



Universiteit  
Leiden  
The Netherlands

## **Aplicación de ForceAtlas2, un algoritmo de diseño gráfico continuo, para el estudio de las élites**

González-Bustamante, B., Cisternas C.G.

### **Citation**

González-Bustamante, B. , C. C. G. (2020). *Aplicación de ForceAtlas2, un algoritmo de diseño gráfico continuo, para el estudio de las élites*. Zenodo.  
doi:10.5281/ZENODO.6739266

Version: Publisher's Version

License: [Creative Commons CC BY 4.0 license](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/3571785>


**Note:** To cite this publication please use the final published version (if applicable).

ISSN 2735-6043

NRO. 1 | 2020

TUFTE  
WORKING PAPERS

TRAINING DATA LAB

 Algunos derechos reservados (2020)  
Código bajo L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X Project Public License v1.3c

**Tufte Working Papers (ISSN 2735-6043)** es una publicación continua basada en Training Data Lab con el apoyo logístico de la Universidad de Santiago de Chile. Esta serie de documentos promueve el debate en ciencias sociales, especialmente en temas relacionados con la ciencia política y las políticas públicas. La serie incluye trabajos inéditos y versiones revisadas de publicaciones previas que proponen técnicas de investigación innovadoras u ofrecen información empírica novedosa. Los trabajos se publican en español e inglés, aunque se privilegian las publicaciones en español con el fin de apoyar la difusión del conocimiento de acceso abierto en Iberoamérica.

Esta serie se produce íntegramente en Tufte-L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X, inspirado por Edward R. Tufte. Además, se licencia bajo Creative Commons, por tanto, su contenido es de acceso abierto y utiliza la taxonomía CRediT para identificar contribuciones en coautorías junto con un proceso de revisión abierto.

#### **Editor**

Bastían González-Bustamante  
✉ [bastian.gonzalez.b@usach.cl](mailto:bastian.gonzalez.b@usach.cl)

#### **Editora Asociada**

Jaquelin Morillo  
✉ [jaquelin.morillo@training-datalab.com](mailto:jaquelin.morillo@training-datalab.com)

#### **Asistente Editorial**

Elinor Luco  
✉ [elinor.luco@usach.cl](mailto:elinor.luco@usach.cl)

#### **Contacto**

Av. Lib. B. O'Higgins 3363, Estación Central, Santiago  
Facultad de Administración y Economía  
Universidad de Santiago de Chile  
🏠 <https://training-datalab.com/tufte-working-papers>  
🔄 <https://github.com/training-datalab/tufte-working-papers>  
✉ [working-papers@training-datalab.com](mailto:working-papers@training-datalab.com)

ISSN 2735-6043 (versión en línea)

# *Aplicación de ForceAtlas2, un algoritmo de diseño gráfico continuo, para el estudio de las élites*<sup>1</sup>

Bastián González-Bustamante<sup>2</sup>

University of Oxford

Universidad de Santiago de Chile

✉ [bastian.gonzalezbustamante@politics.ox.ac.uk](mailto:bastian.gonzalezbustamante@politics.ox.ac.uk)

Carla Cisternas<sup>3</sup>

Universidad de Santiago de Chile

✉ [carla.cisternas@usach.cl](mailto:carla.cisternas@usach.cl)

**Resumen:** Este documento de trabajo prueba un algoritmo alternativo 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. (2014) 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. (2014) 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.

<sup>1</sup> 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.

<sup>2</sup> PRS DPhil (PhD) in Politics, Department of Politics and International Relations & 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 (USACH). ORCID iD: [0000-0003-1510-6820](https://orcid.org/0000-0003-1510-6820)

<sup>3</sup> Asistente de Investigación, Departamento de Gestión y Políticas Públicas, Facultad de Administración y Economía, Universidad de Santiago de Chile (USACH). ORCID iD: [0000-0001-7948-6194](https://orcid.org/0000-0001-7948-6194)

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

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

Nro. 1 | 2020

González-Bustamante, B., & Cisternas, C. (2020). Aplicación de ForceAtlas2, un algoritmo de diseño gráfico continuo, para el estudio de las élites. *Tufte Working Papers*, 1, 1-15. DOI: [10.31235/osf.io/gxrkc](https://doi.org/10.31235/osf.io/gxrkc)

## Introducción <sup>4</sup>

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 composición 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 legislaturas<sup>5</sup>.

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 legislaturas<sup>6</sup>. 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 repulsión<sup>7</sup>.

Efectivamente, el SNA permite observar vínculos y medir interrelaciones en un grupo (Cisternas y Vásquez, 2018; González-Bustamante y Cisternas, 2016). En este sentido, es una técnica con diversas aplicaciones en el campo de la sociología y, en menor medida, en la ciencia política. También se utiliza bastante en análisis bibliométricos para evaluar la relación entre estructuras sociales, referenciación y coautorías (Cronin y Shaw, 2002; Cisternas y González-Bustamante, 2016; White, 2001).

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

<sup>4</sup> Esta investigación fue parcialmente financiada por los proyectos ANID/FONDECYT/1130054 y USA1498.37 de la Universidad de Santiago de Chile. Los autores declaran no tener potenciales conflictos de interés con respecto a esta investigación.

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

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

<sup>7</sup> 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.

(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.

El objetivo principal de este trabajo es demostrar que introduciendo mejoras, como el uso del algoritmo ForceAtlas2 y ajustes específicos en su configuración, es posible realizar un análisis más detallados de las conexiones y la conformación de conglomerados en un grupo, en este caso la élite legislativa chilena. Esto permite una evaluación visual más intuitiva de los niveles de homogeneidad y cierre social. Para cumplir con este objetivo, 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, líneas futuras de investigación y límites.

## 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)<sup>8</sup>.

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)<sup>9</sup>. 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 distrito.

### *Algoritmos*

El modelo *spring-embedder* de Eades (1984) opera con una fórmula de atracción  $F_{\alpha} = -k * d$ , donde  $d$  es una distancia geométrica entre dos *nodos* y  $k$  un ajuste para el escalamiento de la red, y una fórmula

<sup>8</sup> 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).

<sup>9</sup> 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.

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.

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

$$F_a(n_1, n_2) = d(n_1, n_2) \quad (1)$$

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  $F_a$  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).

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

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).

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

El efecto para evitar solapamiento, por otra parte, mejora la visualización considerando el tamaño de los *nodos* y su distancia  $d'(n_1, n_2) = d(n_1, n_2) - size(n_1) - size(n_2)$ . 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  $F_r(n_1, n_2) = 0$  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  $\Delta Q$  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)<sup>10</sup>.

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

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

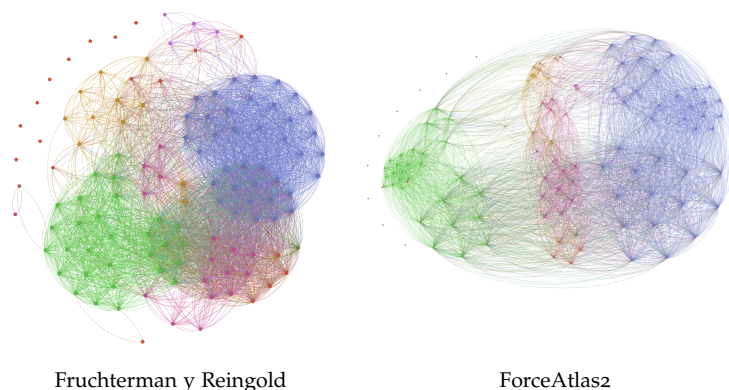
## Resultados

### *Fuchterman y Reingold vs. ForceAtlas2*

A continuación, se presentan los grafos por cada legislatura. Aquellos 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



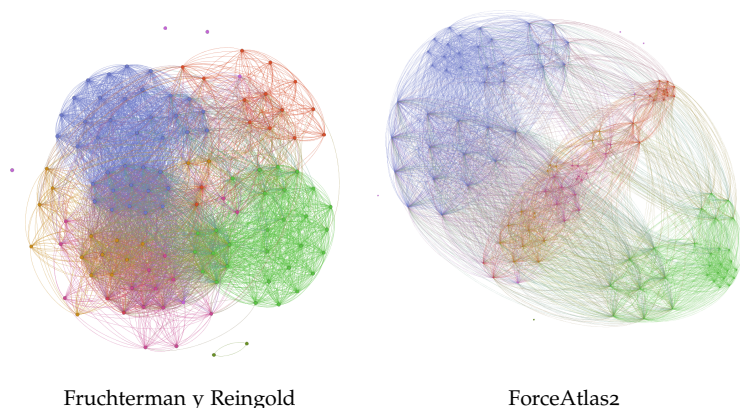
Nota: El grafo original con el algoritmo Fruchterman y Reingold fue publicado en escala de grises. En esta versión se utilizan colores para indicar militancia política: PDC azul purpúreo, RN malaquita, IND tomate, PPD violeta, UDI anaranjado, PR malva, PAIS carmesí y PH verde oscuro.  
 Fuente: Elaboración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

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.

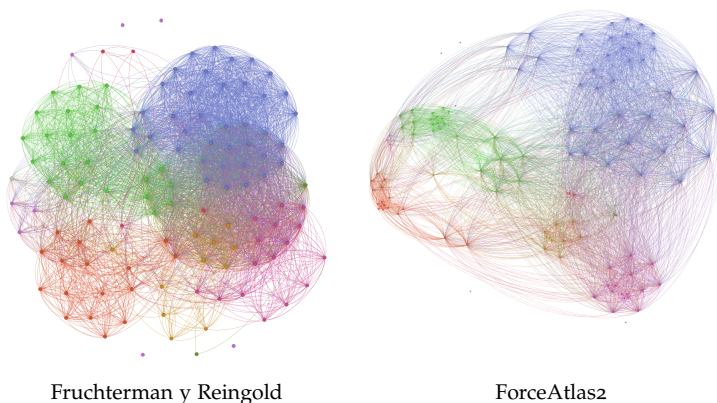
En la Figura 3 se puede apreciar un crecimiento de los *nodos* pertenecientes a la Unión Demócrata Independiente (UDI), conglomerado que tiene lazos principalmente con RN, sus socios de coalición. En el grafo con el algoritmo ForceAtlas2 se puede visualizar su constitución de mejor forma: como un módulo 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.

Figura 2  
Legislatura 1994-1998



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).

Figura 3  
Legislatura 1998-2002

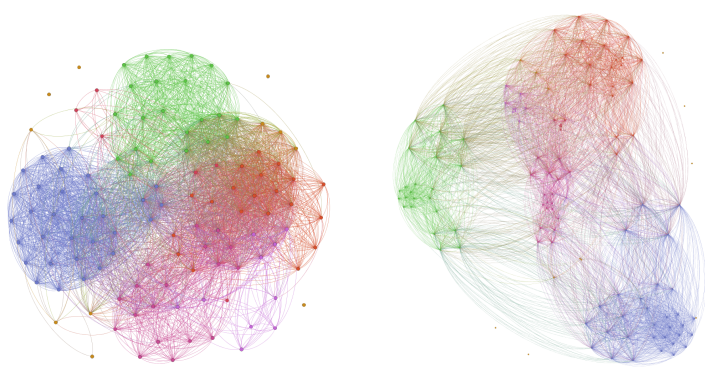


Nota: El grafo original con el algoritmo Fruchterman y Reingold fue publicado en escala de grises. En esta versión se utilizan colores para indicar militancia política: PDC azul púrpuro, RN malaquita, UDI tomate, PPD violeta, PS anaranjado, IND malva, PRSD carmesí y UCCP verde oscuro.  
Fuente: Elaboración propia con datos de González-Bustamante y Cisternas (2016).

En la Figura 4 se aprecia un crecimiento importante de la UDI. Aquello 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.

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

Figura 4  
Legislatura 2002-2006

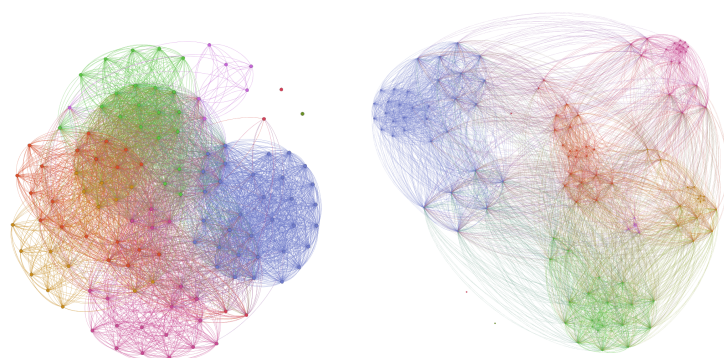


Fruchterman y Reingold

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 purpúreo, PDC malaquita, PPD tomate, RN violeta, IND anaranjado, PS malva y PRSD carmesí.  
Fuente: Elaboración propia con datos de González-Bustamante y Cisternas (2016).

Figura 5  
Legislatura 2006-2010



Fruchterman y Reingold

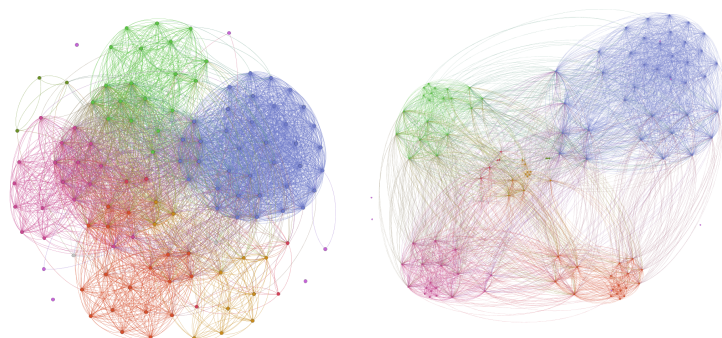
ForceAtlas2

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 purpúreo, 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).

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 del PDC, PPD y PS. Si bien el conglomerado de RN se puede identificar mejor 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 purpúreo, 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  $\Delta Q(\text{grafo 1}) = 0,354$ ;  $\Delta Q(\text{grafo 2}) = 0,375$ ;  $\Delta Q(\text{grafo 3}) = 0,372$ ;  $\Delta Q(\text{grafo 4}) = 0,416$ ;  $\Delta Q(\text{grafo 5}) = 0,414$ ; y  $\Delta Q(\text{grafo 6}) = 0,409$ . 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.

### 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*, 10, P10008. 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)
- Cisternas, C., & González-Bustamante, B. (2016). *Los monjes de CIEPLAN: Producción intelectual y redes de citación durante los años ochenta*. Ponencia presentada en el Seminario Internacional "Ciencias sociales en la encrucijada: Intelectuales y tecnócratas latinoamericanos en tiempos de autoritarismo (1969-1990)", Santiago.
- Cisternas, C., & Vásquez, J. (2018). Comisiones Asesoras Presidenciales en Chile: Entre la expertise y la pluralidad de actores sociales. *European Review of Latin American and Caribbean Studies*, 106, 1-24. DOI: [10.32992/erlacs.10349](https://doi.org/10.32992/erlacs.10349)
- Cronin, B., & Shaw, D. (2002). Identity-creators and image-makers: Using citation analysis and thick description to put authors in their place. *Scientometrics*, 54(1), 31-49. DOI: [10.1023/A:1015628320056](https://doi.org/10.1023/A:1015628320056)
- Eades, P. D. (1984). A heuristic for graph drawing. *Congressus Numerantium*, 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.
- González-Bustamante, B. (2020). El estudio de las élites políticas gubernamentales en América Latina: Panorama, agendas de investigación y desafíos metodológicos. *SocArXiv*. DOI: [10.31235/osf.io/syqu4](https://doi.org/10.31235/osf.io/syqu4)
- González-Bustamante, B., & Cisternas, C. (2016). Élite política en el poder legislativo chileno: La Cámara de Diputados (1990-2014). *Política, Revista de Ciencia Política*, 54(1), 19-52.
- 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. DOI: [10.22370/rgp.2015.4.2.2230](https://doi.org/10.22370/rgp.2015.4.2.2230)
- González-Bustamante, B., & Olivares, A. (2018). La élite política gubernamental en Chile: Supervivencia de ministros (1990-2014). En A. Codato & F. Espinoza (eds.), *Las Élite en las Américas: Diferentes Perspectivas*. Curitiba: Editora Universidade Federal do Paraná.
- 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), e98679. 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.
- 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 Cottbus-Senftenberg.
- 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.

DOI: [10.18441/ibam.20.2020.74.229-259](https://doi.org/10.18441/ibam.20.2020.74.229-259)

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.

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

White, H. D. (2001). Authors as citers over time. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 52(2), 87-108. DOI: [10.1002/1097-4571\(2000\)](https://doi.org/10.1002/1097-4571(2000)52(2)87::AID-ASIT871(2000)52(2)87-108)

## *Informe abierto de revisión*

Alejandro Olivares L. <sup>11</sup>

Universidad Católica de Temuco

✉ [alejandro.olivares@uct.cl](mailto:alejandro.olivares@uct.cl)

<sup>11</sup> Profesor Asociado, Departamento de Sociología y Ciencia Política, Facultad de Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad Católica de Temuco.  
ORCID iD: [0000-0001-6934-2437](https://orcid.org/0000-0001-6934-2437)

Se trata de un documento de trabajo que constituye un aporte al campo de estudio de las élites, particularmente entre aquellos investigadores que buscan analizar las conexiones (redes) que existen dentro de las élites políticas, económicas y sociales. Se propone una mejora a la forma en que se presentan los conglomerados de las redes analizadas. El uso grafos para identificar grupos o comunidades permite visualizar la forma en que se agrupan las conexiones y el alcance de las redes. No obstante, al momento de publicar los hallazgos se pueden generar problemas visuales que dificultan, para un lector menos especializado, la interpretación de los resultados, toda vez que la presentación de los grafos no es amigable, los puntos se solapan y puede ser difícil en un artículo analizar los efectos. Esto, tal como proponen los autores se soluciona con el algoritmo ForceAtlas2 que permite “una mejor visualización y además permite apreciar de mejor forma los conglomerados que se conforman”. Esto se logra muy bien en el trabajo.

Uno de los aspectos que el documento podría mejorar es la forma en que se presenta el texto. La entrada es muy directa y falta contextualización sobre la importancia del estudio de redes y la lógica de los grafos y del análisis de redes. En ese sentido se recomienda dedicar al menos un párrafo para orientar al lector sobre la importancia de estas lógicas. Del mismo modo, es relevante señalar en la introducción de forma más clara el objetivo del trabajo. Sería suficiente con dos líneas que indiquen que se busca demostrar que introduciendo

mejoras como el algoritmo ForceAtlas2 es posible 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 analizada.

Por otra parte, la discusión final podría extenderse un poco más. Para un trabajo tan bien desarrollado el cierre podría profundizar un poco más en, por ejemplo, las limitaciones potenciales del algoritmo o bien destacar más sus potenciales no solo para el análisis de las élites políticas, sino que para redes en general y élites de todo tipo. A pesar de estas potencialidades es relevante tener en cuenta que esto ofrece ventajas analíticas más bien descriptivas que debiesen complementarse con modelos estocásticos para redes dinámicas con el objetivo de analizar cambios de patrones y estimar parámetros que afectan las probabilidades de establecer relaciones.

## CRedit – Contributor Roles Taxonomy

**Bastían González-Bustamante** (autor/editor)



**Carla Cisternas** (autora)



**Jaquelin Morillo** (editora)



**Alejandro Olivares L.** (evaluador)



**Elinor Luco** (asistente editorial)



## Historial de revisiones

1,0	13 noviembre 2018	Manuscrito original
2,0	10 agosto 2020	Manuscrito revisado
3,0	13 septiembre 2020	Fecha de publicación
4,0	20 abril 2021	Correcciones menores
5,0	30 diciembre 2021	Correcciones menores
6,0	7 abril 2022	Correcciones menores
7,0	25 abril 2022	Correcciones menores

📄 Descargar la versión más reciente desde SocArXiv (DOI: [10.31235/osf.io/gxrkc](https://doi.org/10.31235/osf.io/gxrkc)).