

---

# **Network Topology of the Argentine Interbank Money Market**

---

Federico D. Forte (FCE-UBA, Banco BBVA)

BCRA Working Paper N° 87

E-mail: [federicodforte@gmail.com](mailto:federicodforte@gmail.com)

# Índice de la presentación

---

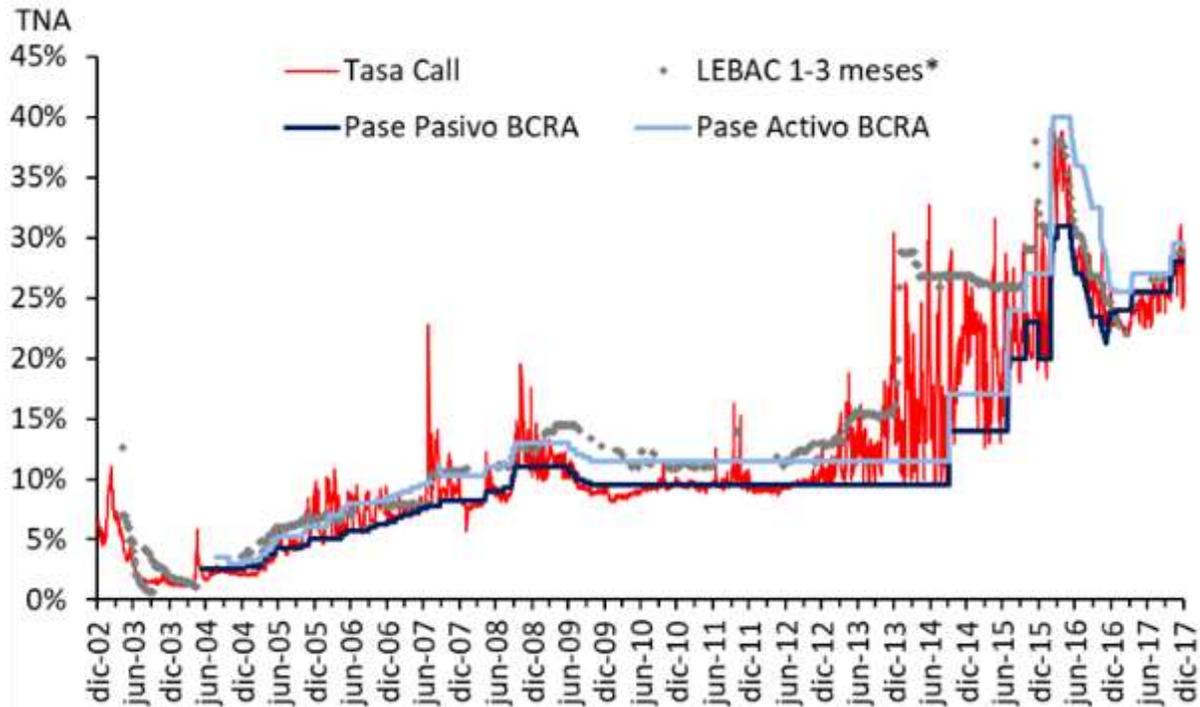
1. El mercado interbancario argentino
2. Análisis de redes financieras
3. Principales características topológicas de la red
4. Análisis de la distribución de grados
5. Efectos de la centralidad de los nodos sobre las tasas de interés bilaterales
6. Reflexiones finales y comparación con redes interbancarias del mundo

# Mercado de *call* interbancario

- Mercado interbancario de préstamos a corto plazo (no garantizados)
- Los bancos recurren a este mercado para manejar su liquidez
- La tasa de interés que surge del promedio de operaciones es una de las principales referencias del “costo del dinero” en Argentina
- Se opera mediante *trading* telefónico, con bancos en los que ya se tengan líneas de crédito abiertas

# Tasas de interés y liquidez en Argentina

## Tasa *Call* y tasas de interés de los instrumentos de regulación monetaria del BCRA



Fuente: BCRA. \*Nota: Se muestra la tasa de interés de la LEBAC de menor plazo en cada momento del tiempo, siempre y cuando sea inferior a los 105 días. Las de mayor duración son menos relevantes a la hora de explicar el comportamiento de la tasa *call*.

## Ratio de liquidez amplia del sistema financiero



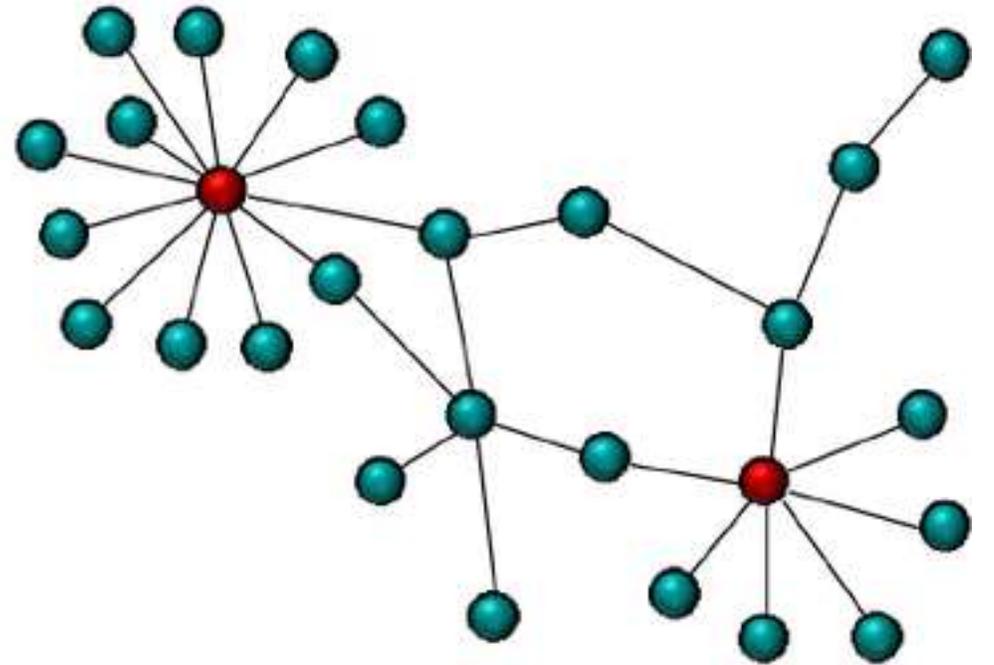
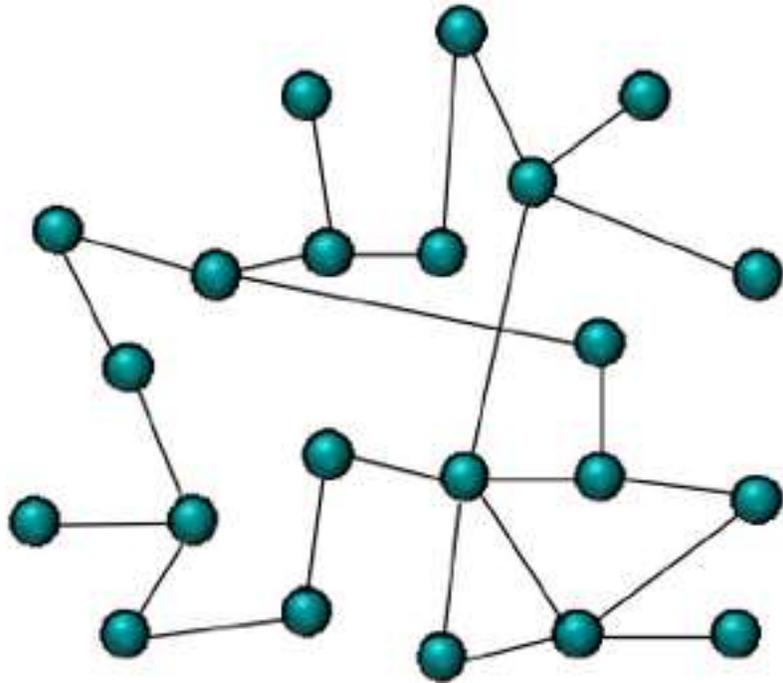
Fuente: BCRA.

# Base de datos - La red interbancaria argentina

---

- Cantidad de operaciones: 294.912 operaciones (91,6% a un día hábil)
- Período: entre el 1 enero de 2003 y 31 de diciembre de 2017
- Foco: operaciones en pesos a un día hábil a tasa fija (269.413 operaciones, 91,4% del total)
- Unidad de análisis: Promedios mensuales (180 meses analizados = 180 redes)

# El análisis de redes



# Análisis de redes: conceptos clave

- Nodos de la red ( $N$ ): Entidades financieras
- Enlaces o vínculos ( $M$ ): Operaciones entre ellos (promedio mensual)
- Importa la dirección:
  - Vínculo “de salida” = la entidad presta fondos
  - Vínculo “de entrada” = la entidad recibe fondos
- Grado ( $k$ ): cantidad de vínculos de un nodo

# Análisis de redes financieras

---

- Primer análisis de redes sobre la red interbancaria argentina
- Poca literatura en general sobre el mercado de *call* argentino

# Apéndice: Comparación con otras redes del mundo

País	Referencia	Período	Base de datos	Frecuencia	N	M <sup>1</sup>	Densidad	Reciprocidad	Clustering <sup>2</sup>	Asortatividad <sup>3</sup>	Distancia media	Distribución de grados <sup>4</sup>
Alemania	Craig y von Peter (2014)	1999-2012	Exposiciones de balance	Trimestral	1.732 ± 85	20.081 ± 1.461	0,66%	-	-	-	-	Rechaza Poisson
Australia	Sokolov <i>et al.</i> (2012)	2007	Préstamos interbancarios	Diaria	55	69-83	2,6%	-	-	-0,1375	-	Rechaza Ley de Potencias
			Resto de flujos de dinero interbancarios		55	784-804	26,9%	-	-	-0,375	-	Rechaza Ley de Potencias
Austria	Boss <i>et al.</i> (2004)	2000-2003	Exposiciones de balance	Trimestral	883	Máx. entropía	-	-	0,12 ± 0,01	-	2,59 ± 0,02	Ley de Potencias (α=2,01)
Brasil	Cont <i>et al.</i> (2013)	2007-2008	Exposiciones de balance	Irregular	592-597	1.200	-	-	0,2	Disasortativa	2,35-2,42	Ley de Potencias (α=2,54)
Canadá	Embree y Roberts (2009)	2004-2008	Sistema de pagos	Diaria	14	-	69,2% ± 3,3%	89,3% ± 2,5%	0,84 ± 0,015	-	1,31 ± 0,03	-
Colombia (a)	Cepeda López (2008)	2006	Sistema de pagos	Diaria	126	2.245	16,4%	34,2%	0,61	-	2,04	Ley de Potencias (Salida: α=3,06 / Entrada: α=3,24)
Colombia (b)	Machado <i>et al.</i> (2010)	2006 y 2009	Sistema de pagos	Diaria	125-137	6.843-9.400	42,8%-60,6%	-	-	-	2,04-2,17	-
Dinamarca	Bech y Rørdam (2009)	2006	Transacciones en el mercado interbancario	Diaria	43,6 ± 4,1	75 ± 23	11,2% ± 5,8%	26,2% ± 5,5%	0,2 ± 0,1	-	2,9 ± 0,4	Exponencial
			Sistema de pagos		89 ± 5,3	283 ± 41	8,3% ± 0,8%	22,8% ± 1,8%	0,5 ± 0,1	-	2,5 ± 0,1	Binomial negativa
Estonia	Rendón de la Torre <i>et al.</i> (2016)	2014	Sistema de pagos	Anual	16.613	43.375	13%	-	0,183	-0,18	7,1	Ley de Potencias (α=2,45)
EE.UU. (a)	Soramäki <i>et al.</i> (2007)	2004	Sistema de pagos	Diaria	5.086 ± 128	76.614 ± 6.151	0,3% ± 0,01%	21,5% ± 0,3%	0,53 ± 0,01	-0,31	2,6 ± 0,2	Ley de Potencias (α=2,11)
EE.UU. (b)	Bech y Atalay (2008)	1997-2006	Transacciones en el mercado interbancario (fondos federales)	Diaria	470 ± 15	1.543 ± 72	0,70% ± 0,03%	6,5% ± 0,8%	Entrada: 0,10 Salida: 0,28	-0,06 a -0,28	Entrada: 2,4 Salida: 2,7	Salida: Ley de Potencias (α=2 ± 0,05) Entrada: Binomial negativa

# Apéndice: Comparación con otras redes del mundo

País	Referencia	Período	Base de datos	Frecuencia	N	M <sup>1</sup>	Densidad	Reciprocidad	Clustering <sup>2</sup>	Asortatividad <sup>3</sup>	Distancia media	Distribución de grados <sup>4</sup>
Holanda (a)	Pröpper <i>et al.</i> (2008)	2005-2006	Sistema de pagos	Diaria	129 ± 5	1.182 ± 61	7%	63% ± 2%	0,4 ± 0,02	Disasortativa	2,0-2,5	-
Holanda (b)	van Lelyveld y Veld (2014)	1998-2008	Exposiciones de balance	Trimestral	91-102	~1.000	8%	-	-	-	-	Rechaza Poisson y Ley de Potencias
Hungría	Lublóy (2006)	2005	Sistema de pagos	Mensual	36	774	61%	-	-	-	-	-
Italia (a)	De Masi <i>et al.</i> (2006)	1999-2002	Transacciones en el mercado interbancario (e-MID)	Diaria	140	200	-	-	$c(k) \propto k^{-0,8}$	$k_{nn}(k) \propto k^{-0,5}$	-	Ley de Potencias ( $\alpha=2,3$ )
Italia (b)	Iori <i>et al.</i> (2008)	1999-2002	Transacciones en el mercado interbancario (e-MID)	Diaria	177-215	-	-	-	-	Disasortativa	-	Distribución de colas pesadas (más que una red aleatoria)
Italia (c)	Fricke y Lux (2015a)	1999-2010	Transacciones en el mercado interbancario (e-MID)	Trimestral	120-200	-	17%-25%	-	-	Disasortativa	-	-
Italia (d)	Fricke y Lux (2015b)	1999-2010	Transacciones en el mercado interbancario (e-MID)	Diaria y trimestral	-	-	-	-	-	-	-	Binomial negativa (diaria) Weibull (trimestral)
Italia (e)	Kobayashi y Takaguchi (2017)	2000-2015	Transacciones en el mercado interbancario (e-MID)	Diaria	94	303	-	-	-	-	-	-
Japón (a)	Inaoka <i>et al.</i> (2004)	2001-2002	Sistema de pagos	Mensual	354	1.727	2,76%	-	-	-	-	Ley de Potencias ( $\alpha=2,1$ )
Japón (b)	Imakubo y Soejima (2010)	1997 y 2005	Sistema de pagos	Mensual	444 y 354	1.383 y 1.709	1,4% y 2,7%	-	-	Disasortativa	-	Ley de Potencias ( $\alpha=1,6-3,4$ )
México	Martínez-Jaramillo <i>et al.</i> (2012)	2005-2010	Exposiciones de balance	Diaria	27-40		280	30%	80%	-	1,7	Ley de Potencias ( $\alpha=3,5$ )
			Sistema de pagos				471	40%	82%	0,7 a 0,85	1,5	Ley de Potencias

# Apéndice: Comparación con otras redes del mundo

País	Referencia	Período	Base de datos	Frecuencia	N	M <sup>1</sup>	Densidad	Reciprocidad	Clustering <sup>2</sup>	Asortatividad <sup>3</sup>	Distancia media	Distribución de grados <sup>4</sup>
Reino Unido (a)	Becher <i>et al.</i> (2008)	2003	Sistema de pagos	Diaria	337	989	0,90%	-	0,23	-	2,4	-
Reino Unido (b)	Wetherilt <i>et al.</i> (2010)	2006-2008	Transacciones en el mercado interbancario	Diaria	12-13	-	42,1%-38,5%	70,6%-68,0%	-	-	-	-
Suiza	Schumacher (2017)	2005-2012	Transacciones en el mercado interbancario garantizado	Períodos de 25 días	161	-	10%-20%	5%-10%	0,05-0,2	-	2-4	-
			Mercado interbancario no garantizado		241	-	5%	20%-30%	0,1-0,3	-	2,6-3,7	-
Unión Europea	Alves <i>et al.</i> (2013)	2011	Exposiciones de balance	Anual	54	1.737	60%	71%	0,84	-0,24	1,38	Ley de Potencias ( $\alpha=3,5$ )
Argentina	Este trabajo	2003-2017	Transacciones en el mercado interbancario	Mensual	65 ± 6	237,5 ± 73,1	5,5% ± 1,1%	7,9% ± 3%	0,19 ± 0,05	-0,16 ± 0,09	2,8 ± 0,5	Lognormal ( $\mu=1,9 / \sigma=0,6$ )

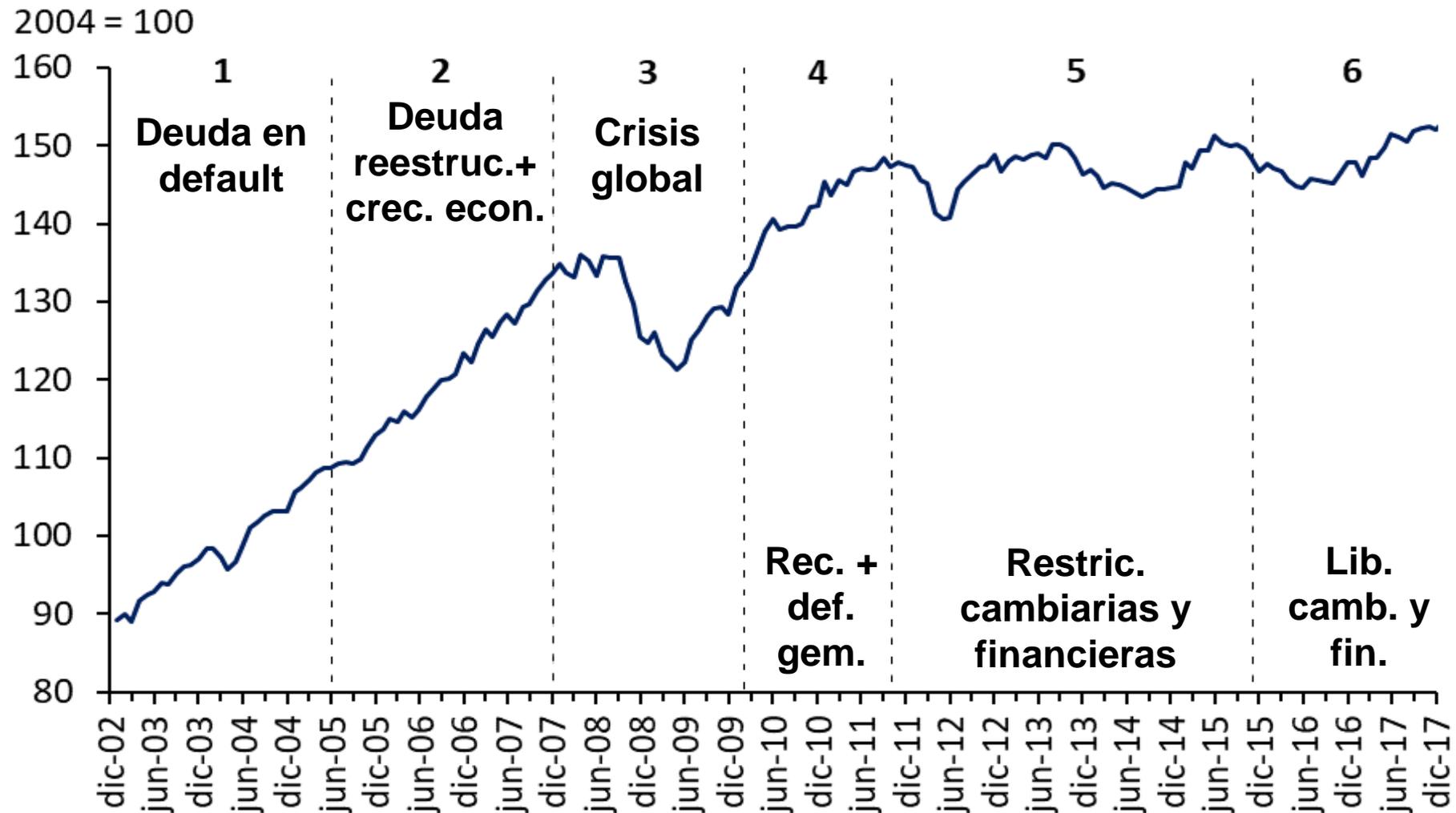
# Ejes del trabajo

---

1. Principales características topológicas de la red
2. Análisis de la distribución de grados
3. Efectos de la centralidad de los nodos sobre las tasas de interés bilaterales

# Etapas temporales analizadas

## Estimador mensual de la Actividad Económica (EMAE) argentina



# Etapas temporales analizadas

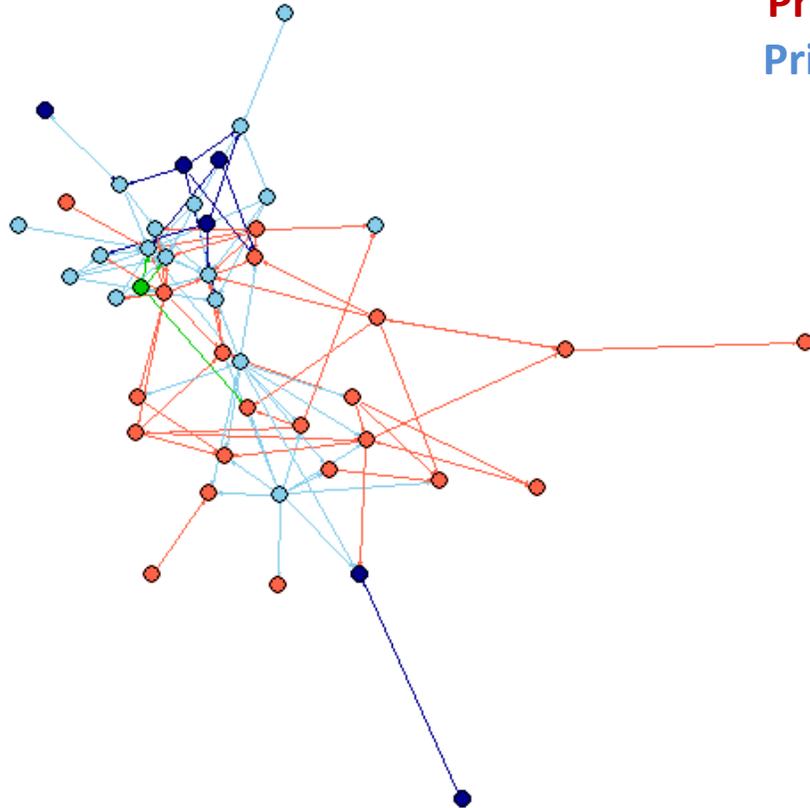
<b>Etapas</b>	<b>Fechas</b>	<b>Observaciones</b>
1	Enero 2003 - Junio 2005	Cesación de pagos. Incipiente recuperación económica.
2	Julio 2005 - Diciembre 2007	Reestructuración de deuda. Economía en auge.
3	Enero 2008 - Febrero 2010	Crisis financiera global.
4	Marzo 2010 - Octubre 2011	Recuperación macroeconómica. Agudización de desbalances gemelos.
5	Noviembre 2011 - Noviembre 2015	Restricciones cambiarias. Regulación de tasas de interés mínimas y máximas.
6	Diciembre 2015 - Diciembre 2017	Liberalización cambiaria y financiera. Esquema de metas de inflación.

# Cuatro tipos de entidades financieras

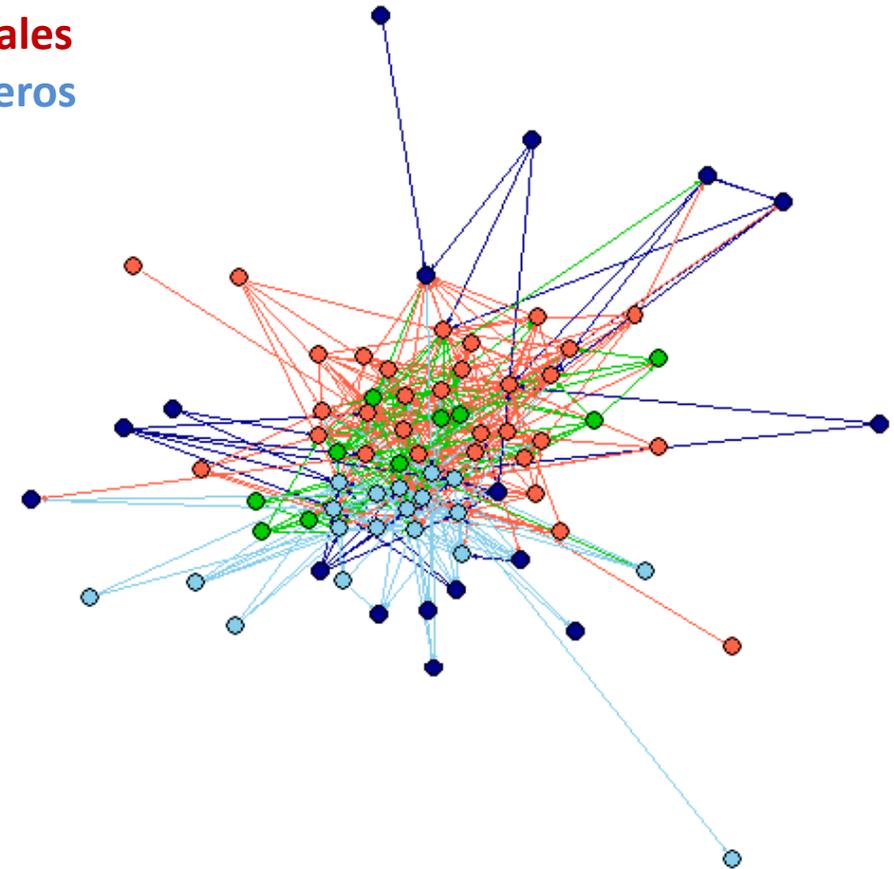
- Bancos públicos:  $6 \pm 2,0$
- Bancos privados de capital nacional:  $29 \pm 3,3$
- Bancos privados de capital extranjero:  $17 \pm 2,1$
- Entidades financieras no bancarias (EFNB):  $13 \pm 2,1$

# La red argentina mostró mucha variabilidad en el período

Mes con menor cantidad de nodos: Nov-2003  
N = 45 / M = 107



Mes con mayor cantidad de nodos: Ago-2007  
N = 77 / M = 365



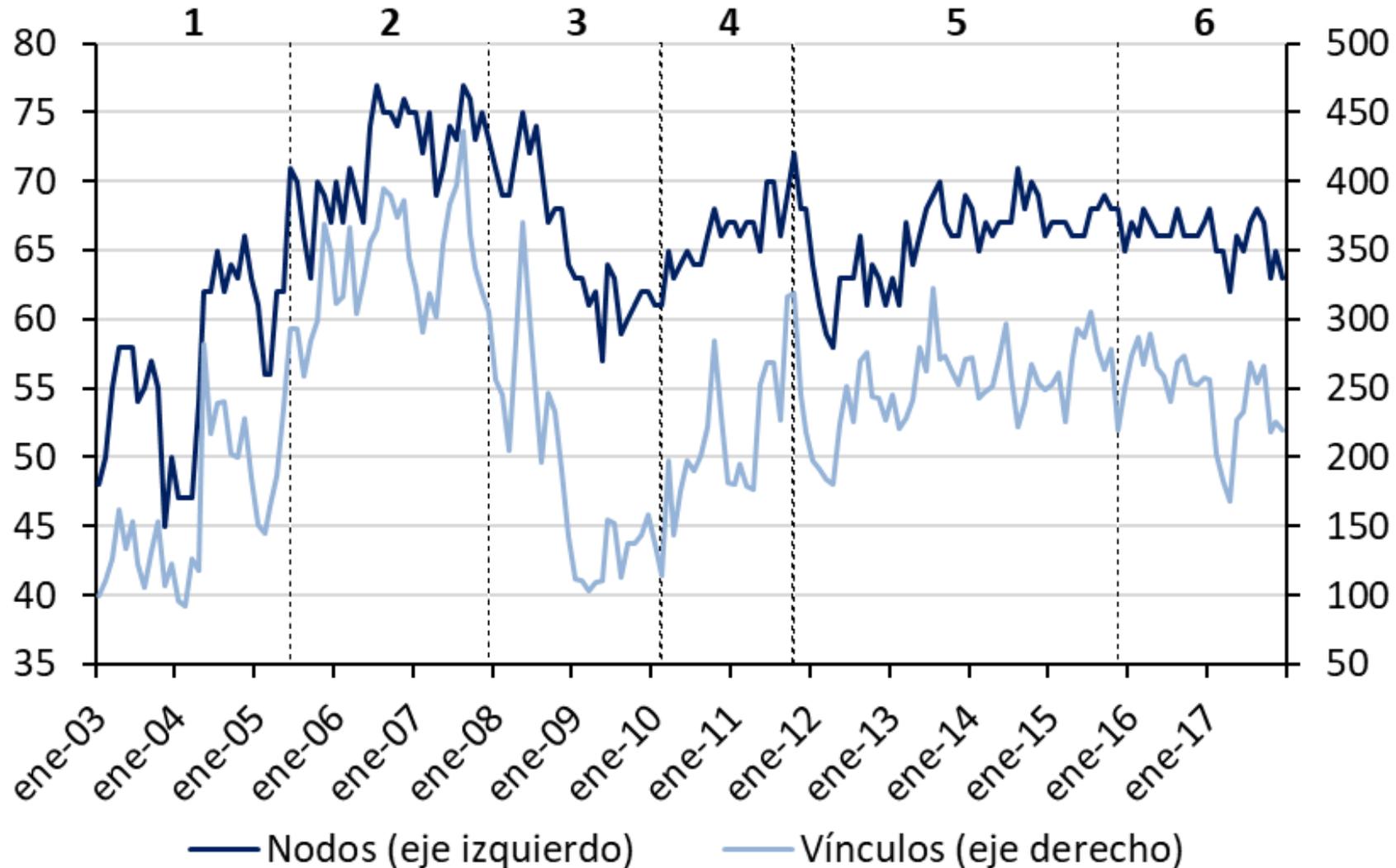
Públicos  
Privados Nacionales  
Privados Extranjeros  
EFNB

# Tamaño de la red

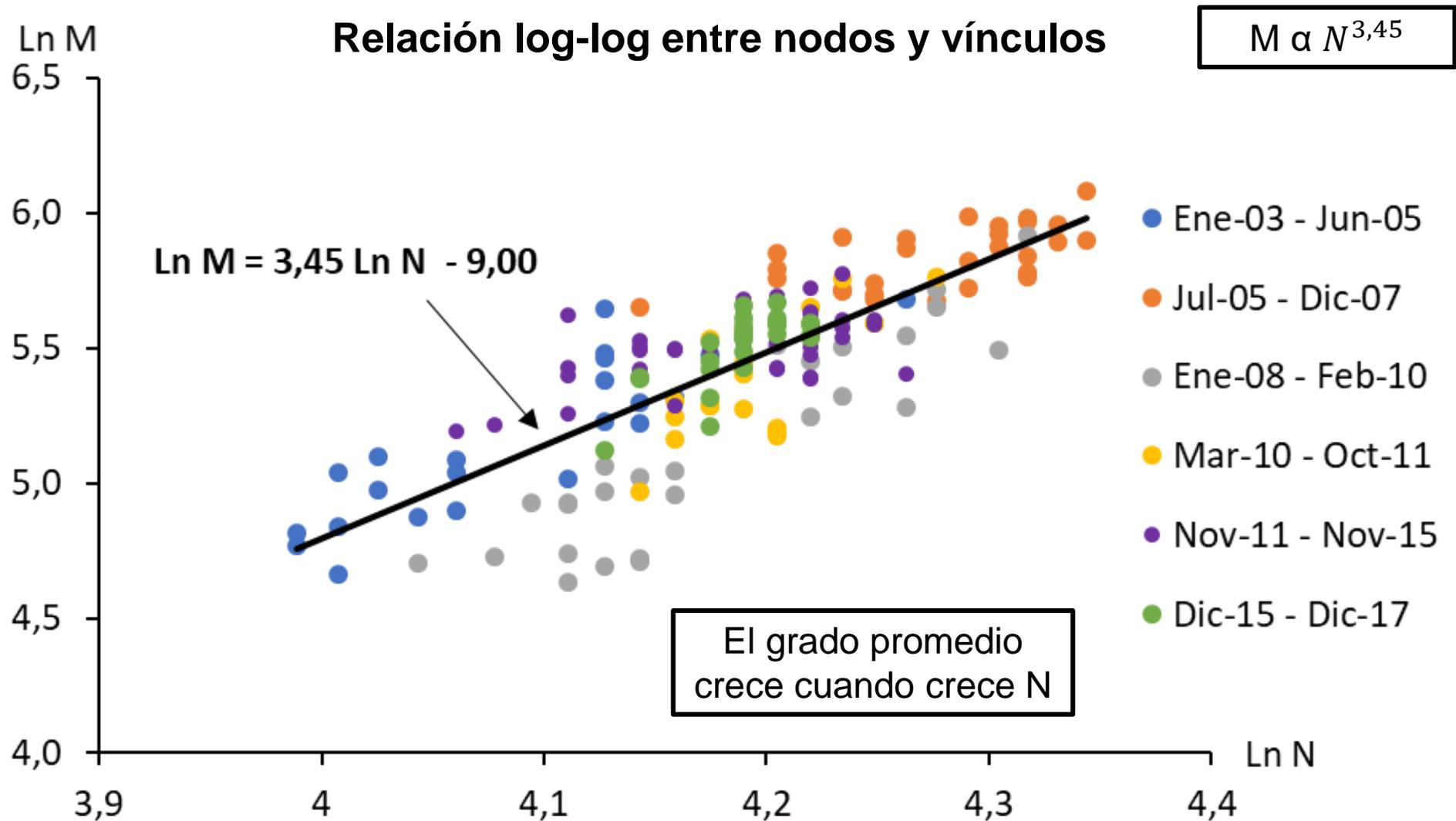
## Nodos y vínculos de la red

N:  $65,4 \pm 5,9$

M:  $237,5 \pm 73,1$

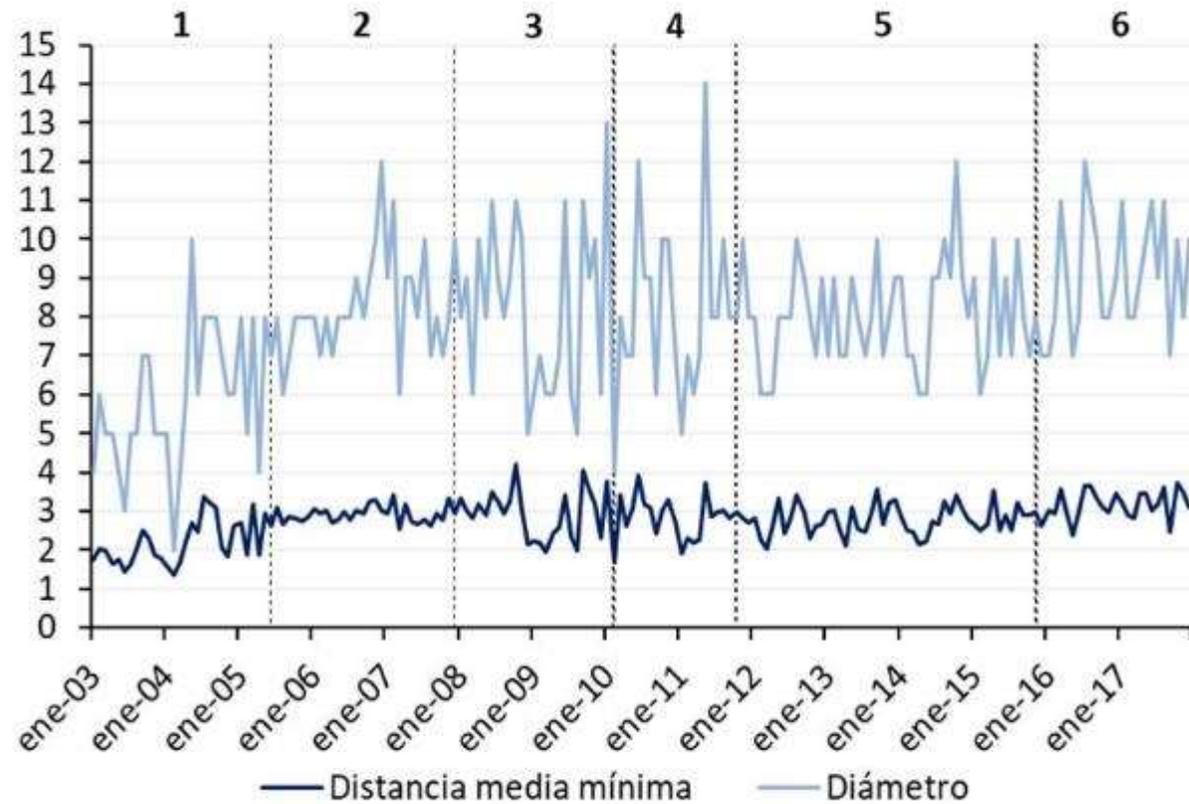


# Elasticidad de los vínculos respecto a los nodos



# Distancia media y densidad

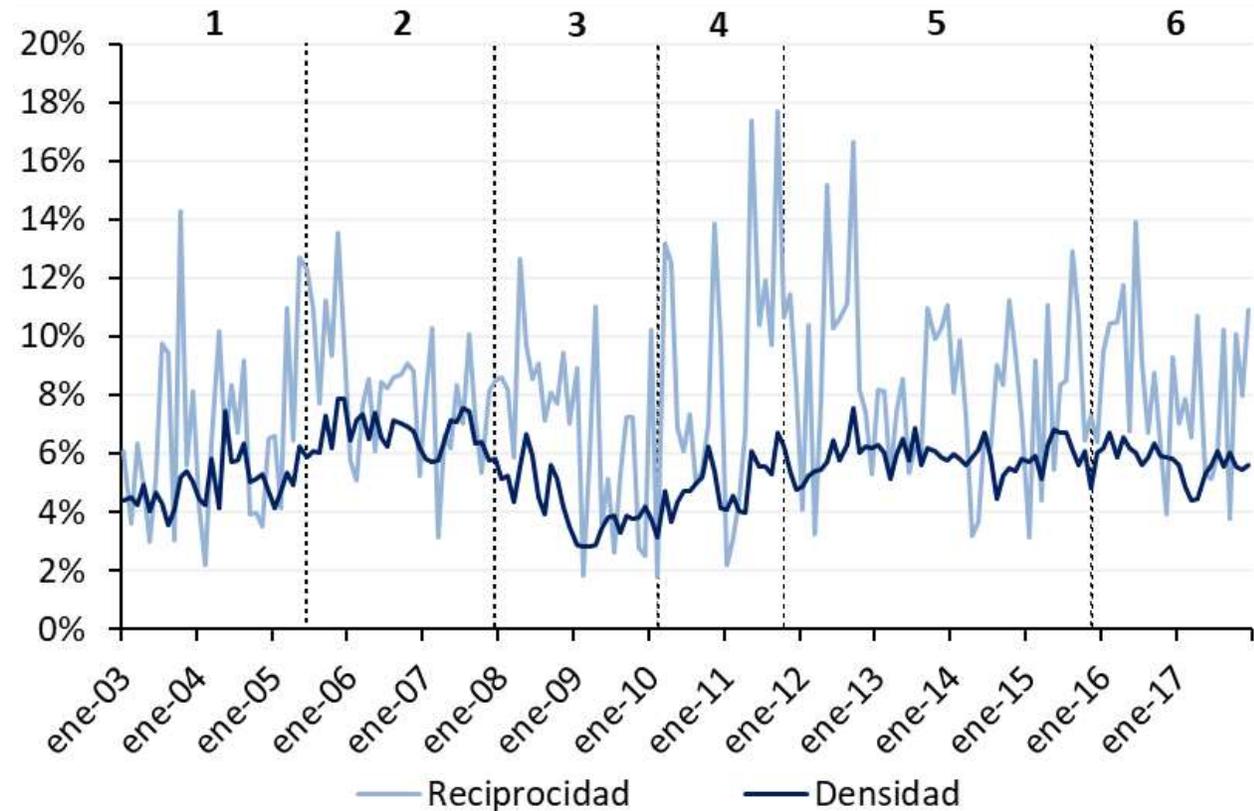
## Distancia media mínima y diámetro



Distancia media mínima:  $2,8 \pm 0,5$

Diámetro:  $7,9 \pm 1,9$

## Densidad y reciprocidad

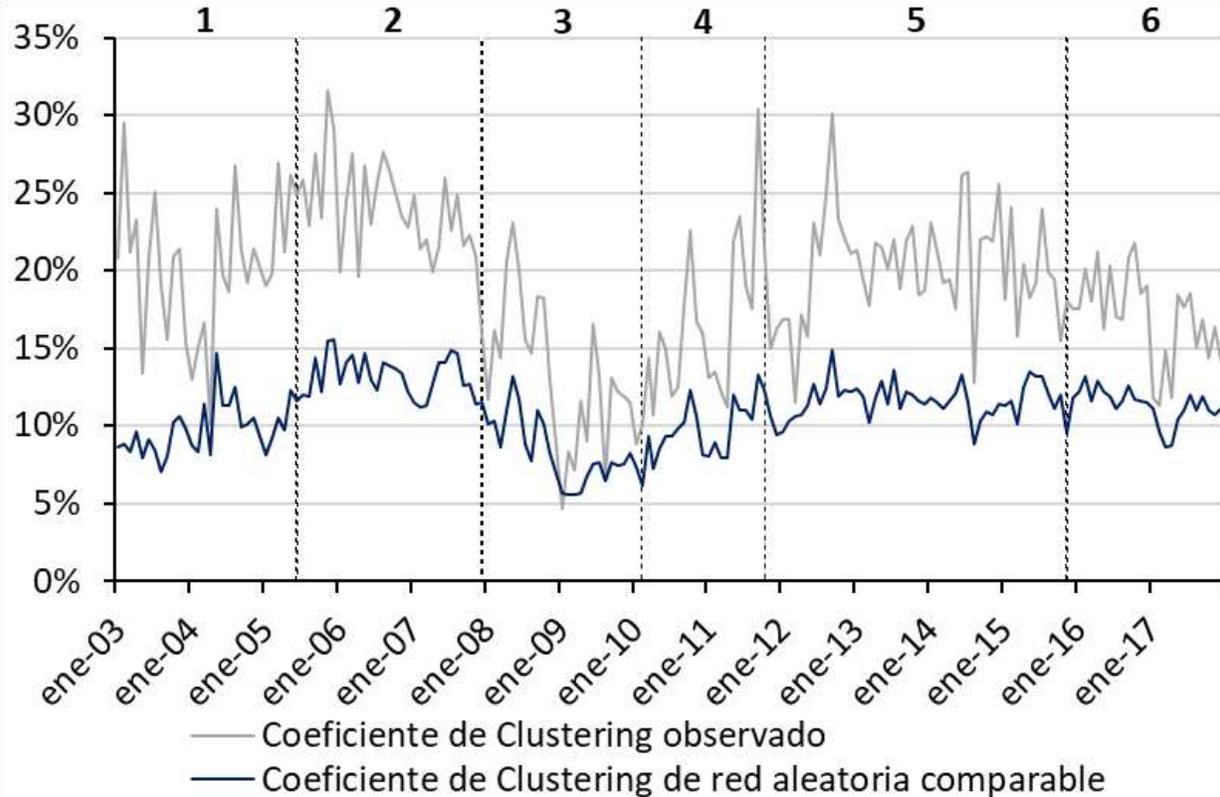


Densidad:  $5,5\% \pm 1,1\%$

Reciprocidad:  $7,9\% \pm 3\%$

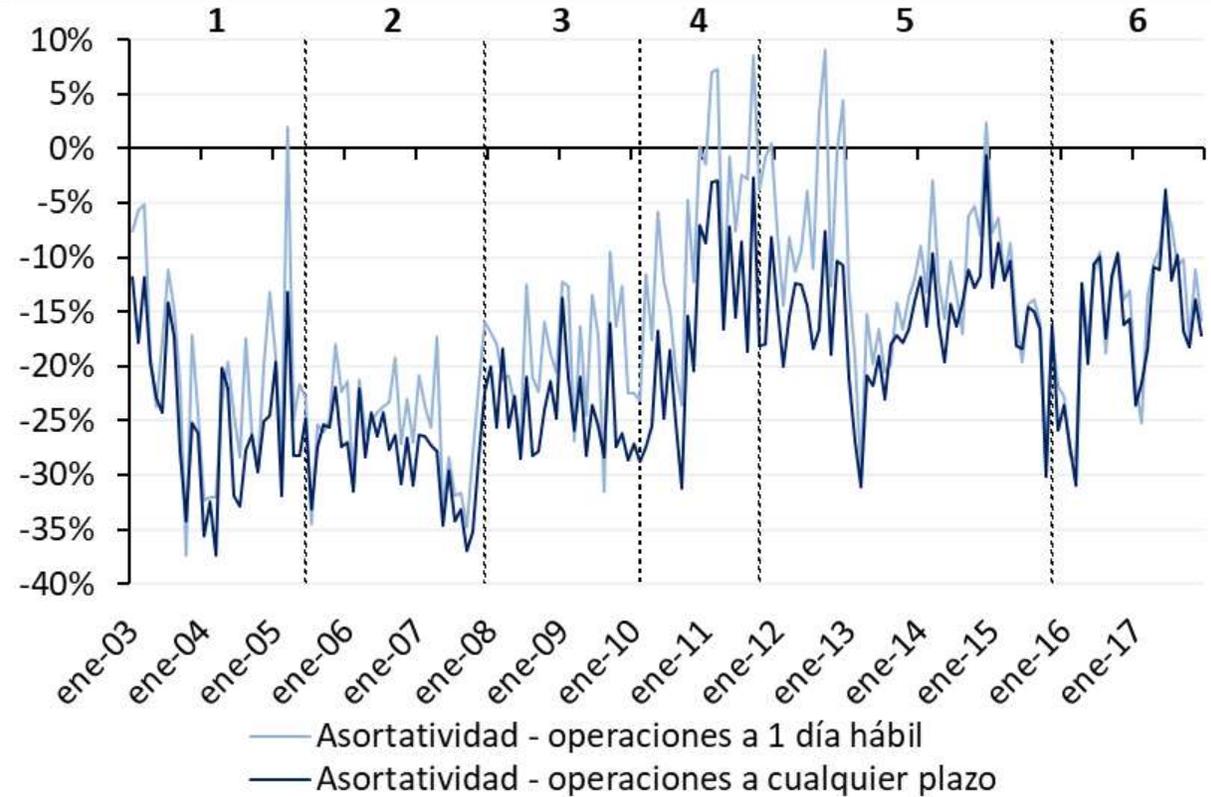
# Clustering y asortatividad de la red

## Coeficiente de clustering



Clustering promedio:  $19\% \pm 5,1\%$

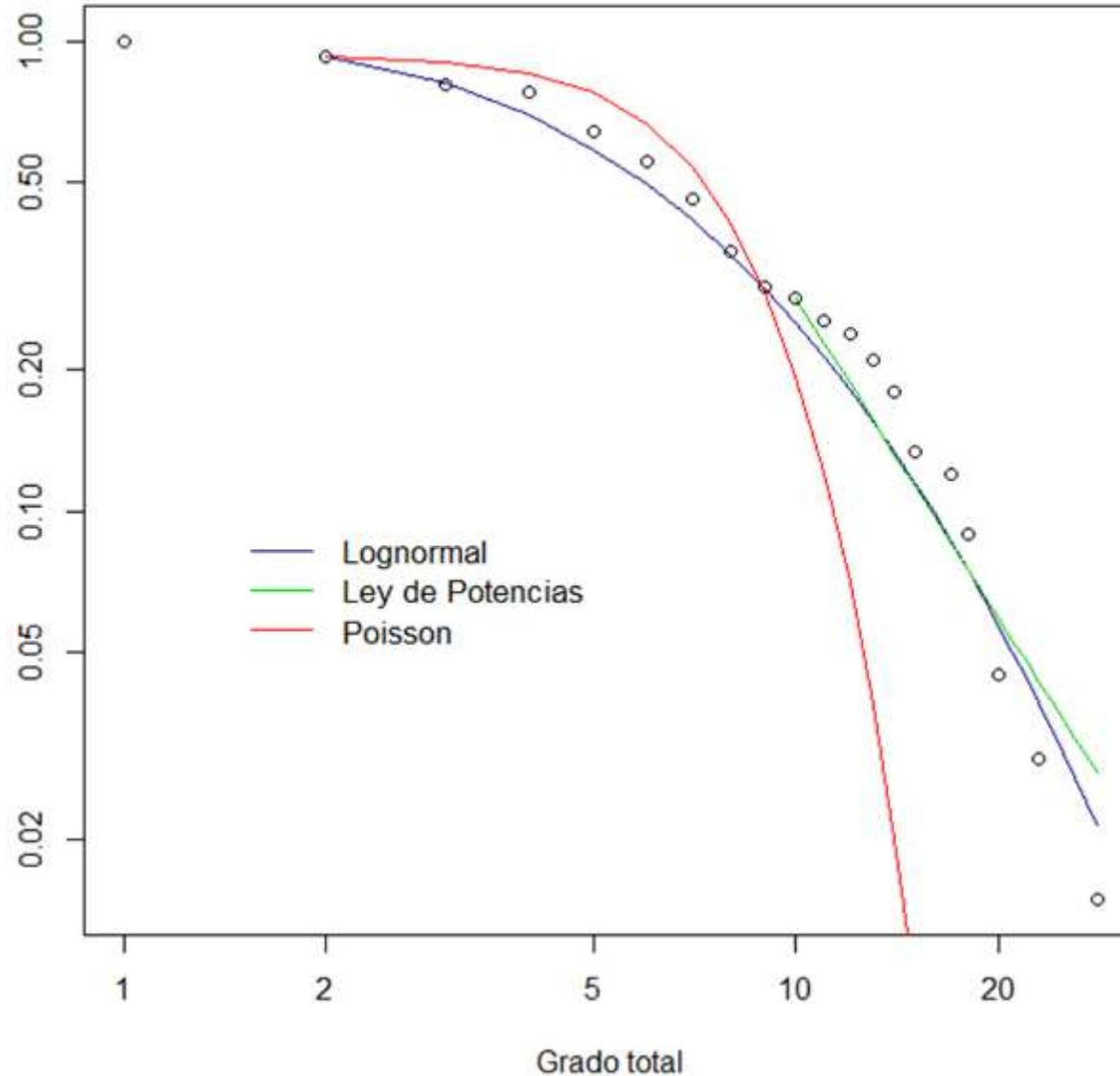
## Coeficiente de asortatividad



Coeficiente de asortatividad:  $-16,3\% \pm 9,4\%$

# Análisis de la distribución de grados (totales)

Funciones de Probabilidad Acumuladas Complementarias de la distribución de grados de la red



# Método Clauset *et al* (2009)

- Para evaluar cuál es el mejor ajuste, se sigue la metodología de Clauset et al (2009)
- Estimación por Max. Verosimilitud de los parámetros
- Estadístico Kolmogórov-Smirnov:

$$KS = \max_{x \geq x_{min}} |S(x) - P(x)|$$

- Repito 3.000 veces el ejercicio en base a la distribución hipotética y se compara con el KS empírico inicial

# Análisis de la distribución de grados

Porcentaje de redes mensuales cuya distribución de grados no rechaza la hipótesis de lognormalidad

Etapa	Fechas	Grado total			Grado de entrada			Grado de salida		
		p-valor > 0,1	p-valor > 0,05	Xmin promedio	p-valor > 0,1	p-valor > 0,05	Xmin promedio	p-valor > 0,1	p-valor > 0,05	Xmin promedio
1	Ene-03 - Jun-05	90,0%	93,3%	2,9	93,3%	93,3%	2,7	93,3%	100,0%	2,0
2	Jul-05 - Dic-07	90,0%	93,3%	6,3	96,7%	96,7%	2,7	93,3%	93,3%	4,3
3	Ene-08 - Feb-10	92,3%	92,3%	3,1	88,5%	88,5%	2,7	88,5%	88,5%	1,5
4	Mar-10 - Oct-11	90,0%	100,0%	3,6	80,0%	90,0%	3,9	85,0%	90,0%	2,9
5	Nov-11 - Nov-15	89,8%	98,0%	4,5	85,7%	91,8%	4,0	89,8%	95,9%	2,9
6	Dic-15 - Dic-17	88,0%	92,0%	5,0	84,0%	88,0%	3,4	96,0%	100,0%	2,4
<b>Todo el período</b>		<b>90,0%</b>	<b>95,0%</b>	<b>4,4</b>	<b>88,3%</b>	<b>92,8%</b>	<b>3,2</b>	<b>91,1%</b>	<b>95,6%</b>	<b>2,7</b>

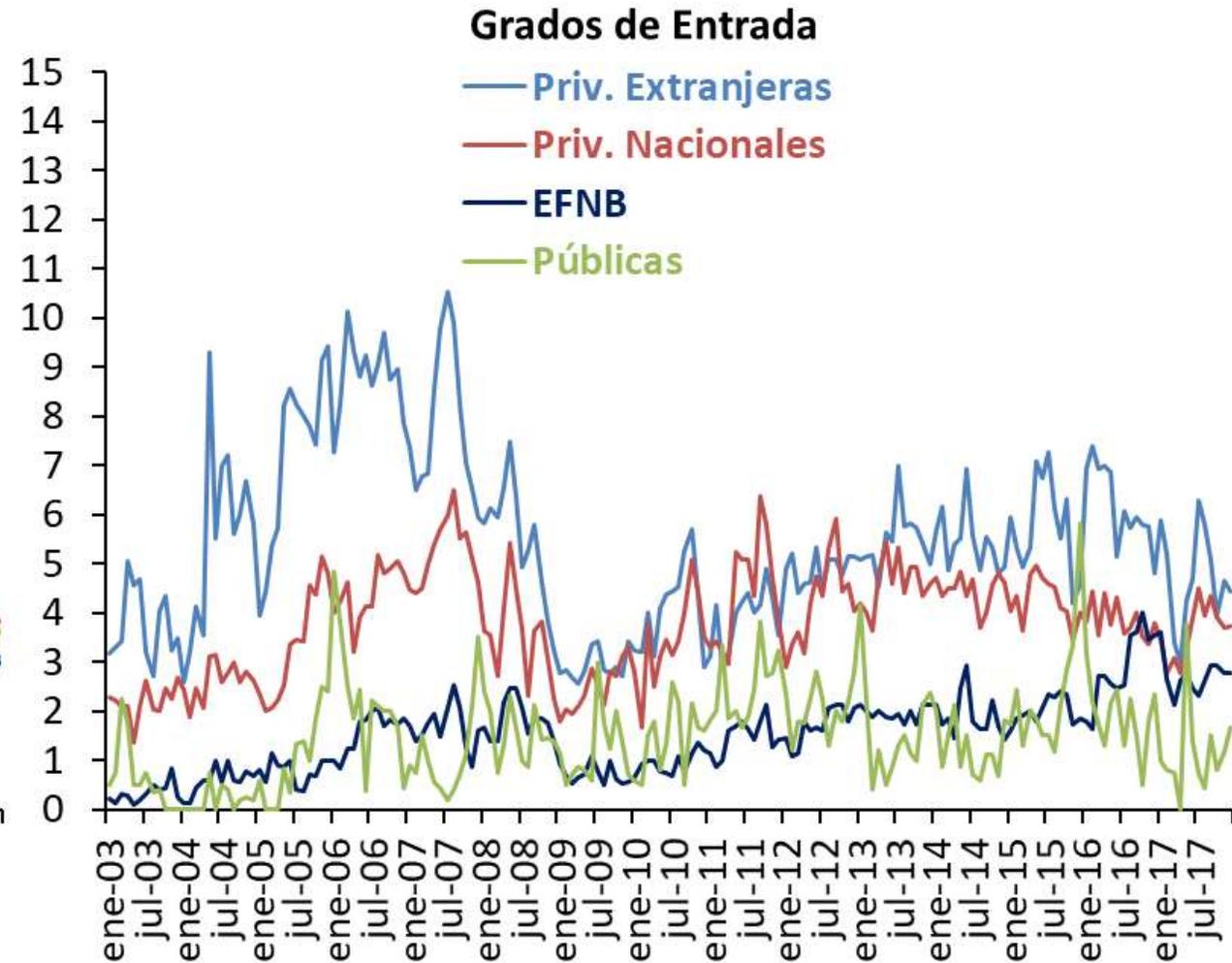
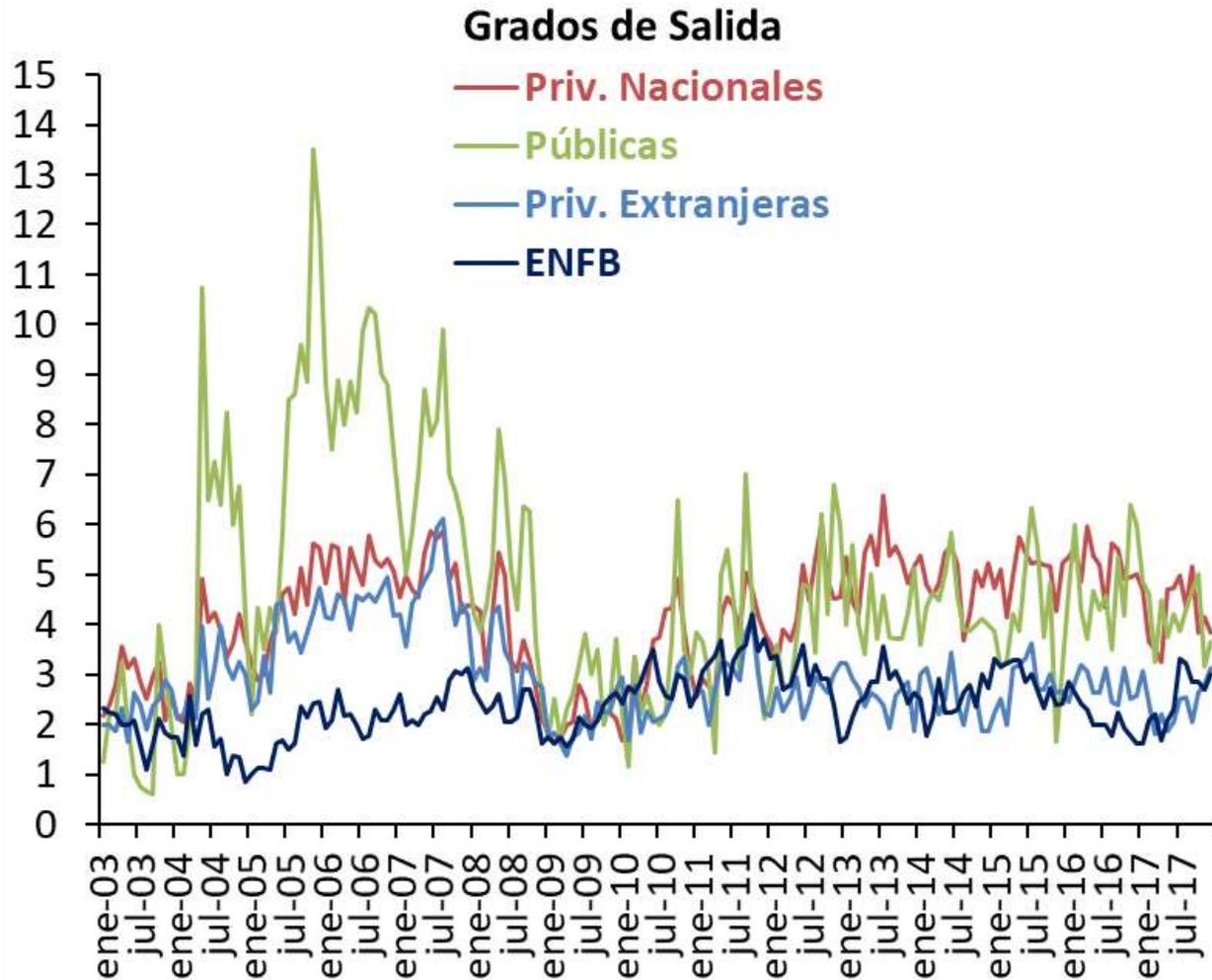
# Comparación con otras distribuciones

Porcentaje de redes mensuales en las que la verosimilitud del ajuste log-normal supera la verosimilitud derivada de otras distribuciones

	<b>Verosimilitud Lognormal &gt; Ley de Potencias</b>	<b>Verosimilitud Lognormal &gt; Poisson</b>
<b>Grados totales</b>	98,3%	96,7%
<b>Grados de entrada</b>	99,4%	96,1%
<b>Grados de salida</b>	100,0%	97,2%

- El ajuste lognormal parece ser el mejor! Por lo tanto, es relevante encontrar a los agentes centrales de la red, de los cuales depende la integridad de la misma

# Centralidad de grado



# Efectos de la centralidad de los nodos sobre las tasas bilaterales

- Análisis de regresión para ver el impacto de la centralidad de cada nodo sobre su capacidad de pactar tasas más convenientes para su beneficio

$$r = \frac{call_{ijt} - call_t}{call_t}$$

- Regresión genérica:

$$r = \alpha + \beta_1 1(\text{centralidad del prestamista} > \text{centralidad del prestatario}) \\ + \beta_2 1(\text{activos del prestamista} > \text{activos del prestatario}) \\ + \gamma_1 D_{\text{tipo de prestamista}} + \gamma_2 D_{\text{tipo de prestataria}} + \gamma_3 X + \varepsilon$$

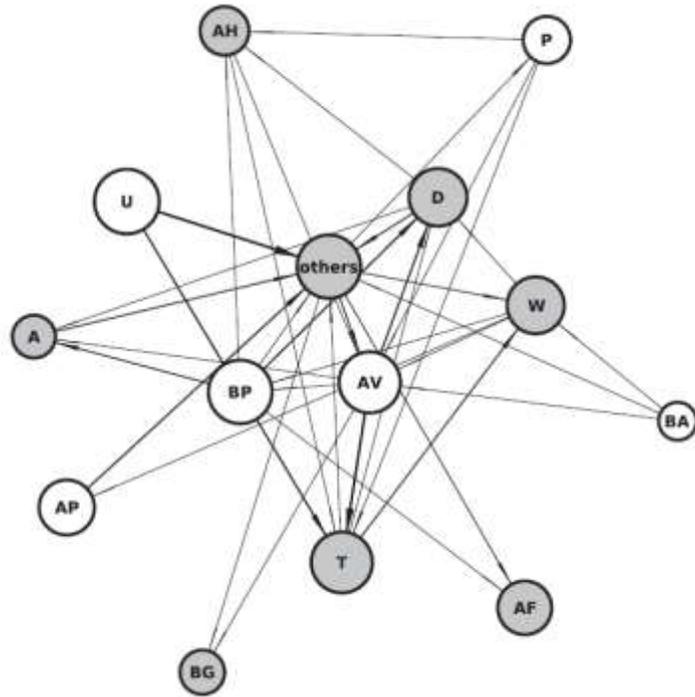
# Efectos de la centralidad de los nodos sobre las tasas bilaterales

Variables	Coeficientes								
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
<i>Medidas de centralidad</i>									
<i>Prestamista &gt; Prestatario, Grado</i>	0,0132** (0,0007)						0,0167** (0,0011)	0,0171** (0,0011)	
<i>Prestamista &gt; Prestatario, Cercanía</i>		0,0066** (0,0006)				0,0052** (0,0008)	0,0050** (0,0008)	0,0042** (0,0008)	0,0049** (0,0008)
<i>Prestamista &gt; Prestatario, Intermediación</i>			0,0044** (0,0006)			-0,0007 (0,0008)	-0,0029** (0,0008)	-0,0003 (0,0008)	0,0001 (0,0008)
<i>Prestamista &gt; Prestatario, Autovector</i>				0,0069** (0,0006)		0,0052** (0,0007)	-0,0053** (0,0010)	-0,0080** (0,0010)	-0,0011 (0,0008)
<i>Prestamista &gt; Prestatario, Fuerza</i>					0,0111** (0,0007)				0,0107** (0,0008)

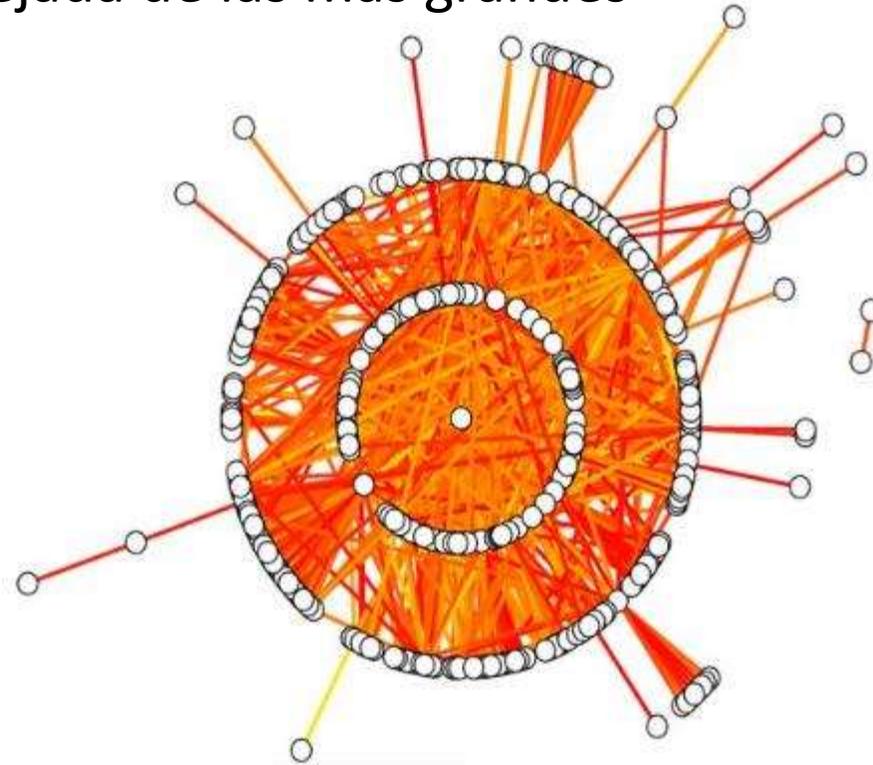
# Comparación con otras redes a nivel mundial

La red de préstamos interbancarios argentina es:

Pequeña: no es de las más chicas, pero está alejada de las más grandes



**Red de préstamos interbancarios Australia  
(2007)**

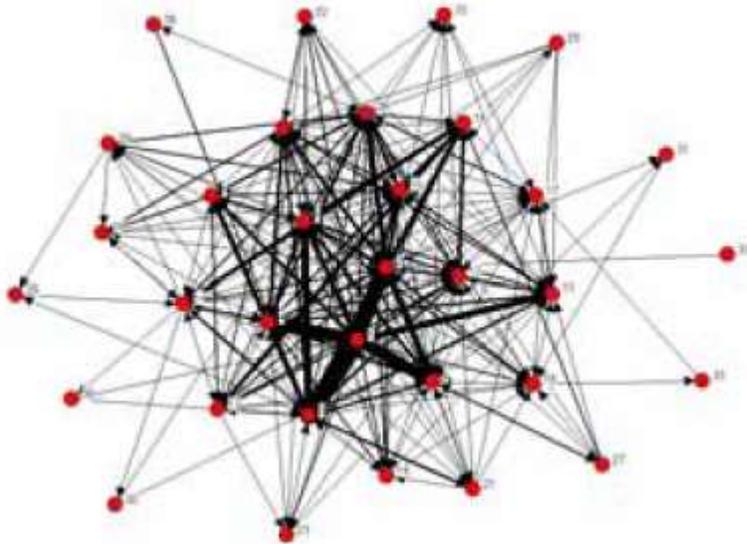


**Mercado de Fondos Federales, EE.UU.  
(29 de Septiembre de 2006)**

# Comparación con otras redes a nivel mundial

La red de préstamos interbancarios argentina presenta:

Baja densidad, como la mayoría de las redes de préstamos interbancarios, y es mucho menos densa que las redes de pagos:



**Red de pagos interbancarios de Hungría (2005)**



**Red de pagos de Estonia (2014)**

# Comparación con otras redes a nivel mundial

La red de préstamos interbancarios argentina:

- Es no-asortativa, como **todas** las otras redes interbancarias
- Presenta coeficientes de clustering en línea con redes semejantes de otros países
- Posee una distribución de grados de colas pesadas, como la mayoría de las otras en el mundo
- Presenta distancias medias cercanas a 3, en línea con las de otros países

---

**Muchas gracias!!!**