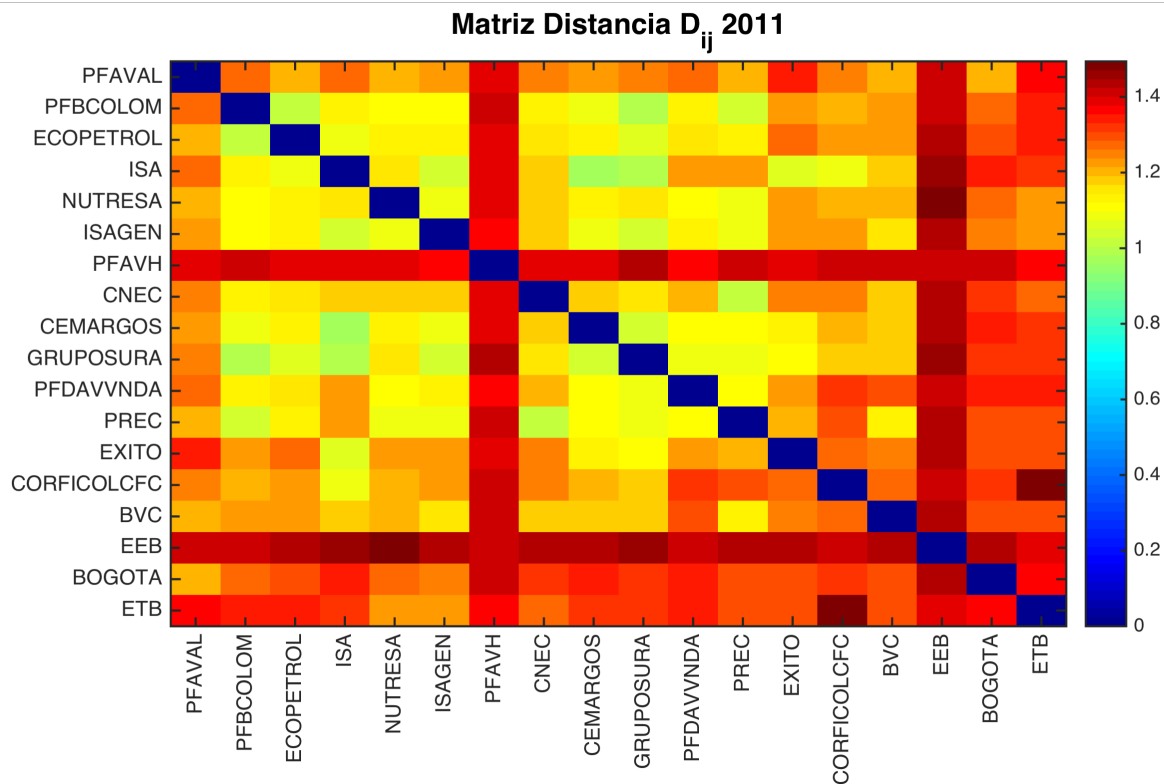
En este trabajo se analizan series financieras del mercado de valores de Colombia. Estas series no han sido objeto de análisis desde la perspectiva Econofísica, de allí nuestro interés. Los registros históricos de las series analizadas fueron obtenidos a través de la Bolsa de Valores de Colombia BVC, disponibles en [www.bvc.com.co](http://www.bvc.com.co). En este trabajo se analizan las principales acciones del mercado en términos del ranking de mayor bursatilidad y capitalización que emite BVC trimestral. En la tabla siguiente se muestra las principales compañías que han liderado tal ranking en el periodo comprendido entre enero del 2011 a diciembre 2014, para un total de 976 registros en resolución diaria.

| <b>Compañía</b>                   | <b>Símbolo en BVC</b> | <b>Sector</b>           |
|-----------------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Ecopetrol                         | ECOPETROL             | Energía (petrolera)     |
| Bancolombia                       | PFBCOLOM              | Financiera              |
| Grupo Aval                        | PFAVAL                | Financiera              |
| Almacenes Éxito                   | EXITO                 | Comercio                |
| Grupo Sura                        | GRUPOSURA             | Financiera              |
| Camacol Energy                    | CNEC                  | Energía(Petróleo y Gas) |
| ISA                               | ISA                   | Energía (Eléctrica)     |
| Nutresa                           | NUTRESA               | Alimentos               |
| Isagen                            | ISAGEN                | Energía (Eléctrica)     |
| Avianca Holding                   | PFAVH                 | Aviación                |
| Cementos Argos                    | CEMARGOS              | Construcción            |
| Banco Davivienda                  | PFDVVNDA              | Financiera              |
| Pacific Rubiales                  | PREC                  | Energía(Petróleo)       |
| Corficolombiana                   | CORFICOLCFC           | Financiera              |
| Bolsa de Valores Col.             | BVC                   | Financiera              |
| Empresa Energía de Bogotá         | EEB                   | Energía (Eléctrica)     |
| Banco de Bogotá                   | BOGOTA                | Financiera              |
| Empresa Telecomunicaciones Bogotá | ETB                   | Comunicaciones          |

Tabla 1: Compañías principales de BVC.

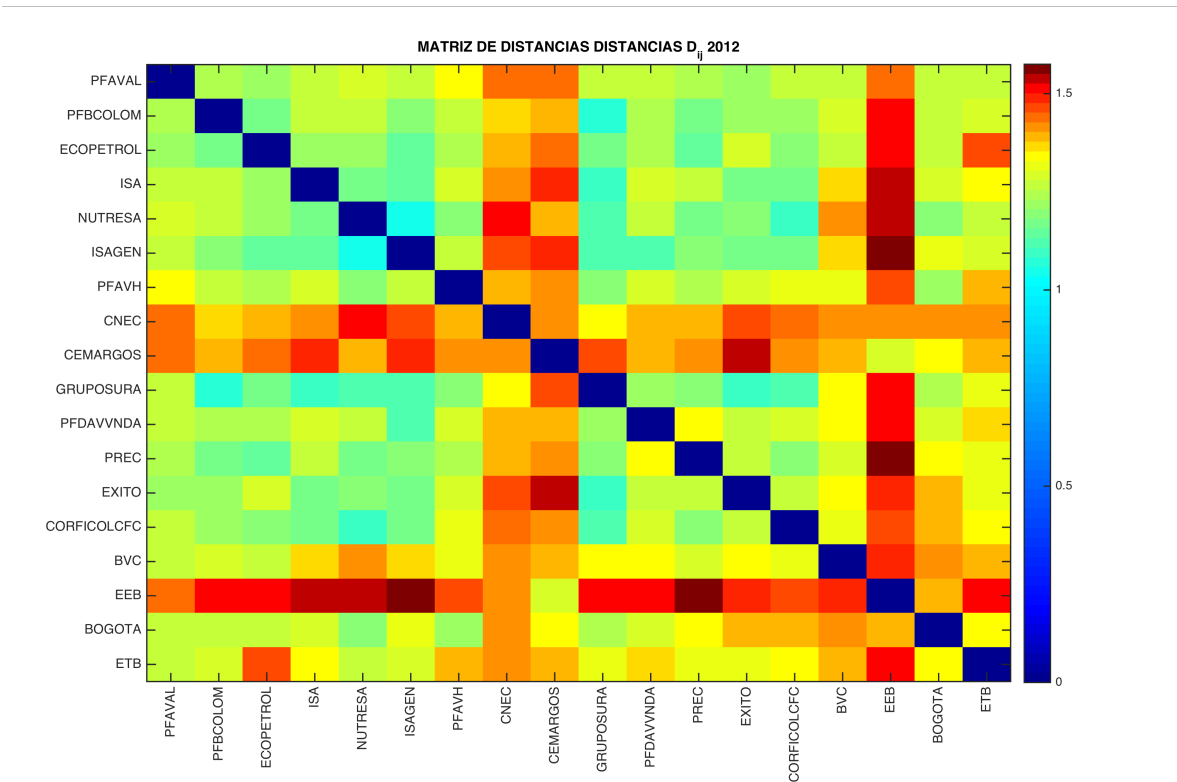
## 6. RESULTADOS

El anterior método se extendió a las 18 principales series del mercado de valores de Colombia entre 2011 a 2014. Estamos interesados en estudiar la estructura del mercado, por lo que se estudio por cada año para visualizar la evolución de la estrucutra y las distancias entre los activos de mayor capitalización y bursatilidad de la BVC. Los resultados por años se muestran en las siguientes gráficas. Los símbolos en los ejes de las figuras de la matriz son las denominaciones oficiales para cada una de las 18 principales compañías que cotizan en la Bolsa de Valores de Colombia (ver tabla 1).

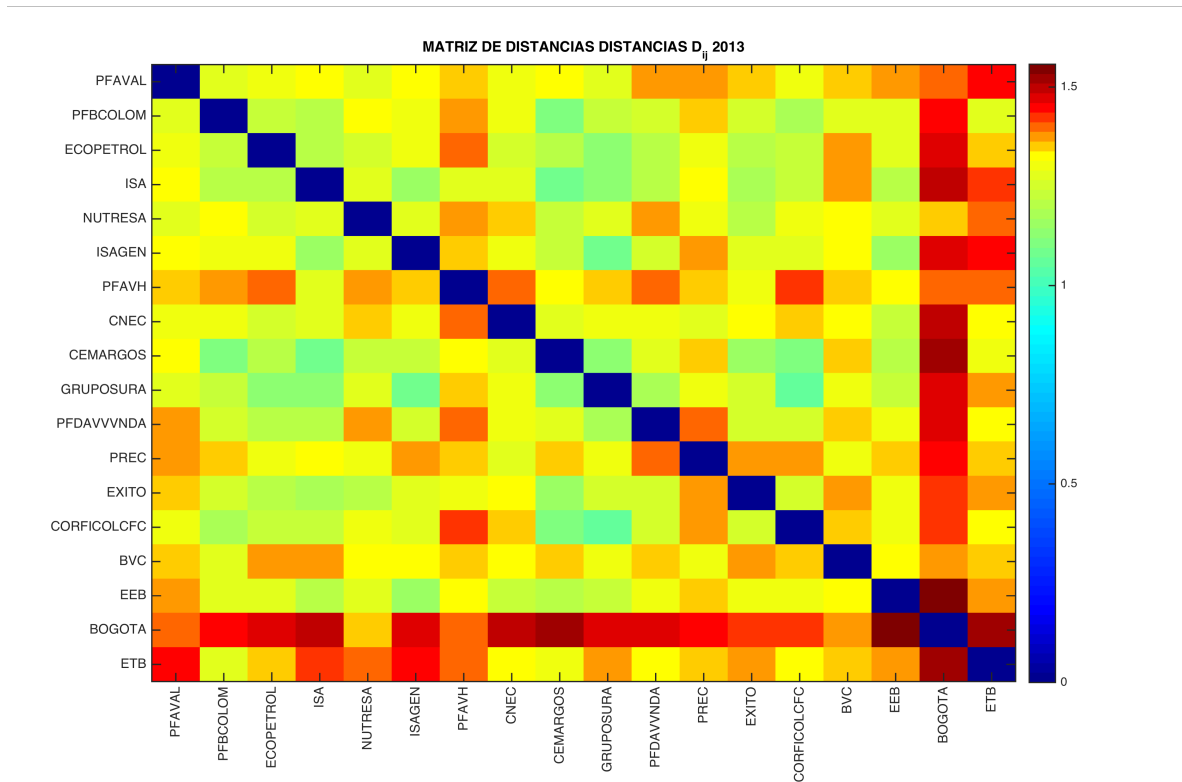


**Figura 1:** Matriz Métrica  $d_{ij}$  de distancia entre las principales compañía de la BVC para el año 2011

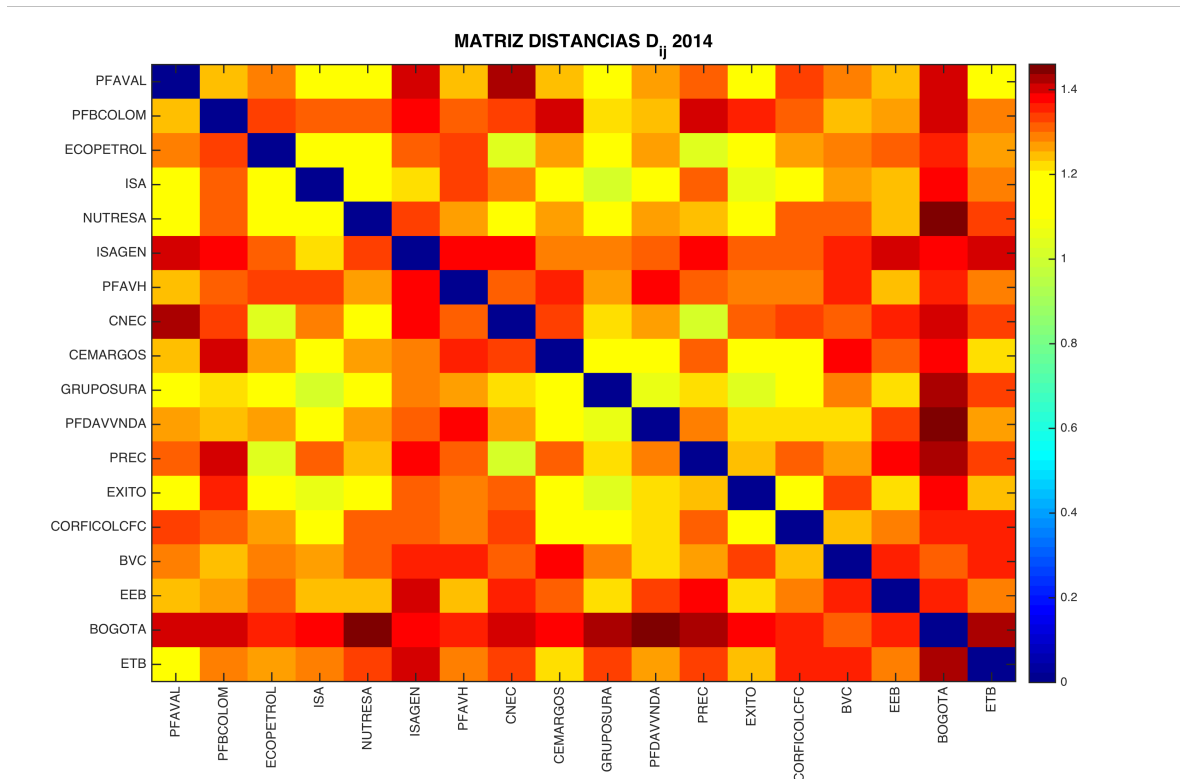




**Figura 2:** Matriz Métrica  $d_{ij}$  de distancia entre las principales compañía de la BVC para el año 2012



**Figura 3:** Matriz Métrica  $d_{ij}$  de distancia entre las principales compañía de la BVC para el año 2013



**Figura 4:** Matriz Métrica  $d_{ij}$  de distancia entre las principales compañías de la BVC para el año 2014

La matriz permite estimar las interacciones a lo largo de cada año, y analizar la variación de la estructura, y revelar características de la misma dinámica compleja del mercado. Es una herramienta útil que podría contribuir como un complemento analítico en la toma de decisiones visto en la perspectiva posible de un sistema monitoreo en tiempo real del mercado.

## 7. DISCUSIÓN

Se ha estudiado la estructura del mercado a través de la definición de Matriz de Distancia [1]. Se estudiaron las series por cada año (de 2011 a 2014) para visualizar la evolución de la estructura y las distancias entre los activos de mayor capitalización y bursatilidad de la BVC. De las figuras anteriores se deriva que para cada año analizado una estructura de correlación diferente se revela, y por tanto las distancias entre stocks para cada uno de estos años presenta un comportamiento distinto. Cada año tiene una dinámica particular, y en cada uno prevalecen correlaciones significativas (distancias cortas) y no significativas (distancias lejanas). Se observa que para ninguno de los años estudiados no se alcanza valores de distancia próximos a 2, es decir distancia máxima (los mayores valores están en el rango de 1.6) lo que sugiere que las series de stocks en Colombia no presentan altos valores de correlación negativa o inversa. Para el año 2011 las distancias más cortas se encuentran 0.8 a 1.0 y corresponden al par de activos Grupo Sura y Bancolombia, así como entre ISAGEN e ISA, Cemargos e ISA, lo que indican correlaciones significativas entre cada par de estos activos. Se observa que en el año 2013 muchos activos presentan distancias entre ellos de 0.7 a 1.3 (frangas color verde en el gráfico), lo que lleva a correlaciones cercanas al 50 %, mientras que el año 2014 presenta distancias cercanas a 1.42, lo que sugiere que este año hubo débil interacción, dado por la poca correlación entre los activos.

## 8. CONCLUSIONES

La matriz de distancias permite estimar las interacciones a lo largo de cada año, revelando cómo varia la estructura de las correlaciones y las distancias entre activos(sincronización). Así mismo ofrece elementos interpretativos a la dinámica compleja del mercado.

La herramienta empleada ofrece nuevos elementos de análisis, que como un complemento analítico podrían apoyar la toma de decisiones visto en la perspectiva posible de un sistema de monitoreo en tiempo real del mercado y en la definición de portafolios óptimos de inversión basada en las interacciones internas que presentan las series de los activos en tiempo sincrónico.

A partir de la matriz de distancia es posible mapear la estructura del mercado a través de un grafo que revele las conexiones o interacciones más fuertes (grafo de distancias mínimos), tal como lo sigue Mantegna [1], haciendo uso del algoritmo *Minimum Spanning Tree MST* (trabajo futuro). El grafo o red financiero de activos permitiría estudiar la evolución de la estructura topológica del mercado año a año y capturar rasgos de la estructura compleja misma del mercado.

La Econofísica es un área activa, de nuevas perspectivas en el ámbito económico y financiero, ofreciendo una interesante proyección dentro del estudio de sistemas complejos, así como un campo nuevo en términos de investigación y del ejercicio

laboral de especialistas de la matemática aplicada, físicos, economistas y demás interesados en las problemáticas amplias que aborda.

## **9. BIBLIOGRAFÍA PRINCIPAL**

[1] Mantegna R. (2001) Hierarchical structure in financial markets, *The European Physical Journal B* 11, 193–197. <http://dx.doi.org/10.1007/s100510050929>