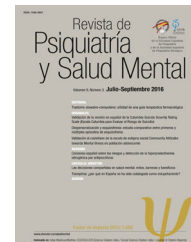




Revista de Psiquiatría y Salud Mental

www.elsevier.es/saludmental



REVISIÓN

Análisis de redes: ¿una nueva forma de comprender la psicopatología?



Eduardo Fonseca-Pedrero^{a,b}

^a Departamento de Ciencias de la Educación, Universidad de La Rioja, Logroño, España

^b Centro de Investigación Biomédica en Red de Salud Mental (CIBERSAM), Oviedo, España

Recibido el 18 de enero de 2017; aceptado el 27 de junio de 2017

Disponible en Internet el 14 de agosto de 2017

PALABRAS CLAVE

Análisis de redes;
Salud mental;
Medición;
Psicopatología,
Psicometría;
DSM

Resumen Los sistemas taxonómicos actuales se basan en un enfoque categorial, de corte descriptivo, donde los síntomas y signos psicopatológicos son causados por un hipotético trastorno mental subyacente. Con la finalidad de soslayar las limitaciones de los sistemas clasificatorios, se hace necesario incorporar nuevos modelos conceptuales y psicométricos que permitan comprender, analizar e intervenir en los fenómenos psicopatológicos desde otra perspectiva. El objetivo general de este trabajo fue presentar un nuevo enfoque denominado análisis de redes (*network analysis*) para su aplicación al campo de la psicopatología. En primer lugar se lleva a cabo una breve introducción al análisis de redes, donde se conciben los trastornos psicopatológicos como sistemas complejos dinámicos. A continuación se comentan conceptos clave, los diferentes tipos de redes y los procedimientos para su estimación. Seguidamente se abordan las medidas de centralidad importantes para comprender la estructura de la red así como para examinar la relevancia de las variables dentro de la misma. Posteriormente se ejemplifica todo lo anterior mediante la estimación de una red de síntomas psicopatológicos autoinformados en una muestra representativa de adolescentes. Finalmente, a modo de conclusión, se realiza una breve recapitulación y se comentan posibles líneas de investigación futuras.

© 2017 SEP y SEPB. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

KEYWORDS

Network analysis;
Mental health;
Measurement;
Psychopathology;
Psychometric;
DSM

Network analysis: A new way of understanding psychopathology?

Abstract Current taxonomic systems are based on a descriptive and categorical approach where psychopathological symptoms and signs are caused by a hypothetical underlying mental disorder. In order to circumvent the limitations of classification systems, it is necessary to incorporate new conceptual and psychometric models that allow to understand, analyze and intervene in psychopathological phenomena from another perspective. The main goal was to present a new approach called network analysis for its application in the field of psychopathology. First of all, a brief introduction where psychopathological disorders are conceived as complex dynamic systems was carried out. Key concepts, as well as the different types of

Correo electrónico: eduardo.fonseca@unirioja.es

<http://dx.doi.org/10.1016/j.rpsm.2017.06.004>

1888-9891/© 2017 SEP y SEPB. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

networks and the procedures for their estimation, are discussed. Following this, centrality measures, important for the understanding of the network as well as to examine the relevance of the variables within the network were addressed. These factors were then exemplified by estimating a network of self-reported psychopathological symptoms in a representative sample of adolescents. Finally, a brief recapitulation is made and future lines of research are discussed. © 2017 SEP y SEPB. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

Desde los sistemas nosológicos actuales, como el Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales (DSM)¹, se considera que los síntomas y signos que refieren los pacientes tienen su origen en una causa latente denominada trastorno mental. En función de la presencia o no de ciertos síntomas, de su covariación y duración, se puede inferir la existencia de una hipotética causa común, esto es, una variable latente o constructo². El trastorno mental subyacente no es visible al ojo humano, si bien se suele considerar, desde algunos modelos epistemológicos, que dichas categorías existen realmente en la naturaleza³. No obstante, en sentido estricto, lo que se puede observar son ciertos indicadores (p. ej., síntomas y signos) que se supone que son manifestaciones de un trastorno subyacente que los causa. A esta interpretación, inspirada en la medicina, se la conoce como modelo de trastorno latente común o modelo de causa común (en inglés, *common latent disorder* y *common cause framework*)². Esta aproximación no está exenta de limitaciones; por ejemplo, a diferencia de otros campos de la medicina, es difícil identificar una causa común como condición que exista independientemente de sus síntomas y que explique la emergencia y covariación de los mismos⁴.

El modelo de causa latente común es sin duda una de las formas más socorridas para explicar los trastornos mentales; no obstante, otras interpretaciones, complementarias o no, que permitan un cabal entendimiento de los trastornos psicopatológicos así como de otros fenómenos psicológicos (p. ej., rasgos de personalidad) son posibles, además de deseables. Por ejemplo, también se podría pensar que los síntomas y signos no son las manifestaciones emergentes de un trastorno subyacente sino que son redes de síntomas, constelaciones dinámicas de síntomas que se encuentran interrelacionados de forma causal^{2,5}. Bajo este acercamiento podría darse el caso, por ejemplo, de una paciente que refiere problemas de sueño los cuales están perturbando su estado de ánimo. A su vez, un estado anhedónico puede impactar negativamente en su apetito así como en su capacidad de concentración que, en último término, altera sus relaciones interpersonales y su funcionamiento social y laboral. En este sentido, un trastorno subyacente no sería la causa común de la covarianza existente entre los síntomas. Los síntomas no reflejarían una causa sino que serían constitutivos de la misma⁴.

Los sistemas nosológicos modernos han sido fuertemente criticados, y son muchas las voces que abogan por una profunda reconceptualización^{6,7}. Por ejemplo, la última versión del DSM¹ representa solo leves avances en fiabilidad

y utilidad clínica y apenas aborda la cuestión crítica de la validez. El DSM se fundamenta en una aproximación descriptiva-fenomenológica y claramente tautológica que sigue sin contemplar los mecanismos etiopatogénicos. Además, se representa una visión simplificada e incompleta de los cuadros clínicos (p. ej., esquizofrenia) como algo discreto y definido en función de una mezcla de criterios arbitrarios de inclusión, exclusión y duración de los fenómenos clínicos⁸. Asimismo, no considera la estructura fenomenológica de los signos y síntomas individuales, o sus relaciones de vinculación y su dependencia del contexto^{9,10}. Se considera que estas limitaciones suponen un lastre en el estudio de los trastornos mentales, ya que no posibilitan, entre otros aspectos, mejorar las estrategias de prevención y tratamiento o la búsqueda de mecanismos etiopatogénicos¹¹. Con la finalidad de soslayar las deficiencias de los actuales sistemas nosológicos se han impulsado nuevas clasificaciones, como los *Research Domain Criteria* (RDoC)⁶, y diferentes avances en evaluación y medición que abren la puerta a nuevas formas de concebir y analizar los fenómenos psicopatológicos. El análisis de redes, la teoría del caos o la teoría de los sistemas dinámicos son solo algunos ejemplos¹².

Dentro de este contexto de investigación, el objetivo de este trabajo fue introducir un nuevo enfoque para la comprensión y la medición de variables psicopatológicas denominado análisis de redes (*network analysis*). En primer lugar se lleva a cabo una introducción al análisis de redes. A continuación se comentan conceptos clave así como los diferentes tipos de redes y los procedimientos para su estimación. Seguidamente se explican las medidas de centralidad, importantes para comprender la estructura de la red así como para examinar la importancia de las variables dentro de la misma. También se comentan algunas aplicaciones al campo de la psicopatología. Posteriormente se ejemplifica en un caso concreto, estimando y analizando una red de problemas psicopatológicos autoinformados en una muestra de adolescentes. Ello permitirá al lector determinar el grado de utilidad y el posible calado de este acercamiento de cara a su uso en psicopatología. Finalmente, a modo de conclusión, se realiza una breve recapitulación y se comentan posibles líneas de investigación futuras.

En este trabajo no se examinan los problemas inherentes a la medición de lo psicopatológico ni otros aspectos relacionados con la psicometría; para estos y otros casos el lector puede consultar trabajos previos^{3,13-17}. Del mismo modo, para un análisis más detallado del análisis de redes se pueden consultar trabajos previos^{2,4,18-20}, tutoriales^{2,21,22} y páginas web donde se encuentran excelentes ejemplos,

artículos, software y sintaxis (<http://psychosystems.org/>). Se recomienda al lector, a modo de introducción, realizar sus primeros pasos en el análisis de redes con la siguiente aplicación: <https://jolandakos.shinyapps.io/NetworkApp/>

Modelo de análisis de redes en psicopatología

Introducción

El análisis de redes no es algo nuevo. Se ha aplicado extensamente en otras áreas, como por ejemplo el análisis de redes sociales (p. ej., relaciones entre personas) bajo la teoría de grafos^{23,24}; no obstante, parece que ha resurgido con nuevos bríos, en el área de la psicopatología, de la mano del grupo del profesor D. Borsboom de la Universidad de Ámsterdam^{2,20}.

El análisis de redes representa un nuevo enfoque teórico en el estudio de la psicopatología y otras áreas como la personalidad. Este acercamiento puede motivar formas alternativas de analizar datos, sugerir nuevas maneras de modelar y simular procesos psicopatológicos así como abrir nuevos horizontes que permitan entender y representar los fenómenos psicopatológicos (y psicológicos) de un modo diferente^{2,20}. En última instancia, y como comentan algunos autores, podría ayudar a cambiar la forma de comprender la psicopatología⁴, o al menos utilizar un prisma alternativo con el que conceptualizar y repensar los fenómenos psicopatológicos. Básicamente trata de dar nuevas respuestas a problemas ya clásicos en el campo de la psicopatología.

El modelo de red, dentro de la psicopatología, trata de analizar las interacciones dinámicas, a veces de tipo causal, que se establecen entre los síntomas y signos. Desde este acercamiento, ni una variable latente subyacente sería la causa de la covarianza de los síntomas, ni los síntomas serían indicadores intercambiables de un trastorno subyacente. En consecuencia, los síntomas no reflejan trastornos mentales subyacentes, son constitutivos de ellos^{2,20}. Los síntomas se agrupan porque se influyen mutuamente unos a los otros, y no porque haya una causa latente común que está explicando su emergencia y covariación. Los síntomas tienen poder causal autónomo, no son meras consecuencias pasivas de una causa latente común. En suma, es ver los trastornos psicopatológicos como un sistema complejo dinámico de síntomas y signos²⁵. Para Borsboom²⁰, desde este modelo, la noción de salud mental se correspondería con un estado estable de una red de síntomas débilmente conectada, mientras que los trastornos mentales se corresponderían con estados estables de redes de síntomas fuertemente conectados.

Conceptos básicos

Las redes consisten en nodos y aristas (*edge*). Los nodos representan los objetos o variables de estudio. Las aristas representan las conexiones entre los nodos. En el análisis de redes en psicopatología los nodos suelen representar síntomas y las aristas, asociaciones entre ellos. Gráficamente los nodos se representan como «círculos» y las aristas como la «línea» que los conecta. Los nodos pueden ser otro tipo de variables además de síntomas psicopatológicos, por ejemplo, experiencias traumáticas, consumo de sustancias

o estrés diario, por citar algunos^{26,27}. También podría ser algún otro tipo de variable procedente de diferentes niveles de análisis (p. ej., genético, psicofisiológico)²⁸. A la representación gráfica existente entre nodos y aristas se la conoce como grafo. Tales representaciones se pueden realizar bajo diferentes programas estadísticos como R ²⁹ y, dentro de él, con determinados paquetes como el *Qgraph*³⁰.

Tipos de redes

Una red es una representación de un conjunto de nodos y aristas. Se pueden encontrar diferentes tipos de redes en función de si las aristas están ponderadas y/o dirigidas.

Las redes pueden ser de aristas ponderadas o no ponderadas (*weighted edges* o *unweighted edges*). En las redes no ponderadas los síntomas están conectados, mientras que en las redes ponderadas hay un valor, un peso o coeficiente, que es indicativo de la magnitud de tal conexión entre los nodos. Este peso está representado por el grosor de la arista. A mayor grosor, mayor es la fuerza de tal asociación. Si no hay arista es que la relación es 0. La asociación entre dos nodos puede ser positiva o negativa. Una relación negativa se suele representar con el color rojo y una positiva, con el color verde. Por ejemplo, dos nodos dentro de una red pueden estar conectados positivamente (color verde); véase en un paciente con psicosis, donde existe una relación entre experiencias alucinatorias e ideación delirante. En cambio otros dos síntomas, por ejemplo el trastorno del pensamiento y la anhedonia, están conectados de forma negativa (color rojo).

Las aristas de las redes pueden ser no dirigidas o dirigidas. Las redes no dirigidas consisten en aristas o líneas simples que conectan pares de nodos. Esto es, las líneas de colores que unen los nodos no tendrían flechas en su punto final. Ello significa que existe una asociación de cierta magnitud, pero no se indica la dirección del tal relación, o sea, si el síntoma X provoca la activación del síntoma Y , o a la inversa. Por su parte, las redes dirigidas permiten que la dirección de la predicción vaya en ambos sentidos. Las redes dirigidas consisten en aristas con puntas de flecha en un extremo del borde, apuntando en la dirección de la predicción, y quizá causalidad.

También se puede dar la combinación entre cada uno de los dos tipos de redes mencionados, resultando cuatro tipos, a saber: no ponderadas no dirigidas, no ponderadas dirigidas, ponderadas no dirigidas y ponderadas dirigidas. En la [figura 1](#) se representan estos cuatro tipos de redes.

Estimación de las redes

Las redes en psicopatología difieren de las redes de muchas otras disciplinas en un aspecto fundamental: necesitan ser estimadas. Las redes se pueden estimar considerando: a) correlaciones simples; b) correlaciones parciales, y c) correlaciones parciales regularizadas.

Las correlaciones simples, también conocidas como red de asociación, serían la típica representación gráfica con matrices de Pearson. La matriz de correlaciones parciales, también conocida como red de concentración, se utiliza para controlar las correlaciones espurias que pueden surgir debido a las múltiples comparaciones. En una red de concentración se muestran las correlaciones condicionales en

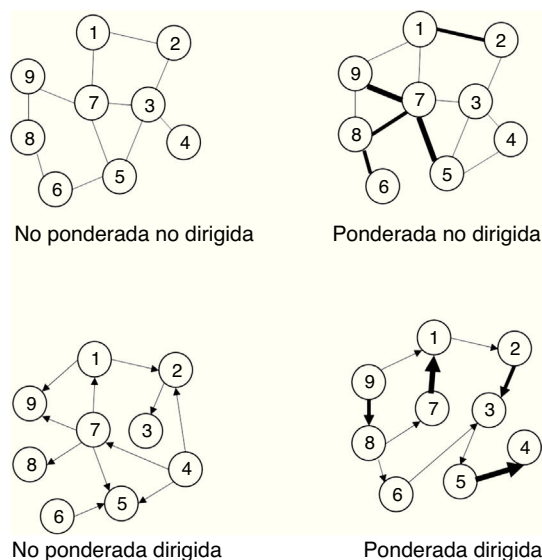


Figura 1 Tipos de redes.

todos los demás nodos de la red. Esto es, permite ver la correlación entre el síntoma X y el síntoma Y, controlando el efecto del resto de síntomas de la red. Dos nodos están conectados si y solo si hay covarianza entre los nodos, de tal forma que no pueden ser explicados por cualquier otro nodo de la red. La estimación de la red se realiza mediante un algoritmo denominado *Fruchterman-Reingold*. En esencia, este algoritmo sitúa, mediante un procedimiento iterativo, a los nodos más relevantes en el centro de la red, mientras que los nodos más débiles los sitúa en la parte periférica.

Este último tipo de redes requiere muchos datos para poder estimar todos los parámetros. Este aspecto es, en ocasiones, difícil de lograr, por lo que se hace necesario implementar un procedimiento de regularización que permita extraer una red estable, de fácil interpretación y que requiera menos parámetros a estimar. En este caso se puede estimar la red con el procedimiento *Least Absolute Shrinkage and Selection Operator (LASSO)*. La regularización devuelve una red donde se utilizan pocas aristas para explicar la estructura de covarianza en los datos. El algoritmo *Graphical-LASSO (G-LASSO)* es una variante del LASSO que permite, entre otros aspectos, optimizar el cálculo de la matriz de covarianzas inversa.

Obviamente, el procedimiento para la estimación de la red depende de la naturaleza de los datos, por ejemplo, si estos son transversales o longitudinales o si tienen una estructura multinivel o no. Para casos donde los datos son de tipo longitudinal y/o presentan una estructura multinivel se pueden encontrar otros procedimientos, como *Graphical-VAR* o *Multilevel-VAR*³¹. Asimismo, y aunque no se comenta en el presente trabajo, también se pueden encontrar estimaciones de redes mediante estadística bayesiana⁴.

Inferencia de la red: medidas de centralidad

Para analizar la estructura de la red se dispone de diferentes medidas: distancia y longitud de la trayectoria más corta, centralidad, y conectividad y agrupamiento. La distancia y longitud de la trayectoria más corta se pregunta: ¿puede

influir el síntoma X rápidamente en el síntoma Y? Las medidas de centralidad se cuestionan: ¿cuál es el síntoma más importante en la red? Y las medidas de conectividad y agrupación se plantean: ¿en qué medida los síntomas están bien conectados? En este apartado se comentarán brevemente las medidas de centralidad. Para un análisis en profundidad se pueden consultar trabajos previos²¹.

Las medidas de centralidad permiten analizar la importancia relativa del nodo dentro de la red en función del patrón de conexiones. No todos los nodos son igualmente importantes. Un nodo es central si tiene muchas conexiones. Un nodo es periférico —se encuentra en la parte externa de la red— si tiene pocas conexiones. Para saber si el nodo es central (importante, influyente) en la red se tienen que tener en cuenta: a) la centralidad de grado (*degree centrality*); b) la fuerza (*strength centrality*); c) la cercanía (*closeness centrality*), y d) la intermediación (*betweenness centrality*). Los programas estadísticos permiten generar gráficos y tablas de centralidad (ver más adelante las figuras 3 y 4). Dichas tablas y figuras arrojan valores estandarizados referidos a la fuerza, cercanía y/o intermediación de los nodos que informan sobre la importancia relativa de cada nodo en la red.

Aparte de las medidas de centralidad y con la finalidad de lograr una mejor caracterización de los síntomas de la red, también se recomienda analizar la predictibilidad³². Los índices de centralidad presentan ciertas limitaciones. Por ejemplo, es posible que aquellos nodos con la mayor centralidad sean las mejores dianas de intervención, si bien la centralidad es una medida relativa, siendo posible que estos nodos compartan poca varianza con otros nodos y que, por lo tanto, la intervención en uno tenga poco impacto en los nodos cercanos. En esencia, la predictibilidad permite determinar la relevancia práctica de las conexiones entre nodos, esto es, en qué medida el nodo es determinado por todos sus nodos «vecinos» de la red³².

Algunas aplicaciones al campo de la psicopatología

Aunque el análisis de redes en psicopatología es un área relativamente reciente y en desarrollo, ya se han realizado excelentes aportaciones al campo clínico e investigador. Por ejemplo, se ha analizado la sintomatología depresiva^{25,33,34}, la psicosis y su relación con experiencias traumáticas o impactos ambientales^{26,35}, los síntomas psicóticos negativos³⁶, el abuso de sustancias³⁷, la calidad de vida³⁸, los síntomas de estrés postraumático³⁹, la comorbilidad⁴⁰ o la relación entre síntomas y trastornos desde los sistemas taxonómicos^{41,42}, por citar algunos.

Una aplicación donde el análisis de redes puede ser interesante en un futuro cercano es la evaluación ambulatoria mediante dispositivos móviles (conocido en inglés como *experience sampling method* o *ecological momentary assessment*)^{43,44}. Esta metodología permite mapear a lo largo de tiempo, generalmente 5-7 días, diferentes emociones, pensamientos, experiencias y comportamientos de los individuos en diferentes contextos. Por un lado, se analizan longitudinalmente las experiencias y, por otro, se examina el comportamiento de las personas en su contexto real, en su día a día. Esta metodología, aunque presenta algunas desventajas⁴⁵, mejora, sin duda alguna, la validez ecológica

de los datos. Desde el análisis de redes y utilizando esta metodología se podría analizar la conectividad entre los síntomas de un determinado paciente, así como examinar su evolución en el tiempo. Además, se podría analizar cómo la red se va modificando en el tiempo (activando o desactivando conexiones), por ejemplo, en función de una intervención, o cómo los síntomas aumentan o no su conectividad dependiendo de posibles impactos ambientales o de la «carga» de estrés ambiental (p. ej., experiencias traumáticas, consumo de drogas), pudiendo inducir una cascada o reacción de efectos en cadena en el sistema que podría derivar en un trastorno mental o en un aumento de la vulnerabilidad existente.

De hecho, ya se pueden encontrar estudios pioneros que tratan de anar la evaluación ambulatoria con los modelos de redes. Por ejemplo, Klippel et al.²⁷ examinaron con un modelo de red, en diferentes modelos temporales, las relaciones dinámicas que se establecían entre el estrés diario, los pensamientos momentáneos, las experiencias psicóticas y otros contextos de vida diaria potencialmente relevantes. Seleccionó una muestra de individuos que variaba en función del riesgo de psicosis (p. ej., controles sanos, parientes de primer grado de pacientes psicóticos y pacientes psicóticos). Los resultados indicaron que a mayor riesgo de psicosis, mayor era el número de conexiones significativas en la red estimada. El estrés tenía una posición central en la red y mostraba conexiones directas y significativas con las futuras experiencias psicóticas. Además, cuanto mayor era el riesgo de psicosis, las variables «pérdida de control» y «paranoia» jugaban un rol mayor a la hora de influir a otros nodos de la red. Estos hallazgos parecen apoyar la idea de que el estrés diario puede desempeñar un papel importante en la inducción de una cascada de efectos que pueden conducir, en este caso, a experiencias psicóticas.

Recientemente, Van Os y Reininghaus⁴⁶ y Wigman et al.⁴⁷ han introducido los modelos de red de gravedad en el campo de la psicosis. También se ha aplicado al campo de la depresión²⁵. Bajo este acercamiento se concibe, por ejemplo, el síndrome de psicosis como redes causales dinámicas de estados mentales con niveles crecientes de gravedad psicopatológica. Se hipotetiza que en las primeras etapas del trastorno las asociaciones entre los síntomas son uniformemente débiles y no dan lugar a psicopatología. La expresión de los síntomas es más difusa, pudiendo expresarse fenotípicamente como un «síndrome de distrés general». Sin embargo, a medida que los individuos avanzan hacia etapas de mayor gravedad sintomática, la red gradualmente va cambiando, aparecen asociaciones específicas y más fuertes entre los síntomas, pudiendo sobrepasar el nivel clínico y derivar en un trastorno mental.

Los modelos de red de gravedad también incluyen el posible efecto del estrés o «carga» socioambiental (fig. 2). En este sentido, los síntomas no varían de forma independiente, sino que se afectan entre sí mutuamente a lo largo del tiempo, de tal modo que la conectividad de los síntomas aumenta a medida que aumenta la «carga» o el impacto de los aspectos socioambientales (véase, p. ej., estrés diario, experiencias de trauma, consumo de cannabis, etc.). También podría ser que la conectividad entre los síntomas disminuyera si se aumentan los factores protectores o se reducen los «impactos» y la «carga» de estrés ambiental. Desde este modelo, como resultado de una conectividad

elevada entre los síntomas de la red, se activan más síntomas, lo que, en caso de exposición a una adversidad socioambiental adicional, hace que se incremente la gravedad de los estados mentales, lo que podría conducir a una mayor probabilidad de transición al trastorno psicótico^{25,46,47}. En este caso, cuando el grado de exposición ambiental es alto, también puede crear una gran perturbación y un fenómeno de «cascada» o de reacción en cadena que se propague a través de la red, pudiendo derivar en trastorno y discapacidad asociada. Asimismo, se postula que los individuos con vulnerabilidad a algún trastorno psicopatológico mostrarán una red de síntomas más fuertemente interconectados, además de una mayor probabilidad de transición a un estado clínico tras una perturbación externa. Por su parte, los resilientes presentarán una red de síntomas débilmente interconectados, así como una rápida recuperación hacia un estado de equilibrio de salud mental tras una perturbación externa²⁰.

La estructura de la red y las medidas de centralidad tienen claras implicaciones clínicas; por ejemplo, permiten juzgar cuáles son los síntomas que tienen una mayor importancia en la red, utilizar los síntomas más centrales para diagnosticar y planificar el tratamiento o focalizar el tratamiento en un síntoma o la red de síntomas que tienen más conexiones. También se pueden identificar síntomas «puente», esto es, un síntoma que sirve de nexo entre dos conjuntos de redes y que su abordaje e intervención tal vez permita controlar la (hipo)activación de otras subredes. Para Borsboom²⁰, el diagnóstico implica identificar redes de síntomas, mientras que el tratamiento implica cambiar o manipular la red de tres formas, a saber: intervenciones en síntomas (modificando el estado de uno o más síntomas), intervenciones en el campo externo (eliminando la causa o las causas desencadenantes) e intervenciones en la red (modificando las conexiones entre los nodos de la red, esto es, síntoma-síntoma). Por ejemplo, ante un paciente con un trastorno del espectro psicótico en el cual se implementa un tratamiento antipsicótico, se puede pensar en realizar una intervención familiar para modificar las pautas de comunicación o eliminar el consumo de sustancias, y/o trabajar con técnicas cognitivo-conductuales que permitan afrontar los delirios de persecución para que reduzcan las experiencias alucinatorias asociadas. Todas ellas cuestiones sumamente relevantes para la práctica clínica.

En suma, los modelos de redes y la evaluación ambulatoria surgen como respuesta a algunos de los cambios que se reclaman desde la psicología clínica y la psiquiatría, esto es, un enfoque personalizado, de precisión, contextual, dinámico (no estático) y basado en estadios^{12,48,49}.

Análisis de redes en psicopatología: un ejemplo en salud mental infantojuvenil

En este apartado se presenta, brevemente y a modo de ejemplo, un análisis de red en psicopatología, en concreto para analizar las dificultades en el ajuste emocional y comportamental de adolescentes. Se utilizó una muestra de 1.664 estudiantes, 782 varones (47%), pertenecientes a 34 centros escolares y 98 aulas. La media de edad fue de 16,12 años ($DT = 1,36$, rango 14-19 años). Se realizó un muestreo aleatorio estratificado, por conglomerados, a

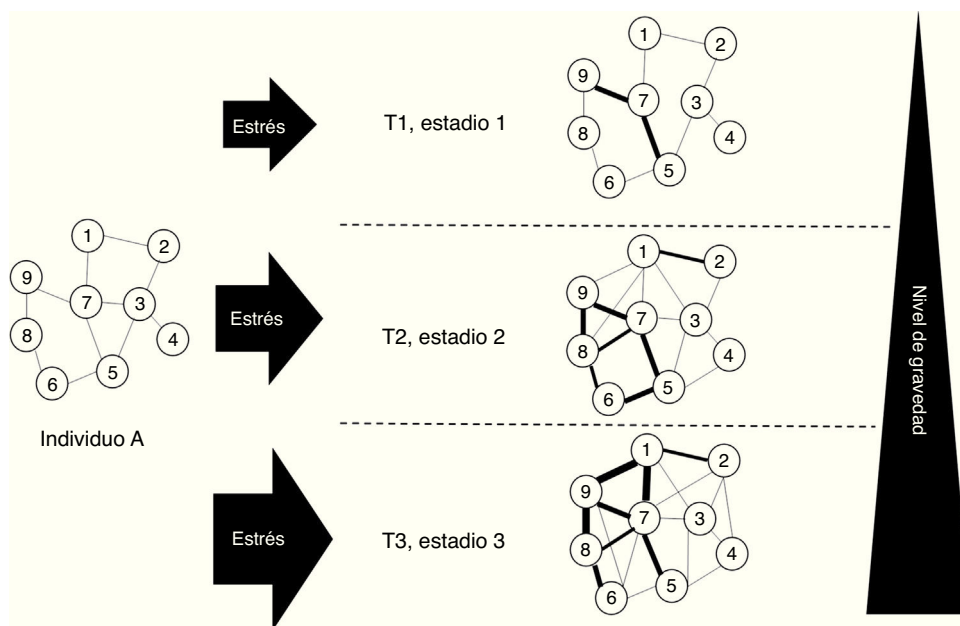


Figura 2 Modelo de redes en función del nivel de gravedad y carga de estrés.

T: momento temporal. Es un modelo, por lo que se tiene que ver como una simplificación de la realidad. Los números de los nodos se corresponden con síntomas psicopatológicos (p. ej., anhedonia, alucinaciones, delirios, etc.). Por ejemplo, para el individuo A en el momento temporal 1 los nodos de la red no están muy interconectados y existe un bajo nivel de exposición ambiental, creando una perturbación leve que no se extiende ampliamente a través de la red de síntomas y permanece «contenida» en el dominio no clínico. En el tiempo 2, la conectividad entre los síntomas es mayor y la carga ambiental es moderada, creando una mayor perturbación en la red, aunque no pasa la frontera clínica. En el tiempo 3, el grado de exposición o carga ambiental es elevado, creando una gran perturbación y un fenómeno de «cascada» o de reacción que se propaga a través de la red, pudiendo derivar en trastorno, discapacidad y necesidad de tratamiento.

Adaptado de Borsboom²⁰, Cramer et al.²⁵ y Van Os y Reininghaus⁴⁶.

nivel de aula de centro escolar, en una población aproximada de 15.000 estudiantes seleccionados de la comunidad autónoma de La Rioja. La investigación fue aprobada por el Comité Ético de Investigación Clínica de La Rioja (CEICLAR).

El instrumento utilizado fue el Cuestionario de Capacidades y Dificultades (*Strengths and Difficulties Questionnaire* [SDQ]) versión autoinformada⁵⁰. El SDQ se ha utilizado para la evaluación de dificultades conductuales y emocionales y cribado psicopatológico en población infantojuvenil^{51,52}. El SDQ se compone de 25 ítems, en formato de respuesta Likert con tres opciones (0: no, nunca; 1: a veces; 2: sí, siempre). Los ítems se agrupan en cinco subescalas (cinco ítems cada una): Síntomas emocionales, Problemas de conducta, Hiperactividad, Problemas con compañeros y Conducta prosocial. A mayor puntuación mayor, nivel de dificultades emocionales y comportamentales, excepto para la subescala de Conducta prosocial, donde a una menor puntuación le corresponde un peor ajuste. Las propiedades métricas del SDQ han sido analizadas en estudios previos internacionales y nacionales^{53,54}. El SDQ y su formato de corrección se pueden descargar de internet (<http://www.sdqinfo.com>). En el Anexo se recoge el contenido de los ítems.

La red fue estimada mediante el paquete *Qgraph*³⁰ dentro del entorno *R*⁵⁵. La red estimada en este trabajo es ponderada y no dirigida. Se utilizó el algoritmo G-LASSO. No se estimó la predictibilidad ni la comunalidad de los nodos por ser un ejemplo introductorio a la temática. Los

resultados tanto de la red estimada como de los índices de centralidad se presentan en las figuras 3 y 4. Como se puede observar, no todos los nodos fueron igualmente importantes. Algunos nodos ocuparon una posición central, mientras que otros ocuparon una posición periférica. El análisis visual de la red permitió comprobar que la mayoría de los nodos se encontraban más fuertemente conectados con los nodos que valoraban la misma dimensión psicopatológica, a excepción de los nodos de la dimensión de Problemas conductuales.

Se comentó anteriormente que un nodo es central si tiene muchas conexiones y que su centralidad dependía básicamente de la fuerza (*degree centrality*), la cercanía (*closeness*) y la intermediación (*betweenness*). En la figura 4 se presentan los valores estandarizados referidos a la fuerza, cercanía e intermediación de todos los nodos de la red. Los índices se encuentran todos en la misma escala de medida, están estandarizados, aspecto que permite la comparación entre ellos. Como se puede observar en la figura 3, los indicadores que tuvieron mayores índices de centralidad en las tres facetas fueron: ítem 13 de síntomas emocionales («Me siento a menudo triste, desanimado o con ganas de llorar»), ítem 19 de problemas con compañeros («Otra gente de mi edad se mete conmigo o se burla de mí»), e ítem 9 de comportamiento prosocial («Ayudo si alguien está enfermo, disgustado o herido»). También los ítems 16 («Me pongo nervioso/a con las situaciones nuevas, fácilmente pierdo la confianza en mí mismo/a») y 5 de problemas conductuales («Cuando me enfado, me enfado mucho y pierdo el control»)

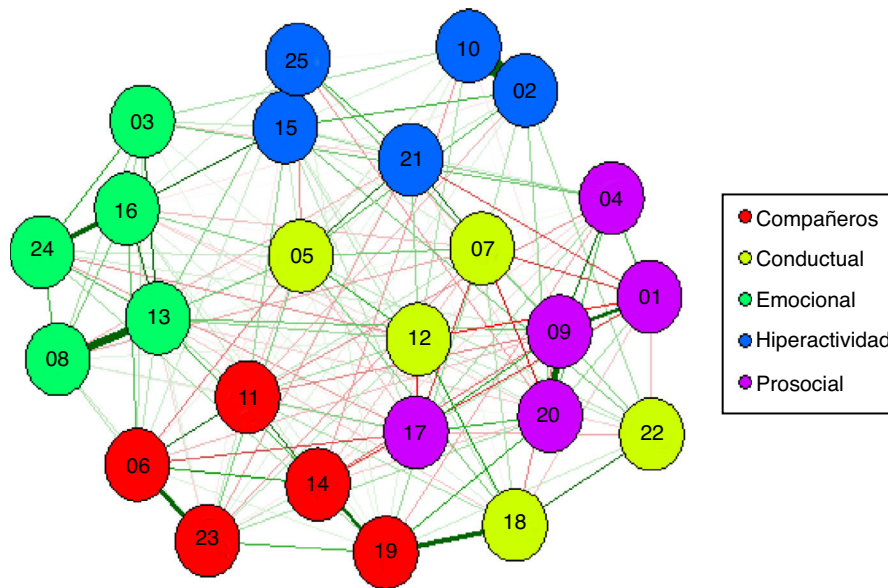


Figura 3 Red estimada para los indicadores de salud mental en adolescentes evaluados con el Cuestionario de Capacidades y Dificultades.

Los números representan los ítems del SDQ (véase Anexo).

demonstraron su relevancia en los indicadores de intermediación y cercanía.

Concretamente el nodo 9 valora el comportamiento prosocial y, por lo tanto, puede verse como una fortaleza que podría ser objeto de intervención a modo de factor protector. Este nodo parece influir de forma significativa en el resto de los nodos. Su activación aumentaría la probabilidad de activación de otros síntomas. Asimismo, tiene una alta centralidad de proximidad por lo que es un nodo que permite predecir bien otros nodos de la red. Igualmente, tiene una alta centralidad de intermediación, por lo que es un nodo que se encuentra en medio entre otro par de nodos, esto es, está bien conectado. El mismo razonamiento

podría aplicarse para los indicadores que valoran dificultades de tipo emocional y comportamiento, como los nodos 9 y 13. No obstante, esta interpretación también está sujeta a nueva información proveniente del estudio de predictibilidad no realizada en este estudio por ser una introducción a la temática.

A partir de estos resultados se puede comprender mejor la relación estructural que se establece entre los diferentes indicadores psicopatológicos, medidos con el SDQ, en esta muestra de adolescentes. Además, bajo este acercamiento se pueden concebir los problemas de salud mental como sistemas complejos de síntomas afectivos, emocionales y comportamentales.

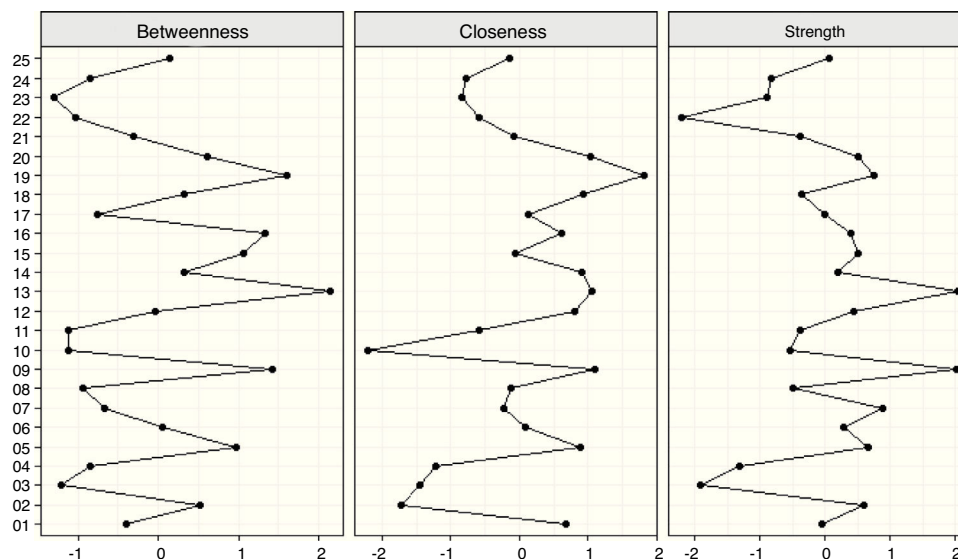


Figura 4 Medias de centralidad para los indicadores de salud mental.

Los números se corresponden con los ítems del SDQ (véase Anexo).

A modo de conclusión

El propósito de este artículo fue realizar una introducción al análisis de redes en psicopatología. A lo largo de este trabajo se han abordado los posibles problemas que subyacen al modelo de trastorno mental promulgado desde los sistemas clasificatorios internacionales. Se ha descrito también la concepción psicopatológica que subyace al modelo de redes y se han comentado conceptos clave, las diferentes tipologías de redes y los procedimientos para su estimación. Además, se han introducido los índices de centralidad, así como algunas aplicaciones presentes y futuras muy interesantes para la práctica clínica. Igualmente, se ha ejemplificado el análisis de redes analizando diferentes indicadores psicopatológicos de salud mental en una muestra representativa de adolescentes.

El modelo de redes parece ser un enfoque prometedor en la forma de conceptualizar la psicopatología⁵⁶. De hecho, algunos autores creen que el análisis de redes puede transformar en cierta medida el campo de la psicopatología⁴. La investigación en análisis de redes se encuentra en estos momentos en su infancia, por lo que es necesario seguir trabajando en la construcción de un modelo científico sólido y refutable para la explicación de la salud mental²⁰. Esta aproximación se muestra como prometedora para ayudar a obtener información importante en una serie de campos de investigación, como por ejemplo la comorbilidad, la relevancia clínica de determinados síntomas y signos, el análisis ideográfico, la comprensión de mecanismos etiológicos, el estudio de factores de riesgo y de protección, por citar algunos. En este sentido, el análisis de redes puede tener un papel relevante en la comprensión de los fenómenos psicopatológicos soslayando las limitaciones del modelo médico basado en una causa latente común. Además, parece que puede ser un modelo adecuado para integrar los nuevos estudios que recaban información proveniente de múltiples niveles de análisis, dentro de una estrategia traslacional⁵⁷, para la detección e intervención temprana en jóvenes de riesgo a problemas de salud mental^{58,59} o para el estudio de dimensiones transdiagnósticas. No cabe duda de que la comprensión y el estudio de los trastornos mentales es una labor compleja, donde operan una infinita cantidad de variables procedentes de múltiples niveles de análisis (biológico, psicológico y social). En cualquier caso, ayude a cambiar o no el actual abordaje epistemológico y metodológico de los trastornos mentales, se complemente o no con otras aproximaciones, al menos el análisis de redes se presenta como una nueva aproximación a partir de la cual observar, medir, analizar y comprender los fenómenos psicopatológicos y dar respuesta a ciertos problemas de los que adolece la psicopatología actual.

El modelo de redes se une a otras líneas de investigación que se encuentran actualmente en expansión, como son los algoritmos de predicción⁶⁰, la inteligencia artificial (*learning machine*)⁶¹, la medicina personalizada⁶² o el uso de las nuevas tecnologías móviles⁶³. Estos y otros avances son un fiel reflejo de los cambios que están ocurriendo en el campo de la evaluación, el diagnóstico y el tratamiento de los trastornos psicopatológicos. Cuando se intenta vislumbrar lo que acontecerá en el campo de la psicopatología en los años venideros se pueden intuir cambios interesantes.

Estén atentos, el agua solo pasa una vez por delante del molino.

Financiación

Esta investigación ha sido financiada por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España (MICINN) (referencia PSI2014-56114-P); por el Instituto Carlos III, Centro de Investigación Biomédica en Red de Salud Mental (CIBERSAM), y por la Convocatoria 2015 de Ayudas Fundación BBVA a Investigadores y Creadores Culturales.

Conflicto de intereses

El autor declara no tener ningún conflicto de intereses.

Agradecimientos

El autor quiere agradecer los comentarios realizados por los profesores Alicia Pérez de Albéniz, Marino Pérez, Félix Inchausti y José Muñiz a una versión preliminar de este trabajo. Asimismo, quiere mostrar su agradecimiento a todos los centros escolares por su participación en la investigación, así como a las Consejerías de Educación y Salud del Gobierno de La Rioja.

Anexo. Contenido de los ítems y subescalas del SDQ

Problemas emocionales

- 3. dolores de cabeza, estómago
- 8. preocupación
- 13. triste, desanimado
- 16. nervioso/a
- 24. miedos

Problemas conductuales

- 5. enfado
- 7. obediente*
- 12. pelea con otros
- 18. mentir o de hacer trampas
- 22. coger cosas de otros

Problemas de compañeros

- 6. preferencia por estar solo
- 11. un buen/a amigo/a*
- 14. caer bien a otra gente*
- 19. burla
- 23. mejor trato con adultos

Hiperactividad

- 2. inquieto/hiperactivo
- 10. movimiento excesivo
- 15. distracción
- 21. pensar las cosas*
- 25. buena concentración*

Comportamiento prosocial

- 1. agradable con los demás
- 4. compartir las cosas
- 9. ayudar a los demás
- 17. tratar bien a los niños
- 20. ayudar (a padres, maestros, niños)

* Los ítems con asterisco tienen que ser recodificados.

Bibliografía

- American Psychiatric Association. Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (5th ed.). Washington, DC: American Psychiatric Association; 2013.
- Borsboom D, Cramer AO. Network analysis: An integrative approach to the structure of psychopathology. *Annu Rev Clin Psychol*. 2013;9:91–121.
- Kendler KS. The nature of psychiatric disorders. *World Psychiatry*. 2016;15:5–12.
- McNally RJ. Can network analysis transform psychopathology? *Behav Res Ther*. 2016;86:95–104.
- Fried EI, van Borkulo CD, Cramer AOJ, Boschloo L, Schoevers RA, Borsboom D. Mental disorders as networks of problems: a review of recent insights. *Soc Psychiatry Psychiatr Epidemiol*. 2016;58:7250–7.
- Insel T, Cuthbert B, Garvey M, Heinssen R, Pine DS, Quinn K, et al. Research domain criteria (RDoC): Toward a new classification framework for research on mental disorders. *Am J Psychiatry*. 2010;167:748–51.
- Van Os J, Delespaul P, Wigman J, Myin-Germeys I, Wichers M. Psychiatry beyond labels: Introducing contextual precision diagnosis across stages of psychopathology. *Psychol Med*. 2013;43:1563–7.
- Cuesta MJ, Peralta V. Going beyond classic descriptions to future phenomenology of schizophrenia. *JAMA Psychiatry*. 2016;73:1010.
- Parnas J. Differential diagnosis and current polythetic classification. *World Psychiatry*. 2015;14:284–7.
- Pérez Álvarez M. Las raíces de la psicopatología moderna: la melancolía y la esquizofrenia. Madrid: Pirámide; 2012.
- Tandon R, Gaebel W, Barch DM, Bustillo J, Gur RE, Heckers S, et al. Definition and description of schizophrenia in the DSM-5. *Schizophr Res*. 2013;150:3–10.
- Nelson B, McGorry PD, Wichers M, Wigman JTW, Hartmann JA. Moving from static to dynamic models of the onset of mental disorder. *JAMA Psychiatry*. 2017;74:528–34.
- Abad FJ, Olea J, Ponsoda V, García C. *Medición en ciencias sociales y de la salud*. Madrid: Síntesis; 2011.
- Leong FTL, Bartram D, Cheung FM, Geisinger K, Iliescu C. *The ITC International Handbook of Testing and Assessment*. New York, NY: Oxford University Press; 2016.
- Borsboom D. *Measuring the mind: Conceptual issues in contemporary psychometrics*. Cambridge, UK: Cambridge University Press; 2005.
- Muñiz J. Las teorías del los test: teoría clásica y teoría de respuesta a los ítems. *Papeles del Psicólogo*. 2010;31:57–66.
- Borsboom D, Mellenbergh GJ, van Heerden J. The theoretical status of latent variables. *Psychol Rev*. 2003;110:203–19.
- Schmittmann VD, Cramer AOJ, Waldorp LJ, Epskamp S, Kievit RA, Borsboom D. Deconstructing the construct: A network perspective on psychological phenomena. *New Ideas Psychol*. 2013;31:43–53.
- Epskamp S, Maris G, Waldorp LJ, Borsboom D. Network psychometrics. In: Irwing P, Hughes D, Booth T, eds. *Handbook of Psychometrics*. New York, NY: Wiley. In press.
- Borsboom D. A network theory of mental disorders. *World Psychiatry*. 2017;16:5–13.
- Costantini G, Epskamp S, Borsboom D, Perugini M, Möttus R, Waldorp L, et al. State of the aRT personality research: A tutorial on network analysis of personality data in R. *J Res Pers*. 2015;54:13–29.
- Costantini G, Richetin J, Preti E, Casini E, Epskamp S, Perugini M. Stability and variability of personality networks. A tutorial on recent developments in network psychometrics. *Pers Individ Dif*. In press.
- Borgatti SP, Mehra A, Brass DJ, Labianca G. Network analysis in the social sciences. *Science*. 2009;323:892–6.
- Newman MEJ. *Networks: An Introduction*. Oxford, Reino Unido: Oxford University Press; 2010.
- Cramer AOJ, van Borkulo CD, Giltay EJ, van der Maas HL, Kendler KS, Scheffer M, et al. Major depression as a complex dynamic system. *PLoS One*. 2016;11:e0167490.
- Isvoranu AM, van Borkulo CD, Boyette LL, Wigman JTW, Vinkers CH, Borsboom DA. Network approach to psychosis: Pathways between childhood trauma and psychotic symptoms. *Schizophr Bull*. 2017;43:187–96.
- Klippel A, Viechtbauer W, Reininghaus U, Wigman J, van Borkulo C, MERGE, et al. The cascade of stress: a network approach to explore differential dynamics in populations varying in risk for psychosis. *Schizophr Bull*. 2017 Mar 17. doi: 10.1093/schbul/sbx037. [Epub ahead of print].
- Santos Jr H, Fried EI, Asafu-Adjei J, R. Ruiz J. Network Structure of Perinatal Depressive Symptoms in Latinas: Relationship to Stress and Reproductive Biomarkers. *Res Nurs Heal*. 2017;40:218–28.
- R Development Core Team. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing; 2011.
- Epskamp S, Cramer AOJ, Waldorp LJ, Schmittmann VD, Borsboom D. qgraph: network visualizations of relationships in psychometric data. *J Stat Softw*. 2012;48:1–18.
- Epskamp S, Waldorp LJ, Möttus R, Borsboom D. Discovering psychological dynamics: The Gaussian graphical model in cross-sectional and time-series data. In press.
- Haslbeck JMB, Fried EI. How Predictable are symptoms in psychopathological networks? A Reanalysis of 17 Published Datasets. Submitted 2017.
- Bringmann LF, Lemmens LHJM, Huibers MJH, Borsboom D, Tuerlinckx F. Revealing the dynamic network structure of the Beck Depression Inventory-II. *Psychol Med*. 2015;45:747–57.
- Fried EI, van Borkulo CD, Epskamp S, Schoevers RA, Tuerlinckx F, Borsboom D. Measuring depression over time . . . Or not? Lack of unidimensionality and longitudinal measurement invariance in four common rating scales of depression. *Psychol Assess*. 2016;28:1354–67.
- Isvoranu A-M, Borsboom D, van Os J, Guloksuz SA. Network approach to environmental impact in psychotic disorder: Brief theoretical framework. *Schizophr Bull*. 2016;42:870–3.
- Levine SZ, Leucht S. Identifying a system of predominant negative symptoms: Network analysis of three randomized clinical trials. *Schizophrenia Research*. 2016;178:17–22.
- Rhemtulla M, Fried EI, Aggen SH, Tuerlinckx F, Kendler KS, Borsboom D. Network analysis of substance abuse and dependence symptoms. *Drug Alcohol Depend*. 2016;161:230–7.
- Kossakowski JJ, Epskamp S, Kieffer JM, Borkulo CD, van Rhemtulla M, Borsboom D. The application of a network approach to health-related quality of life: Introducing a new method for assessing HRQoL in healthy adults and cancer patients. *Qual Life Res*. 2016;25:781–92.
- McNally RJ, Robinaugh DJ, Wu GWY, Wang L, Deserno MK, Borsboom D. Mental disorders as causal systems: A network approach to posttraumatic stress disorder. *Clin Psychol Sci*. 2014;3:1–14.
- Cramer AOJ, Waldorp LJ, van der Maas HLJ, Borsboom D. Comorbidity: A network perspective. *Behav Brain Sci*. 2010;33:137–93.
- Tio P, Epskamp S, Noordhof A, Borsboom D. Mapping the manuals of madness: Comparing the ICD-10 and DSM-IV-TR using a network approach. *Int J Methods Psychiatr Res*. 2016;25:267–76.
- Boschloo L, van Borkulo CD, Rhemtulla M, Keyes KM, Borsboom D, Schoevers RA. The network structure of symptoms of the Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders. *PLoS One*. 2015;10:e0137621.
- Myin-Germeys I, Oorschot M, Collip D, Lataster J, Delespaul P, van Os J. Experience sampling research in psychopathology: Opening the black box of daily life. *Psychol Med*. 2009;39:1533–47.

44. Trull TJ, Ebner-Priemer UW. Ambulatory assessment. *Annu Rev Clin Psychol.* 2013;9:151–76.
45. Palmier-Claus JE, Myin-Germeys I, Barkus E, Bentley L, Uda-china A, Delespaul PA, et al. Experience sampling research in individuals with mental illness: Reflections and guidance. *Acta Psychiatr Scand.* 2011;123:12–20.
46. Van Os J, Reininghaus U. Psychosis as a transdiagnostic and extended phenotype in the general population. *World Psychiatry.* 2016;15:118–24.
47. Wigman JTW, van Os J, Thiery E, Derom C, Collip D, Jacobs N, et al. Psychiatric diagnosis revisited: Towards a system of staging and profiling combining nomothetic and idiographic parameters of momentary mental states. *PLoS One.* 2013;8:e59559.
48. McGorry P, van Os J. Redeeming diagnosis in psychiatry: Timing versus specificity. *Lancet.* 2013;381:343–5.
49. van Os J, Delespaul P, Wigman J, Myin-Germeys I, Wichers M. Beyond DSM and ICD: Introducing precision diagnosis for psychiatry using momentary assessment technology. *World Psychiatry.* 2013;12:113–7.
50. Goodman R. The strengths and difficulties questionnaire: A research note. *J Child Psychol Psychiatry.* 1997;38:581–6.
51. Ortuño-Sierra J, Fonseca-Pedrero E, Paino M, Aritio-Solana R. Prevalencia de síntomas emocionales y comportamentales en adolescentes españoles. *Rev Psiquiatr y Salud Ment.* 2014;7:121–30.
52. Fonseca-Pedrero E, Paino M, Lemos-Girádez S, Muñiz J. Prevalencia de la sintomatología emocional y comportamental en adolescentes españoles a través del Strengths and Difficulties Questionnaire (SDQ). *Rev Psicopatol Psicol Clin.* 2011;16:15–25.
53. Ortuño-Sierra J, Chocarro E, Fonseca-Pedrero E, Riba SSI, Muñiz J. The assessment of emotional and behavioural problems: Internal structure of The Strengths and Difficulties Questionnaire. *Int J Clin Health Psychol.* 2015;15:265–73.
54. Ortuño-Sierra J, Fonseca-Pedrero E, Paino M, Sastre i Riba S, Muñiz J. Psychometric properties of the strengths and difficulties questionnaire self-reported version in Spanish adolescents. *J Adolesc.* 2015;38:49–56.
55. R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: The R Foundation for Statistical Computing; 2011.
56. Fried E, Cramer A. Moving forward: Challenges and directions for psychopathological network theory and methodology. *Perspect Psychol Sci.* 2017, <http://dx.doi.org/10.17605/OSF.IO/MH3CF>.
57. Garcia-Alvarez L, Garcia-Portilla MP, Gonzalez-Blanco L, Saiz Martinez PA, de la Fuente-Tomas L, Menendez-Miranda I, et al. Biomarcadores sanguíneos diferenciales de las dimensiones psicopatológicas de la esquizofrenia. *Rev Psiquiatr Salud Ment.* 2016;9:219–27.
58. Bousoño M, al-Halabí S, Burón P, Garrido M, Díaz-Mesa E, Galván G, et al. Uso y abuso de sustancias psicotrópicas e internet, psicopatología e ideación suicida en adolescentes. *Adicciones.* 2017;29:97–104.
59. Fonseca Pedrero E, Debbané M. Schizotypal traits and psychotic-like experiences during adolescence: An update. *Psicothema.* 2017;29:5–17.
60. Zarogianni E, Storkey AJ, Johnstone EC, Owens DGC, Lawrie SM. Improved individualized prediction of schizophrenia in subjects at familial high risk, based on neuroanatomical data, schizotypal and neurocognitive features. *Schizophr Res.* 2017;181:6–12.
61. Schnack HG, Nieuwenhuis M, van Haren NE, Abramovic L, Scheewe TW, Brouwer RM, et al. Can structural MRI aid in clinical classification? A machine learning study in two independent samples of patients with schizophrenia, bipolar disorder and healthy subjects. *Neuroimage.* 2014;84:299–306.
62. Vieta E. La medicina personalizada aplicada a la salud mental: la psiquiatría de precisión. *Rev Psiquiatr Salud Ment.* 2015;8:117–8.
63. Bonet L, Izquierdo C, Escartí MJ, Sancho JV, Arce D, Blanquer I, et al. Utilización de tecnologías móviles en pacientes con psicosis: una revisión sistemática. *Rev Psiquiatr Salud Ment.* 2017;10:168–78.