



**UNIVERSIDAD DE VALPARAÍSO**  
FACULTAD DE CIENCIAS  
MAGÍSTER EN CIENCIAS BIOLÓGICAS MENCIÓN NEUROCIENCIA

# **Relación entre conectividad estructural y la estadística multivariada en modelos de redes neuronales**

Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias, Mención Neurociencia

**SEBASTIAN ADOLFO ORELLANA VILLOTA**

**TUTOR: DR. PATRICIO ORIO**

Valparaiso, Chile

2022

La cantidad y calidad de datos de conectividad estructural (SC) y funcional (FC) en humanos que están disponibles para la investigación ha aumentado enormemente en los últimos años, esto debido a iniciativas de consorcios internacionales de investigación e innovaciones tecnológicas en las últimas décadas. La relación entre ambas dimensiones –estructural y funcional– no está del todo clara y su comprensión tiene enorme potencial a nivel clínico; la comparación entre topologías de redes SC y FC entre sujetos de estudio ha revelado diferencias significativas entre pacientes con desórdenes neurológicos y psiquiátricos y pacientes sanos [1–4]. Tanto la SC como la FC se han estudiado tradicionalmente considerando exclusivamente relaciones de a pares, sin embargo diversos estudios sugieren que son las interacciones de alto orden (e.g., entre 3 o más elementos) las responsables de la emergencia de propiedades determinantes de la función cerebral [5][6]. Por un lado, el análisis de redes complejas permite cuantificar aspectos topológicos de las redes estructurales [7] mediante medidas neurobiológicamente significativas y relativamente sencillas de calcular [8]. Por otro lado, la teoría de la información multivariada entrega herramientas para el estudio de propiedades que emergen de las interacciones de alto orden (es decir, considerando simultáneamente tres o más regiones cerebrales) como la redundancia y la sinergia estadística, esta última de gran interés, ya que es asociada con el procesamiento de información en redes prefrontal-parietal del cerebro y tareas cognitivas de alto nivel [9]. En la presente investigación de tesis se estudió la relación entre las propiedades topológicas de dos conjuntos de redes de SC (modular y de pequeño mundo), caracterizando sus niveles de integración y segregación estructural, y como estas dan forma a la estadística multivariada simulada sobre dichas topologías, determinando si la naturaleza de su régimen estadístico corresponde al tipo mayormente redundante o sinérgico. Los resultados obtenidos indican un aumento en la cantidad de interacciones sinérgicas en aquellas redes que poseen un balance entre integración y segregación estructural.

---

# Índice general

---

<b>Índice general</b>	<b>III</b>
<b>1 Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2 Hipótesis y Objetivos</b>	<b>4</b>
2.1. Hipótesis . . . . .	4
2.2. Objetivo General . . . . .	4
2.3. Objetivos Específicos . . . . .	4
<b>3 Metodología</b>	<b>5</b>
3.1. Topologías de conectividad estructural . . . . .	5
3.2. Medidas de redes complejas . . . . .	6
3.2.1. Conceptos básicos y notación . . . . .	6
3.2.2. Medidas de integración . . . . .	6
3.2.3. Medidas de segregación . . . . .	7
3.2.4. Índice de "Pequeño Mundo"(Small-Worldness) $\omega$ . . . . .	7
3.3. Simulación de la dinámica de redes neuronales . . . . .	8
3.4. Medidas de sincronía neuronal . . . . .	11
3.5. Análisis de teoría de la información . . . . .	12
<b>4 Resultados</b>	<b>14</b>
4.1. Redes de conectividad estructural (SC), medidas de integración y segregación estructural e índice de pequeño mundo $\omega$ . . . . .	14
4.2. Sincronía de fase y metaestabilidad . . . . .	19
4.3. Estadística de alto orden vs propiedades topológicas de red . . . . .	21
<b>5 Discusión</b>	<b>30</b>
<b>6 Conclusión</b>	<b>32</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>34</b>
<b>A Parámetros de simulación</b>	<b>37</b>
<b>B Figuras suplementarias</b>	<b>38</b>