

LA RED ENCARNADA: CEREBRO vs METRÓPOLI

Adrián G. Palacios

**VERSION NO EDITADA
FACSIMIL
SOLO PARA USO PRIVADO**

*Centro de Neurociencia de Valparaiso, Facultad de Ciencias,
Universidad de Valparaíso, Valparaiso, Chile.
Instituto de Sistemas Complejos de Valparaiso, Chile.*

Adrián G. Palacios, PhD
Centro de Neurociencia de Valparaíso, Facultad de Ciencias,
Universidad de Valparaíso,
P.O. Box 5030, Valparaíso, Chile;
Tel (5632) 2508040
E-mail adrian.palacios@yahoo.com
<http://www.cnv.cl/palacios>

Toda nueva tecnología produce cambio y transforma la naturaleza. En estrecha alianza el cerebro digiere la tecnología e invita a otras nuevas. Cuatro millones de años de historia natural nos separan de nuestros ancestros los Australopitecos, cuyo cerebro contenido en 400 cm³ paso a 1400 cm³ en el *Homo sapiens* moderno. Acorde a este aumento en volumen y en complejización del cerebro encontramos asociados cambios en el modo de vida, de nómada a sedentario, de cazadores a agricultores, y un cerebro-manual fabricando herramientas cada vez mas especializadas. Las urbes se descubren así mismas en constante reorganización afín de satisfacer a sus habitantes cuyas necesidades son cada vez más complejas. Innovativos planes reguladores atraen a nuevos habitantes, las urbes se desarrollan o desaparecen en función del éxito de esta aventura mutua de acoplamiento entre satisfacción de las necesidades biológicas, intelectuales y la estructura de la urbe.

El Siglo 21 nos encuentra ya inmersos en lo global. No logramos situar al sujeto humano desconectado de una Red cada vez más compleja¹ donde los nodos² se incrementan día a día de manera vertiginosa. Una preocupación mayor, seguramente para controlarla, es como entender esta Red globalizada, que ya se nos escapa de las manos, en términos de organización social y profundamente enraizada en lo biológico. ¿Quién es el artífice de este ejercicio permanente de globalizar nuestras acciones? y nuevamente nos encontramos hace 4 millones de

¹ En el sentido de un sistema complejo, donde la suma de las partes es superior a sus componentes y en donde emergen conductas que siguen leyes probabilísticas no deterministas.

² Nodos locales, familiares o el barrio; globales los mercados o países.

años con el humano³ en su hábitat natural a la búsqueda de su alimento diario. Esencialmente nuestro cerebro, motor generador de cambio, a conservado sus componentes básicos moleculares, pero si ha variado en el numero y complejidad de la red neuronal.

En lo que sigue comparamos, bajo el hilo conductor de disciplinas que componen los sistemas complejos⁴, el conocimiento adquirido en las últimas décadas en neurociencia⁵ y en el diseño de metrópolis inteligentes y biológicamente inspiradas. Para esto ultimo nos inspiraremos en las ideas de William J. Mitchell, del MIT. Pretendemos esbozar posibles argumentos en favor de que el estudio del cerebro, una red altamente compleja, constituye un modelo natural para entender aspectos críticos y recurrentes a la globalización, en relación a la importancia de la tecnología de la información, comunicación, interconectividad, pobreza, sistemas caóticos, flujo de capitales, epidemias, organizaciones sociales.

El cerebro humano de 1.4 kilos puede entenderse como una red altamente compleja constituida de 10^{11} neuronas⁶ e interconectado a través de 10^{14} conexiones o sinapsis. La red neuronal se encuentra envuelta por células giales o de sostén (trófico o nutriente) que las superan entre 10-15 veces en número.

³ El origen de los humanos como tal se proyecta a 15 mil años atrás donde la familia de los homínidos se separa de los otros primates como el gorila, chimpancé.

⁴ Estudio de sistemas no lineales, fuera del equilibrio, autoorganizados y cuyas conductas emergentes no son predecibles a partir del conocimiento de sus partes. Para una introducción a esta área referirse a los trabajos de Stuart Kauffman, Ilya Prigogine. Para otros detalles ver: Signs of Life: How Complexity Pervades Biology by Ricard V. Sole, Brian C. Goodwin, and Ricard Solé (Paperback - Jan 2002)

⁵ Las ciencias que estudian el cerebro, desde los componentes más básicos a nivel celular hasta su función de este en tareas cognitivas que involucran aprendizaje y memoria.

⁶ Las unidades funcionales básicas que definió Santiago Ramón y Cajal, científico Español recipiente en 1906 del Premio Nobel en Medicina por sus trabajos que demostraron que el cerebro estaba constituido de unidades discretas llamadas neuronas.

¿Cómo se articula este ensamble neuronal para dar origen a nuestros pensamientos, emociones, aprendizajes, memorias, en breve, a nuestra conducta? Los trabajos pioneros de Santiago Ramón y Cajal (1852-1935), Nobel de Medicina en 1906, permitieron demostrar que el cerebro estaba compuesto de unidades discretas o neuronas dando origen a la doctrina de la neurona. Posteriormente Sir Charles Sherrington, Nobel de Medicina en 1932, influenciado por Ramón y Cajal, introduce el concepto de sinapsis y estudia el lenguaje de comunicación entre las neuronas. Una neurona comunica con otra, alterando su estado fisiológico, a través de una serie orquestada de pasos moleculares que dan origen a un evento único y discreto conocido como potencial de acción, como lo establecieron con gran elegancia⁷ Sir John Eccles (1903-1997), Alan Hodgkin (1914-1998), Andrew Huxley (1917-), Nobel en Medicina 1963. En base a dos tipos de sinapsis⁸ el cerebro establece redes de comunicación local y global. La importancia de las redes neuronales fue abordada luego por una serie de talentosos investigadores, que vieron en el formalismo matemático la manera de entender en parte la función cerebral⁹

La historia de la localización de funciones cerebrales constituye un área fundamental y donde se encarna hoy en día los conceptos más modernos en

⁷ En breve, el carácter excitable de una neurona depende de principios básicos fisicoquímicos, donde el medio interno compuesto de iones, se encuentra separado del externo por una membrana hidrofóbica (lípidos) inserta de proteínas especializadas, que forman poros o canales que facilitan la circulación de iones eléctricamente cargados (potasio, sodio, calcio). Dependiendo del sentido de este intercambio de iones la neurona se ve excitada o inhibida y podrá o no producir un potencial de acción que a su vez será transmitido a lo largo del axón de una neurona permitiendo el envío de una señal biológica a un sitio alejado.

⁸ Químicas que utilizan una sustancia o neurotransmisor como intermediario y las eléctricas que forman puentes de transmisión directa entre neuronas.

⁹ Para una breve revisión histórica ver Goles y Palacios (2007). Dynamical complexity in cognitive neural networks. *Biological Research* 40:381-384

ciencias cognitivas. Si bien los conceptos sobre la función cerebral se vieron modificados a lo largo del tiempo, pasando el cerebro de un tejido equipotencial, expuesto por Albrecht von Haller, a uno donde la localización funcional, en base a propiedades psicológicas, era discreta en base a los trabajos de Franz Gall (1758–1828), fundador de la organología¹⁰. Gall propone que diferentes áreas corticales representaban diferentes facultades mentales y que el cerebro podía entenderse como un mapa distribuido de estas facultades. Una versión moderna de estos principios fueron expuestas por Korbinian Brodmann (1868-1918), el cual basado en criterios histológicos define 52 regiones corticales, asimiladas posteriormente a especializaciones somato sensoriales, motoras, asociativas o especializadas en visión o memoria. Un problema aun no resuelto es *¿Cómo las distintas regiones corticales a partir de múltiples atributos, color, textura, distancia, movimiento, generan un percepto único del objeto?* Una posible pista para resolver este problema es lo planteado por la teoría de la sincronía cerebral¹¹, que propone que para unificar las diversas propiedades de un objeto, analizado por diferentes regiones corticales, sus neuronas deben comunicarse resonando en fase, sincronizándose entre ellas como los instrumentos de una orquesta. Para formalizar las palabras de este lenguaje neuronal, el cerebro utiliza, de manera dinámica, herramientas que desincronizan el dialogo entre neuronas, comportamientos caóticos, o sincronizan a sus elementos, comportamientos en

¹⁰ El concepto de Frenología comúnmente asociado a Gall, en realidad fue propuesto por Spurzheim, cuya Teoría, dejada de lado a poco andar, que propone que la forma del cráneo, sus protuberancias, se relaciona con la importancia de las capacidades mentales de un sujeto. Para una historia detallada sobre este importante hito en el estudio de las funciones cerebrales ver Clarke E, Jacyna L.S Nineteenth-Century Origins of Neuroscientific Concepts. University of California Press, Berkeley.1987.

¹¹ Ver trabajos de Wolf Singer, Francisco Varela, Walter Freeman.

fase. Esta visión moderna de la función cerebral se ha visto en gran medida favorecida por la interdisciplinaridad a la cual concurren físicos, biólogos, psicólogos que participan a las ciencias cognitivas, como también las herramientas expuestas en disciplinas como los sistemas complejos.

Las metrópolis se transforman y se adecuan a las necesidades imperiosas de la modernidad. Nuevas tecnologías cada día mas sofisticadas transforman de manera dinámica el entorno y se constituyen como atractores para la conducta humana. Por otro lado las tecnologías obsoletas se reciclan en basurales tecnológicos, como símbolos de una historia de aventuras. William Mitchell¹² preocupado de las consecuencias de una sociedad digital sobre el diseño y crecimiento urbano como organismo, visualiza la metrópolis cada día más biológica, cuya actividad sea monitoreada por sensores, cámaras digitales, cubierta de una piel protectora, de un metabolismo energético que asegure equilibrio y osmosis, entrelazada de vías de comunicación, de transporte subterráneo, en superficie y aéreo. La batalla por vencer la brecha digital, en esta sociedad llamada del conocimiento, necesita que cada cual tenga oportunidades de ser parte de esta Red urbana, para nutrirse en lo biológico y en lo social. El fracaso de que los habitantes no integren esta red pondría en jaque al genoma (el diseño) de la metrópolis, que al igual que en el humano, comprometerían la supervivencia, a través de la replica, de la metrópolis.

Según Mitchell, los límites de las urbes hay que re-inventarlos, sus espacios de interacción tradicional ya no cumplen su propósito. La era digital favorece un diseño sin frontera, pero también permite los espacios de comunicación privado,

¹² William Mitchell pagina web <http://web.media.mit.edu/~wjm/>

una nueva ética del diseño y de la infraestructura urbana emerge. Tal como un cerebro la urbe digital busca re-definirse, sus nodos proponen un nuevo lenguaje para integrar lo humano, y la economía electrónica y social se encuentra interconectada en la globalización. La apuesta de Mitchell son sus ciudades “e-topias” inteligentes. La terminología de Mitchel sobre la urbe digital y el de las ciencias cognitivas ilustran la convergencia de ideas en el diseño y su explicación. Por ejemplo, Mitchel definiendo conceptos de comunicación habla de: inteligencia descentralizada coordina sistemas acoplados; redes digitales remotas permiten interacciones asincrónicas: eficiencia en el control de sistemas a larga escala; efectos de “spillovers”, condiciones dinámicas, colaboración, especialización. En breve el avènement de la sociedad digital descubre nuevos espacios de comunicación y el diseño urbano se transforma, como un organismo biológico, de manera radical.

Una globalización cultural y tecnológica sin diseño se nos escapa de las manos. De gran inspiración resulta el área de los sistemas complejos para explicar fenómenos biológicos, físicos o sociales que se alejan de modelos lineares simples y por ende difíciles de entender. Es así como los sistemas complejos, primero en Matemática y Física, aparecen como solución a lo aparentemente fuera de control o caos¹³. Una de las áreas que se han visto beneficiada son las ciencias cognitivas y las metodologías de los sistemas complejos ayudan a explicar los principios básicos de la red neuronal de donde emerge los procesos mentales. En efecto la dinámica cerebral no es simple y basta observar los trazados de

¹³ Del punto de vista de la física un estado ordenado predecible a tes de ecuaciones diferenciales.

electroencefalografía¹⁴ para darse cuenta de la complejidad de la señal cerebral. El EEG puede visualizarse como series de tiempo que fluctúan entre etapas de sincronización y desincronización, correlacionándose con nuestros estados de vigilia, sueño, entre otros. Un ejemplo clásico para entender la codificación sensorial es el estudio de Walter Freeman¹⁵ en el sistema olfativo del conejo. Freeman encontró que la actividad poblacional de neuronas, del punto de vista matemático, se comportaba como un sistema dinámico con fases emergentes de caos. Herramientas similares, de aquí el interés de la transversabilidad de los sistemas complejos, se aplican a entender el crecimiento poblacional, el de la urbe, los comportamientos sociales, el flujo del transporte, de peatones y por cierto las redes de comunicación digital en las urbe. Sole y Goodwin¹⁶ comparan el crecimiento de una urbe, en población y estructura, en base a reglas locales y globales, como el desarrollo y expansión de las dendritas en el tejido nervioso.

Conclusión:

La extraordinario similitud entre el la definición de una red neuronal cerebral, sus componentes, enlaces y propósito se asimila a la estructura de la urbe moderna y digital, a través de sus nodos de comunicación, carreteras, flujo de peatones, espacios de distribución, sensores, cámaras, nos propone que un buen modelo para el entendimiento de la globalización es el estudio de una red biológica de alta

¹⁴ La electroencefalografía estudia la actividad cerebral a través de electrodos que son localizados en diferentes partes del cráneo con la finalidad de monitorear la actividad neuronal de diferentes áreas corticales.

¹⁵ Ver su artículo con autoreado por Skarda C 1987 How brains make chaos in order to make sense the world. Behavioral Brain Science.10 161-195

¹⁶ Obra citada

conectividad donde su orquestada actividad logra coordinar las acciones y el propósito del humano.

Agradecimientos: Este capítulo hace parte de mi comentario / reflexión a las intervenciones de Nadal y Mitchell durante la reunión Foro Internacional Valparaíso 2008, Junio 2008.

FIGURA 1

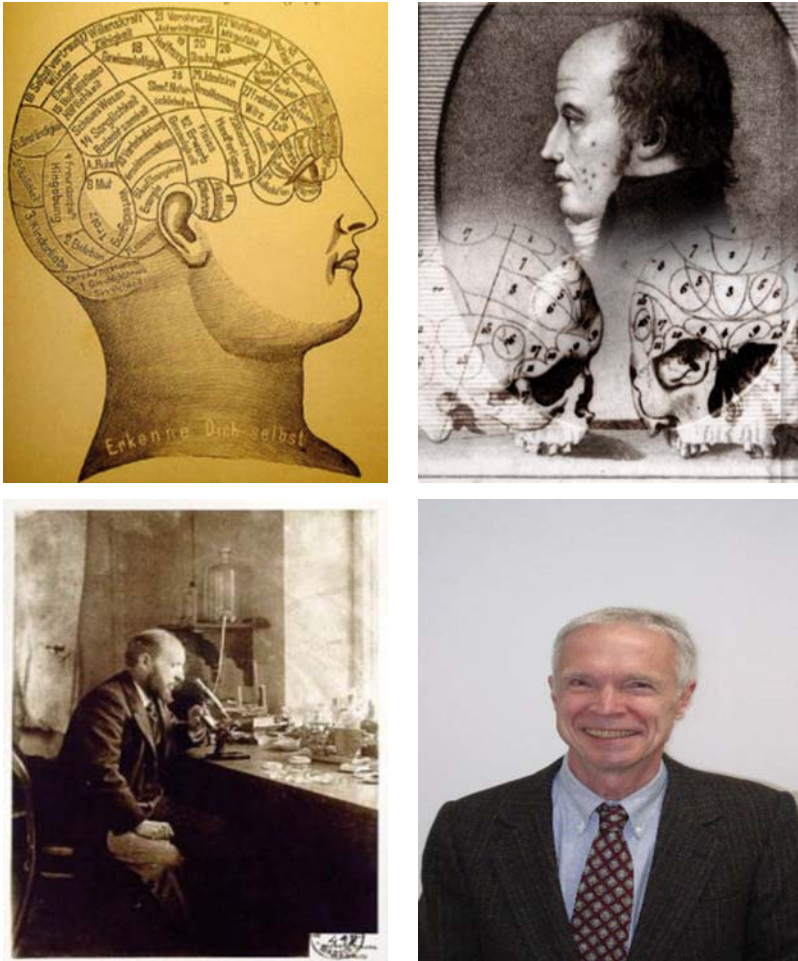


Fig 1 Investigadores que contribuyen al concepto de cerebro como una red neuronal compleja. Arriba izquierda una representación de la localización de funciones cerebrales en la época de [Franz Joseph Gall](#) (1758-1828), derecha. Abajo izquierda Santiago Ramón y Cajal y John J Hopfield derecha. Figuras tomadas de Internet y pueden estar sujetas a derechos de autoría.

FIGURA 2

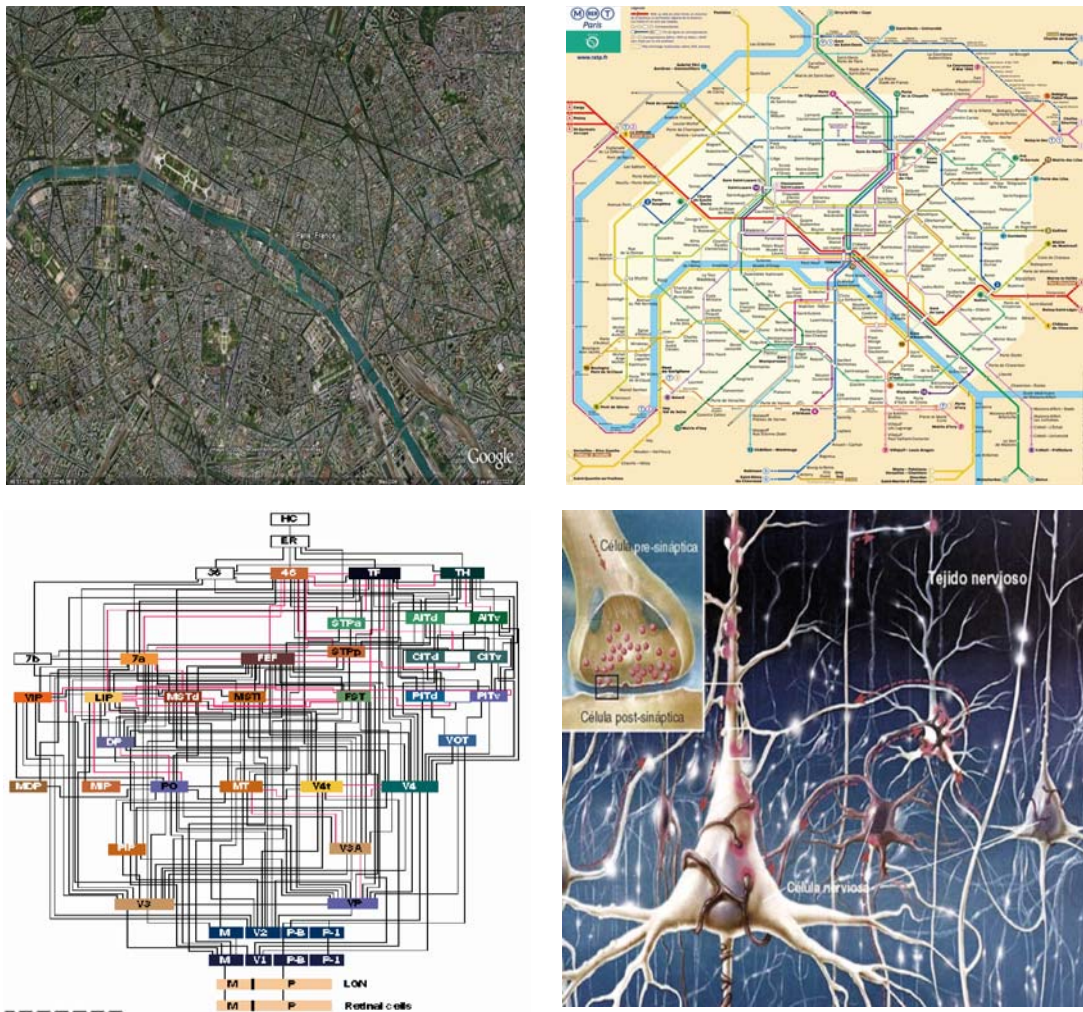


Fig 2. Redes Urbanas y Neuronales en el cerebro comparten propiedades locales y globales de conectividad compleja. Arriba izquierda la urbe crea mapas y se entrelaza en redes de transporte (derecha) Abajo (izquierda) conectividad cortical de áreas visuales y sus

componentes las neuronas en el cerebro (derecha). Figuras tomadas de Internet y pueden estar sujetas a derechos de autoría.