

EL ESTUDIO DE SISTEMAS DE CIUDADES. UNA APROXIMACIÓN DESDE MÉTODOS DE ANÁLISIS DE REDES SOCIALES

The study of city systems. An approach from Social Network Analysis

Francisco Maturana M.¹
Universidad de La Frontera
fmatutura@gmail.com

Francisco Cornejo C.²
Francisco.Cornejo@amec.com

RESUMEN

Los métodos de análisis de redes sociales son potentes herramientas para la comprensión de elementos que están en relación, estos métodos han traspasado las personas como nodos de análisis y junto a la teoría de grafos, se aplican a otro tipo de actores como ciudades, países y organizaciones. Este artículo, trata a partir del caso del sistema de ciudades de la región de La Araucanía, las aplicaciones y potencialidades de un enfoque de red a los centros urbanos a través del software Pajek. En la primera parte, discutimos elementos relevantes sobre los métodos de análisis de redes sociales, teoría de grafos y ciertos elementos de los sistemas de ciudades. En una segunda parte, se analizan los métodos aplicados, así como sus potencialidades y debilidades.

En una tercera parte, se presenta una caracterización del sistema de ciudades de La Araucanía, se discuten los índices de centralidad y de equivalencia estructural analizados. Finalmente, se discuten los aspectos metodológicos y resultados obtenidos a través del caso en análisis, con el objetivo de comprender un sistema de ciudades y de tal forma de poder contribuir la comprensión del grado de cohesión territorial de un territorio.

Palabras Claves: Sistemas de ciudades, Redes Urbanas, Análisis de Redes Sociales, Pajek, Temuco.

ABSTRACT

The methods of social network analysis are powerful tools used to understand different elements that are related. These methods have overcome humans as sole analysis nodes and they are currently testing, together with graph theory, applicability to other actors such as cities, countries and organizations. This article tackles potentialities and applications of a network approach to urban centers using the Pajek software, based on the case study of city systems in the region of La Araucanía, Chile. In the first part, we discuss relevant aspects on the methods of social network analysis and graph theory applied to the study of cities. In a second part, we analyze these methods strengths and weaknesses. On a third part, we characterize the city system's of La Araucanía, we discuss the index of centrality and structural equivalence analysis. Finally, we discuss the methodological aspects and results obtained through case analysis, with the aim of understanding a city system and therefore, to contribute to the comprehension of territorial cohesion of an area.

Key Words: City System, Urban Networks, Social network analysis, Pajek, Temuco.

INTRODUCCIÓN

Las redes sociales son métodos y herramientas que permiten abordar desde un enfoque de red, las relaciones entre entidades sociales y sus efectos en las estructuras de éstas (Wasserman y Faust 1994), es decir, comprender a un conjunto de actores vinculados entre sí. Es una técnica de larga data que nace en 1950 (Brandes y Erlebach, 2005) desde el seno de la Sociología y que toma herramientas de otras disciplinas como la informática, estadística, probabilidades y teoría de grafos siendo esta última fundamental (Degenne y Forsé 1994).

Los grafos constituyen una manera muy útil de representar información sobre redes sociales. Es posible definirlos como un conjunto de puntos unidos por segmentos. Habrá grafos orientados si es que la relación tiene una dirección y grafos valorados si el flujo que une dos puntos o nodos tiene un valor. Cuando existen muchos actores y/o muchas clases de relaciones, éstos pueden hacerse visualmente complicados y dificulta identificar su estructura, en este caso, es posible representar la información en forma de matrices.

¹ Geógrafo PUC, Master en Ciudades Universidad de Toulouse Le Mirail, Estudiante de doctorado, Universidad Paris-Sorbonne.

² Geógrafo PUC y analista SIG en AMEC International Ingeniería y Construcción Limitada. Santiago, Chile.

La importancia que reside del análisis de redes y los grafos y que los diferencian a otros enfoques, es que la relación y la interacción se realiza entre actores y no sobre un nodo de manera individual, en efecto, se trata de conocer una realidad individual gracias al conocimiento de las relaciones estructurales en términos de vínculos entre unidades (Wasserman y Faust, 1994).

Según Wasserman y Faust (1994 p. 4) tres son las características principales del análisis de redes sociales:

- a) Los actores y sus relaciones son consideradas como interdependientes
- b) Los vínculos relacionales entre los actores son canales para la transferencia de flujos y de recursos.
- c) Los modelos de red, enfocados en los actores, analizan el conjunto de la estructura de la red, como un elemento que ofrece posibilidades o limita la acción individual del actor.

Por actores podemos entender un grupo de personas, empresas, organizaciones, países, ciudades, etc. Los actores se comunican a partir de flujos, el cual es cualquier hecho que genere relaciones nodo a nodo, ya sea de amistad, contacto por teléfono, en grupos de creencias religiosas, migraciones, intercambio comercial, etc. Gracias a los flujos, podemos saber quien se relaciona con quien, quienes se parecen mas en sus tipos de relaciones, quienes concentran el poder, quienes están aislados dentro de la red.

¿Cómo relacionamos este tipo de análisis a la Geografía? Cuando analizamos el concepto de red y objetos que son en relación, instantáneamente podemos orientarnos al concepto de interacción.

Como lo señalan Pumain y Saint-Julien (2001), la noción de “interacción espacial” es fundamental en la Geografía, ya que lo que pasa en un lugar, no es indiferente a lo que se produce en los otros (Pumain y Saint-Julien, 2001), en efecto, para los autores la interacción implica una acción recíproca, acción y reacción, cuya observación puede ser a diferentes escalas.

La Geografía, estudia cómo los fenómenos de interacción se desarrollan en el espacio. Ella se pregunta acerca de la posición relativa de los actores o de lugares que intervienen en la interacción. Esta posición relativa es posible llamarla “distancia”, la cual separa a los nodos o lugares (Pumain y Saint-Julien, 2001). Según estos mismos autores, la distancia representa una separación, una dificultad de acceso, medida en esfuerzo, costo, tiempo en adquisición de información. Aunque esto puede ser relativo con los avances en la comunicación, la “portée des interactions spatiales” (la puerta de interacción espacial) ha disminuido bastante gracias al aumento de la velocidad y capacidad de comunicación, en efecto, “Todo pasa como si el espacio físico, topográfico se reduce, en el cual estaríamos presentes frente a una contracción del espacio-tiempo” (Pumain y Saint-Julien, 2001, p. 5).³

Dentro de este contexto, observamos a las ciudades como nodos que son en interacción, es decir, elementos que desarrollan vínculos en ocasiones recíprocos.

Comprender un conjunto de ciudades, es entender las relaciones que establecen centros urbanos de manera inter relacionados, en efecto, como señala, Pred (1977) un sistema de ciudades esta referido a un conjunto nacional o regional de ciudades interdependientes, de tal forma que un cambio significativo en la estructura económica, profesional o población de una ciudad, puede alterar éstas mismas estructuras de otros centros urbanos del sistema. Como señalan Cattán et al. (1999) una ciudad es independiente si su flujo mas importante está orientado hacia una ciudad mas pequeña. La ciudad será subordinada si ella envía su flujo hacia una ciudad mas grande así, en base a estas dos características, la talla y importancia de una ciudad estará medida en función del tráfico total de flujos de los que ella envía y recibe. Las variaciones de análisis de intensidad de los vínculos entre nodos de ciudades permitirían precisar donde se refuerzan las interdependencias (Cattán, et al., 1999).

3 Traducción personal del Francés al Español.

La subordinación de las ciudades tiene un carácter transitivo, si una ciudad A es subordinada a una ciudad B y si B es subordinada a una ciudad C, entonces A será subordinada a C (Cattan, et al. 1999). En términos de estructura urbana una ciudad independiente es no subordinada a otra ciudad, es decir, un nodo jerárquico como una ciudad “central”.

En este sentido, en un sistema de ciudades, las relaciones entre centros urbanos se desarrollan como nodos que pueden ser jerárquicos, complementarios o que efectúen una fuerte competencia entre ellos (Cattan, et al., 1999; Damette, 1994). De esta manera, en un sistema de ciudades, podremos encontrar ciudades bien posicionadas, mientras que otras estarán en un segundo o tercer nivel inferior de la jerarquía, incluso en algunas ocasiones dependiendo la escala de análisis, ciertos centros urbanos podrían estar desconectados de una red (Short, 2004).

El estudio de sistemas de ciudades ha sido abordado principalmente por modelos de la economía espacial, teoría de grafos y en menor medida desde las aplicaciones de los métodos de análisis de redes sociales, algunos trabajos que utilizan estos últimos, aplicados a la Geografía, han sido propuestos por Hughes y Irwin (1992); Cattan et al. (1999); De Nooy, Mrvar y Batagelj (2005); Hall, Pain y Green (2006); Green (2007, 2008); o Wall (2009); en los cuales las investigaciones han abarcado desde la interacción de países hasta la interacción y relación que presentan las ciudades. Debemos hacer hincapié que cuando hablamos de métodos de análisis de redes sociales, nos referimos a los métodos, no a que la red sea una red social en sí, ya que la red puede ser de países o ciudades como señalamos, lo destacable es que estos métodos han traspasado a otros niveles de análisis, manteniendo la resistencia del nombre.

En Chile los estudios de interacción entre centros urbanos no son numerosos, en efecto, es difícil encontrar investigaciones sistemáticas respecto a ellos, quizás por falta de datos o simplemente por un bajo interés de la comunidad científica.

A nivel nacional, es posible destacar el estudio realizado por Aroca y Atienza (2008) sobre la *commutation* entre la ciudad de Antofagasta y otros centros poblados. En otra escala de análisis, observamos los estudios de movilidad al interior de la ciudad de Santiago como los presentados por Lazo (2008) o Ortiz y Morales (2002). En el sur de Chile es posible encontrar un estudio pionero de Varela (2001) donde se analiza la interacción entre las ciudades de Temuco y Valdivia y sus efectos en centros aledaños de menor talla.

Es justamente sobre la ciudad de Temuco y la región de la Araucanía que nos hemos planteado interrogantes acerca del comportamiento de los centros poblados que la circunscriben. A nivel regional, Peña y Escalona (2009) analizan algunas relaciones de la ciudad Temuco con sus centros urbanos próximos, pero no es posible encontrar un estudio por medio de sus flujos y que señalen las relaciones entre Temuco y otras ciudades de la región de La Araucanía.

En este sentido, nos hemos propuesto comprender el sistema de ciudades de la región de La Araucanía, el cual tiene como eje articulador la ciudad de Temuco, centro urbano que se elevaría como el nodo donde confluyen la mayoría de los vínculos entre ciudades establecidos en la región, generando consecuencias espaciales entre éstos y de manera particular para cada uno de ellos, ¿es posible pensar que en la región de La Araucanía se desarrolla una organización espacial de centros urbanos dependientes a Temuco y paralelamente otras ciudades quedan aisladas al sistema? ¿Las relaciones entre ciudades están dadas -en su mayoría- por una proximidad espacial? o ¿podemos encontrar fuertes vínculos entre centros urbanos pese a largas distancias geográficas?. Las respuestas a estas preguntas no están del todo claras, pero las respuestas positivas a algunas de ellas, podrían generar consecuencias espaciales que se traducirían en una débil cohesión del sistema regional de ciudades (de la manera contraria al concepto de regiones policéntricas de Davoudi) y las consecuencias sociales y territoriales que esto trae (DATAR, 2010).

Este artículo, pretende dilucidar y comprender la organización espacial del sistema de ciudades de La Araucanía, el rol articulador de Temuco, las relaciones que ésta ciudad establece con otras ciudades de la región y sus consecuencias espaciales.

Desde un punto de vista metodológico, este artículo busca por una parte contribuir al análisis de sistema de ciudades mediante métodos de análisis de redes sociales y teoría de grafos y como segunda parte, analizar las potencialidades del *software* gratuito Pajek, que permite explorar de manera rápida y efectiva ciertas características estructurales de redes, encontrando respuestas particulares o globales a partir del conjunto de relaciones que forman el sistema (De Nooy, Mrvar y Batagelj, 2005).

METODO

La metodología utilizada para este artículo fue desarrollada en tres partes. Una primera referente al número de ciudades y dato de flujo utilizado, una segunda referente al *software* y una tercera que destaca los métodos de análisis redes sociales o teoría de grafos utilizados.

Ciudades y flujo utilizado.

Para llevar a cabo el análisis, como primer etapa, se establecieron las ciudades a ser analizadas, se utilizó la definición de ciudad establecida por el INE, la cual establece que la ciudad es una "entidad urbana que posee más de 5.000 habitantes" (INE, 2005 p. 11). 18 ciudades se adecuan a este criterio y son posibles de verlas en la tabla N° 1. Se utilizó este criterio ya que era la única posibilidad de tener información comparable (límites urbanos establecidos por una misma institución y la posibilidad de tener acceso a ellos) y la fuente de datos que utilizaremos corresponde a la población definida por la misma institución (INE) que elabora la definición de ciudad.

Una vez determinadas las ciudades a ser analizadas, se debía obtener el dato de flujo para llevar a cabo nuestro análisis. Se procedió con el *software* REDATAM a extraer la pregunta propuesta en el censo 2002 referente a que comuna usted se desplaza por motivo de trabajo o estudio, flujo validado para tipo de estudios de redes según Pumain y Saint-Julien (2001), Green (2007) y Hornis y Van eck (2008). Debemos hacer notar que este dato de flujo de movilidad, fue el único tipo de vínculos al cual se pudo tener acceso, ya que no fue posible adquirir otros flujos validados como llamadas telefónicas, correos electrónicos o flujos fidedignos de automóviles.

Para hacer representativo el estudio, gracias a las manzanas censales de cada ciudad entregadas por INE, se seleccionaron las manzanas correspondientes al número de habitantes de la ciudad señalado según el censo 2002. Este paso, tuvo como objetivo, poder extraer la respuesta a que comuna se desplaza por motivos de trabajo o estudio para la totalidad de la población que lo realizaba en cada ciudad. El problema que surgió era referente a cómo saber si la persona llegaba o no a la ciudad presente en la comuna que indicaba la respuesta, en efecto, tenemos claro que estamos tomando el 100% de la muestra en cuanto al origen de la persona (la ciudad), pero lamentablemente solo sabremos a nivel comunal su llegada. Para tal efecto, tomamos los siguientes supuestos:

Si el traslado es por motivos de estudio, por ejemplo la ciudad Temuco es el centro poblado de la región que concentra prácticamente el 100% de la enseñanza universitaria y parte importante de la enseñanza media (consejo de rectores, 2009 y Ministerio de educación 2009) por tanto, es lógico pensar que la persona que se desplaza por motivos de estudios universitarios lo realizara hacia este centro urbano.

En el caso que la persona indicará que se desplaza a una comuna por motivos de estudio medios, es ilógico pensar que un estudiante irá desde la ciudad hacia una escuela rural, con todas las dificultades en transporte, accesibilidad (especialmente en invierno) y cuando la calidad en educación podría ser inferior.

Respecto a la movilidad laboral, creemos que es una variable que no podemos manejar y por ende una debilidad en el dato, la movilidad laboral desde una ciudad hacia una zona rural podría estar dada en una estacionalidad, pero suponemos que la mayoría de los desplazamientos por este motivo será a un centro urbano, en nuestro caso, la ciudad presente en la comuna, debemos hacer notar que para el total de centros urbanos en análisis hay solo una ciudad (definida por INE 2005) por comuna.

Como último punto, debemos reflexionar que con este dato, estamos tomando el 100% de la población, sería muy difícil y costoso que por medio de una encuesta, podamos obtener datos representativos para este tipo de análisis.

Es así, que a partir de estos supuestos, nosotros podemos obtener un dato de flujo entre un centro urbano y una comuna, suponiendo que esta última será la ciudad presente en ella.

Pajek , ¿una contribución para el análisis de sistema de ciudades?

El programa computacional Pajek, es un *software* gratuito (no libre) para usos no comerciales desarrollado para el análisis y visualización de redes sociales, creado en la universidad de Ljubljana, Slovenia, por Vladimir Batagelj, Andrej Mrvar y la contribución de Matjaž Zaveršnik.

Pajek es un *software* simple, pero en ocasiones de difícil comprensión para personas ajenas a la computación. Las aplicaciones para el estudio de ciudades por parte de este *software* no son numerosas, lo más próximo que podemos encontrar es aplicado a relaciones entre países y sus flujos comerciales en De nooy, Mrvar y Batagelj (2005), no obstante ello, como ya ha sido mencionado, las aplicaciones al estudio de ciudades por las redes sociales a la Geografía si ha sido desarrollada y seguramente el *software* UCINET ha sido uno de los mas utilizados como por ejemplo en Wall (2009).

Para comenzar, lo primero que se debe realizar en Pajek, es estructurar el archivo a ser utilizado. En este sentido es necesario tener claro los siguientes elementos:

- Número de nodos que serán utilizados (número de ciudades).
- Definir el flujo de la red, en nuestro caso se trata de una red dirigida, ya que es posible que una ciudad A este enviando información hacia la ciudad B pero ésta última no envíe a la ciudad A.
- Definir si será una red valorada o no, es decir, si el flujo entre una ciudad A y una ciudad B tendrá un valor, en nuestro caso será valorada y el valor será el número de personas que se desplazan.

Partiendo de estos elementos, el archivo Pajek presenta una estructura como es posible ver en el siguiente texto:

```
*Vertices 18
1 "Angol"           0.1882  0.0716
2 "Carahue"        0.0011  0.6229
3 "Collipulli"     0.3205  0.1629
4 "Cunco"          0.5288  0.7335
5 "Curacautín"   0.5838  0.4390
6 "Freire"         0.2534  0.7558
7 "Gorbea"        0.2327  0.8476
8 "Lautaro"       0.3313  0.5027
9 "Loncoche"      0.2615  0.9900
10 "Nueva Imperial" 0.0991  0.6388
11 "Pitrufuquén"  0.2473  0.7758
12 "Pucón"        0.5661  0.9366
13 "Purén"        0.0232  0.2190
14 "Renaico"      0.2434  0.0011
15 "Temuco"       0.2595  0.6273
16 "Traiguén"     0.2155  0.3396
17 "Victoria"     0.3687  0.3246
18 "Villarrica"   0.4429  0.9446
```

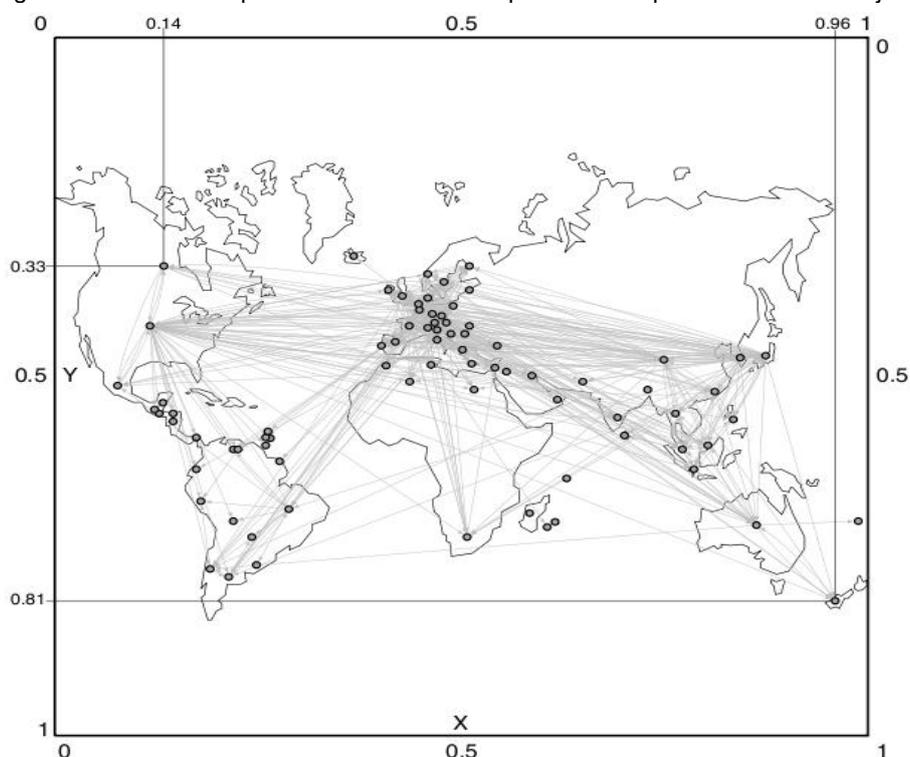
```
*Arcs
1 2  2
1 3 411
1 5  5
1 8  6
```

Como podemos observar, la primera parte del archivo indica el número de ciudades a ser analizadas y su identificador, seguido a esto, debemos rescatar la manera de ingresar los arcos, por ejemplo, el primer valor de 1 2 2 (ver la estructura del archivo), indica que desde la ciudad de Angol se desplazan dos personas por motivos de trabajo o estudio hacia Carahue. Pero acá se vislumbra la primera duda ¿qué sucede si tenemos 50 ciudades o 200 flujos? ¿Tendremos que ingresar manualmente cada uno de ellos?, un *software* libre permite transformar archivos *.xls (excel) hacia archivos Pajek, además si contamos los datos en una matriz en formato *.xls (excel) podemos presentarla rápidamente en el *software* UCINET y de ahí generar y exportar el archivo en formato Pajek.

Uno de las grandes potencialidades de Pajek es poder fijar las coordenadas de cada ciudad. Como es apreciable en la estructura del archivo en el extremo derecho, vemos los valores de coordenadas en el plano Pajek, equivalente en la proyección UTM.

El plano Pajek funciona de la siguiente manera. El plano va en una zona comprendida entre 0 y 1 de izquierda a derecha (eje X) y entre 0 y 1 de arriba hacia abajo (eje Y), esto quiere decir, que de manera vertical, mientras mas al norte, estaremos mas cerca de cero y de manera horizontal mientras mas cercano a 1 estaremos mas hacia el este (ver figura N° 1).

Figura N° 1 Vista de exportación de metal entre países en un plano “teórico” de Pajek.



Fuente: De nooy, Mrvar y Batagelj, 2005, p. 44.

Para calcular nuestras coordenadas en el plano, solo basta aplicar una simple formula. Al tener nuestra lista de ciudades con sus coordenadas UTM X e Y respectivas, se calculó el máximo y mínimo de cada columna. Para obtener la coordenada X a cada ciudad se le resto el mínimo calculado para todas las ciudades dividido por el máximo obtenido de la resta entre el mínimo y máximo calculado para cada columna de coordenadas UTM X y UTM Y, para obtener la coordenada Y se procedió de la misma manera, salvo que el valor de 1 se le restaba a todo el procedimiento anterior, de esta manera se pudieron obtener nuevas coordenadas proporcionales en el plano señalado.

Como vemos en la tabla N° 1 podremos obtener una conversión y de manera siguiente una visualización como en la figura N° 3.

Tabla N° 1 Coordenadas UTM a Plano Pajek.

Ciudad	UTM x	UTM y	X Plano Pajek	Y Plano Pajek
Angol	173677	5810417	0,1882	0,0716
Carahue	138327	5706842	0,0000	0,6229
Collipulli	198535	5793259	0,3205	0,1629
Cunco	237667	5686075	0,5288	0,7335
Curacautín	248002	5741401	0,5838	0,4390
Freire	185936	5681877	0,2534	0,7558
Gorbea	182047	5664642	0,2327	0,8476
Lautaro	200559	5729422	0,3313	0,5027
Loncoche	187446	5636005	0,2615	1,0000
Nueva Imperial	156950	5703858	0,0991	0,6388
Pitrufquén	184787	5678120	0,2473	0,7758
Pucón	244671	5647920	0,5661	0,9366
Purén	142685	5782721	0,0232	0,2190
Renaico	184060	5823869	0,2434	0,0000
Temuco	187070	5706031	0,2595	0,6273
Traiguén	178814	5760063	0,2155	0,3396
Victoria	207593	5762887	0,3687	0,3246
Villarrica	221529	5646405	0,4429	0,9446

Fuente: Elaborado por los autores.

Una vez que tenemos nuestras coordenadas podremos editar el archivo Pajek y digitar nuestras coordenadas. Si no ingresamos nada, el *software* las distribuirá de manera aleatoria.

Algunos métodos de análisis de redes sociales y teoría de grafos aplicados en el sistema de ciudades.

En este punto, presentamos las características que buscamos analizar con Pajek, nuevamente queremos hacer notar que cuando hablamos de métodos de análisis de redes sociales, nos referimos a los métodos, no a una red social como *Facebook* o un grupo de personas. Son los métodos que han sido tomados por diversas disciplinas para el análisis de otros fenómenos más allá de un grupo de personas.

Aclarado este punto, una vez que tenemos el archivo Pajek, hemos procedido a cálculo de las siguientes características de la red:

a) Centralidad: conocer cuáles son las ciudades “más centrales” es comprender el poder y dominancia de los nodos en la red respecto a otros que quedan en la periferia (Degenne y Forsé, 1994). La centralidad permite un mejor acceso a la información y poder propagarla. Los cálculos de centralidad que hemos escogido son:

a.1 Centralidad del nodo: las ciudades centrales serán los centros urbanos más activos de la red, es decir, los que tienen mayor cantidad de vínculos con otras ciudades tanto en entradas como en salidas. Debemos tener cuidado que esta medida es puramente local y no mide características estructurales de la red. Para tal efecto, calculamos la centralidad del nodo normalizada para cada nodo lo cual nos permitirá compararlas (Degenne y Fersé, 1994). La situación teórica máxima del grado de un nodo sería a la situación centro de una estrella.

a.2 Centralidad de intermediación: es una centralidad obtenida a partir de la conexión indirecta de un centro urbano respecto a otro, es decir si dos ciudades no adyacentes como Temuco y Angol quieren comunicarse pero entre ellas está Lautaro, entonces esta última ciudad tendrá un cierto control en la interacción de ellas (si tomamos el supuesto que existe una sola vía principal para la conexión). Por ende, esta medida de centralidad busca comprender el rol de Lautaro en la interacción entre Temuco y Angol, en efecto, la localización de ciertas ciudades son importantes por la proximidad o lejanía de ciertos nodos respecto a otros más importantes.

b) Rol posición y equivalencia.

En el análisis de redes, los roles nos ayudan a encontrar nodos que a partir de sus vínculos tengan una estructura similar. Para que dos nodos sean estructuralmente equivalentes ellos deben tener exactamente las mismas relaciones con todos los otros nodos de la red y así la equivalencia es llamada estructural (Wasserman y Faust, 1994). La equivalencia nos entrega la posibilidad de construir categorías con una cierta estructura, en nuestro caso ver cuáles ciudades tienen patrones de interacción similares y poder construir un « *cluster* » a partir de sus relaciones. De nooy, Mrvar y Batagelj (2005) señalan que los nodos que son estructuralmente equivalentes tienen líneas o columnas similares salvo por la diagonal en la matriz de adyacencia.

Según De nooy, Mrvar y Batagelj (2005) para hacer el cálculo de la equivalencia debemos usar el índice de *Dissimilarity*, hay una gama diferentes de índices, pero en nuestro caso como nuestra red es valorada es recomendable -según los autores- utilizar los índices de distancias de geometría Euclidean o Manhattan.

c) Entradas, salidas y prestigio.

Un último aspecto que encontramos relevante calcular fue las entradas y salidas para cada ciudad, de tal forma de ver cuáles son las ciudades que “reciben” más población y cuáles son las que están “enviando” más. Estas características nos podrían orientar a ciertos fenómenos de ciudades dormitorio o centros urbanos de descanso, los cuales envían diariamente una alta población a otro centro urbano concentrador, en efecto, un centro urbano que esté recibiendo muchos vínculos es considerado “prestigioso” (o dominante) dentro de la red, el cual se podría inferir se trata de una ciudad concentradora de actividades económicas. Para el cálculo de prestigio, podemos hacer una prueba estadística para analizar si el resultado de los valores de prestigio son acordes a una jerarquía funcional o por talla de ciudades. Es decir, Pajek nos permite correlacionar los valores obtenidos de prestigio con valores jerárquicos establecido por el usuario. Pajek trabaja con la correlación de Person's y Spearman.

A pesar que estos métodos pueden ser cuestionables y esperablemente mejorables en bastantes etapas, como veremos en las páginas siguientes, fueron aplicados obteniendo resultados metodológicos bastante concluyentes, tanto los análisis propuestos en el punto 2.2 como en el punto 2.3 que contribuirían a caracterizar un sistema de ciudades. Aun más, si pudiésemos contar con flujos en distintos periodos de tiempo, las posibilidades de obtener resultados serían aun más interesantes, cuanto a que podríamos analizar cuánto eficaz -por ejemplo- ha sido una política territorial (desconcentradora por ejemplo) en un territorio, un ejemplo interesante es desarrollado por Green (2007) para ciudades y una aplicación de Pajek para el manejo de redes en el tiempo en Ruiz y Gil-Mendieta (2004).

RESULTADOS

En la tabla N° 2 es posible observar los resultados obtenidos para los índices de centralidad. Como era esperable, en ambos índices, es la ciudad de Temuco la más “central” y por ende poderosa en la red.

Tabla N° 2 Ciudades y índices de centralidad.

Ciudad	Centralidad de grado	Centralidad de intermediación	Prestigio	Población 2002
Angol	0,823	0,0275	0,823	41.928
Carahue	0,794	0,0122	0,882	9.459
Collipulli	0,823	0,0208	0,764	14.240
Cunco	0,794	0,0177	0,823	7.316
Curacautín	0,764	0,0066	0,764	12.412
Freire	0,764	0,0070	0,764	5.388
Gorbea	0,676	0,0057	0,529	7.852
Lautaro	0,882	0,0154	0,823	18.808
Loncoche	0,705	0,0107	0,764	14.191
Nueva Imperial	0,794	0,0091	0,764	14.980
Pitrufquén	0,852	0,0130	0,823	13.420
Pucón	0,735	0,0117	0,823	13.837
Purén	0,411	0,0023	0,529	7.604
Renaico	0,411	0,0002	0,235	5.355
Temuco	1,000	0,0464	1,000	268.220 ⁴
Traiguén	0,676	0,0107	0,764	14.140
Victoria	0,941	0,0383	0,941	23.977
Villarrica	0,852	0,0122	0,882	27.408

Fuente: Elaborado por los autores y INE, 2005.

Para la centralidad por grado, es interesante notar una posible correlación entre la talla de las ciudades y los valores obtenidos de centralidad (ver tabla N° 2), como son los casos de Angol, Collipulli, Lautaro, Villarrica y Victoria. Las ciudades que se ven menos influyentes en la red desde un punto de vista de centralidad son Gorbea, Purén, Renaico y Traiguén. Todas, salvo Gorbea, localizadas mas bien en la parte norte de la región.

Respecto a la centralidad de intermediación, los nodos con menor injerencia en la red son Curacautín, Freire, Gorbea, Nueva Imperial y Renaico. Temuco y Victoria se alzan como los centros urbanos “mas centrales” de la red.

En cuanto a las ciudades “más prestigiosas”, como vemos en la tabla, Temuco y Victoria presentan los valores mas elevados de prestigio, esto quiere decir que reciben más población

4 La ciudad de Temuco ha sido conurbada con los centros urbanos de Padre las Casas, Labranza y Cajón.

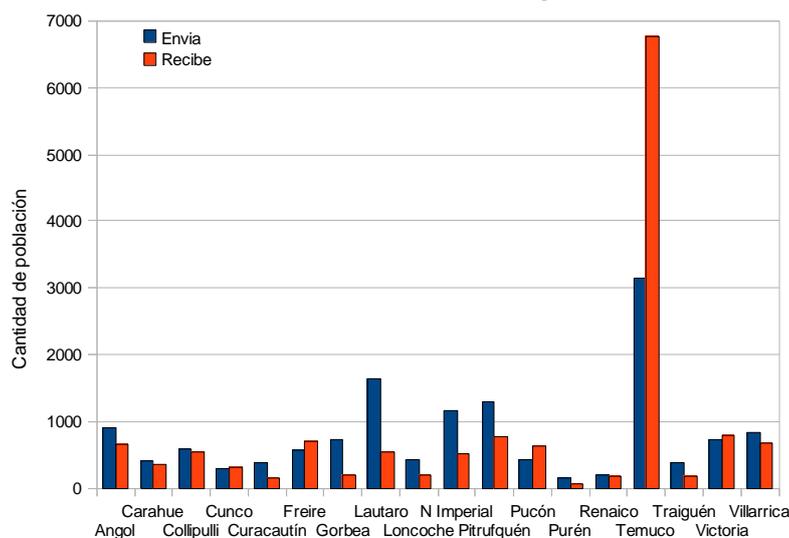
de otros centros urbanos en relación a todas las otras ciudades del sistema. Las ciudades menos atrayentes son Gorbea, Purén y Renaico.

Para analizar y validar estos resultados, en Pajek se realizó una correlación entre el prestigio obtenido y una jerarquización de ciudades según su tamaño de población al año 2002. Los resultados para la correlación de Sperman fueron de 0,62 y para la correlación de Pearson 0,65, lo cual estaría indicando la existencia de una moderada pero respetable correlación y por ende los resultados del valor de prestigio tenderían a ser similares según el tamaño de las ciudades.

Si analizamos los datos de manera desagregada para observar las entradas versus las salidas por ciudad, en el gráfico N° 1 podemos ver como Temuco es un centro que se destaca proporcionalmente por ser un “recibidor” de población, también son interesantes en este aspecto los casos de Pucón y en menor medida Cunco, Freire y Victoria. En este sentido, parece necesario caracterizar las ciudades con otros tipos de datos que nos permitan comprender las características de los centros que están generando esta atracción de población. Por ejemplo en Pucón ¿es la actividad turística que origina esta atracción? La respuesta podría ser positiva si analizamos ciertas estadísticas del Servicio Nacional de Turismo (SERNATUR).⁵

Las ciudades que más “envían” población son Gorbea, Lautaro, Nueva Imperial y Pitrufquén, estas tres últimas muy próximas a Temuco y por ende sería posible inferir una cierta funcionalidad dormitorio de estos centros urbanos.

Grafico N° 1 Movilidad cotidiana ciudades región de La Araucanía

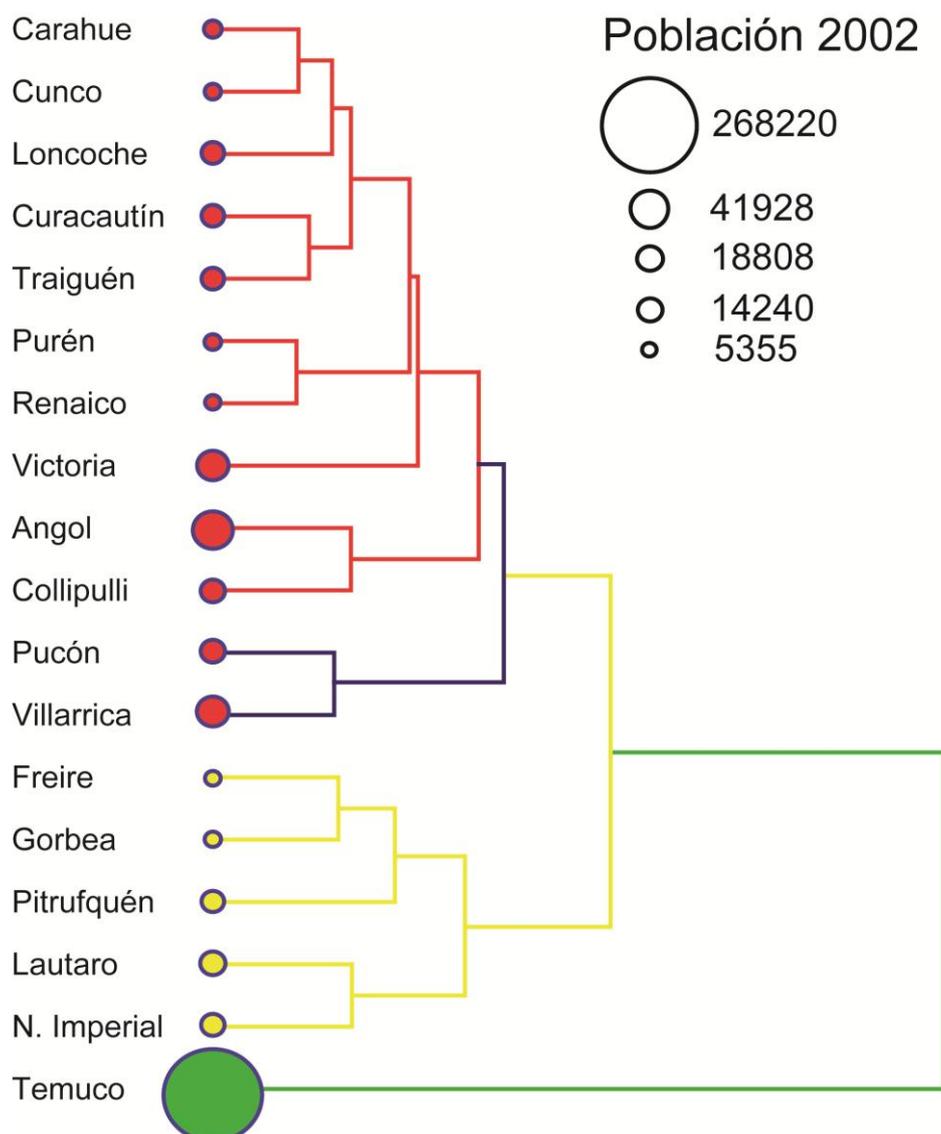


Fuente: Elaborado por los autores, según datos obtenidos de base censal INE 2002.

Una última característica que quisiéramos discutir, es referente al cálculo de la equivalencia estructural. Este cálculo fue realizado para los índices D1, Euclidean y Manhattan, los resultados arrojados nos permitieron discernir que es el índice de distancia de Manhattan el que se ajustaba mejor a nuestra red, los resultados de las jerarquías son posibles de ver en la figura N° 2.

5 Debemos hacer notar que en este artículo, pese a que pueda ser necesario, no es el objetivo contar con una amplia gama de indicadores que nos permitan validar ciertos procesos que puedan extraerse del análisis de redes, en esta investigación queremos solamente remitirnos a los flujos y al análisis de red en cuestión.

Figura N° 2: Equivalencia estructural de ciudades región de La Araucanía.



Fuente: Elaborado por los autores

Como observamos en la figura N° 2, la ciudad de Temuco es estructuralmente particular en el sistema, esto quiere decir que el patrón de flujos que establece tanto en las conexiones con otros centros urbanos, como en las magnitudes de estos, no son proporcionales a otro (s) centro (s) de la red.

Otro aspecto relevante es que el análisis estructural nos muestra cuatro *cluster* o “agrupaciones” estructurales y dentro de ellos sub grupos.

En un primer grupo tenemos a las ciudades de Carahue, Cunco, Loncoche, Curacautín y Traiguén, Purén, Renaico, Victoria, Angol y Collipulli. Estas ciudades están situadas en la parte centro y norte de la región (ver la carta N° 1), las asociaciones de sub grupo de ciudades, parecen estar referidas a la proximidad espacial de las ciudades, destacables son los casos de Angol con Collipulli, Purén con Renaico estos últimos centros urbanos con una dinámica muy baja de flujos.

También es posible observar como la estructura de flujos de los otros centros urbanos menores son similares como los casos de Traiguén y Curacautín, en otro sentido Victoria se escapa de las relaciones de las ciudades mencionadas (ver imagen N° 2) tanto por su ubicación en el eje de la principal ruta que atraviesa la región como su cantidad de población (ver trazado de color rojo en carta N° 1).

Una segunda agrupación del sistema corresponde a las ciudades de Villarrica y Pucón, ambas ciudades especialmente próximas localizadas en el sector sur este de la región (ver carta N° 1), presentan estructuras similares por su cercanía y actividad funcional que desarrollan. Esta “asociación estructural” se localiza “distante” de las estructuras generadas por los centros urbanos del norte de la región, pero en cierta manera “cercaños” a ellos, de manera intermedia o de transición con el resto de nodos del sistema.

Un tercer grupo de ciudades (Freire, Gorbea, Pitrufquén, Lautaro y Nueva Imperial) desarrollan un conjunto de ciudades estructuralmente semejantes, localizadas en torno a la capital regional. La equivalencia estructural de Lautaro y Nueva Imperial, ya mencionada en el gráfico número N° 1 es la destacable dentro de este conjunto. Este grupo de ciudades parecen estar desarrollado un patrón particular de relaciones en torno a la capital regional, en efecto, se desarrollan alrededor de un radio de 40 km de Temuco, donde la función de dormitorio, parecer se la predominante en estos centros urbanos.

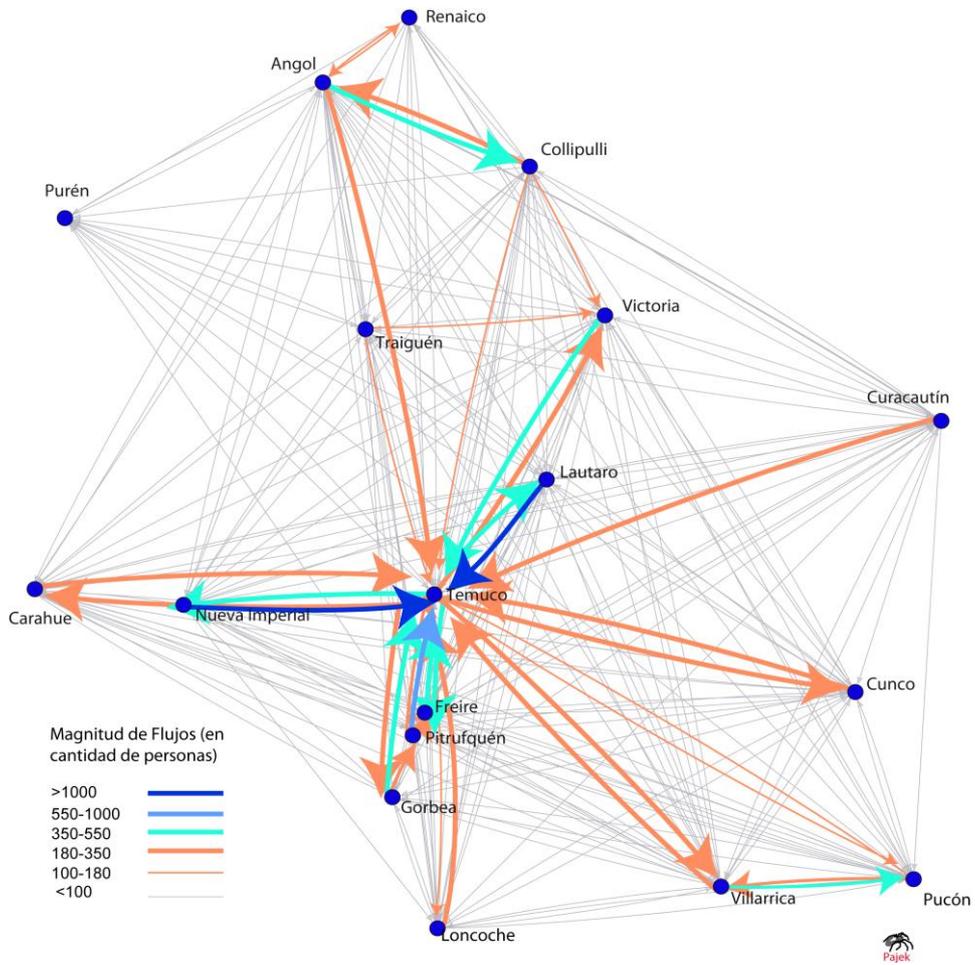
Finalmente, como ya observamos, Temuco se desarrolla como un cuarto y solitario *cluster*, el cual está en la cima de todas las ciudades y cuyo patrón de relación estructural es incomparable con el resto de sistema, pese a la mayor cercanía con el *cluster* tres.

Seguido a este análisis, a partir de los elementos mencionados, hemos construido una imagen resumen donde podemos analizar las magnitudes de las relaciones espaciales que establecen las ciudades en la región de La Araucanía. Como observamos en la figura N° 3 y la carta N° 1 la parte norte de la región presenta ciudades con una magnitud de flujos mejor en comparación al centro (pese a la fuerte relación entre Angol y Collipulli), específicamente las ciudades en torno a Temuco. Las ciudades de Villarrica y Pucón serían un territorio “compensador” a la atracción generada por la ciudad de Temuco, pero dicho rol no tiene la magnitud necesaria para que podamos hablar de una cierto “equilibrio” en una parte de la red, en efecto, los flujos nos indican que el sistema de ciudades de La Araucanía parece tener características monocéntricas.

En la misma figura, observamos que los patrones y magnitudes de interacción de las ciudades estarían determinados según su ubicación geográfica, es decir, ciudades próximas geográficamente desarrollarían patrones más fuertes de interacción lo cual es esperable. Sólo el caso de los desplazamientos de Victoria hacia Temuco llama la atención.

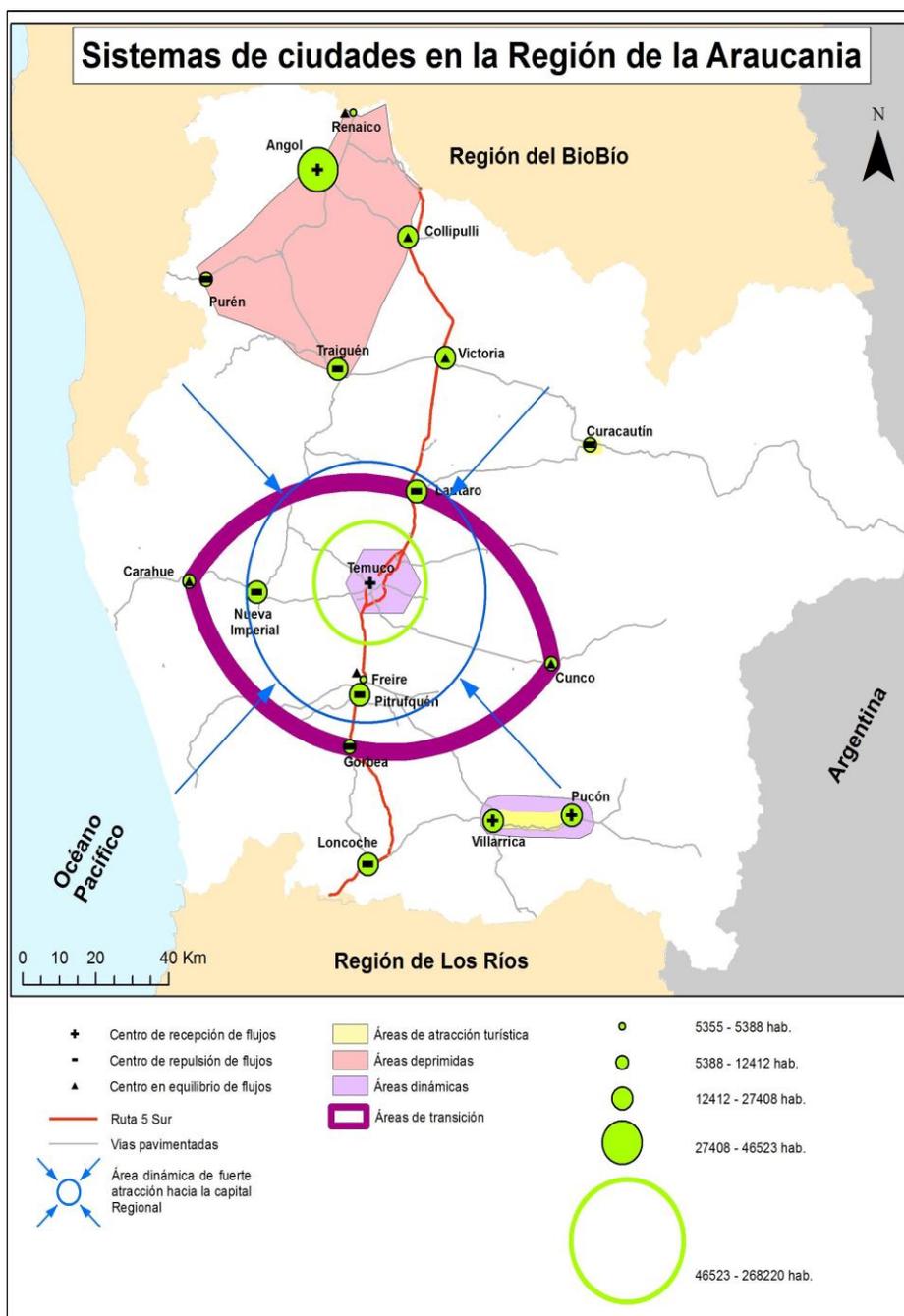
Respecto a la magnitud de los Flujos, las elevadas, se encuentran desarrolladas por las salidas de población de distintas ciudades hacia Temuco, ejemplos son los centros de Lautaro, Nueva Imperial y Pitrufquén. Otros casos interesantes, son las ya mencionadas salidas de población de Angol hacia Collipulli y de Villarrica hacia Pucón.

Figura N° 3: Sistema de ciudades región de La Araucanía



Fuente: Elaborado por los autores, según datos obtenidos de base censal INE 2002.

Carta N° 1: Sistema de ciudades región de La Araucanía



Fuente: Elaborado por los autores.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

El sistema de ciudades de la región de La Araucanía, se desarrollaría de manera monocéntrica, contrario a la propuesta de un desarrollo policéntrico del territorio (como por ejemplo a la propuesta por Davoudi, 2007) cuyas consecuencias espaciales se traducirían en una baja cohesión territorial y por la existencia de ciertos territorios “débiles” o “aislados” en desmedro de otros, en este sentido, los centros urbanos del norte de la región de La Araucanía parecen estar mas desconectados que los del centro y el sur (muy vinculados a la capital regional), esta característica podría ser positiva si las dinámicas de centros como Angol, Collipulli y otros tienen la capacidad de equilibrar la influencia de Temuco permitiendo un bienestar de la población, a raíz de los análisis planteados esto no queda claro, por tanto sería aconsejable

complementar el estudio analizando indicadores de pobreza, estadística de acceso a educación u otros servicios básicos como hospitalarios.

El patrón de organización polarizada encontrado, produciría que los centros urbanos del sistema estén determinados por su talla en cuanto a la relación que ellos puedan establecer con otros nodos, es decir, con dificultades para establecer vínculos con otros centros urbanos externos del sistema regional (¿inserción global?) y subordinados a la ciudad de Temuco, lejano a un desarrollo de redes de ciudades con algún grado de cooperación o autonomía como lo señala Camagni (2005) o ciertos aspectos de ciudades intermedias como Bellet y Llop (2004).

La ciudad de Temuco, en cierta manera esperable, se alza como el eje articulador de la región, constituye el nodo de mayor importancia y donde otros centros urbanos “gravitan” en torno a él sin una mayor capacidad de “balancear” o “equilibrar” el territorio, salvo la dinámica de Villarrica y Pucón que habría que complementar con otros indicadores. Estadísticas de migración entre 1997 y 2002 obtenidas del censo 2002 entre comunas de la región, indicarían que estos territorios son los únicos capaces de contrarrestar (aunque no sabemos en que magnitud) la injerencia de la capital regional.

Los centros urbanos de Nueva Imperial, Lautaro, Gorbea, Pitrufquén y Freire parecen estar funcionalmente ligados (o incluso podríamos decir dependientes) a Temuco donde posiblemente la población a buscado localizarse de manera próxima a la capital regional, pero viviendo en centros donde el suelo es menos costoso o por iniciativas Estatales de viviendas social, tal como lo sugieren estadísticas obtenidas por cambio de uso de suelo de estas ciudades aledañas (Seremi de agricultura Región de La Araucanía, 2010).

Finalmente, en lo referente al sistema de ciudades de la región de La Araucanía, la red urbana estaría configurada desde la interacción de tres elementos, “proximidad espacial”, “flujo” y “talla”, ciudades con una baja población tienden a relacionarse fuertemente con centros urbanos próximos dentro del sistema, ciudades con mayor población tendrían la posibilidad de establecer vínculos con otros centros externos del sistema (no analizado en nuestro caso) y son nodos atractivos de flujos de interacción con centros de menor talla. Otros centros tienen la capacidad de generar relaciones de tipo dual, independiente de su talla pero dependientes de su proximidad espacial y generando relaciones con fuertes magnitudes de flujos, generando cierta dominancia o dependencia (ver carta N° 1 e imagen N° 3).

Debemos hacer notar que esta relación de proximidad o lejanía espacial entre ciudades podría ser totalmente esperable, lo potente del análisis de redes es que nos dejaría en evidencia estos fenómenos y sus posibilidades de adobarlos en función de la planificación territorial.

Metodológicamente hemos podido corroborar que los métodos del análisis de redes sociales son una alternativa para comprender ciertas características que presentan un conjunto de ciudades en un territorio y una herramienta interesante para tomar en cuenta en la elaboración de ciertos instrumentos territoriales como planos comunales, intercomunales o estrategias regionales de desarrollo, ya que nos permiten identificar y diagnosticar territorios que están aislados, nodos que están desarrollando patrones similares o diferentes, además de conocer ciertos indicios de jerarquías de centros poblados con centros dominantes o dominados de la red.

Creemos que el programa computacional Pajek, es un *software* que permite el manejo espacial de datos para ciudades y permite de manera rápida procesar información relevante para la comprensión de estas. Una debilidad está relacionada al ingreso de los datos y su tratamiento que para usuarios no experimentados en la informática puede dificultar su utilización.

A pesar de lo poderoso que puede ser un análisis de redes con los métodos presentados (mas otros que no fueron tratados en este artículo), parece necesario complementar este tipo de análisis con estadísticas demográficas y económicas para poder comprender ciertos elementos que puedan no estar contemplados en un análisis de red y que son necesarios para entender el conjunto de ciudades presentes en un territorio.

Otro aspecto a mencionar, es la dificultad de contar con datos sistemáticos de flujos para el análisis de redes, lo cual se transforma en un obstáculo para establecer estos enfoques, especialmente los referentes a un serie de tiempo lo cual posibilitaría establecer análisis complejos.

Pese a estos elementos, creemos que el análisis de redes junto a una estadística completa y detallada, pueden constituirse en una importante herramienta para el análisis del territorio Chileno, el cual prácticamente no ha sido abordado a partir de los enfoques de red.

REFERENCIAS

- AROCA, P. Y ATIENZA, M. (2008). La conmutación regional en Chile y su impacto en la Región de Antofagasta. *Revista Latinoamericana de Estudios Urbano-Regionales (EURE)* 34(102):97-120.
- BELLET, C. Y LLOP, J. (2004). Miradas a otros espacios urbanos: las ciudades intermedias. *Scripta Nova. Revista electrónica de Geografía y Ciencias Sociales VIII (165):1-32.*
- CAMAGNI, R. (2005). *Economía urbana*. España, Antoni Bosch editor. 303p.
- LE SYSTÈME DES VILLES européennes.(1999). Por Nadine Cattan "et al". Paris, Anthropos. 197p.
- CONSEJO DE RECTORES DE LAS UNIVERSIDADES CHILENAS. (2009). *Anuario Estadístico 2008*. Chile, Secretaría General del H. Consejo de Rectores de las Universidades Chilenas. 546p.
- DAMETTE, F. (1994). *La France en villes*. Paris, DATAR à La Documentation française. 271p.
- DATAR DÉLÉGATION À L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE ET À L'ACTION RÉGIONALE. (2010). *La cohésion territoriale en Europe*. Paris, La Documentation Française. 102p.
- DAVOUDI, S. (2007). Polycentricity: Panacea or pipedream?. En: CATTAN, N. (Ed.). *Cities and networks in Europe: a critical approach of polycentrism*. John Libbey Eurotext. pp. 65-73
- EXPLORATORY SOCIAL NETWORK Analysis With Pajek. (2005). Wouter de Nooy "et al". New York, USA, Cambridge University Press. 334p.
- DEGENNE, A. Y FORSÉ, M. (1994). *Les réseaux sociaux*. Paris, Armand Colin Éditeur. 288p.
- GREEN, N. (2007). Functional Polycentricity: A Formal Definition in Terms of Social Network Analysis. *Urban Studies* 44(11):2077-2103.
- GREEN, N. (2008). City-states and the spatial in-between. *Town & Country Planning*, 1(May):224-231.
- HALL, P. Y PAIN, K. (2006). *The polycentric Metropolis. Learning from mega-city regions in Europe*. London, Earthscan. 228p.
- HORNIS, W. Y VAN ECK, J.R. (2008). A typology of peri-urban areas in the Netherlands. *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie* 99(5):619-628.
- HUGHES, H. Y IRWIN, M. (1992). Centrality and the Structure of Urban Interaction: Measures, Concepts, and Applications. *Social Forces* 71(1):17-51.
- INE INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS DE CHILE. (2005). *Chile: Ciudades, Pueblos, Aldeas y Caseríos*. Chile, Departamento Atención al Usuario y Difusión, Gobierno de Chile, Instituto Nacional de Estadísticas. 300p.
- LAZO, A. (2008). Transporte, movilidad y exclusión. El caso de Transantiago en Chile. *Scripta Nova. Revista electrónica de Geografía y Ciencias Sociales XII(270)*.
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN DE CHILE (2010). *Tabla de Matrícula Año 2009*. [En Línea] Chile, <http://w3app.mineduc.cl/DedPublico/archivos_de_datos> [Consulta: 01 septiembre 2010].
- ORTIZ, J. Y MORALES, S. (2002). Impacto socioespacial de las migraciones intraurbanas en entidades de centro y de nuevas periferias del Gran Santiago. *Revista Latinoamericana de Estudios Urbano-Regionales (EURE)* 28(85):171-185.
- PEÑA, F. Y ESCALONA, M. (2009). Expansión urbana en la intercomuna Araucanía Centro. Alteraciones sobre las áreas rurales. En: HIDALGO, R., DE MATTOS, C. y ARENAS, F. *Chile del país urbano al país metropolitano* (Eds.). Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. pp. 389-398.
- PRED, A. (1977). *City-Systems in Advanced Economies: Past Growth, Present Processes, and Future Development Options*. London, Hutchinson. 256p.
- RUIZ, A. Y GIL-MENDEIETA, J. (2004). Redes variables en el tiempo: visualización con Pajek. *Redes Revista hispana para el análisis de redes sociales* 6(4):1-16.
- SECRETARÍA MINISTERIAL DE AGRICULTURA REGIÓN DE LA ARAUCANÍA. (2010). *Tabla: historial de cambio de uso de suelos aprobados en la IX Región de la Araucanía*. Temuco, Chile.
- SHORT, J.R. (2004). Black Holes and Loose Connections in a Global Urban Network. *The Professional Geographer* 56(2):295-302.

VARELA, C. (2001). La interacción entre ciudades y el ordenamiento territorial. Estudio de caso: Temuco (IX región de la Araucanía) y Valdivia (región de los lagos), Chile. *Revista Austral de Ciencias Sociales* 5:61-71.

WALL, R. (2009). The relative importance of randstad cities within comparative worldwide corporate networks. *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie* 100(2):250-259.

WASSERMAN, S. Y FAUST, K. (1994). *Social Network Analysis: Methods and Applications. Structural Analysis in the Social Sciences*. New York USA, Cambridge University press. 825p.