

Motion coding in the rodent retina under stimulation with complex images.

Tesis entregada a

LA UNIVERSIDAD DE VALPARAÍSO

en Cumplimiento Parcial de los requisitos para optar al grado de

Doctor en Ciencias con Mención en Neurociencia

Facultad De Ciencias

Por

César Rodrigo Ravello Serrano

Mayo de 2018

Dirigida por: Adrián Palacios Vargas

Co-Dirigida por: María-José Escobar

Table of Contents

Acknowledgments	ii
List of Tables	iv
List of Figures	v
Abbreviations	vi
Resumen	1
Abstract	2
1 Introduction	3
1.1 The vertebrate retina	3
1.2 Natural images and efficient coding	5
1.2.1 Naturalistic Moving Textures: Motion Clouds	8
1.3 Motion response in the retina	8
1.4 Motion response in the cortex	10
1.5 Encoding of information by the retina	11
1.6 Thesis outline	12
1.6.1 Hypothesis	12
1.6.2 General Objective	12
1.6.3 Specific Objectives	12
1.6.4 Methodology by objectives	13
2 Methods	14
2.1 Animals	14
2.2 Electrophysiological recordings	14
2.3 Stimulation and data processing	15
2.4 Characterization of spatiotemporal tuning of RGCs	15

2.5	Population coding	17
2.6	Natural-like stimuli	17
2.7	Trajectory Reconstruction and velocity estimation	18
3	Results	22
3.1	Receptive Field Characterization	22
3.2	Retinal Ganglion Cell response to variations in speed	23
3.3	Speed tuning changes under naturalistic stimulation	26
3.4	Population response changes under naturalistic stimulation	28
3.5	Decoding of stimulus speed from the population response	32
4	Discussion	40
5	Conclusions	46
	References	47
A	Appendix: Supplementary material	53
A.1	Preliminary Data	53
A.2	Supplementary Tables	57
A.2.1	List of experimental protocols employed	57
A.3	Manuscripts	63

List of Tables

1	Parameters used to build each set of motion stimuli	20
2	Changes in tuning bandwidth	30
3	Experiment 1	58
4	Experiment 2	59
5	Experiment 3	60
6	Experiment 4	61
7	Experiments summary	62

List of Figures

1	The fundamental plan of the retina	6
2	Naturalistic motion stimuli	19
3	Schematic view of the experimental procedure and data analysis	21
4	Receptive Field characterization of a cell	24
5	Receptive Field characterization	25
6	Response to variations in speed	27
7	Changes in speed tuning under naturalistic stimuli	29
8	Additional examples of changes in tuning	30
9	Narrower speed tuning under naturalistic stimuli	31
10	Changes in Tuning to Speed at the population level	33
11	Naturalistic stimuli and sparse code	34
12	Motion decoding	35
13	Reconstruction and decoding of motion stimuli	36
14	Precision of the estimation of stimulus speed	37
15	Tuning Parameters	54
16	Direction Selectivity	55
17	Moving bar reconstruction	56

La detección de movimiento es una de las tareas clave del sistema visual. Sin embargo, hasta ahora la simplificación del laboratorio ha limitado el verdadero alcance de esta capacidad en escenarios reales naturales y complejos. Por otra parte, se ha propuesto que la estructura y función del sistema visual se habría adaptado, con fines de sobrevivencia y reproducción de los organismos, a las propiedades físicas y naturales del entorno en el cual se desarrolla. Evidencias de esta adaptación se han reportado para distintas áreas de la corteza visual, siendo escasos aun los estudios para la retina, donde sólo se han reportado adaptaciones en cuanto a la distribución de la intensidad y de la longitud de onda de la luz.

Para estudiar el efecto de las propiedades estadísticas de las imágenes naturales sobre el respuesta al movimiento en la retina de mamífero hemos utilizado texturas sintéticas complejas en las que modulamos el grado de complejidad en términos de la variabilidad de señales contenidas en el estímulo, y un analizando la respuesta tanto a nivel de célula individual como poblacional.

Los resultados, obtenidos a partir de un total de 308 células ganglionares de la retina (CGR) de un roedor diurno (*Octodon degus*), dan cuenta que, pese a que en general los estímulos complejos generan un número menor de potenciales de acción (hasta un 60% comparado a la respuesta frente a estímulo simple), a nivel poblacional sigue siendo posible extraer la información sobre la velocidad o la posición de los objetos en movimiento, sugiriendo que la codificación sería relativamente más eficiente en condiciones de estimulación "natural", lográndose un nivel similar de rendimiento de decodificación con un número menor de potenciales de acción asociados a un menor gasto energético. Más aun, se observa que en un 40% de las CGR un estímulo complejo genera respuestas de rango de sintonización espaciotemporal estrecho pero de mayor amplitud. Este fenómeno tiene su paralelo a lo que ocurre en distintas áreas de la corteza visual al ser estimuladas con imágenes complejas en comparación a imágenes artificiales simples. Lo anterior es evidencia de que la adaptación a las estadísticas de las escenas naturales estaría ya presente en etapas tempranas en la organización de sistema visual.