

# Declaración de propósitos

Luis Nicolás Luarte Rodríguez

## Motivación personal para el programa de Doctorado

El cómo buscamos objetos, información, recompensas, alimentos, etc. Ha sido lo que ha inspirado en mayor medida mi interés en la neurociencia. A lo largo de mi vida he sentido profunda intriga en cómo los humanos buscan en el espacio de posibilidades, para tomar una decisión, para evocar una memoria en particular o bien simplemente para organizar cualquier comportamiento relativamente complejo. Investigar sobre los mecanismos subyacentes a ese fenómeno ha sido increíblemente enriquecedor debido al fuerte componente interdisciplinar del campo. Esto me ha llevado a generar un profundo interés en seguir desarrollando mi carrera en neurociencia, ya que, creo, el realizar avances en la comprensión de los mecanismos de decisión y búsqueda en condiciones de información incompleta, puede, eventualmente, ser de gran utilidad para comprender los procesos de memoria y aprendizaje, en tanto estos últimos se pueden comprender como un proceso de búsqueda de contenidos en un espacio mental. Con la oportunidad del programa de Doctorado espero contribuir a la investigación del aprendizaje y memoria.

En el programa de Magíster en Neurociencias Social de la Universidad Diego Portales, investigué, como parte de un artículo de revisión, las raíces evolutivas de la búsqueda semántica (recuperación de memorias en tareas de evocación). Una de las principales conclusiones fue que, aunque sólo en grado tentativo, parece existir un mecanismo compartido entre la búsqueda semántica y el forrajeo ('foraging', el comportamiento de búsqueda de alimento), teniendo este último patrones relativamente marcados, que se extienden a lo largo de miles de años, así como a través de múltiples especies. La posibilidad de que un mecanismo tan ubicuo, responsable del comportamiento de desplazamiento en la búsqueda de alimentos, pueda estar relacionado por exaptación a un proceso fundamental de la memoria abre una posibilidad de establecer un mapeo evolutivo al menos a este proceso de memoria.

En la investigación mencionada anteriormente, hallé interesantes vínculos interdisciplinarios, por ejemplo, entre neurociencia de la toma de decisiones y etología (Mobbs et al., 2018), lo que me permitió postular la toma de decisiones bajo modelos de forrajeo, tales como los propuestos por el 'Marginal Value Theorem' (Charnov, 1976). Además, me adentre en modelos computacionales de la toma de decisiones (Aston-Jones and Cohen, 2005), y finalmente relacionar los diversos modelos de toma de decisiones secuenciales con la búsqueda de contenidos semánticos (Hills et al., 2015). Siendo lo anteriores tópicos de mi particular interés.

## Formulación del tópico de interés

Mi tópico de interés principal reside en el estudio de la memoria, específicamente, la búsqueda semántica, esto es, las estrategias o patrones utilizados al momento de recuperar un contenido de memoria.

Las memorias semánticas han sido pensadas, teóricamente, como elementos pertenecientes a cierto 'espacio' constituido por la similitud en significado (Lund and Burgess, 1996). Así, se ha propuesto una 'distancia' entre los distintos contenidos semánticos (Montez et al., 2015), y por lo tanto, la posibilidad de 'navegar' entre dichos contenidos. Considerando lo anterior, es esperable que a lo largo de la evolución se hayan generado estrategias para acceder, de manera útil e eficiente, a dichos contenidos. Las estrategias de búsqueda para acceder a los contenidos semánticos han sido relacionadas a aquellas del forrajeo (Hills, 2006; Hills et al., 2012), en tanto las estrategias, para ambos casos, deben lidiar con el dilema de explorar/explotar (Berger-Tal et al., 2014).

Se ha observado que los 'algoritmos' utilizados en el forrajeo, pueden proveer de soluciones óptimas para dicho dilema (Bartumeus et al., 2005), lo cual aplicaría, igualmente, para estrategias en espacios semánticos (Montez et al., 2015). De esta manera se puede observar una conexión entre un mecanismo evolutivamente antiguo (forrajeo) y la búsqueda semántica. Permitiendo un enfoque evolutivo comprensivo al estudio de la memoria, correspondiente al tema de mi interés.

El cómo se realiza la búsqueda en espacios semánticos es de fundamental importancia, ya que es un espacio que está en activa búsqueda durante la comprensión y producción de lenguaje, entre otras (Montez et al., 2015), por lo mismo, el alcance de su importancia para casi cualquier actividad cognitiva es de gran tamaño, pudiendo afectar de manera importante el comportamiento ante múltiples y diferentes tareas.

## Objetivos a corto plazo

Uno de los principales tópicos de discusión en el área de búsqueda semántica es la organización y el tipo de las relaciones que conforman el espacio semántico (Lund and Burgess, 1996). Así, Uno de los primeros objetivos de investigación sería poder generar tareas experimentales que permitiesen determinar, principalmente, (a) efecto del contexto en las relaciones entre contenidos semánticos (Schiller et al., 2015) y (b) si el tipo de búsqueda es más verosímil para contenidos encadenados de manera asociativa o categórica (Hills et al., 2012).

Cómo segundo objetivo a corto plazo, de manera experimental, modelar el comportamiento en tareas de evocación de memoria, a modo de sugerir posibles mecanismos generadores del comportamiento de búsqueda semántica. Los modelos más relevantes son (a) aquellos basados en reglas (Charnov, 1976), (b) modelos aleatorios simples (Thompson and Kello, 2014) y (c) modelos aleatorios complejos cómo discutido en (Benhamou, 2007)

## Objetivos a largo plazo

Los objetivos a corto plazo están relacionados, principalmente, con el modelamiento de comportamiento en tareas de búsqueda semántica. Por otro lado, los objetivos a largo plazo buscarían conectar dichos modelos a sus estructuras cerebrales (u otras) subyacentes. Uno de los candidatos parece ser el 'Locus coeruleus' (Kane et al., 2017), corteza medial pre-frontal ventromedial (Kolling et al., 2012), corteza cingulada anterior (Shenhav et al., 2014), entre otras. Si bien la función del 'Locus Coeruleus' es extendida en el sistema de arousal, se observa evidencia de participación significativa en comportamiento de exploración-explotación relacionados al forrajeo (Aston-Jones and Cohen, 2005), además la relativa facilidad en medición, en conjunto con otras técnicas como electroencefalograma, ha permitido encontrar relación entre este y el forrajeo en situaciones experimentales (Slanzi et al., 2017). Esto implicaría la combinación de modelos de comportamiento y registro de medidas fisiológicas, tales como diámetro de pupila. El tener un modelo de comportamiento, en el marco de explorar/explotar, permitiría eventualmente, tener una idea de qué estrategia se está ocupando en cada decisión y por ende evaluar la contribución de las diferentes estructuras cerebrales a esto.

Adicionalmente, se encuentra dentro de mis objetivos a largo plazo la docencia en el área de neurociencias, principalmente buscando ser un aporte para la promoción de la ciencia experimental en Psicología, la cual tradicionalmente tiene un espacio muy reducido en el currículo de pre-grado, desaprovechando un campo muy fértil en investigación.

## Conocimiento relevante

Por la alta carga de modelos estadísticos en las áreas de interés mencionadas, me apunté para un programa de diplomado en ciencia de datos de la Universidad Católica de Chile, dónde he aprendido fundamentos computacionales usados en teorías de toma de decisiones, además de herramientas estadísticas necesarias. Adicionalmente, he aprendido teoría de aprendizaje por refuerzo ('reinforcement learning') (Sutton et al., 1992), lo que aporta una base para la comprensión de muchos de los modelos mencionados con anterioridad.

Adicional a los programas mencionados anteriormente, desde julio del año 2018, me encuentro participando como investigador en un proyecto FONDECYT conjunto entre la escuela de Arquitectura y Psicología de la Universidad Diego Portales. El tema central de esta investigación es el estudio de la percepción de peatones en diferentes ambientes urbanos. Si bien el tema no está relacionado directamente con el área de interés, mi rol ha consistido en ajuste de modelos estadísticos, utilización de técnicas de visión de máquina ('machine vision') y procesamiento de datos tanto para 'Eye-tracker' como para análisis de frecuencia de objetos. Lo anterior, adicionado a el aprendizaje de diversos lenguajes de programación (MATLAB, Python, R, Bash), me ha permitido desarrollar herramientas que son útiles en la investigación en general como específicamente para el área de mi interés.

## Referencias

- Aston-Jones, G. and Cohen, J. D. (2005). Adaptive gain and the role of the locus coeruleus–norepinephrine system in optimal performance. *Journal of Comparative Neurology*, 493(1):99–110.
- Aston-Jones, G. and Cohen, J. D. (2005). AN INTEGRATIVE THEORY OF LOCUS COERULEUS–NOREPINEPHRINE FUNCTION: Adaptive Gain and Optimal Performance. *Annual Review of Neuroscience*, 28(1):403–450.
- Bartumeus, F., da Luz, M. G. E., Viswanathan, G. M., and Catalan, J. (2005). Animal Search Strategies: A Quantitative Random-Walk Analysis. *Ecology*, 86(11):3078–3087.
- Benhamou, S. (2007). How Many Animals Really Do the Lévy Walk? *Ecology*, 88(8):1962–1969.
- Berger-Tal, O., Nathan, J., Meron, E., and Saltz, D. (2014). The Exploration-Exploitation Dilemma: A Multidisciplinary Framework. *PLOS ONE*, 9(4):e95693.
- Charnov, E. L. (1976). Optimal foraging, the marginal value theorem. *Theoretical Population Biology*, 9(2):129–136.
- Hills, T. T. (2006). Animal Foraging and the Evolution of Goal-Directed Cognition. *Cognitive Science*, 30(1):3–41.
- Hills, T. T., Jones, M. N., and Todd, P. M. (2012). Optimal foraging in semantic memory. *Psychological Review*, 119(2):431–440.
- Hills, T. T., Todd, P. M., and Jones, M. N. (2015). Foraging in Semantic Fields: How We Search Through Memory. *Topics in Cognitive Science*, 7(3):513–534.
- Kane, G. A., Vazey, E. M., Wilson, R. C., Shenhav, A., Daw, N. D., Aston-Jones, G., and Cohen, J. D. (2017). Increased locus coeruleus tonic activity causes disengagement from a patch-foraging task. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 17(6):1073–1083.
- Kolling, N., Behrens, T. E. J., Mars, R. B., and Rushworth, M. F. S. (2012). Neural Mechanisms of Foraging. *Science*, 336(6077):95–98.
- Lund, K. and Burgess, C. (1996). Producing high-dimensional semantic spaces from lexical co-occurrence. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 28(2):203–208.
- Mobbs, D., Trimmer, P. C., Blumstein, D. T., and Dayan, P. (2018). Foraging for foundations in decision neuroscience: Insights from ethology. *Nature Reviews Neuroscience*, 19(7):419–427.
- Montez, P., Thompson, G., and Kello, C. T. (2015). The Role of Semantic Clustering in Optimal Memory Foraging. *Cognitive Science*, 39(8):1925–1939.

- Schiller, D., Eichenbaum, H., Buffalo, E. A., Davachi, L., Foster, D. J., Leutgeb, S., and Ranganath, C. (2015). Memory and Space: Towards an Understanding of the Cognitive Map. *Journal of Neuroscience*, 35(41):13904–13911.
- Shenhav, A., Straccia, M. A., Cohen, J. D., and Botvinick, M. M. (2014). Anterior cingulate engagement in a foraging context reflects choice difficulty, not foraging value. *Nature Neuroscience*, 17(9):1249–1254.
- Slanzi, G., Balazs, J. A., and Velásquez, J. D. (2017). Combining eye tracking, pupil dilation and EEG analysis for predicting web users click intention. *Information Fusion*, 35:51–57.
- Sutton, R. S., Barto, A. G., and Williams, R. J. (1992). Reinforcement learning is direct adaptive optimal control. *IEEE Control Systems Magazine*, 12(2):19–22.
- Thompson, G. W. and Kello, C. T. (2014). Walking across Wikipedia: A scale-free network model of semantic memory retrieval. *Frontiers in Psychology*, 5.