

Pink noise revolution: analizando la mente colectiva de las redes 15M

El uso intensivo de Internet y redes sociales ha ampliado enormemente las posibilidades de autoorganización social a gran escala para una gran parte de la población mundial. Durante algo más de dos años, hemos visto cómo han emergido inmensas redes ciudadanas desafiando a las instituciones establecidas con unos niveles asombrosos de organización e inteligencia colectiva. Entender cómo funcionan estos procesos de autoorganización de masas en red es un reto crucial para esta nueva generación de movimientos. Afortunadamente, durante las últimas décadas se ha desarrollado desde diferentes campos un marco científico que persigue analizar y cuantificar procesos de autoorganización en sistemas complejos. En este trabajo proponemos utilizar el concepto matemático de ruido rosa (o procesos libre de escala), bien conocido y utilizado para el estudio de procesos de autoorganización en biología, neurociencia y psicología, para analizar procesos de organización social en redes del movimiento 15M. Utilizar este marco matemático nos permite responder a preguntas sobre cómo pueden procesos distribuidos organizarse en dinámicas colectivas sin la necesidad de un centro de poder, o cuándo podemos hablar genuinamente de inteligencia colectiva o una conciencia social distribuida. Finalmente, proponemos una medida para cuantificar el nivel de "conciencia de red" de una multitud conectada, aplicada a casos concretos de movilizaciones relacionadas con el movimiento 15M. Los resultados muestran cómo esta medida de conciencia de red es capaz de representar el grado de sincronización y atención colectivas de la actividad del sistema-red así como de predecir momentos de gran crecimiento de la movilización y participación en el sistema.

Miguel Aguilera

*Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas
Universidad de Zaragoza*

Red de Investigación DatAnalysis15M

Introducción

Tradicionalmente, el estudio de redes sociales se ha centrado en analizar la transmisión de información entre los nodos que componen la red. La capacidad de la red de transportar información de forma efectiva entre los distintos nodos que la componen se considera como un elemento suficiente para que estos nodos se configuren como un sistema coherente. Paralelamente, el estudio de movimientos sociales se ha centrado en aspectos programáticos o ideológicos, en cómo individuos comparten y consensúan ideas sobre posibles cambios sociales.

Sin embargo, los avances en sistemas complejos durante los últimos años sugieren que los flujos de intercambio información constituyen sólo una parte de los flujos de energía entre estructuras a diferentes escalas que se coordinan mediante procesos de autoorganización (Dixon *et al*, 2012). Los movimientos sociales en red no surgen exclusivamente a partir del intercambio de información estructurada sino de procesos de coordinación más básicos como la sincronización de la actividad en red o la activación emocional compartida. Así, la condición necesaria para que una multitud se constituya como un sistema coherente es la existencia de procesos de acoplamiento o sincronización entre los cuerpos y cerebros que la componen, llegando a configurarse de forma intermitente como un único sujeto cognitivo.

Por otro lado, el marco tradicional de análisis de sistemas complejos ha basado el análisis de los flujos de información en asunciones reduccionistas, dando por sentado que la dinámica de los diferentes componentes que componen un sistema complejo se encuentran débilmente acopladas entre sí, permitiendo analizarlas de forma independiente. Así, la dinámica global del sistema se reduciría la composición de las dinámicas individuales de los componentes (Simon, 1973). Sin embargo, la mayor parte de los sistemas vivos y cognitivos no cumplen las condiciones que permiten hacer este tipo de asunciones (Moreno, Ruiz-Mirazo y Barandiaran, 2010). Al contrario, vemos la coordinación de los flujos emocionales, mentales e informacionales en el movimiento-red tienen una dependencia altamente no lineal con la emergencia de la multitud conectada. En este tipo de sistemas no lineales el todo no puede reducirse a la simple suma de las partes, sino que emerge como fruto de su interacción continua.

Más concretamente, vemos cómo en algunos casos la dinámica de las respuestas emocionales en sistemas conectados en red tiende a repetir patrones en los que el sistema va soportando progresivamente más tensión sin reaccionar (injusticia, miedo, desesperanza), hasta que en un momento dado la red encuentra una configuración que le permite liberar esas emociones en forma de acción e indignación (p.ej. la explosión de las Primaveras Árabes o el movimiento 15M). Esto nos hace pensar que la organización de movilizaciones sociales masivas poco tiene que ver con cómo pensamos procesos deliberativos y racionales. Al contrario, este tipo de procesos nos recuerda más a los fenómenos de autoorganización que encontramos en el mundo físico, en los que un sistema encuentra una configuración que les permite descargar grandes cantidades de energía acumulada: terremotos que se producen por acumulación de tensión de placas tectónicas, descargas de energía eléctrica acumulada en forma de rayos, o tornados formados a partir de inestabilidades atmosféricas. En otros casos, el sistema es capaz de reconfigurarse y movilizarse rápidamente ante un ataque a una de sus partes como si se tratara de un único organismo (p.ej. el primer desalojo de la plaza de Sol, o el

de acampada Barcelona), o configurarse a sí mismo para enfrentarse a un evento futuro (p.ej. una huelga general, una gran movilización). En estos casos, el sistema se dota de mecanismos de autorregulación más complejos, que remiten a metáforas más organicistas como los procesos de autoorganización metabólicos, neuronales. Cuando estos mecanismos de autorregulación sean capaces de configurar al sistema como un todo dinámico que modula su actividad a lo largo del tiempo, hablaremos de que el sistema se configura como una *mente colectiva* o desarrolla una *conciencia de red*.

En este artículo proponemos el análisis fractal como un marco formal para analizar los procesos de autoorganización multiescala de los flujos de energía que componen el sistema-red como un todo coherente. En primer lugar introducimos el marco y su interés descriptivo. A continuación estudiamos la emergencia de estructuras fractales en el diferentes procesos de autoorganización dentro del movimiento 15M. Después, analizaremos la capacidad de autorregulación del sistema-red y su capacidad de modular su actividad en el tiempo desplegando múltiples configuraciones fractales, proponiendo un formalismo para medir el nivel de conciencia de red del sistema. Finalmente, discutiremos la validez del marco formal y las conclusiones de los resultados obtenidos.

Fractalidad y auto-organización del sistema-red

Si analizamos trabajos anteriores que han estudiado formalmente las características de movimientos sociales en red, vemos que se ha estudiado parámetros como el crecimiento del número de nodos y su conectividad (Borge-Holthoefer *et al*, 2011) o los papeles que juegan los diferentes tipos de nodos en el contagio y transmisión de la información (González *et al*, 2011). A pesar del interés de este tipo de análisis, consideramos que dejan de lado aspectos de la constitución del sistema-red como una unidad que genera y mantiene su identidad dinámicamente como algo diferenciado del resto de su entorno. Para abarcar estos aspectos, consideramos útil inspirarnos en ideas de las ciencias cognitivas para analizar cómo el acoplamiento entre diferentes procesos dinámicos determina la emergencia de procesos como la adaptación de un sistema a su entorno (Ashby, 1960), la constitución de la identidad de un sistema-organismo frente a su mundo (Maturana y Varela, 1973), o la emergencia de la conciencia del sistema (Seth *et al*, 2006). Podemos pensar en el sistema-red 15M como una mente colectiva, cuyas propiedades no pueden deducirse únicamente a partir del estudio de las propiedades (conectividad, dinámica) de sus nodos aislados, ni siquiera de los nodos más activos. Para apreciar las propiedades del sistema red global, es necesaria una perspectiva sistémica, que analice el comportamiento del sistema como un todo.

En este trabajo proponemos el análisis fractal y multifractal como una herramienta para estudiar este tipo de dinámicas complejas. Utilizamos la palabra fractal para indicar la presencia de invarianzas de escala y correlaciones de largo alcance en un proceso. Los fractales típicamente muestran patrones auto-similares, esto es, patrones que son similares vistos a diferentes escalas (p.ej. viendo una imagen desde cerca o desde lejos). Esto incluye invarianzas de escala temporales (p.ej. fluctuaciones fractales en la actividad cardiaca), espaciales (p.ej. estructuras fractales en geografía, anatomía, botánica), o de interacción (p.ej. redes libres de escala). La fractalidad proporciona estructuras más estables y resistentes, y se encuentran ampliamente en la naturaleza. Por otro lado, muchos fenómenos físicos asociados

con disipación de energía se configuran en estructuras fractales. Desde fractales espaciales como los deltas fluviales, árboles, rayos a fractales temporales en las dinámicas de terremotos, fenómenos atmosféricos, erupciones solares, etc. Tanto es así que se ha hipotetizado (Seely y Macklem, 2012) que las estructuras fractales emergen espontáneamente para permitir una disipación óptima de gradientes de energía.

En el caso concreto de las estructuras fractales en temporales, una de las herramientas más interesantes para su identificación es la caracterización de las correlaciones temporales entre las diferentes escalas temporales de un sistema en forma de procesos de tipo $1/f^\beta$ característicos de procesos críticamente autoorganizados (Bak *et al*, 1987). La existencia de ruido $1/f^\beta$ depende de la interdependencia las diferentes escalas temporales de un sistema, permitiéndole comportarse como una unidad dinámica coherente. Al contrario que sistemas mecánicos desacoplados dinámicamente, en sistemas complejos como huracanes o terremotos el acoplamiento de diferentes procesos dinámicos hace emerger una dinámica global auto-organizada que permite al sistema liberar grandes cantidades de energía de forma eficiente, y a su vez este flujo de energía tiende a reforzar la estructura autoorganizada de la red, completando así un ciclo de trabajo-constricción y generando un sistema autónomo (Kauffman 2001).

¿Qué representa la descripción fractal $1/f^\beta$ de un sistema? Podemos pensar en un proceso de movilización en la red como un conjunto de actividades a diferentes escalas temporales entrelazadas entre sí. Por ejemplo tenemos escalas más rápidas como las interacciones en forma de conversaciones entre usuarios individuales de la red, o la retransmisión (*retweet*) de mensajes interesantes o llamativos (que tienen lugar en escalas de segundos, o minutos), o escalas más lentas como puede ser la gestación y desarrollo de un acontecimiento concreto como podría ser una gran manifestación o una huelga (desarrollándose en escalas de días e incluso meses). Además, habría muchas otras escalas intermedias, como podrían ser los ritmos de actividad de los diferentes usuarios condicionados por sus horarios de trabajo o de ocio, los ritmos marcados por las noticias en los medios de comunicación, o las dinámicas propias de las redes sociales (por ejemplo, las dinámicas de los *trending topics* en twitter). En este contexto, para que un proceso de movilización en la red se constituya como una unidad con una identidad coherente, estas diferentes escalas temporales deben estar finamente coordinadas. Para que esto tenga lugar, es necesario encontrar un equilibrio en cuál es el peso que tiene cada una de estas escalas. Cuando este equilibrio no se alcanza, el sistema tiene problemas para constituir y mantener su identidad. Podemos pensar en comportamientos dominados por las reacciones inmediatas a los acontecimientos, donde las escalas rápidas (p.ej. la reacción a una noticia llamativa), dominan sobre las escalas más lentas (los objetivos del movimiento a largo plazo), provocando que el sistema-red se comporte de una manera impulsiva e irreflexiva, creando movilizaciones que se desvanecerán y olvidarán al poco tiempo. Por otro lado, podemos pensar en movilizaciones en las que las escalas más lentas (p.ej. el objetivo de una convocatoria), dominen sobre las más rápidas (las interacciones con diferentes usuarios), creando identidades colectivas muy rígidas incapaces de adaptarse a su entorno inmediato y por tanto incapaces de comunicarse efectivamente.

La caracterización de procesos tipo $1/f^\beta$ hace posible medir cuál es la influencia de las dinámicas a diferentes escalas en un sistema, pudiendo evaluar cuál es el peso de las escalas rápidas, lentas e intermedias en la composición de un sistema auto-organizado. Este tipo de

análisis ha sido empleado con éxito en la caracterización de estados mentales en psicología (Van Orden *et al*, 2003). En concreto, la caracterización del parámetro β nos permite diferenciar entre diferentes tipos de procesos:

- Ruido blanco ($\beta = 0$), describe procesos decorrelados, dominados por fluctuaciones aleatorias decorrelados temporalmente (procesos sin memoria). Estos procesos están dominados por escalas temporales cortas (escalas altas de frecuencia). Estos sistemas responden de forma espontánea y creativa a las situaciones que se encuentran, pero son incapaces de mantener estructuras estables y coherentes.
- Ruido marrón ($\beta = 2$), describe procesos fuertemente correlados y predecibles, en los que dominan las escalas temporales largas (bajas frecuencias). En estos procesos, la “memoria” del sistema domina la actividad a corto plazo. Son capaces de mantener una estructura estable, pero son incapaces de adaptarse de forma flexible a su entorno.
- Ruido Rosa ($\beta = 1$), describe procesos en los que se da un equilibrio entre la influencia de escalas temporales cortas, medias y largas. El ruido rosa alcanza un equilibrio entre estados desordenados con gran contenido de información (ruido blanco) y estados con memoria pero bajo contenido en información (ruido marrón). Describe dinámicas dominadas por la interacción entre los diferentes componentes de un sistema, en las que el sistema es capaz de responder de forma versátil a su entorno manteniendo a su vez una estructura estable.

Este tipo de análisis ha sido utilizado en psicología para caracterizar el comportamiento de sujetos a distintos tipos de trastornos durante su desarrollo, así como las respuestas ante distintos tipos de tareas (Dixon *et al*, 2012). El tipo de ruido $1/f^\beta$ medido en la actividad de un sujeto se considera descriptivo del tipo de estructuras cognitivas a partir de las cuales el comportamiento emerge. Por ejemplo, estudios sobre tareas de lectura en personas con dislexia ha evidenciado que el funcionamiento lector normal sigue dinámicas dominadas por la interacción de procesos de tipo ruido rosa, mientras que las disfuncionalidades de los disléxicos están provocadas por funcionamientos en los que la dinámica está dominada por los componentes del sistema, acercándose a procesos de ruido blanco, evidenciando una falta de coordinación entre los diferentes módulos neuronales que participan en la tarea (Wijnants *et al*, 2012). Similarmente, la soltura en el manejo de una herramienta está indicada por la presencia de ruido rosa, mientras que cuando el sistema es perturbado provocando que la interacción sea problemática el valor de β se reduce (Dotov *et al*, 2010). Estos estudios sugieren que mientras que las medidas de ruido blanco representan procesos en los que la dinámica global consisten en la suma de dinámicas individuales de los componentes del sistema, en los procesos de ruido rosa se consigue alcanzar un equilibrio entre las dinámicas individuales de los componentes del sistema y la dinámica global del sistema, mostrando un tipo de dinámica especial dominada por la interacción continua entre los diferentes componentes de un sistema (Van Orden *et al*, 2003).

Descripción fractal del sistema-red

Para analizar las estructuras fractales del sistema red, hemos extraído datos de la red social Twitter durante las movilizaciones que tuvieron lugar en España durante mayo del 2012

(aniversario del 15M, huelga de educación, campaña 15MPaRato, etc.). Hemos agrupado los mensajes extraídos de la red según el uso de las etiquetas (*hashtags*) utilizados por Twitter para identificar los temas de conversación en cada momento, y por el movimiento 15M en particular para agrupar a gente en torno a acciones y campañas concretas. Obtenidos los datos, hemos analizado las correlaciones en frecuencia de los diferentes procesos agrupados bajo cada hashtag, con el objetivo de analizarlos como un único proceso dinámico compuesto por los diferentes nodos que produjeron esos mensajes. El objetivo es ser capaces de analizar la composición y dinámica de cada proceso/hashtag mediante análisis de ruido $1/f^\beta$.

Se han analizado 247.264 datos de Twitter mediante la técnica “detrended fluctuation analysis” (Little *et al*, 2006), que determina la autocorrelación de procesos tipo $1/f^\beta$. Los datos han sido preprocesados utilizando un filtrado de Butterworth paso-bajo con una frecuencia de corte de 0.06Hz para eliminar ruido a altas frecuencias. En la tabla 1 hemos representado para varios hashtags el valor de β obtenido en el análisis de autocorrelación, la duración en horas en la que la invarianza de escala se mantenía en la autocorrelación. Podemos interpretar el valor β de cada hashtag como un indicador del tipo de proceso que hay detrás del mismo. Asimismo, la duración de la correlación se interpreta como el tiempo en el que el proceso se mantiene como un todo coherente (aunque la duración del hashtag activo pueda ser mayor). Simplificando, podemos diferenciar entre tres tipos de procesos:

- ($\beta < 1$). Procesos espontáneos y reactivos. Los participantes se autoorganizan rápidamente ante una noticia o un evento inesperado (p.ej. el desalojo de la acampada de Sol). El resultado es un proceso contagioso y caótico, con gran capacidad de cambio y adaptación, pero que no es capaz de mantener su identidad estable durante mucho tiempo.
- ($\beta > 1$). Procesos planificados y encauzados. Eventos con una identidad definida previamente, promovidos por organizaciones estables que realizan un trabajo continuo de información, difusión y propaganda del mismo (la huelga de educación o la manifestación del 12M). Mantienen una identidad marcada y rígida, que es muy difícil cambiar o adaptar a situaciones concretas.
- ($\beta \sim 1$). Este tipo de procesos alcanza un equilibrio entre los dos anteriores, consiguiendo una gran cantidad de contagio y emergencia espontánea, pero al mismo tiempo siendo capaz de construir y mantener una identidad estable y organizar su actividad de una forma eficiente.

Asimismo, vemos como los procesos que tienen un valor de β más cercano a 1 (procesos de ruido rosa) tienen por lo general una duración mayor (duración de la correlación, en la tabla) Esto es, los procesos que no son demasiado rígidos ($\beta < 1$) o demasiado volátiles ($\beta > 1$), tienen más probabilidades de mantenerse como un todo coherente durante un tiempo mayor (ver Figura 1).

Hashtag	n ^a mensajes	β	Correlación (horas)	Descripción
Ruido Blanco-Rosa				
#alabolsa	1426	0.41	0.35	Miles de personas acuden a la bolsa de Madrid la madrugada del 15M de 2012
#nurembergfinanciero	2868	0.45	0.88	Hashtag pidiendo juzgar a los responsables de la crisis
#desalojosol	6,137	0.46	0.35	Reacción al desalojo de la acampada de Sol la noche de la manifestación del 12 mayo
#15MSectorRadical	1730	0.48	0.35	Sectores más ideologizados del 15M se manifiestan bajo este hashtag
#larimaia	5736	0.53	0.55	Desalojo del centro social la Rimaia antes del 12M15M
#bankiaesnuestra	6338	0.59	2.78	Respuesta al rescate de Bankia
#planderescateciudadano	9275	0.72	5.54	Rescatemos a las personas, no a los bancos
Ruido Marrón-Rosa				
#CierraBankia	11,845	1.29	1.11	Movilización contra Bankia en sus oficinas para cerrar cuentas y pedir dación en pago
#prima500	10,987	1.30	0.82	Reacción a la noticia de que la prima de riesgo alcanzó los 500 puntos por primera vez
#22m	64663	1.30	0.55	Huelga de educación promovida por diferentes sindicatos
#huelgadeclase	21775	1.58	0.39	Uno de las etiquetas utilizadas para seguir la huelga de educación
#19f	77,880	1.59	0.25	Movilización en respuesta a la reforma laboral

Ruido Rosa				
#16m	20528	0.79	8.78	Movilizaciones al finalizar el 12M15M
#12m15m	11277	0.89	145.78	Movilizaciones del 'aniversario' del 15M
#15mparato	18984	1.02	121.25	Campaña para denunciar a los responsables de la crisis personalizada en la figura de Rodrigo Rato
#primaveravalenciana	241964	1.10	277.78	Reacción masiva contra las agresiones a estudiantes en Valencia
#occupymordor #lacaixaesmordor	62059	1.12	23.64	Campaña en Barcelona contra la Caixa
#alaplaza12M	20082	1.14	1.24	Llamamiento a tomar las plazas el 12 de mayo
#Feliz15M	11921	1.17	1.97	Llamamiento a las movilizaciones del 15 de mayo
#yovoy12m	22,110	1.22	2.80	Llamamiento a la manifestación del 12 de mayo
#Es15M	12,734	.24 ¹	1.75	Reivindicación de los valores del movimiento 15M con motivo de su aniversario

Tabla1. Número de mensajes analizados, factor de correlación β , y duración de la correlación para diferentes hashtags utilizados por el movimiento 15M durante el mes de mayo de 2012

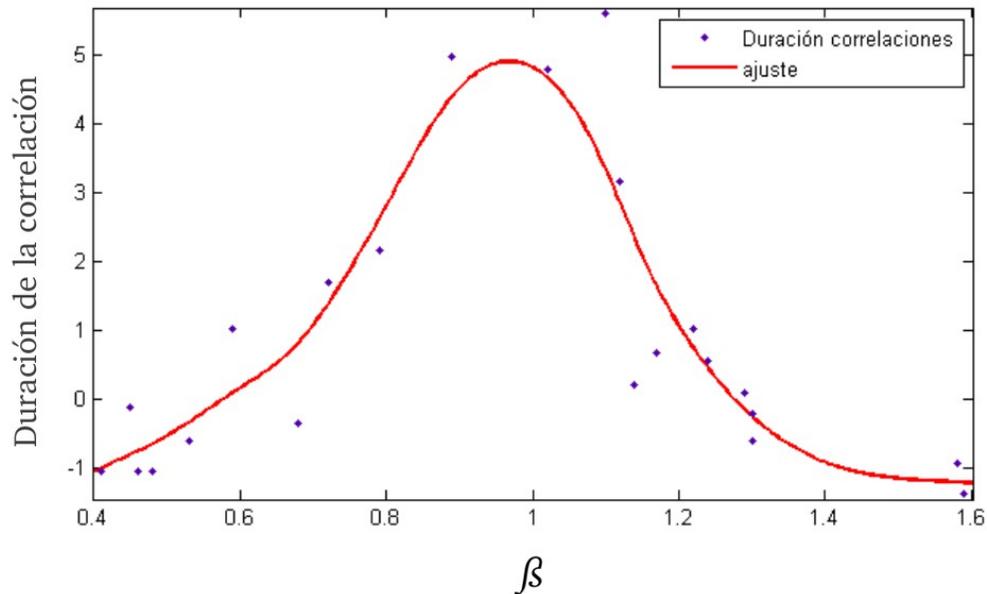


Figura 1. Ajuste aproximado de la correlación en cada hashtag respecto a su factor β . Los hashtags con un factor β cercano a 1 tienen más probabilidad de mantener su identidad durante más tiempo.

Multifractalidad y mecanismos de auto-regulación del sistema red. Ejemplo de 15MpaRato

A pesar del interés de la descripción fractal del sistema, en algunas ocasiones este tipo de medida no es suficiente para caracterizar toda la complejidad dinámica de un sistema (Ihlen y Vereijken, 2010). Las medidas de multifractalidad nos proporcionan la relación entre las escalas de un sistema asumiendo que esta relación es homogénea en el tiempo. Es decir, describe la estructura promedio entre los componentes de un sistema. Este tipo de medidas es interesante para caracterizar la configuración del movimiento red en un momento dado, pero no para caracterizar otro tipo de fenómenos de autoorganización más complejos.

El sistema red no sólo adquiere una estructura autoorganizada en un momento como una reacción espontánea, sino que en muchos casos se constituye de una forma orgánica como una identidad que se mantiene y se regula a sí misma. En estos casos, decimos que el enjambre se transforma en una *mente colectiva autónoma* que es capaz de regular su actividad de diferentes formas. El 15M fue un ejemplo de este tipo de fenómenos, así como las redes contra los desahucios o algunas de las mareas contra los recortes de servicios públicos. Estos fenómenos de autoorganización emergen en momentos determinados, pero son capaces de dotarse a sí mismos de mecanismos que les permiten existir de forma coherente durante largos periodos de tiempo, regulando y modulando su actividad de forma autónoma.

¿Cómo surge este tipo de mecanismos de regulación? Algunas activistas del movimiento 15M se hicieron la misma pregunta, conscientes de los límites de organizarse en enjambres en

los que grandes números de personas se mediante redes sociales en torno a un objetivo concreto, para dispersarse al poco tiempo (Barandiaran, 2012, Levi, 2012, Toret, comunicación personal). Para ellas, “los enjambres o manadas no tienen la capacidad de operar quirúrgicamente, de ser precisos. Los enjambres responden a agrupaciones temporales que no perduran en el tiempo y tienen una gran función como comportamiento colectivo autoorganizado, pero no son capaces de lanzar procesos que perduran en el tiempo y dificultan desarrollar una identidad que evoluciona estratégicamente en tiempo real”.

Frente a esta situación, algunas activistas decidieron ensayar una nueva estrategia comunicativa y organizativa con motivo de la acción 15MPaRato (que pretendía poner en marcha una demanda contra el exministro de economía y ex-presidente de Bankia Rodrigo Rato), basada en la inspiración de fenómenos de mesoescala o la idea de catalizador. El catalizador es un elemento regulador del sistema, como explica Levi (2012), el catalizador se utiliza para designar a aquel agente o aparato que sirva para acelerar un proceso específico. Los catalizadores amplifican la potencia, la dirigen. Son grupos pequeños y ágiles que encauzan la “atención conjunta”.

La estrategia de la campaña 15mPaRato, y consiste en la intervención estratégica y calculada, de un grupo pequeño, con relación con algunos nodos muy bien posicionados en las redes sociales como Democracia real ya, plataforma de afectados por la hipoteca, Madrilonia, laioflautas, etc, con la idea de estos nodos funcionen (junto a @15mparato) como “catalizadores” capaces de modular el proceso de la acción. La campaña tiene un gran éxito, consiguiendo captar una gran atención no sólo en las redes sociales (con 11 Trendings topics y 55h manteniéndose en los lugares más importantes-visibility de la red twitter), sino también los grandes medios de comunicación, consiguiendo recaudar 15.000€ en menos de 24 horas y contactar con decenas de accionistas y testigos internos de Bankia para el juicio. En 1 mes consigue de forma autónoma y ciudadana presentar la denuncia contra Rodrigo Rato y todo el consejo administración de Bankia. Todo un éxito que aterriza el deseo de conseguir objetivos concretos que estaba presente en la época del 12m15m¹.

La presencia de este grupo de catalizadores permite que el sistema se regule a sí mismo, proporcionando recursos e información al sistema para que se active en los momentos adecuados, impulsando y amplificando propuestas o procesos interesantes. Si la descripción fractal de los sistemas indicaba qué tipo de configuración adopta la autoorganización de un sistema en un momento dado, lo que nos interesa es buscar una medida de cómo es capaz un sistema de regular su configuración de forma autónoma a lo largo del tiempo.

Las medidas de multifractalidad reflejan cómo un sistema es capaz de modificar el coeficiente de fractalidad (β) a lo largo del tiempo coordinando la actividad de sus diferentes escalas temporales. Estudios en psicología han encontrado que las medidas de multifractalidad son capaces de caracterizar la emergencia de nuevas estructuras cognitivas (Dixon *et al*, 2012), o caracterizar los cambios en la atención y la concentración de un sujeto realizando diferentes tareas (Ihlen y Vereijken, 2010). En el caso del sistema red, el coeficiente de multifractalidad nos permite cuantificar el nivel de coordinación entre las diferentes escalas del sistema,

¹ Es importante señalar que la acción de al igual que la acción de un catalizador en un proceso químico, un grupo de personas no puede provocar o desencadenar un proceso de este tipo si no existe una receptividad, consenso o predisposición previa del sistema red. Los catalizadores no instruyen procesos, sino que aceleran o modulan procesos o tendencias ya existentes en un sistema.

proporcionándonos un indicador sobre hasta qué punto el sistema analizado se comporta como una unidad dinámica coherente, en la que las fluctuaciones en su comportamiento están reguladas por la interacción entre sus diferentes componentes, a diferencia de procesos instruidos de forma centralizada (p.e. por la directiva de un sindicato a una campaña de marketing comercial).

Descripción multifractal del sistema-red

A pesar del interés del espectro fractal para caracterizar un fenómeno complejo de organización multiescala, en muchos casos este tipo de análisis no es suficiente. La razón es que las herramientas de análisis fractal asumen que las fluctuaciones de un sistema están homogéneamente distribuidas. Sin embargo, la actividad en sistemas cognitivos y sociales tiene en general una distribución de intensidad irregular, el grado de atención y concentración de un sistema va cambiando de forma irregular como resultado de las interacciones entre las diferentes escalas de funcionamiento del mismo. De esta manera, el sistema no estará definido por un único coeficiente fractal sino por múltiples, describiendo una dinámica intermitente que combina momentos de comportamiento irregular con momentos de baja variabilidad en el sistema (Ihlen y Vereijken, 2010).

Los sistemas multifractales se miden calculando su espectro multifractal, que caracteriza un rango continuo describiendo la dimensión fractal $D(h)$ de diferentes exponentes de singularidad h (donde cada exponente de singularidad representa el grado de regularidad de la actividad del sistema). En concreto, la anchura Δh del espectro multifractal $D(h)$ define las diferencias de amplitud entre períodos de alta y baja variabilidad, cuantificando la influencia de la coordinación entre las diferentes escalas temporales del sistema.

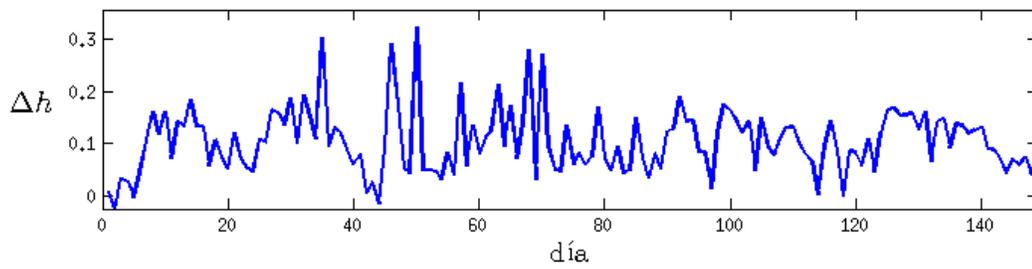
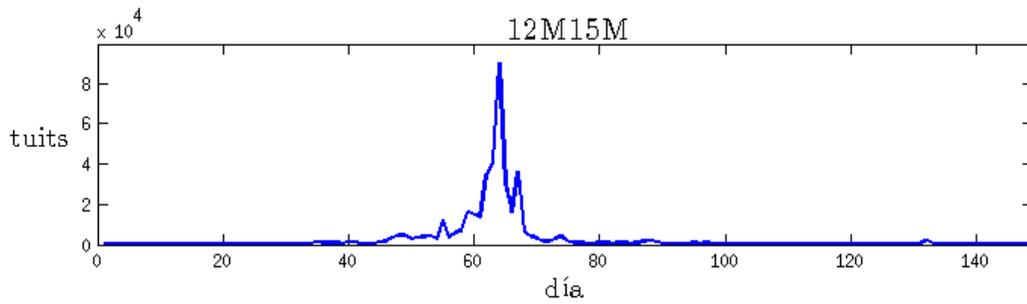
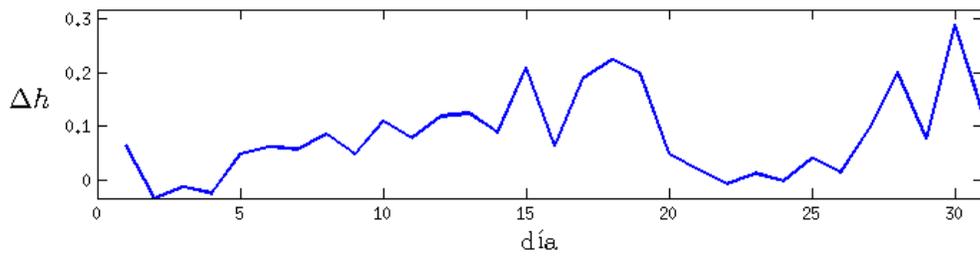
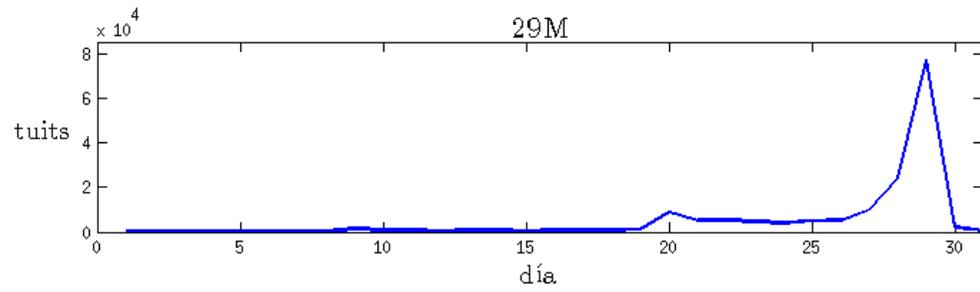
Para medir los mecanismos de coordinación y autorregulación del sistema red hemos extraído 825.199 tuits de los hashtags #29M, #12M15M y #15MpaRato como diferentes ejemplos en los que el sistema red encuentra formas de regular su actividad. Para cada uno de los hashtags hemos analizado la anchura del espectro multifractal para ventanas de 24h empezando a partir de las 6 de la mañana de diferentes días consecutivos. De esta manera, podemos ver cómo de intenso es el nivel de coordinación/autorregulación entre los diferentes usuarios que tienen actividad para cada hashtag. Al valor obtenido de multifractalidad le restamos el valor de multifractalidad que obtendría una señal con el mismo número de mensajes distribuidos aleatoriamente sobre la ventana de 24h. Los resultados podemos ver en la Figura 2, que muestra la evolución del número de tuits con cada hashtag emitidos cada uno de los días analizados. A continuación describimos algunas observaciones sobre estas medidas:

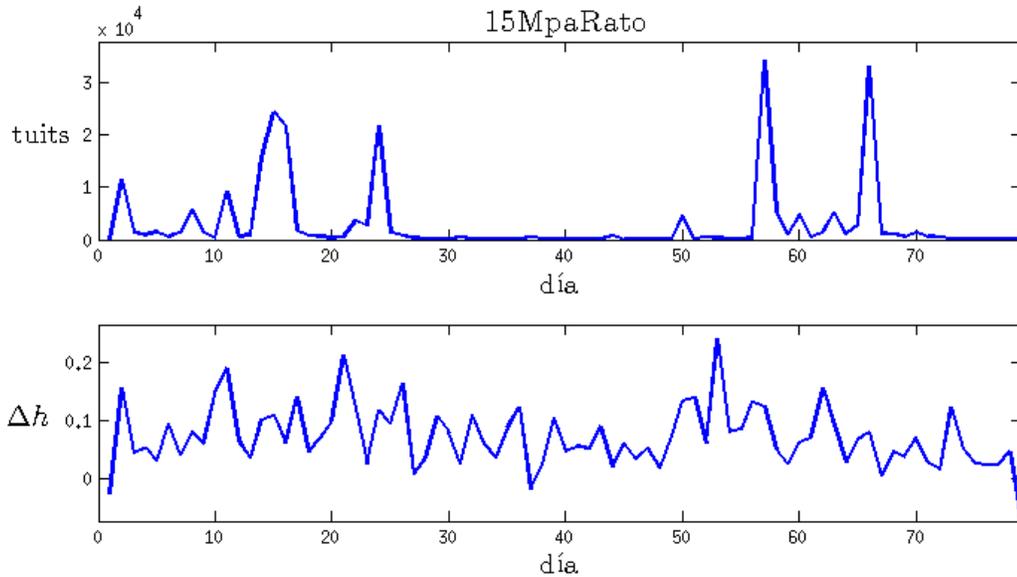
- **#29M:** En el caso de la huelga general del 29M observamos que el proceso de movilización consiste en un grado de movilización creciente con un pico el día 29 de marzo. Si analizamos el coeficiente de multifractalidad Δh observamos cómo existe un alto nivel de coordinación entre los días 15 y 19 y entre los días 28 y 30. El periodo del 15 al 19 coincide con un momento de intenso debate colectivo sobre el tipo de huelga que debería llevarse a cabo en torno a la propuesta “toma la huelga” por la que parte del movimiento 15M quería disociar la imagen de la huelga como algo exclusivamente

asociado a los sindicatos y a los trabajadores con contratos indefinidos para llevar a cabo una “huelga del 99%”. Sin embargo, los días posteriores (del 20 al 26), a pesar de contar con un nivel de movilización más alto, no consiguen coordinar al sistema como una única unidad dinámica. El sistema vuelve a configurarse como un único enjambre coordinado en los días previos a la huelga (preparación de las movilizaciones en la calle) hasta el día de después (o de valoración y difusión de la movilización). Sin embargo, el día 29 (la huelga), el nivel de coordinación es mucho más bajo, probablemente por la dificultad de coordinar a un mayor número de usuarios y una gran cantidad de movilizaciones en la calle.

- **#12M15M:** En el caso de las movilizaciones en torno al 12M15M, vemos como el sistema tiene altos niveles de multifractalidad durante periodos muy largos de tiempo. En la fase de preparación (días 1-40), el nivel de Δh se mantiene en torno a 0.1 de forma continuada, implicando que el sistema es capaz de regularse a sí mismo como una única unidad dinámica. Sin embargo, los días 42-44 la organización del sistema-red se desvanece temporalmente. Esto es debido a que esos días la noticia de la nacionalización de la filial de Repsol YPF por parte del gobierno argentino atrajo la atención de los debates durante esos días, perturbando la “concentración” de la mente colectiva del 12M15M hacia un conflicto que polariza en posturas divergentes a la mente colectiva. En los días previos a la movilización y en las manifestaciones de los días 12 y 15 encontramos picos con niveles muy altos de multifractalidad, indicando que a pesar de la gran cantidad de participantes durante esos momentos el sistema consigue constituirse como un todo coherente (al contrario que el 29M). Una vez terminadas las manifestaciones de los días 12 y 15, el sistema permanece con un alto nivel de multifractalidad, indicando que el sistema que se formó en torno a las movilizaciones siguió actuando como un todo coherente durante muchos días después.

- **#15MpaRato:** En esta campaña lo que tenemos es un sistema que se activa de forma intermitente en las diferentes fases del proceso judicial contra Bankia y Rodrigo Rato (desde la presentación de la idea, la recogida de donaciones y búsqueda de testigos, la presentación de la querrela, la comparecencia de Rato en el congreso, etc.), hábilmente amplificadas y moduladas por el grupo de catalizadores de la campaña y retroalimentadas por un amplio conjunto del sistema red. Observamos cómo, a pesar de la intermitencia de momentos de alta y baja actividad, el sistema consigue mantenerse como un todo coherente con niveles de Δh en torno a 0.1 de forma constante y durante un largo número de días.





Discusión

En este trabajo hemos presentado los marcos de análisis fractal y multifractal como candidatos para describir fenómenos de autoorganización social en red. Hemos propuesto que las correlaciones fractales en la actividad del sistema (o ruido $1/f^\beta$) son capaces de caracterizar la estructura de la multitud conectadas o enjambre conformado por las interacciones entre los diferentes nodos de la red. Según los resultado obtenidos, los procesos de propagación de iniciativas sociales en la red podrían caracterizarse según un compromiso entre la capacidad de cambio y adaptación y la capacidad de mantener una identidad estable a lo largo del tiempo. Además, podemos ver que los procesos que tienen un éxito mayor (que mantienen su coherencia dinámica durante un tiempo mayor), son aquellos que equilibran la influencia de las diferentes escalas temporales en las que se enmarca su actividad ($\beta \sim 1$). Así, procesos en los que la actividad a corto o a largo plazo domina la dinámica global, serían percibidos como demasiado volubles o demasiado rígidos y no tendrían el atractivo de procesos más versátiles que son capaces de encontrar un equilibrio entre la actividad a corto y a largo plazo. Queda abierta la cuestión de cómo construir procesos en la red que tengan las características presentadas de ruido rosa o $\beta \sim 1$, si bien los resultados presentados permiten intuir hipótesis interesantes. En los ejemplos analizados, podemos observar como en algunos casos la propia estructura de la que emerge un proceso condiciona qué escalas temporales son las que tienen un peso mayor en su composición. Por ejemplo, en procesos de reacciones espontáneas a una noticia inesperada (la prima de riesgo, un desalojo, etc.), las reacciones a corto plazo dominan el proceso, mientras que en campañas muy dirigidas desde organizaciones estables (la huelga de educación promovida por sindicatos y otras organizaciones, o en menor medida las movilizaciones del 12m15m), hacen que las escalas más largas (los ritmos de la organización y

desarrollo de la propias huelgas o movilizaciones) dominen el desarrollo de las más cortas, que estarán condicionadas a los ritmos de las anteriores.

A continuación, nos hemos interesado por aquellos casos en los que los enjambres no se disuelven tras el proceso inicial de autoorganización, sino que continúan existiendo funcionando como entidades dinámicas coherentes, regulando y modulando su actividad en función de su propio estado y el de su entorno. En estos casos, el sistema-red se configura como una mente colectiva capaz de actuar e interactuar con su entorno como si fuera una entidad cognitiva por sí misma. Inspirándonos en el ejemplo de las activistas de la campaña 15MpaRato, que pretendía construir procesos organizativos más efectivos mediante la presencia de *catalizadores* capaces de modular la autoorganización del sistema-red, hemos propuesto que la existencia de este tipo de mecanismos catalizadores o de autorregulación constituye un elemento fundamental para hacer posible este tipo de formas de organización.

Hemos propuesto las medidas de multifractalidad como candidatas para caracterizar fenómenos de automodulación de la actividad del sistema-red, y como medida de hasta qué punto los diferentes nodos del sistema se están comportando como una unidad dinámica, esto es, como una única mente colectiva. La presencia de multifractalidad significa que el sistema no puede ser definido por un único coeficiente fractal (β), sino que necesitamos un espectro de coeficientes cuya anchura puede medirse mediante el parámetro Δh . En estos casos, el sistema no puede definirse por una relación fija entre ritmos lentos y rápidos, sino que el sistema va a coordinar la actividad a diferentes escalas adaptándose a sus necesidades en cada momento para construir una unidad coherente. Un proceso similar tiene lugar en los procesos de autoorganización de la actividad neuronal en el cerebro, donde la actividad permanente de ondas eléctricas viaja en distintas direcciones, resonando y sincronizándose a diferentes escalas temporales y espaciales y modulando la actividad de los nodos locales (Buzsàki, 2006). En este contexto, para la constitución del sistema es necesaria su organización en forma de clusters dinámicos a diferentes escalas capaces de generar y sostener su propia actividad colectiva (Freeman, 2000). Los resultados obtenidos muestran cómo el sistema-red alcanza altos niveles de multifractalidad en momentos de intenso debate colectivo ('toma la huelga' el 29M), cuando la atención colectiva está intensamente centrada en un acontecimiento (12M15M), o cuando la presencia de mecanismos catalizadores modula y amplifica la actividad del sistema (15MpaRato).

Las medidas de fractalidad y multifractalidad como caracterización del tipo de organización de procesos dentro del sistema-red 15M ofrece una herramienta muy valiosa para seguir entendiendo las formas organizativas del movimiento, así como continuar el intenso aprendizaje sobre procesos de comunicación política en la sociedad red. En concreto, nos permiten pensar sobre la naturaleza dinámica y no lineal de los procesos de auto-organización, que surge de la interacción continua entre los elementos del sistema, y no sólo del contenido de la información que mueven estos nodos. Según los resultados obtenidos hemos visto cómo los procesos de autoorganización que tienen éxito (en términos de robustez, duración, cohesión, participación, etc.) tienen estructuras de ruido rosa y multifractales. Esto nos lleva a pensar que la labor de los activistas ya no es sólo construir programas políticos adecuados, sino cuidar los procesos de autoorganización. Esto es, saber *escuchar* los ciclos que tienen lugar a las diferentes escalas del sistema para conseguir coordinarlos y equilibrarlos sin subordinar la actividad de unas escalas a las de otras, alcanzando el equilibrio de los procesos de ruido rosa.

Igualmente, este tipo de medidas nos proporciona una caracterización formal de los procesos de inteligencia colectiva que tan importantes han sido desde el inicio del 15M. En la medida en que el sistema sea capaz de coordinar y modular su actividad a diferentes escalas será capaz de configurarse a sí mismo como una mente colectiva capaz de actuar como un único agente.

Finalmente, ya que los datos de twitter se pueden extraer y analizar en tiempo real, sería viable construir aplicaciones que sean capaces de medir los parámetros β y Δh de correlación fractal y multifractal entre escalas para los diferentes hashtags utilizados por el movimiento en el mismo momento que se están siendo difundidos. De esta manera, la labor de los nodos *catalizadores* dejaría de estar guiada únicamente por la intuición y experiencia de cada participante, sino que sería posible obtener medidas objetivas y viables sobre el tipo de proceso que está teniendo lugar en las redes sociales.

Referencias

ASHBY, W.R. (1960) . Design for a brain. New York, Wiley, 1960.

BAK, P., Tang, C. and Wiesenfeld, K. (1987). "Self-organized criticality: an explanation of 1/f noise". *Physical Review Letters* **59** (4): 381–384.

BARANDIARAN, X. E. (2012) Arquitecturas y dinámicas de red: consciencia, acción y hacktivismo. Presentación en las jornadas "*Tecnopolítica y democracia de red*". <http://whois-x.net/materiales-jornadas-comradical>

BARKER, R.G. (1968). Ecological psychology: Concepts and methods for studying the environment of human behavior. Stanford, Ca.: Stanford University Press.

BEER, R.D. (2012). Dynamical Systems and Embedded Cognition. In: The Cambridge Handbook of Artificial Intelligence. Cambridge Univ Pr.

CHANG, H., editor (2004). Inventing temperature: Measurement and scientific progress. Oxford University Press, New York, NY.

BORGE-HOLTHOEFER, J., RIVERO, A., GARCÍA, I., CAUHÉ, E., FERRER A., FERRER D., FRANCO, D., IÑIGUEZ, D., PÉREZ, M.P., RUIZ, G., SANZ, F., SERRANO, F., VIÑAS, C., TARANCÓN, A. y MORENO, Y. (2011). Structural and dynamical patterns on online social networks: The spanish may 15th movement as a case study. *PLoS ONE*, 6(8):e23883, 08 2011.

CASTELLS, M. (2009,). *Communication power*. Oxford/New York: Oxford University Press.

DIXON, J. A., HOLDEN, J. G., MIRMAN, D., & STEPHEN, D. G. (2012). Multifractal Dynamics in the Emergence of Cognitive Structure. *Topics in Cognitive Science*, 4(1), 51–62.

DOTOV, D.G. Nie, L. y CHEMERO, A. (2010). A Demonstration of the Transition from Ready-to-Hand to Unready-to-Hand. *PLoS ONE*, 5(3):e9433+, March 2010.

FERNÁNDEZ-SAVATER, A. (2012). ¿Cómo se organiza un clima?
<http://blogs.publico.es/fueradelugar/1438/¿como-se-organiza-un-clima>

GONZALEZ, S., BORGE-HOLTHOEFER, J., RIVERO, A. y MORENO, Y. (2011). "The Dynamics of Protest Recruitment through an Online Network", *Scientific Reports* 1, 197

KAUFFMAN, S. (2001). *Investigations*. Oxford.

LEVI, S. (2012). Notas para una r-evolución 2. Segunda fase: vicios vs. nuevas virtudes tácticas. <http://conservas.tk/tacticas/>

LITTLE, M. , MCSHARRY, P., MOROZ, I. y ROBERTS, S. (2006), Nonlinear, Biophysically-Informed Speech Pathology Detection in 2006 *IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, 2006. ICASSP 2006 Proceedings*. Toulouse, France. pp. II-1080- II-1083.

MALO, M. y PÉREZ, D. (2012). Latidos: el 15m y la revuelta. En *Democracia Distribuida. Miradas de la Universidad Nómada al 15M*. 2012.

H.R. MATURANA y F.J. VARELA. (1980). *Autopoiesis and Cognition: The Realization of the Living*. Boston Studies in the Philosophy of Science. D. Reidel Publishing Company, 1980.

MORENO, A., RUIZ-MIRAZO, K. and BARANDIARAN, X. (2010) The impact of the paradigm of complexity on the foundational frameworks of biology and cognitive science. Gabbay, D.M., Hooker, C., Thagard, P., Collier, J. and Woods, J. (Eds.) *Philosophy of Complex Systems*. Elsevier Handbook of The Philosophy of Science series.

SIMON, H.A. (1973). The organization of complex systems. In HH Pattee, editor, *Hierarchy Theory - The Challenge of Complex Systems*, pages 1–27. Goerge Braziller, New York, 1973.

TORET, J. (2012). Una mirada tecnopolítica sobre los primeros días del 15m. En *Democracia Distribuida. Miradas de la Universidad Nómada al 15M*. 2012.

GUY C. Van Orden, John G. Holden, and Michael T. Turvey (2003). Self-organization of cognitive performance. *Journal of Experimental Psychology: General*, 132(3):331–350, 2003.

VARELA, F. J., Thompson, E., y Rosch, E. (1991). *The embodied mind: cognitive science and human experience*. Cambridge, Mass.: MIT Press.

SEELY A.J. y Macklem P. (2012) Fractal variability: an emergent property of complex dissipative systems. *Chaos* 22(1):013108.

SETH, A.K., Izhikevich, E.M., Reeke, G.N., & Edelman, G.M. (2006) "Theories and measures of consciousness: An extended framework" *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* 103(28):10799-10804.

WIJNANTS, M.L., HASSELMAN, F., COX, R.F.A., BOSMAN, A.M.T. y VAN ORDEN, G. (2012). An interaction-dominant perspective on reading fluency and dyslexia. *Annals of Dyslexia*, 62(2):100–119, 08 2012.