

Aplicación de ForceAtlas2, un algoritmo de diseño gráfico continuo, para el estudio de las élites¹

Bastián González-Bustamante²

University of Oxford

✉ bastian.gonzalezbustamante@politics.ox.ac.uk

Carla Cisternas³

Universidad de Santiago de Chile

✉ carla.cisternas@usach.cl

Resumen: Este documento de trabajo prueba un algoritmo alterativo para los períodos legislativos analizados por González-Bustamante y Cisternas (2016) en Chile entre 1990 y 2014. Se utiliza específicamente ForceAtlas2, el cual es un algoritmo de diseño gráfico continuo desarrollado por Jacomy et al. (2013) basado en un diseño dirigido por fuerza. Se analiza la composición social, militancia y los antecedentes educativos para identificar el nivel de homogeneidad en cada legislatura.

Applying ForceAtlas2, a Continuous Graph Layout Algorithm, to the Elites Study

Abstract: This working paper tests an alternative algorithm for the legislative periods analysed by González-Bustamante and Cisternas (2016) in Chile between 1990 and 2014. Specifically, ForceAtlas2 is used, which is a continuous graph layout algorithm developed by Jacomy et al. (2013) based on a force-directed design. The social composition, partisanship and educational background are analysed in order to identify the level of homogeneity in each legislature.

Introducción⁴

En González-Bustamante y Cisternas (2016) se analizó la composición social de las élites políticas en el poder legislativo chileno, específicamente en la Cámara de Diputados durante el período 1990-2014. En aquel artículo se abordaron las características personales y las tasas de reelección de todos los diputados que ejercieron durante aquellos años ($n = 720$). Además, con indicadores simples, análisis de clúster y Análisis de Redes Sociales (*Social Network Analysis*, SNA), se midió el grado de homogeneidad y el trasfondo educacional de las seis legislaturas del período. Los hallazgos evidenciaron que la com-

¹ Este trabajo es una versión revisada de la ponencia presentada en el simposio “Élites político-administrativas: Delineando una agenda de investigación” organizado en la Universidad de Santiago de Chile en noviembre de 2018.

² PRS DPhil in Politics, Department of Politics and International Relations and St Hilda’s College, University of Oxford. Profesor Instructor, Departamento de Gestión y Políticas Públicas, Facultad de Administración y Economía, Universidad de Santiago de Chile.

³ Asistente de Investigación, Departamento de Gestión y Políticas Públicas, Facultad de Administración y Economía, Universidad de Santiago de Chile.

Palabras clave: Élites; capital político, carreras legislativas; Análisis de Redes Sociales; Chile.

Keywords: Elites; political capital, legislative careers; Social Network Analysis; Chile.

⁴ Esta investigación fue parcialmente financiada por los proyectos ANID/FONDECYT/1130054 y USA1498.37 de la Universidad de Santiago de Chile.

posición social de las legislaturas fue más homogénea y, por tanto, existieron redes más densas, mientras más antigua fuese la legislatura. En otras palabras, mientras más cerca de la transición democrática de fines de la década de 1980, mayor homogeneidad social tenían las legislaturas⁵.

En términos metodológicos se utilizó Hirschman-Herfindahl index (HHI), tradicionalmente usado para medir concentraciones de mercado, con el objetivo de evaluar la homogeneidad del trasfondo educacional en las distintas legislaturas⁶. Esto se complementó con análisis de clúster con un algoritmo *K-means clustering* o de agrupamiento no jerárquico, en línea con los análisis de González-Bustamante y Olivares (2015) sobre subsecretarios chilenos entre 1990 y 2014. Se trabajó específicamente con Caliński-Harabasz index con método Hellinger para determinar el número de clústeres. Para esto se utilizaron características individuales de los diputados como sexo, militancia y variables relacionadas con su trasfondo educacional.

Aquellas variables también se utilizaron para un SNA, el cual permite identificar interrelaciones y vínculos en un grupo determinado (Friedkin, 1981; Hanneman y Riddle, 2005; Wasserman y Faust, 1994). Se utilizó el algoritmo Fruchterman y Reingold (1991), una modificación del modelo *spring-embedder* de Eades (1984), donde se asimila el grafo a un sistema de partículas de masa en el cual los *nodos* son las partículas y los *edges* o vínculos operan como resortes de repulsión⁷.

En este contexto, tal como se indica en González-Bustamante (2020) y Olivares et al. (2020), si bien el SNA aplicado al estudio de las élites políticas tiene diversas potencialidades, pueden existir algunos problemas cuando se basa en la idea de que los atributos se cristalizan en perspectivas ideológicas u ontológicas. Esto porque el concepto de cristalización se asocia, por ejemplo, al *habitus* de Bourdieu (1980), por tanto, opera una estructura estructurante que se transforma en redes de cooperación. Sin embargo, puede ser que el vínculo no exista o que la relación sea conflictiva. Por otra parte, cuando se trabaja desde una perspectiva relacional, pueden existir problemas de deseabilidad social.

Este documento de trabajo evalúa un algoritmo alternativo para las legislaturas analizadas por González-Bustamante y Cisternas (2016). Específicamente se utiliza ForceAtlas2, un algoritmo de diseño gráfico continuo desarrollado por Jacomy et al. (2014) con base en un diseño dirigido por fuerza (*force-directed*). Si bien el algoritmo Fruchterman y Reingold (1991) también es dirigido por fuerza, los modelos de energía varían ya que cada algoritmo se basa en fórmulas diferentes para la fuerza de atracción y de repulsión.

Este documento se estructura en tres apartados. Primero, un apartado metodológico que detalla los datos y algoritmos usados. Segundo, los principales resultados de la aplicación de ForceAtlas2. Finalmente, un breve resumen de los principales hallazgos y líneas futuras de investigación.

⁵ Para una reflexión teórica sobre élites políticas y poder legislativo véase el artículo original.

⁶ Joignant (2014) utilizó el HHI para evaluar la concentración de la parentela política en las elecciones de 2013.

⁷ La metáfora clásica de Eades (1984) indicaba que para diseñar un gráfico se debía reemplazar los vértices (*nodos*) por anillos de acero y los vínculos (*edges*) por un resorte para formar un sistema mecánico. Los vértices se colocan en un diseño inicial que se deja en libertad para que las fuerzas de los anillos muevan al sistema a un nuevo estado mínimo de energía.

Método

Datos

De la misma forma que González-Bustamante y Cisternas (2016), se utiliza una base de datos con información electoral y biográfica de los candidatos que compitieron en las elecciones de diputados en Chile entre 1989 y 2009 ($N = 2.441$). La base se elabora a partir de datos de Joignant (2014), González-Bustamante (2014) e información del Servicio Electoral de Chile (SERVEL)⁸.

Tabla 1
Candidaturas, electividad y reelección Cámara de Diputados en Chile
(1990-2014)

Elección	Legislatura	Candidatos	Electividad	Reelección
1989	1990-1994	419	28,6	–
1993	1994-1998	384	31,3	58,3
1997	1998-2002	442	27,2	60,8
2001	2002-2006	381	31,5	61,7
2005	2006-2010	386	31,1	64,2
2009	2010-2014	429	28,0	61,7
		2.441	29,5	61,3

Fuente: Adaptación de González-Bustamante y Cisternas (2016) con datos de Joignant (2014), González-Bustamante (2014) y del Servicio Electoral de Chile.

El análisis se realiza sobre los diputados electos ($n = 720$), que corresponden a 329 individuos debido a las altas tasas de incumbencia y reelección en la Cámara de Diputados chilena (tabla 1). Los datos de reelección que se presentan corresponden a los incumbentes que tuvieron éxito en su mismo distrito. El promedio se eleva a 62,8% si se considera a aquellos que, estratégicamente, buscaron su reelección en otro distrito⁹.

Algoritmos

El modelo *spring-embedder* de Eades (1984) opera con una fórmula de atracción $F_a = -k * d$, donde d es una distancia geométrica entre dos *nodos* y k un ajuste para el escalamiento de la red, y una fórmula de repulsión como si se tratase de partículas eléctricamente cargadas $F_r = k/d^2$. La fórmula clásica de Fruchterman y Reingold (1991), utilizada por González-Bustamante y Cisternas (2016), constituye una modificación basada en fórmulas de atracción $F_a = d^2/k$ y repulsión $F_r = -k^2/d$.

En general, la diferencia más relevante entre los algoritmos dirigidos por fuerza es el rol de la distancia en la espacialización del gráfico (Noack, 2007a; véase también Jacomy et al., 2014). La fuerza depende de la distancia entre los *nodos* y la relación entre ambas puede ser lineal, exponencial o logarítmica (Jacomy et al., 2014). En el modelo

⁸ Para información detallada sobre bases de datos similares y trabajo empírico reciente sobre élites en Chile véase González-Bustamante y Olivares (2018) y Maillet, González-Bustamante y Olivares (2016).

⁹ Tal como indican González-Bustamante y Cisternas (2016) estos datos difieren levemente de los de Bunker y Navia (2015), pues se reporta un diputado menos reelecto en 2001, lo que fue verificado con información actualizada del Servicio Electoral. Hay otras cifras de reelección, como las de Saldaña (2014), que no concuerdan con estos datos ni con los de Bunker y Navia.

clásico de Eades (1984) la relación es lineal. Por tanto, la ecuación de un modelo atracción por fuerza lineal sin constante sería (1).

$$F_\alpha(n_1, n_2) = d(n_1, n_2) \quad (1)$$

Si se utiliza el concepto de modelo de energía o de atracción-repulsión de Noack (2009), se puede especificar una notación simple para cada algoritmo basada en el exponente de la distancia de las fórmulas de F_α y F_r . Entonces, para *spring-embedder* sería (1, -2), Fruchterman y Reingold (2, -1), y ForceAtlas (1, -1). Para ForceAtlas2 la fórmula de repulsión toma en cuenta el grado de los *nodos* (*deg*) con base en un recuento de los *edges* conectados, siendo muy similar a la fórmula de Noack (2007a) con un ajuste de +1 para asegurar que *deg* = 0 tenga algo de fuerza de repulsión (2) (Jacomy et al., 2014). En este trabajo se utiliza $k_r = 1,5$.

$$F_r(n_1, n_2) = k_r \frac{(\deg(n_1) + 1)(\deg(n_2) + 1)}{d(n_1, n_2)} \quad (2)$$

Por otra parte, se utiliza un modelo logarítmico de fuerza basado en el modelo de energía LinLog de Noack (2007b), con un ajuste similar al de la fórmula de repulsión (3) (Jacomy et al., 2014).

$$F_\alpha(n_1, n_2) = \log(1 + d(n_1, n_2)) \quad (3)$$

Además, se utiliza un efecto de gravedad $F_g(n)$ para prevenir la desconexión de componentes que formen islas alejadas en el grafo (4). En este trabajo se utiliza $k_g = 1,5$.

$$F_g = k_g(\deg(n) + 1) \quad (4)$$

Por último, se utilizan dos efectos propios de ForceAtlas2: disuadir centros de actividad (*Hubs*) y evitar solapamiento (Jacomy et al., 2014). El efecto de disuadir *Hubs* permite que *nodos* con mayor cantidad de vínculos dirigidos hacia si mismos ocupen posiciones centrales. Para esto se divide la fuerza de atracción de cada *nodo* por su grado más uno (5).

$$F_\alpha(n_1, n_2) = \frac{d(n_1, n_2)}{\deg(n_1 + 1)} \quad (5)$$

El efecto para evitar solapamiento, por otra parte, mejora la visualización considerando el tamaño de los *nodos* y su distancia $d'(n_1, n_2) = d(n_1, n_2) - \text{size}(n_1) - \text{size}(n_2)$. Si $d'(n_1, n_2) > 0$ no hay solapamiento, por lo cual se utiliza la ecuación de repulsión normal. Sin embargo, si $d'(n_1, n_2) < 0$, entonces $F_\alpha(n_1, n_2) = 0$ y la repulsión será más fuerte (6) (Jacomy et al., 2014).

$$F_r(n_1, n_2) = k'_r(\deg(n_1) + 1)(\deg(n_2) + 1) \quad (6)$$

Además, siguiendo a Blondel et al. (2008), se utiliza un algoritmo de modularidad donde cada *nodo* *i* se sitúa con sus *alters* *j* y se evalúa

la ganancia de modularidad al eliminar i . El *nodo* entonces se coloca en la comunidad C donde la ganancia es máxima siempre que sea positiva, si es negativa se mantiene en la posición inicial. Este proceso se itera hasta que no existen movimientos que puedan mejorar el nivel de modularidad (Newman y Girvan, 2004). La modularidad ΔQ se calcula considerando los vínculos *in* dentro de C , los vínculos *tot* hacia *nodos* dentro de C , la suma k_i de enlaces hacia el *nodo* i cuyo aporte se evalúa, y la suma de todos los vínculos de la red m (7) (Blondel et al., 2008)¹⁰.

$$\Delta Q = \left[\frac{\sum_{in} + 2k_{i,in}}{2m} - \left(\frac{\sum_{tot} + k_i}{2m} \right)^2 \right] - \left[\frac{\sum_{in}}{2m} - \left(\frac{\sum_{tot}}{2m} \right)^2 - \left(\frac{k_i}{2m} \right)^2 \right] \quad (7)$$

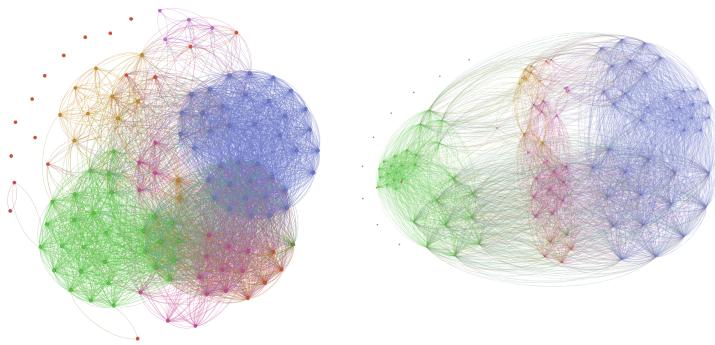
¹⁰ También se calcula el diámetro de la red con el algoritmo de centralidad de intermedio de Brandes (2001). Esto permite estimar el sendero más extenso entre cualquier *nodo* de la red.

Resultados

Fuchterman y Reingold vs. ForceAtlas2

A continuación, se presentan los grafos por cada legislatura. Aque-lllos graficados con el algoritmo Fruchterman y Reingold son los originales de González-Bustamante y Cisternas (2016), pero con colores y *edges* curvos. Se utiliza una paleta de colores que distingue la militancia política. Los grafos con el algoritmo ForceAtlas2 utilizan la misma paleta de colores y los valores de gravedad y repulsión estipulados en el apartado metodológico.

Figura 1
Legislatura 1990-1994



Fruchterman y Reingold

ForceAtlas2

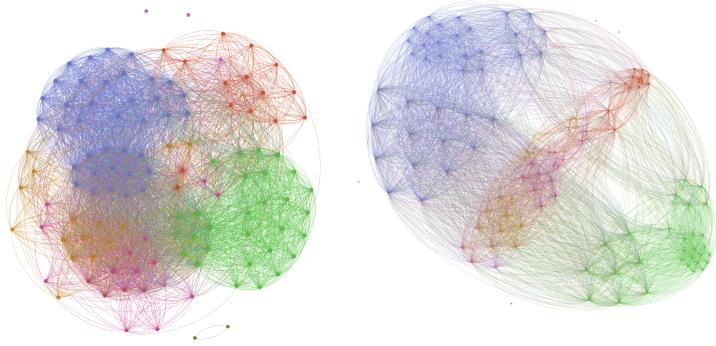
Nota: El grafo original con el algoritmo Fruchterman y Reingold fue publicado en escala de grises. En esta versión se utilizan colores para indicar militancia política: PDC azul púrpura, RN malachita, IND tomate, PPD violeta, UDI anaranjado, PR malva, PAIS carmesí y PH verde oscuro.

Fuente: Elaboración propia con datos de González-Bustamante y Cisternas (2016).

En la figura 1 con ForceAtlas2 se aprecian con mayor claridad los dos grandes conglomerados de *nodos* compuestos por el Partido Demócrata Cristiano (PDC) y Renovación Nacional (RN). Con el algoritmo Fruchterman y Reingold se aprecia que un subgrupo de *nodos* de RN

tiende a operar como intermediarios. En el grafo con ForceAtlas2 se aprecia de mejor forma como parte del conglomerado tiene mayores conexiones con otros, a diferencia de un grupo más cerrado con conexiones más fuertes. El valor del grafo medio es 38,567, es decir, en promedio un *nodo* posee esa cantidad de *alters* vecinos. El diámetro de la red es de cinco, es decir, esa es la máxima distancia que existe entre cualquier *nodo*. Por último, la densidad de la red es de 0,324.

Figura 2
Legislatura 1994-1998



Fruchterman y Reingold

ForceAtlas2

Nota: El grafo original con el algoritmo Fruchterman y Reingold fue publicado en escala de grises. En esta versión se utilizan colores para indicar militancia política: PDC azul púrpuro, RN malaquita, UDI tomate, PS violeta, PPD anaranjado, IND malva, UCC carmesí y PR verde oscuro.

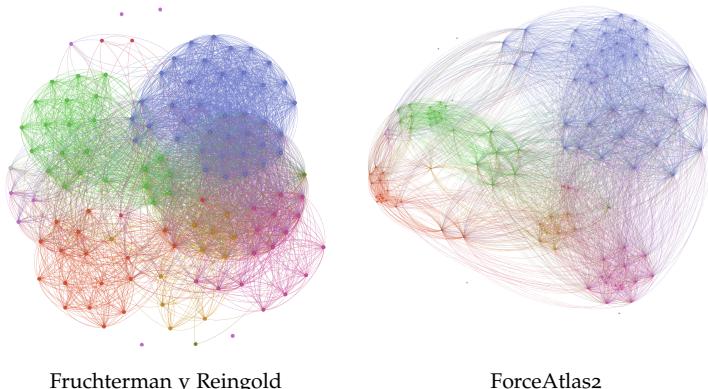
Fuente: Elaboración propia con datos de González-Bustamante y Cisternas (2016).

La figura 2 mantiene los patrones de la anterior, se aprecia un conglomerado de *nodos* del PDC que se alejan de del resto de la red, además de un conglomerado mixto entre el Partido Por la Democracia (PPD) y el Partido Socialista de Chile (PS). En este caso el algoritmo ForceAtlas2 también permite una mejor visualización. El grafo medio es de 42,667, el diámetro de tres y la densidad de 0,359. Si bien la densidad no varía sustancialmente, es una red con menor diámetro que la anterior.

En la figura 3 se puede apreciar un crecimiento de los *nodos* pertenecientes a la Unión Demócrata Independiente (UDI), conglomerado que tiene lazos principalmente con RN, sus socios de coalición. En el grafo con el algoritmo ForceAtlas2 se puede visualizar su constitución de mejor forma: como un módulo con fuertes conexiones entre sí y conexiones con RN, lo que los ubica en la periferia de la red. El grafo medio es de 39,183, el diámetro de la red cuatro y la densidad 0,329.

En la figura 4 se aprecia un crecimiento importante de la UDI. Aque- llo se percibe de mejor forma con la aplicación del algoritmo ForceAtlas2, como también la posición de intermediación que tienden a ocupar ciertos *nodos*. El grafo medio de la red es 34,767, el diámetro cuatro y la densidad 0,292.

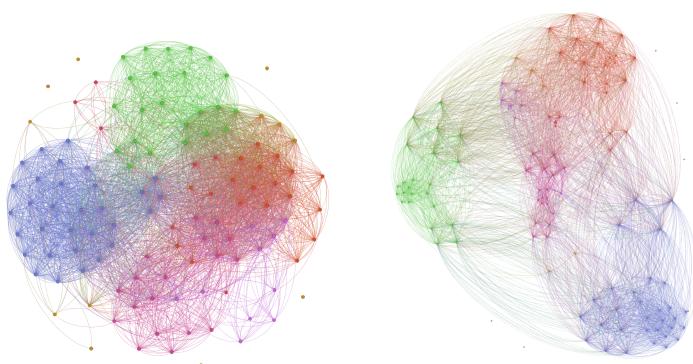
Figura 3
Legislatura 1998-2002



Nota: El grafo original con el algoritmo Fruchterman y Reingold fue publicado en escala de grises. En esta versión se utilizan colores para indicar militancia política: PDC azul púrpureo, RN malaquita, UDI tomate, PPD violeta, PS anaranjado, IND malva, PRSD carmesí y UCCP verde oscuro.

Fuente: Elaboración propia con datos de González-Bustamante y Cisternas (2016).

Figura 4
Legislatura 2002-2006



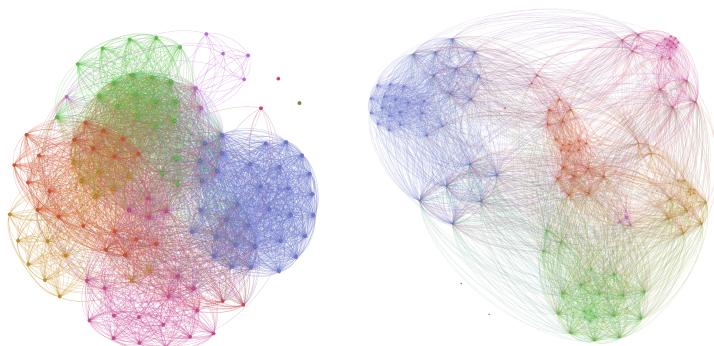
Nota: El grafo original con el algoritmo Fruchterman y Reingold fue publicado en escala de grises. En esta versión se utilizan colores para indicar militancia política: UDI azul púrpureo, PDC malaquita, PPD tomate, RN violeta, IND anaranjado, PS malva y PRSD carmesí.

Fuente: Elaboración propia con datos de González-Bustamante y Cisternas (2016).

En la figura 5 también se aprecian mejor las posiciones de intermediación en la red gracias al algoritmo ForceAtlas2. Es posible identificar mejor la cercanía entre los conglomerados del PPD, PS y PDC. Además, mientras que con el algoritmo Fruchterman y Reingold RN no parece un conglomerado cohesionado, ForceAtlas2 permite apreciar dos grupos: uno fuertemente cohesionado en la periferia de la red y otro que opera como un intermediario entre los conglomerados de PPD, PS y PDC. El grafo medio de esta red es de 37,267, su diámetro cuatro y su densidad 0,313.

Finalmente, en la figura 6 se acentúa la preponderancia del clúster de la UDI que se conecta, a través de ciertos *nodos*, con los conglomerados de PDC, PS y PPD.

Figura 5
Legislatura 2006-2010



Fruchterman y Reingold

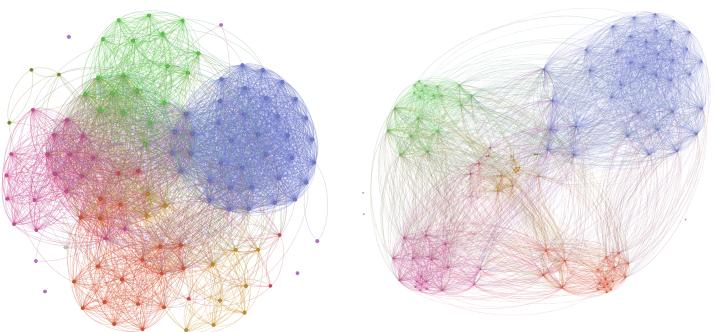
ForceAtlas2

Nota: El grafo original con el algoritmo Fruchterman y Reingold fue publicado en escala de grises. En esta versión se utilizan colores para indicar militancia política: UDI azul púrpura, PPD malaquita, PDC tomate, RN violeta, PS anaranjado, PRSD malva, IND carmesí y PAR verde oscuro.

Fuente: Elaboración propia con datos de González-Bustamante y Cisternas (2016).

rados del PDC, PPD y PS. Si bien el conglomerado de RN se puede identificar con mayor facilidad que en el grafo anterior con el algoritmo Fruchterman y Reingold, la aplicación de ForceAtlas2 permite apreciar patrones con mayor facilidad mediante una inspección visual. El grafo medio es de 32,450, el diámetro de la red de cinco y la densidad de 0,273.

Figura 6
Legislatura 2010-2014



Fruchterman y Reingold

ForceAtlas2

Nota: El grafo original con el algoritmo Fruchterman y Reingold fue publicado en escala de grises. En esta versión se utilizan colores para indicar militancia política: UDI azul púrpura, PDC malaquita, RN tomate, PPD violeta, PS anaranjado, IND malva, PRSD carmesí y PRI verde oscuro.

Fuente: Elaboración propia con datos de González-Bustamante y Cisternas (2016).

ForceAtlas2 con algoritmo de modularidad

Indicadores básicos, como la densidad, permiten apreciar que la cantidad de vínculos decae desde la segunda legislatura. Al comparar

la red más densa (figura 2), con la de menor densidad (figura 6), se aprecia una disminución del 24 % en el indicador. Sin embargo, otras mediciones más sofisticadas, como el algoritmo de modularidad presentado en el apartado metodológico, permiten evaluar la solidez de las conexiones entre los *nodos* de un mismo conglomerado o módulo. A mayor modularidad, existen conexiones más sólidas dentro del clúster y menor cantidad de vínculos con *alters* de otros módulos.

En este sentido, con la aplicación del algoritmo de modularidad se obtiene que ΔQ (figura 1) = 0,354; ΔQ (figura 2) = 0,375; ΔQ (figura 3) = 0,372; ΔQ (figura 4) = 0,416; ΔQ (figura 5) = 0,414; y ΔQ (figura 6) = 0,409. Con el algoritmo también es posible identificar un número específico de comunidades, lo que permite un análisis más detallado de la red. En la primera legislatura se pueden identificar 13 comunidades, en la segunda y tercera ocho, en la cuarta nueve y en las dos últimas legislaturas solo siete comunidades. Esta es una evidencia mucho más precisa que complementa que no solo existen legislaturas menos densas, en términos de composición social, además, el número de clústeres comienza a descender. Si bien esto se puede asociar a legislaturas más homogéneas, es necesario evaluarlo con mayor detalle.

Discusión

En los seis grafos usados para analizar las legislaturas entre 1990 y 1994 en Chile, la aplicación del algoritmo ForceAtlas2 ofrece una mejor visualización y además permite apreciar de mejor forma los conglomerados que se conforman. Esto ayuda a evitar problemas de interpretación con respecto a patrones identificables en las redes. Por otra parte, el algoritmo de modularidad permite evaluar con precisión la solidez de las conexiones dentro de los clústeres y delimitar su conformación a un nivel más desagregado que con una inspección visual.

Esto ayuda a delinear futuras líneas de investigación que busquen realizar un análisis más específico de las conexiones y la conformación de conglomerados y, de esta forma, evaluar que tan cerrada o abierta es la élite de un país en un momento histórico determinado.

Referencias

- Blondel, V. D., Guillaume, J.-L., Lambiotte, R., & Lefebvre, E. (2008). Fast unfolding of communities in large networks. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, (P10008), 1-12.
doi: [10.1088/1742-5468/2008/10/P10008](https://doi.org/10.1088/1742-5468/2008/10/P10008)
- Bourdieu, P. (1980/2009). *El sentido práctico*. Ciudad de México: Siglo XXI Editores.
- Brandes, U. (2001). A faster algorithm for betweenness centrality. *Journal of Mathematical Sociology*, 25(2), 163-177. doi: [10.1080/0022250X.2001.9990249](https://doi.org/10.1080/0022250X.2001.9990249)

- Bunker, K., & Navia, P. (2015). Incumbency Advantage and Tenure Length in the Chilean Chamber of Deputies, 1989-2009. *Revista de Ciencia Política*, 35(2), 251-271. DOI: [10.4067/S0718-090X2015000200001](https://doi.org/10.4067/S0718-090X2015000200001)
- Eades, P. D. (1984). A heuristic for graph drawing. *Congressus Nutnerantiunt*, 42, 149-160.
- Friedkin, N. E. (1981). The development of structure in random networks: an analysis of the effects of increasing network density on five measures of structure. *Social Networks*, 3(1), 41-52. DOI: [10.1016/0378-8733\(81\)90004-6](https://doi.org/10.1016/0378-8733(81)90004-6)
- Fruchterman, T. M. J., & Reingold, E. M. (1991). Graph drawing by force-directed placement. *Software: Practice and Experience*, 21(11), 1129-1164. DOI: [10.1002/spe.4380211102](https://doi.org/10.1002/spe.4380211102)
- González-Bustamante, B. (2014). Elección directa de consejeros regionales 2013. Rendimiento del capital político, familiar y económico en una nueva arena electoral en Chile. *Política, Revista de Ciencia Política*, 52(2), 49-91. URL: <https://revistapolitica.uchile.cl>
- González-Bustamante, B. (2020). El estudio de las élites políticas gubernamentales en América Latina: Panorama, agendas de investigación y desafíos metodológicos. *SocArXiv Preprint*. DOI: [10.31235/osf.io/syqu4](https://doi.org/10.31235/osf.io/syqu4)
- González-Bustamante, B., & Cisternas, C. (2016). Élites políticas en el poder legislativo chileno: La Cámara de Diputados (1990-2014). *Política, Revista de Ciencia Política*, 54(1), 19-52. URL: <https://revistapolitica.uchile.cl>
- González-Bustamante, B., & Olivares, A. (2015). Rotación de subsecretarios en Chile: Una exploración de la segunda línea gubernamental, 1990-2014. *Revista de Gestión Pública*, IV(2), 151-190. URL: <https://www.researchgate.net>
- González-Bustamante, B., & Olivares, A. (2018). La élite política gubernamental en Chile: Supervivencia de ministros (1990-2014). En A. Codato & F. Espinoza (eds.), *Las Élites en las Américas: Diferentes Perspectivas*. Curitiba: Editora Universidade Federal do Paraná. URL: <https://www.researchgate.net>
- Hanneman, R. A., & Riddle, M. (2005). *Introduction to Social Networks Methods*. Riverside: University of California Riverside.
- Jacomy, M., Venturini, T., Heymann, S., & Bastian, M. (2014). ForceAtlas2, a Continuous Graph Layout Algorithm for Handy Network Visualization Designed for the Gephi Software. *PLoS ONE*, 9(6), 1-12. DOI: [10.1371/journal.pone.0098679](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0098679)
- Joignant, A. (2014). El capital político familiar: Ventajas de parentela y concentraciones de mercado en las elecciones generales chilenas 2013. *Política, Revista de Ciencia Política*, 52(2), 13-48. URL: <https://revistapolitica.uchile.cl>
- Maillet, A., González-Bustamante, B., & Olivares, A. (2016). ¿Puerta giratoria? Análisis de la circulación público-privada en Chile (2000-2014). *Serie de Documentos de Trabajo PNUD-Desigualdad*, (7), 1-40. DOI: [10.13140/RG.2.2.25510.42566](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.25510.42566)

Newman, M. E. J., & Girvan, M. (2004). Finding and evaluating community structure in networks. *Physical Review E*, 69(2), 026113-1-026113-15. DOI: [10.1103/PhysRevE.69.026113](https://doi.org/10.1103/PhysRevE.69.026113)

Noack, A. (2007a). Energy Models for Graph Clustering. *Journal of Graph Algorithms and Applications*, 11(2), 453-480. DOI: [10.7155/jgaa.00154](https://doi.org/10.7155/jgaa.00154)

Noack, A. (2007b). *Unified Quality Measures for Clusterings, Layouts, and Orderings of Graphs, and Their Application as Software Design Criteria*. (Ph. D. Thesis), Brandenburg University of Technology.

Noack, A. (2009). Modularity clustering is force-directed layout. *Physical Review E*, 79(2), 026102-2-026102-8. DOI: [10.1103/PhysRevE.79.026102](https://doi.org/10.1103/PhysRevE.79.026102)

Olivares, A., González-Bustamante, B., Toro Maureira, S., Arellano, J. C., Yanes-Rojas, A., Zurita-Tapia, J., Lopes, A. V., Robledo Guzmán, C., & Canavesi Sosa, J. B. (2020). Nuevos desafíos, enfoques y perspectivas para estudiar élites políticas. *Iberoamericana*, XX(74), 229-259.

URL: <https://journals.iai.spk-berlin.de>

Saldaña, J. (2014). Carreras políticas de los diputados chilenos, 1989-2013: evolución y sus consecuencias para la representación política del país. *Política, Revista de Ciencia Política*, 52(2), 127-155.

URL: <https://revistapolitica.uchile.cl>

Wasserman, S., & Faust, K. (1994). *Social Network Analysis: Methods and Applications*. Nueva York: Cambridge University Press.