



INTELIGENCIA ARTIFICIAL: TRAINING Y APLICACIONES EN PROBLEMÁTICAS REGIONALES

Aprendizaje por refuerzo Esquema de control en Estimulación Cerebral Profunda.

Osvaldo Matías Velarde

Instituto Balseiro - Departamento de Física Médica - CAB

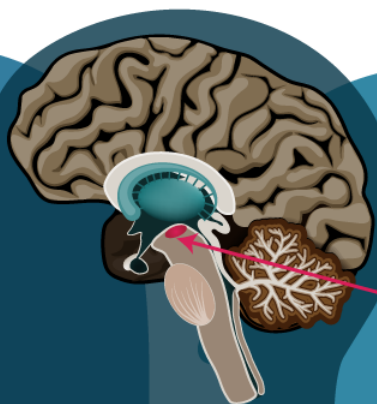


Enfermedad de Parkinson

ENFERMEDAD DE PARKINSON

CONOCE LOS PUNTOS CLAVES

Se denomina así por el médico **James Parkinson**, quien lo descubrió en 1817.



Es una enfermedad **neurodegenerativa y crónica**.

La producción de **dopamina disminuye** en el tronco cerebral.

Afecta el control de los **movimientos** y el **equilibrio**.

DIEZ SÍNTOMAS DEL PARKINSON

infosalus.com



Depresión

Primer síntoma temprano de alerta



Pérdida de olfato

Cuesta oler alimentos (plátano o pepinillo)



Estreñimiento

Es un signo temprano de la enfermedad



Trastornos del sueño

Movimientos repentinos durante el sueño profundo



Temblor

Agitación involuntaria y rítmica de las extremidades



Rigidez

Agarrotamiento de los músculos de manera persistente



Bradicinesia

Lentitud de movimientos



Inestabilidad postural

Problemas para mantener el equilibrio



Problemas de coordinación

Falta de coordinación en los movimientos



Alteración de la marcha

Dificultades a la hora de andar



LA EDAD

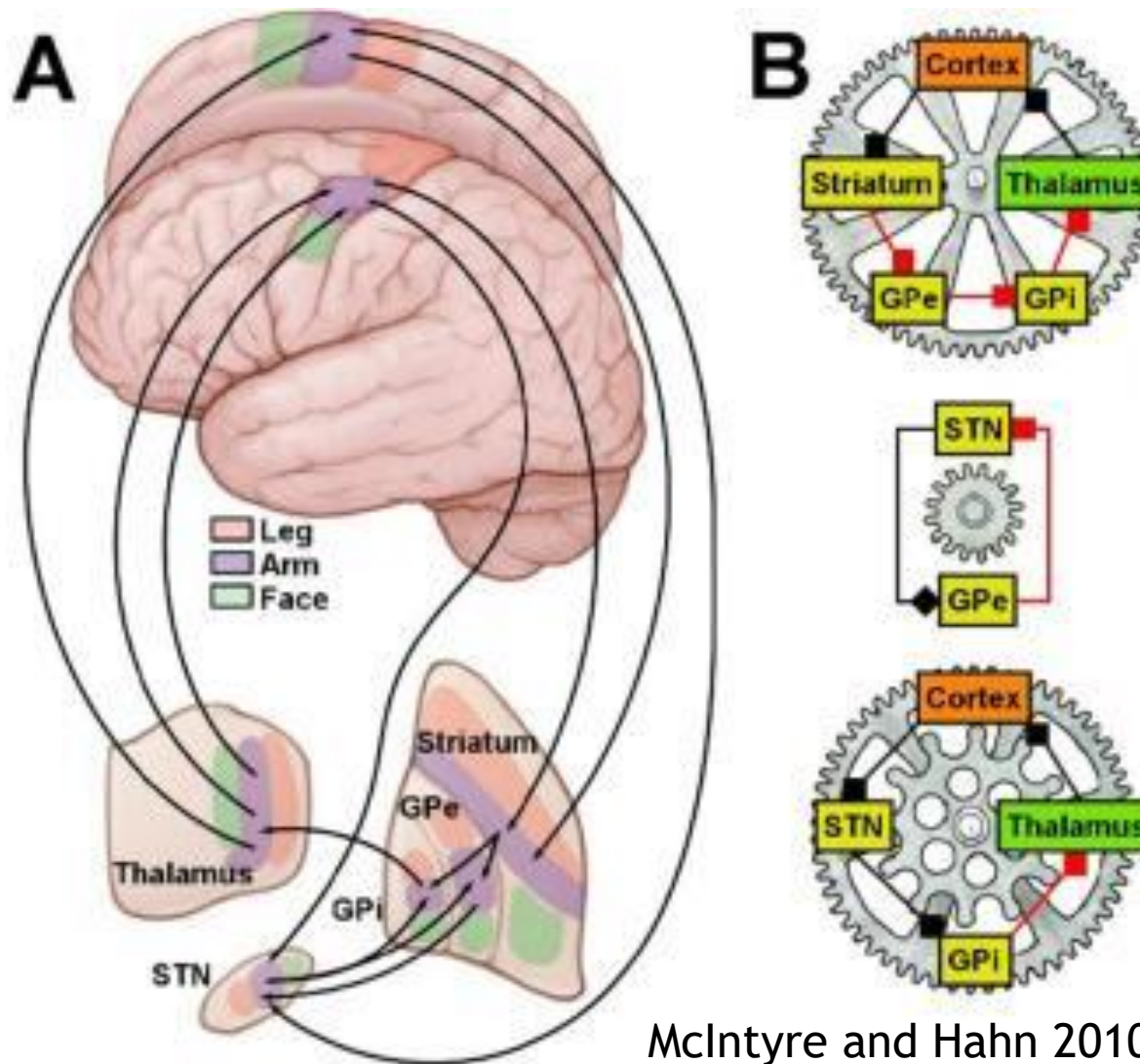
La mayoría de casos se presentan luego de los 60 años, pero **existen diagnósticos desde los 20**.



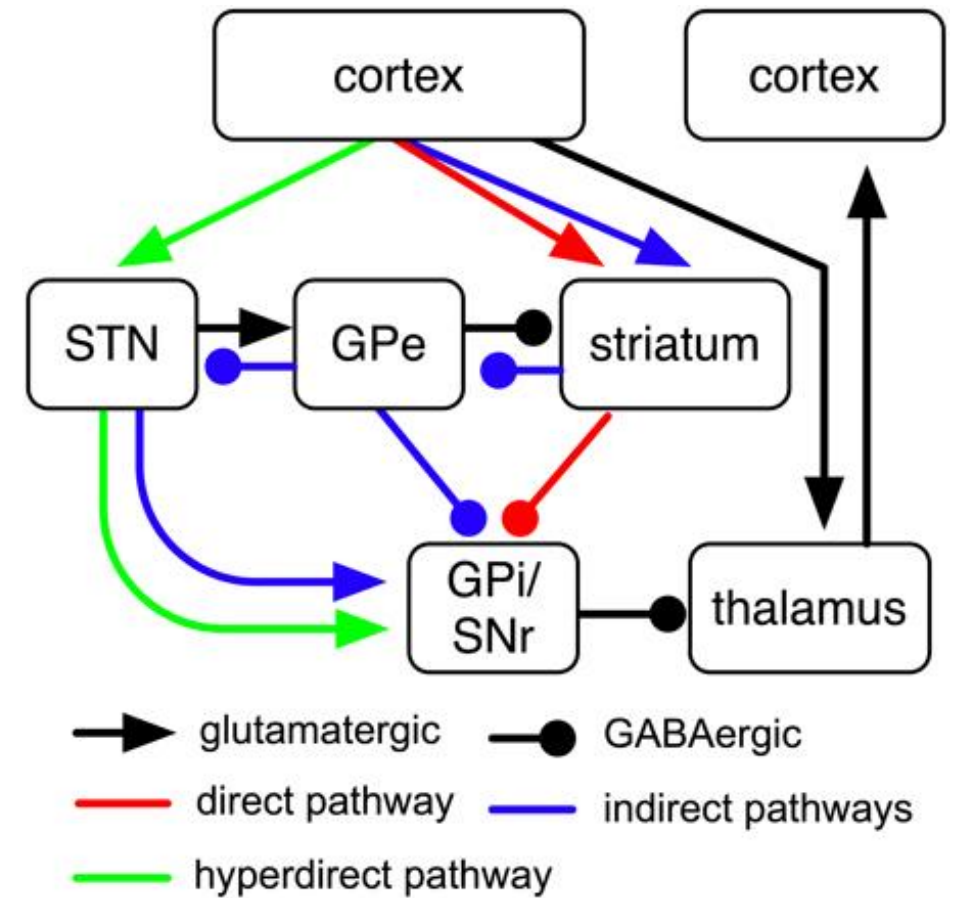
AUNQUE NO EXISTA UNA CURA...

se han desarrollado tratamientos para reducir los síntomas. Y hay mejores resultados si se **detecta en sus inicios**.

Ganglios Basales y Enfermedad de Parkinson (PD).



McIntyre and Hahn 2010



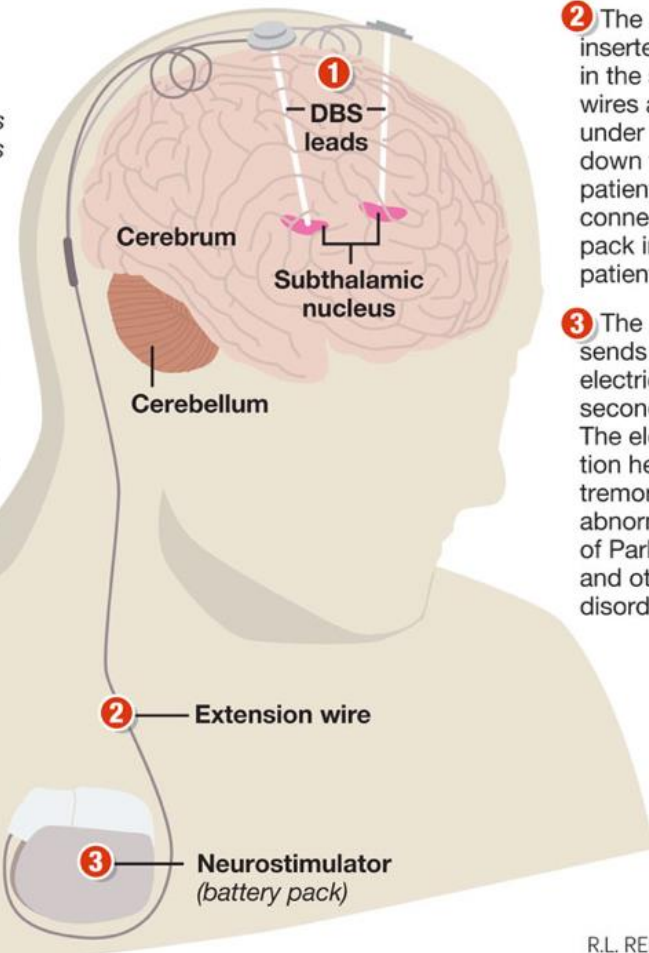
Schroll and Hamker 2013

Neuromodulación y Enfermedad de Parkinson (PD).

Deep-brain stimulation

Delivering electrical pulses to precisely targeted areas helps the brain maintain motor control lost to Parkinson's disease. A look at the procedure:

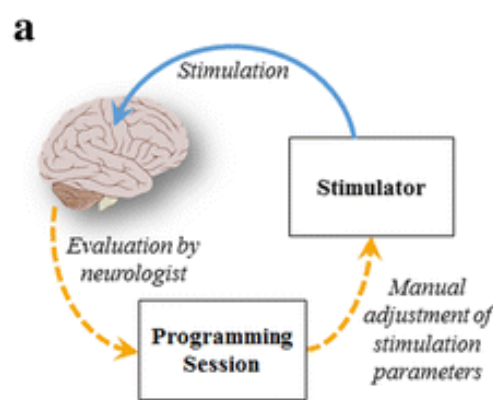
1 Using MRI or computer imaging, a neurosurgeon places wire electrodes in the subthalamic nucleus on both sides of the brain.



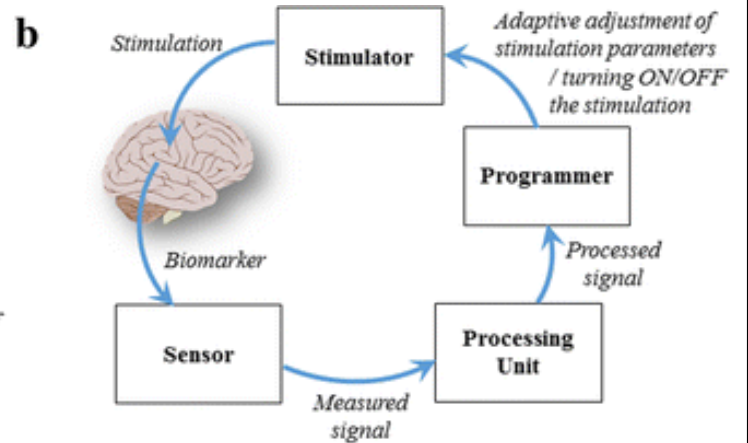
2 The leads are inserted through holes in the skull. Extension wires are threaded under the skin and down the side of the patient's head, then connected to a battery pack implanted in the patient's chest.

3 The battery pack sends more than 100 electrical pulses a second to the brain. The electrical stimulation helps control the tremors and other abnormal movements of Parkinson's disease and other movement disorders.

Esquema Open-Loop



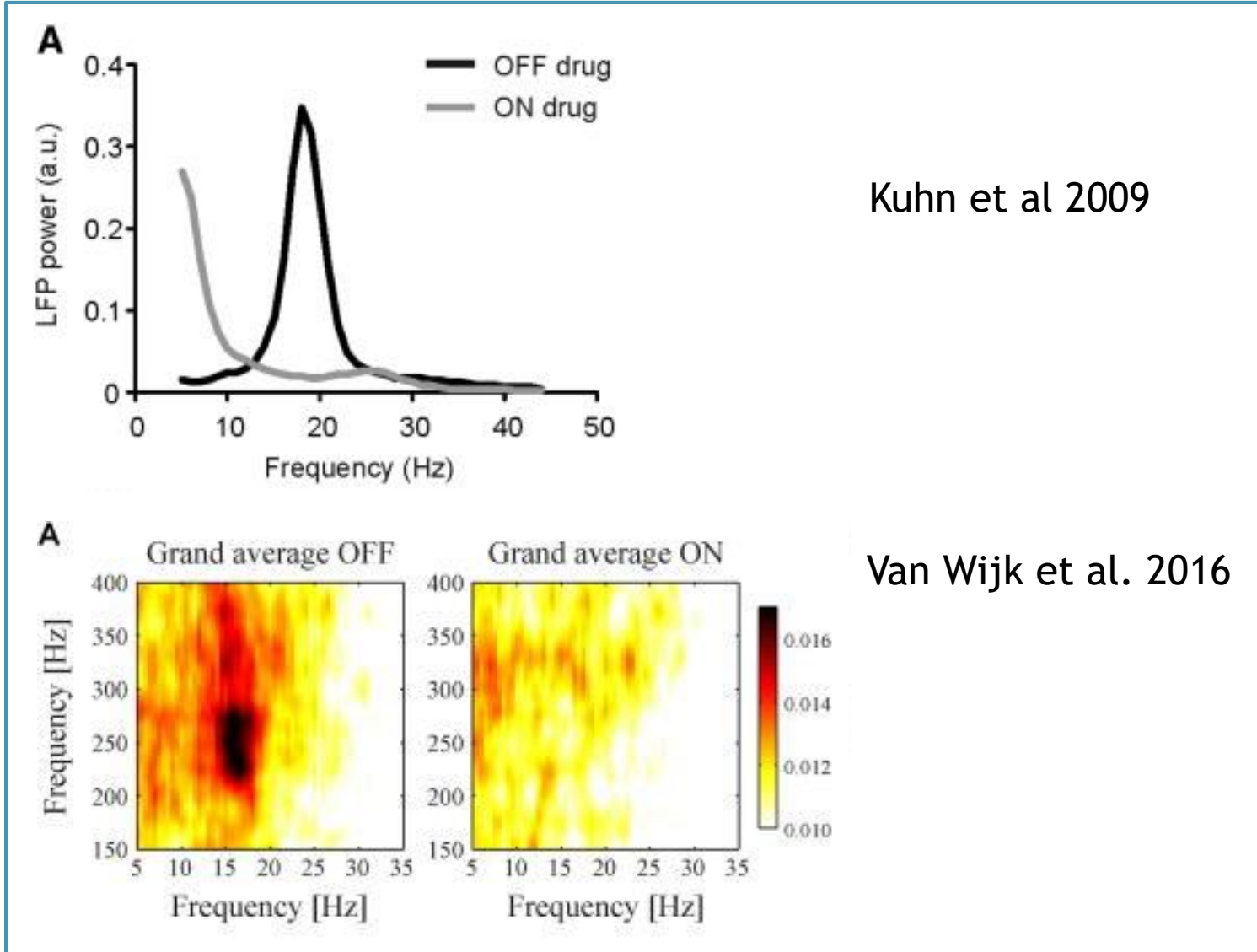
Esquema Closed-Loop



Actuales desafíos para el diseño del esquema Closed-Loop

- Entendimiento de los mecanismos DBS.
- Definición de los patrones y tipos de estimulación.
- Definición de biomarcadores.
- Diseño del sistema de control.
- Interferencia estimulación y medición.
- Portabilidad y diseño.
- Consumo de potencia

Biomarcadores en la Enfermedad de Parkinson



Kuhn et al 2009

Van Wijk et al. 2016

Parkinson's

- Beta hypersynchrony
- Phase Amplitude Coupling (PACs)
- Increased beta frequency of the PPN

Essential Tremor - Evoked Compound Action Potential (ECAP)

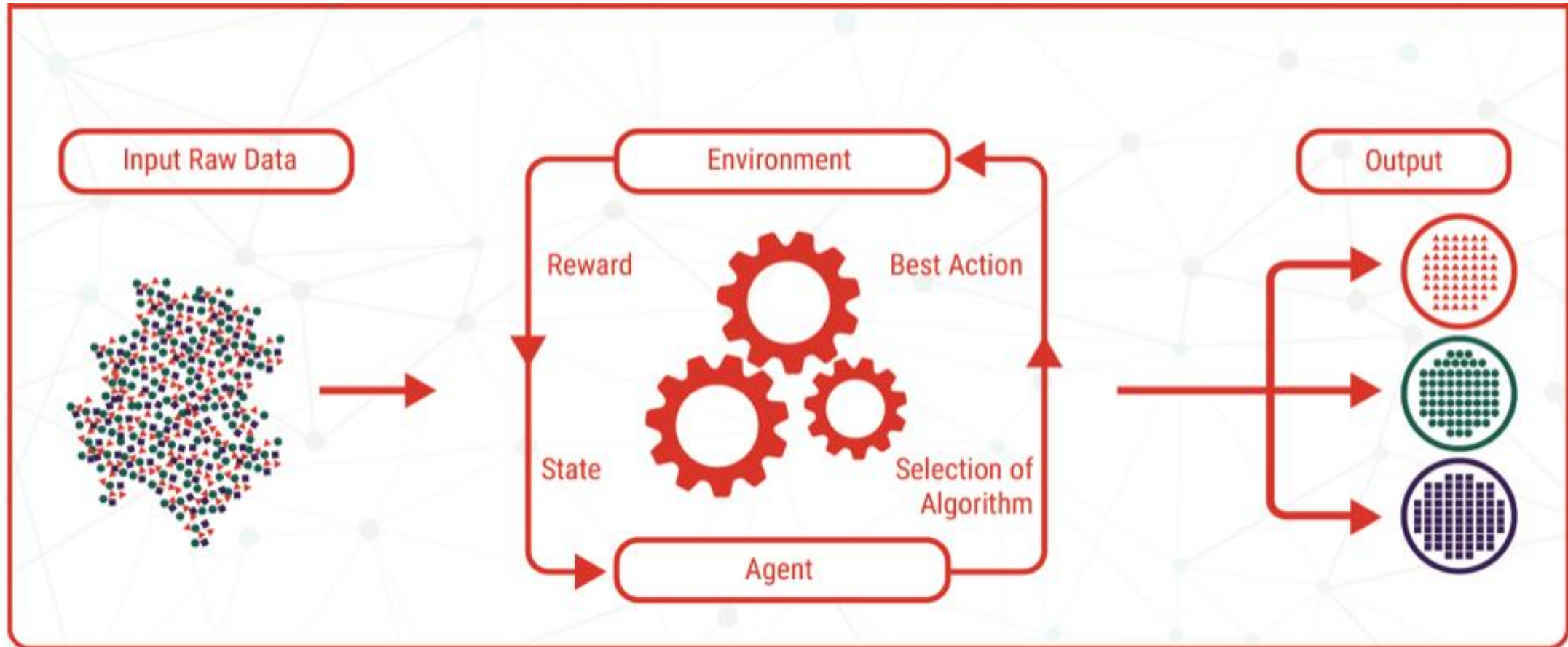
Tourette's - Low frequency thalamic oscillations

Epilepsy - abnormal synchrony/excitability on EEG/ECOG recordings

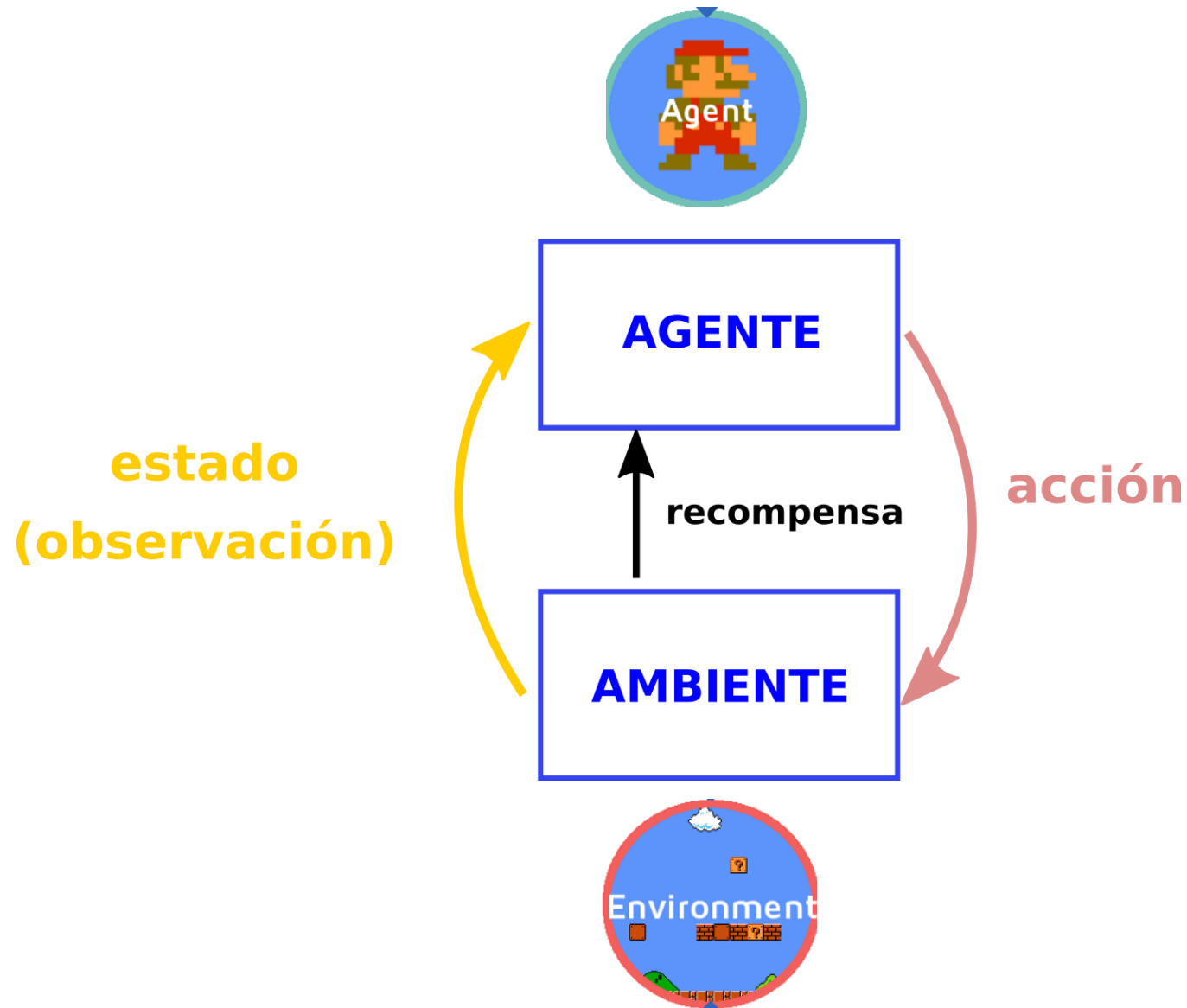
Hoang et al 2017

Electrophysiological

Aprendizaje por refuerzo (RL)

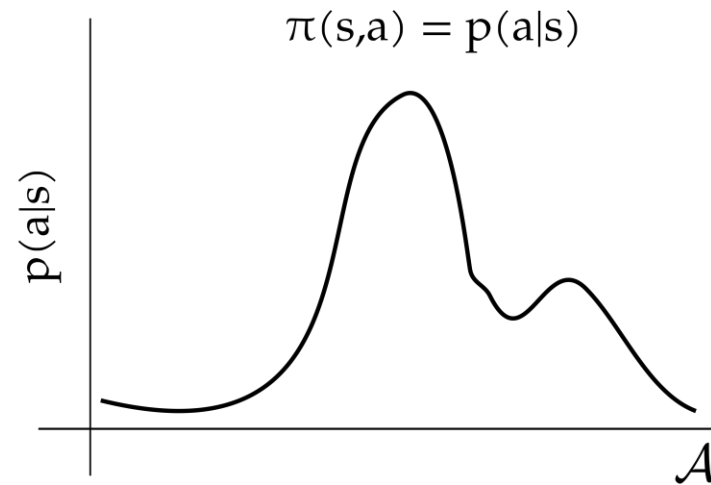
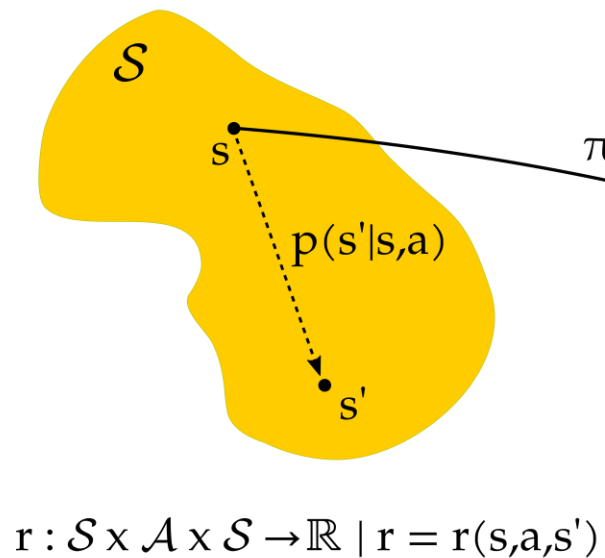


Aprendizaje por refuerzo (RL)



Aprendizaje por refuerzo (RL)

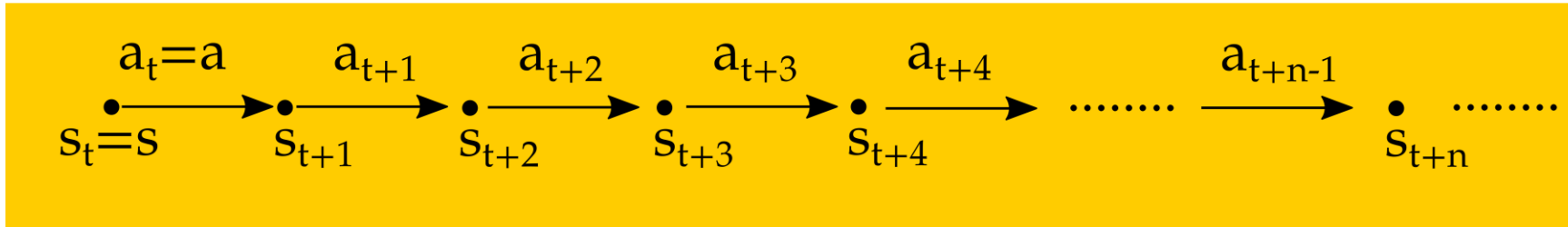
Espacio de Estados



Espacio de Acciones

Aprendizaje por refuerzo (RL)

Política π fija:



$$R_t = \sum_{i=0}^{\infty} \gamma^i r(s_{t+i}, a_{t+i}, s_{t+i+1})$$

$$Q^{\pi}(s, a) = \mathbb{E}[R_t | s_t = s, a_t = a]$$

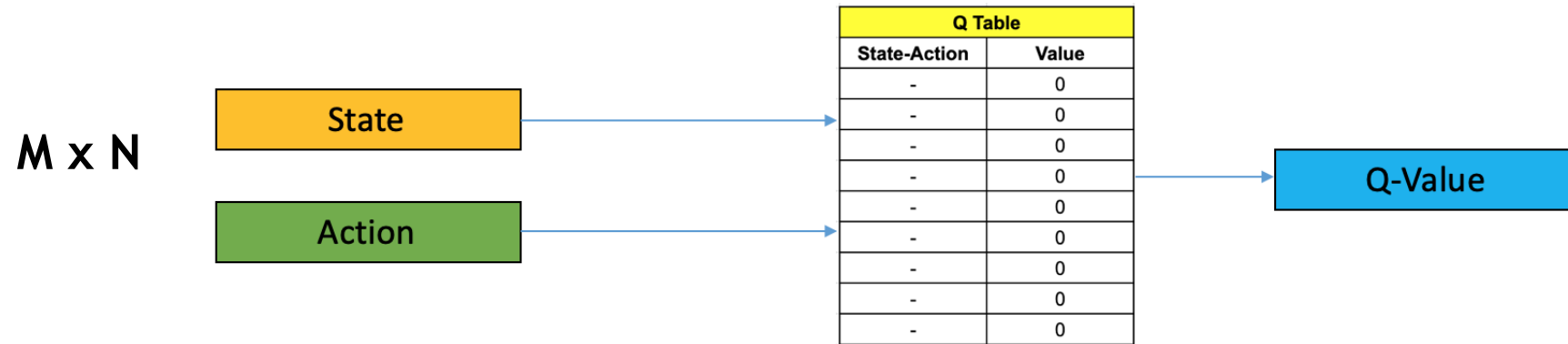
Bellman Equation:

$$Q^*(s, a) = \sum_{s'} p(s'|s, a) [r(s, a, s') + \gamma \max_{a'} Q^*(s', a')]$$

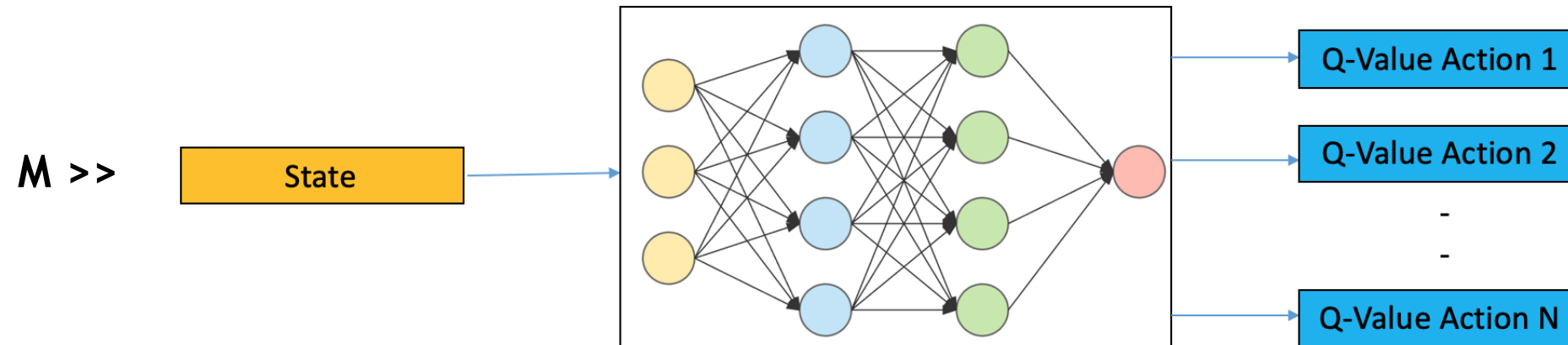
Q - value iteration

Q - Learning

Aprendizaje por refuerzo (RL)

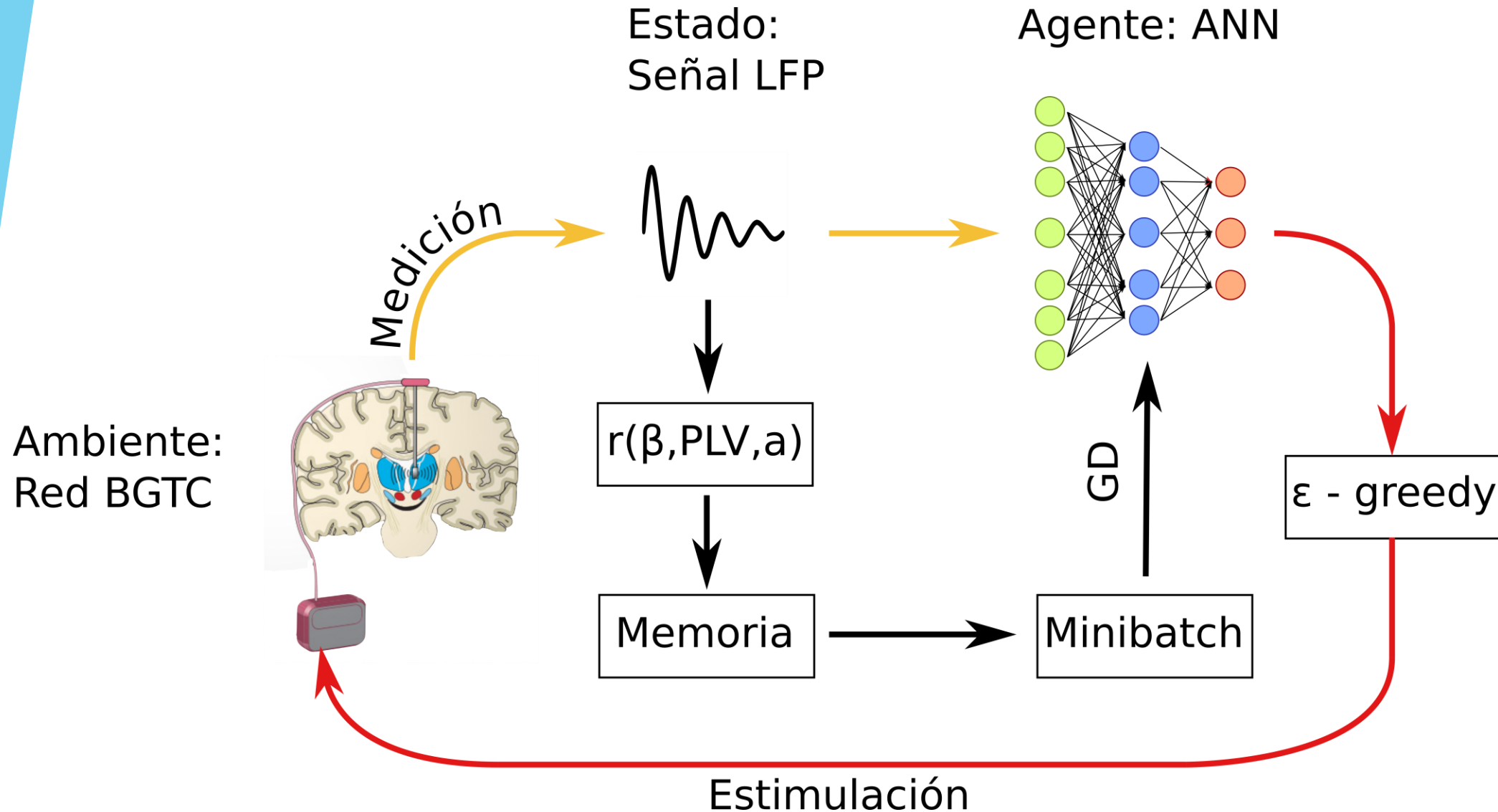


Q Learning



Deep Q Learning

RL como Esquema Closed - Loop: Training



RL como Esquema Closed - Loop: Training

Algorithm 1: deep Q-learning with experience replay.

Initialize replay memory D to capacity N

Initialize action-value function Q with random weights θ

Initialize target action-value function \hat{Q} with weights $\theta^- = \theta$

For episode = 1, M **do**

 Initialize sequence $s_1 = \{x_1\}$ and preprocessed sequence $\phi_1 = \phi(s_1)$

For $t = 1, T$ **do**

 With probability ε select a random action a_t

 otherwise select $a_t = \operatorname{argmax}_a Q(\phi(s_t), a; \theta)$

 Execute action a_t in emulator and observe reward r_t and image x_{t+1}

 Set $s_{t+1} = s_t, a_t, x_{t+1}$ and preprocess $\phi_{t+1} = \phi(s_{t+1})$

 Store transition $(\phi_t, a_t, r_t, \phi_{t+1})$ in D

 Sample random minibatch of transitions $(\phi_j, a_j, r_j, \phi_{j+1})$ from D

 Set $y_j = \begin{cases} r_j & \text{if episode terminates at step } j+1 \\ r_j + \gamma \max_{a'} \hat{Q}(\phi_{j+1}, a'; \theta^-) & \text{otherwise} \end{cases}$

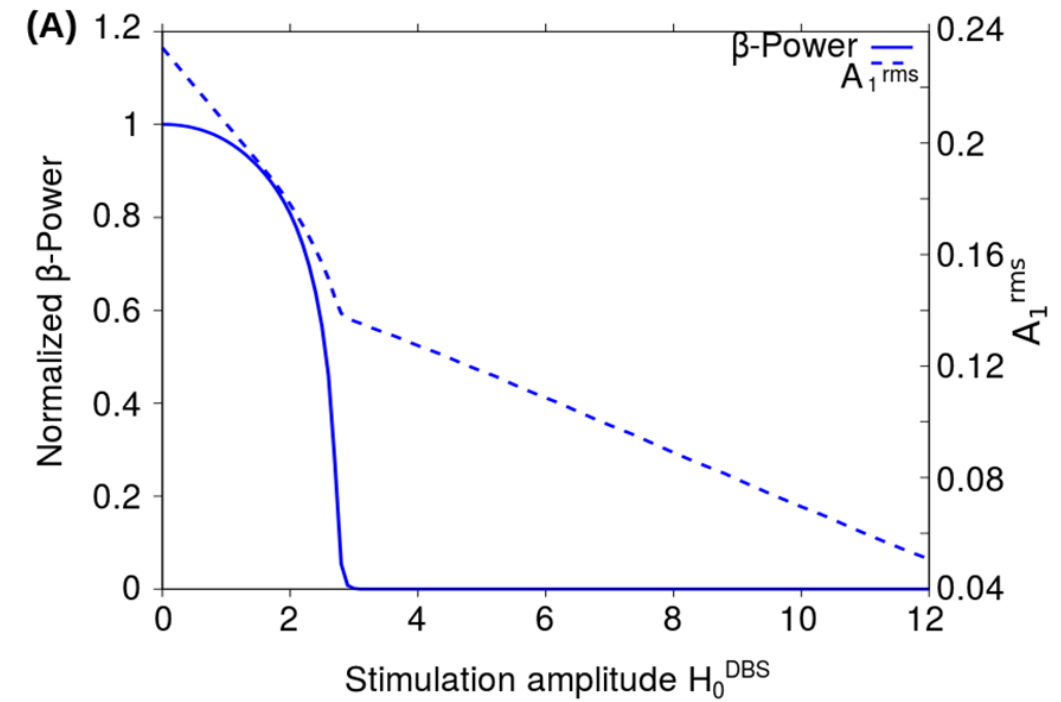
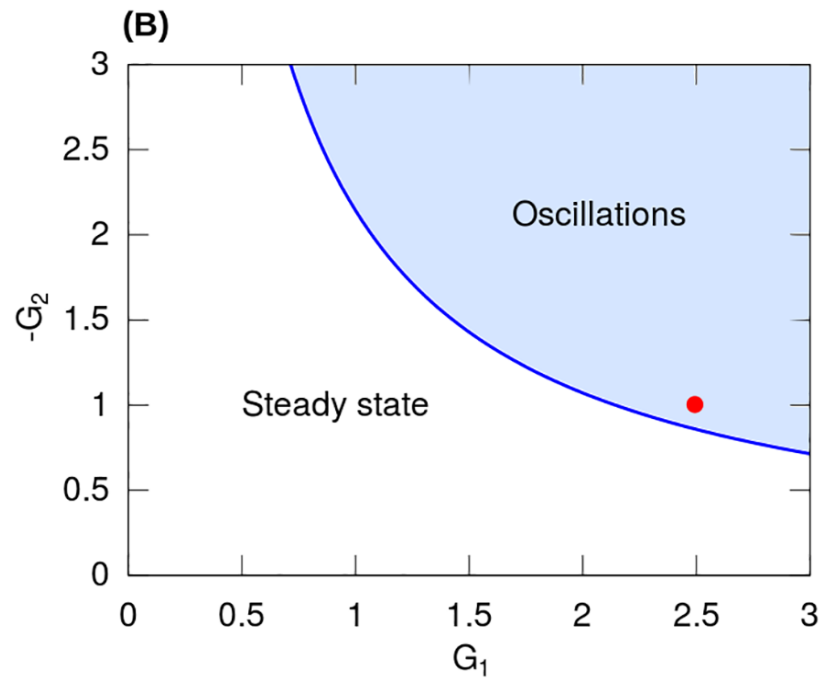
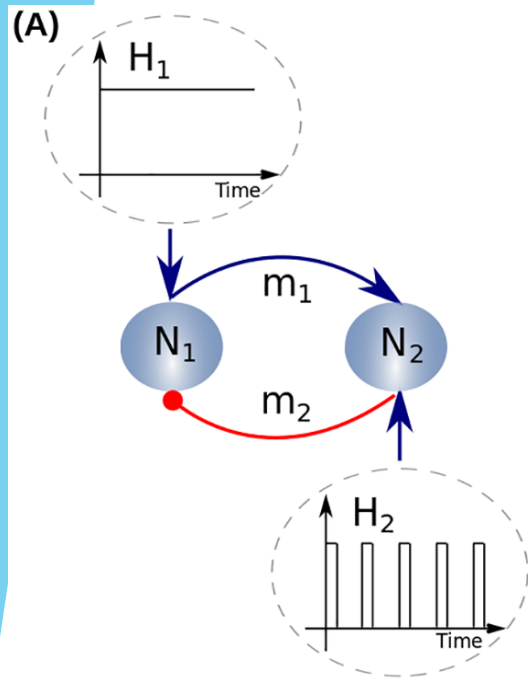
 Perform a gradient descent step on $(y_j - Q(\phi_j, a_j; \theta))^2$ with respect to the network parameters θ

 Every C steps reset $\hat{Q} = Q$

End For

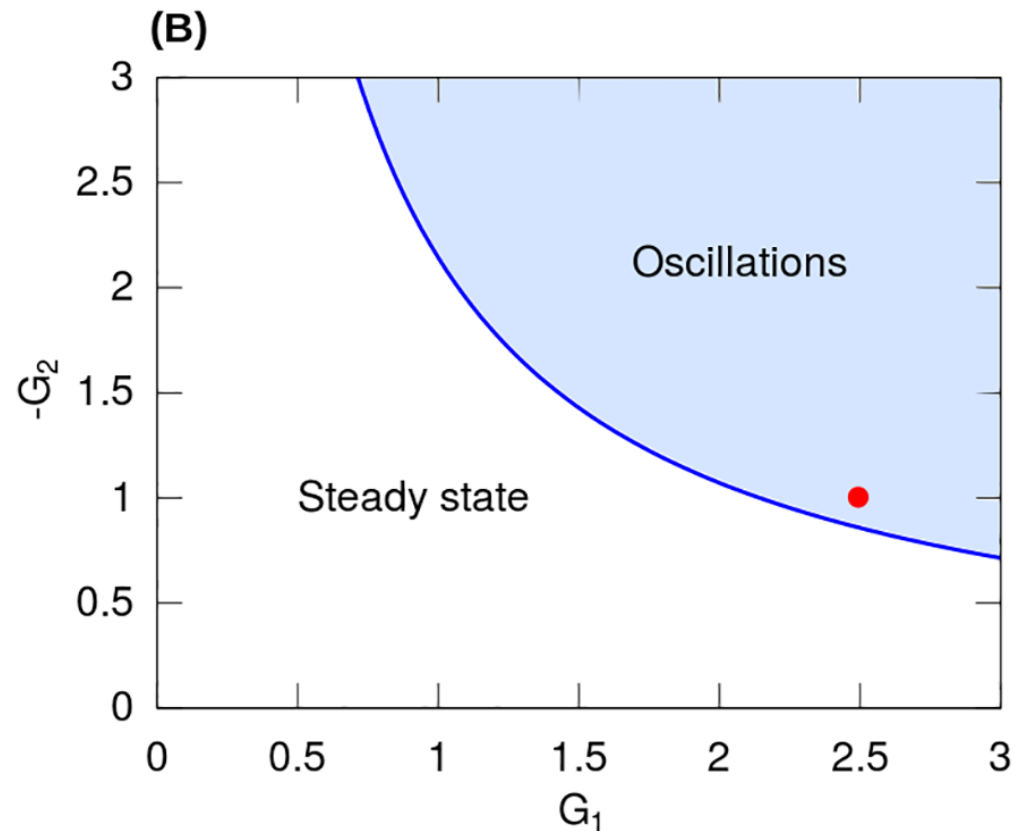
End For

RL como Esquema Closed - Loop: Training

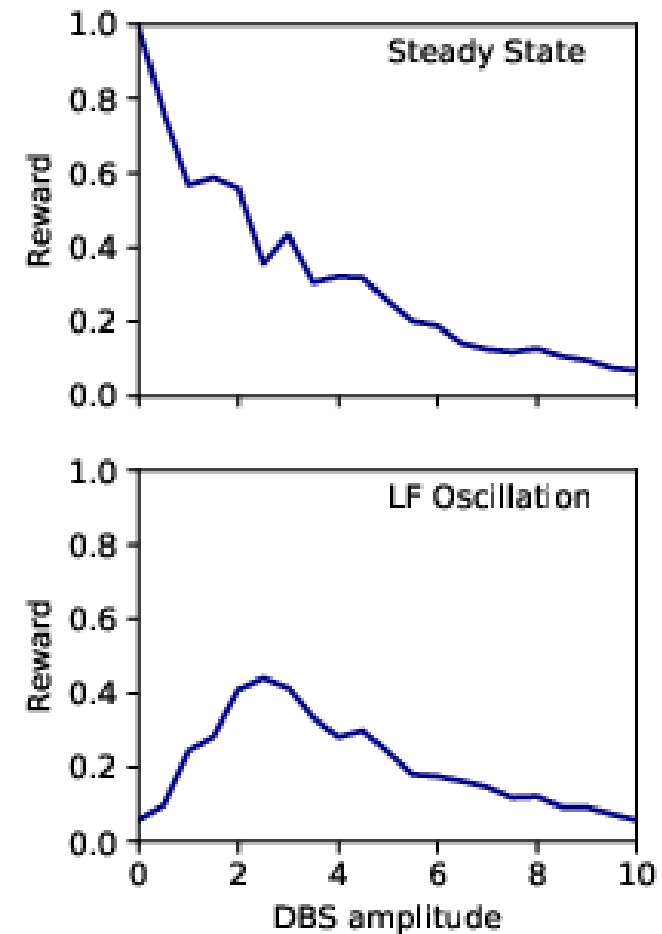


RL como Esquema Closed - Loop: Training

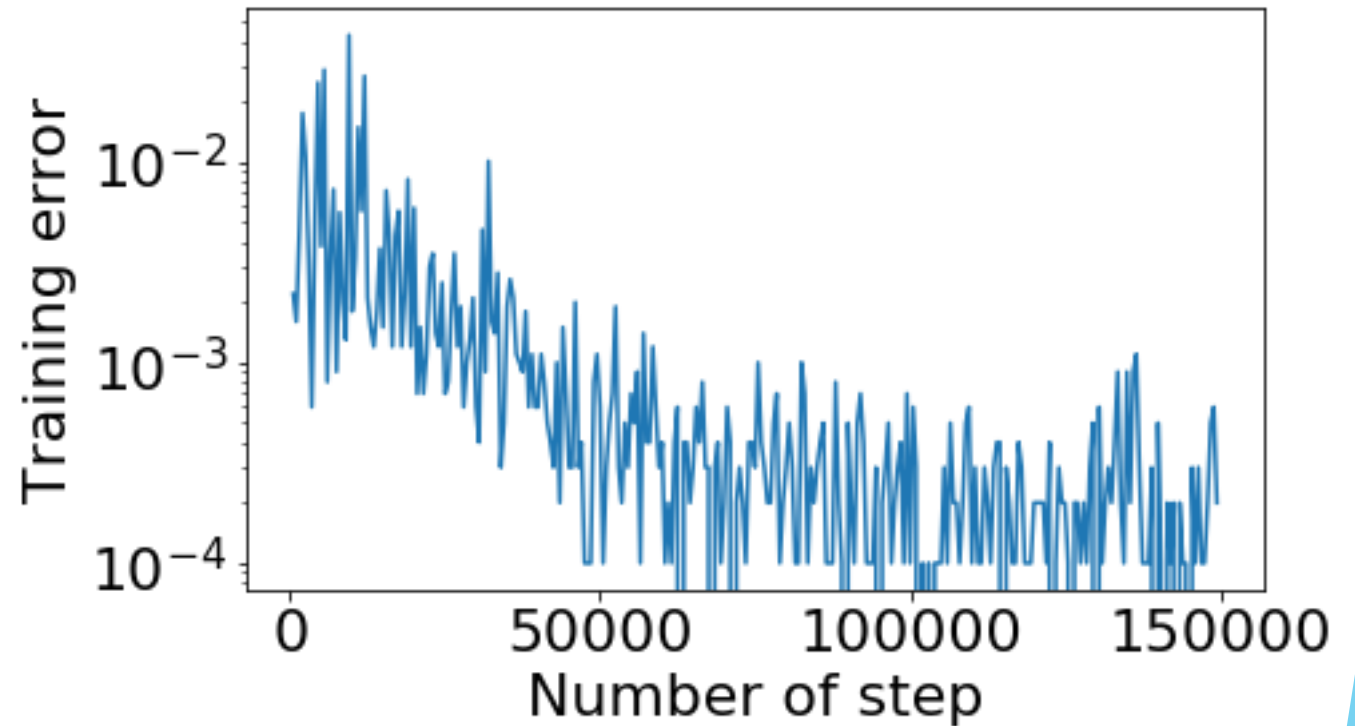
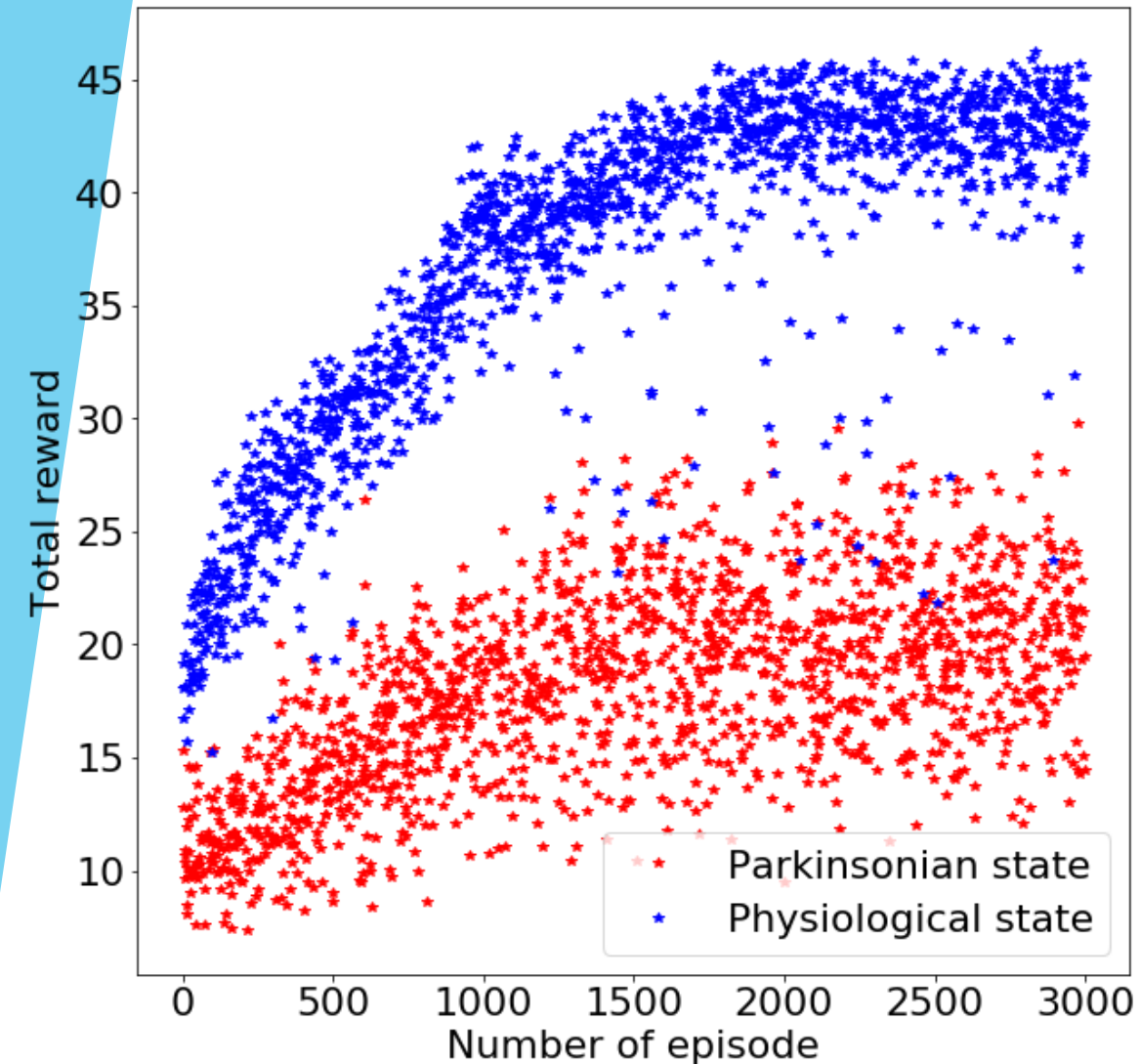
$$r(s, a, s') \propto \exp(-(C_1 * a + C_2 * \beta(s')))$$



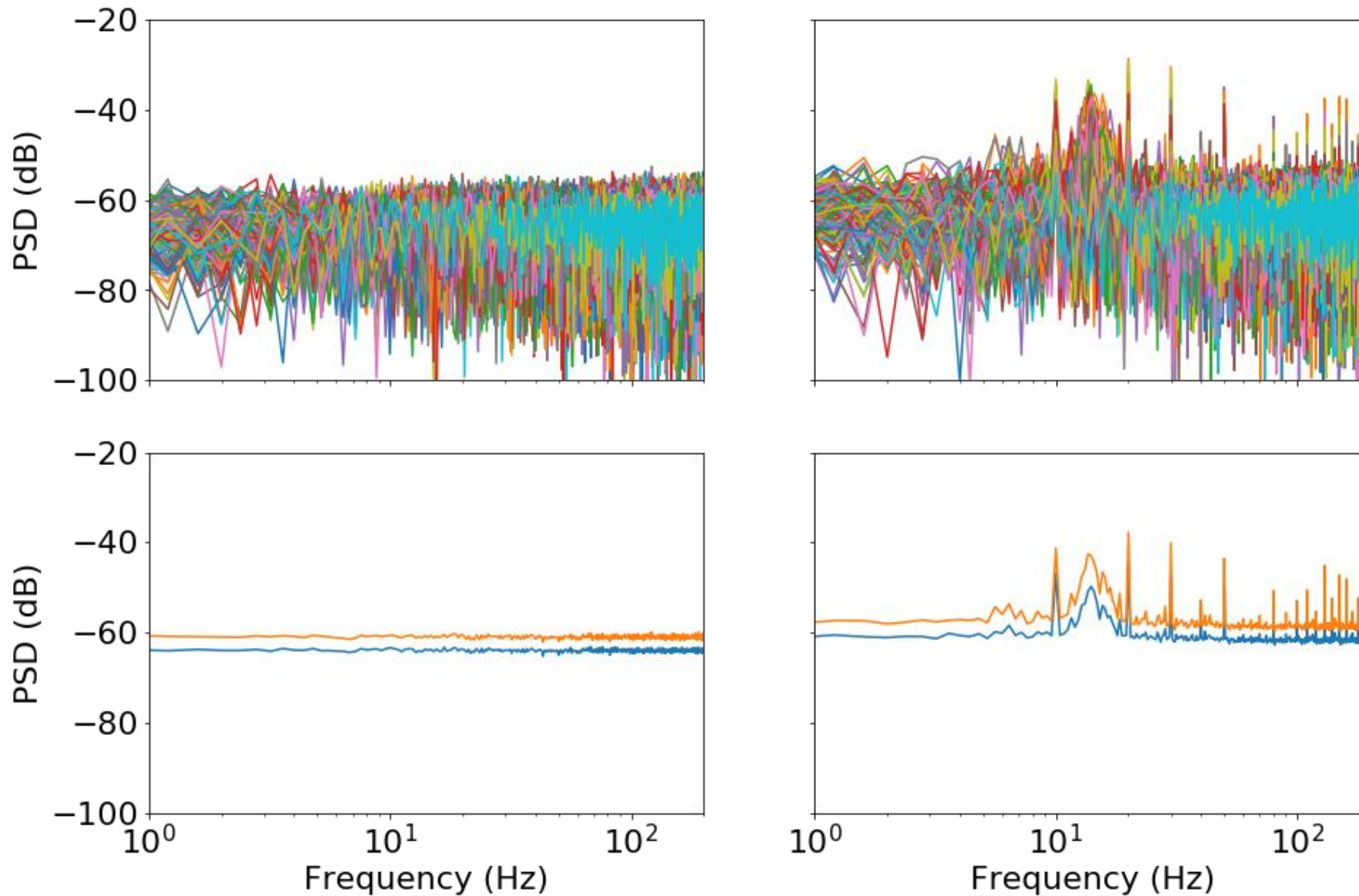
Velarde et al. 2017. Plos ONE



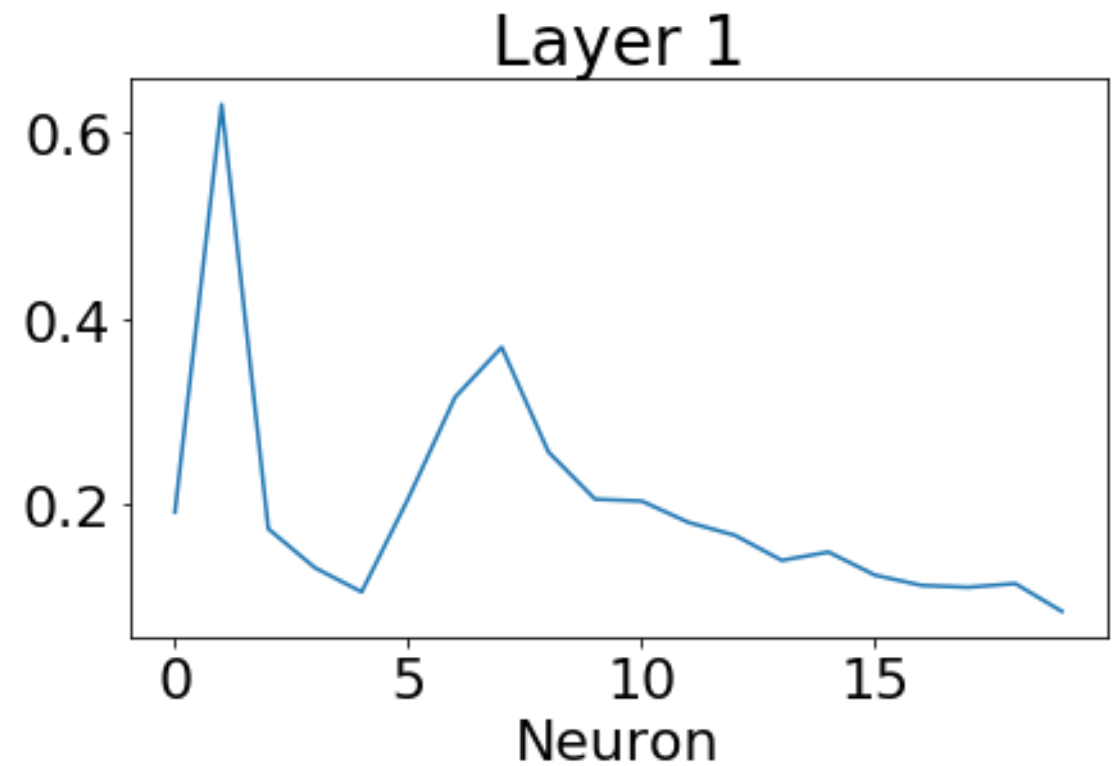
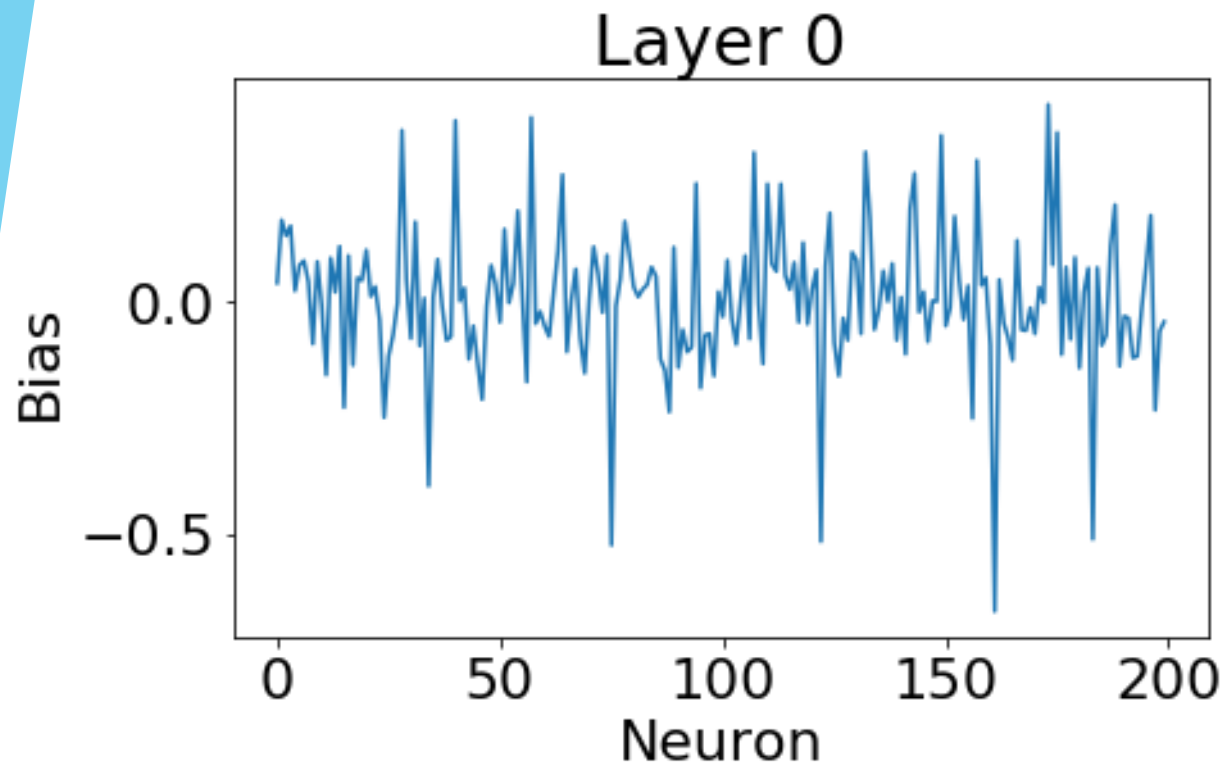
Recompensa total - Error



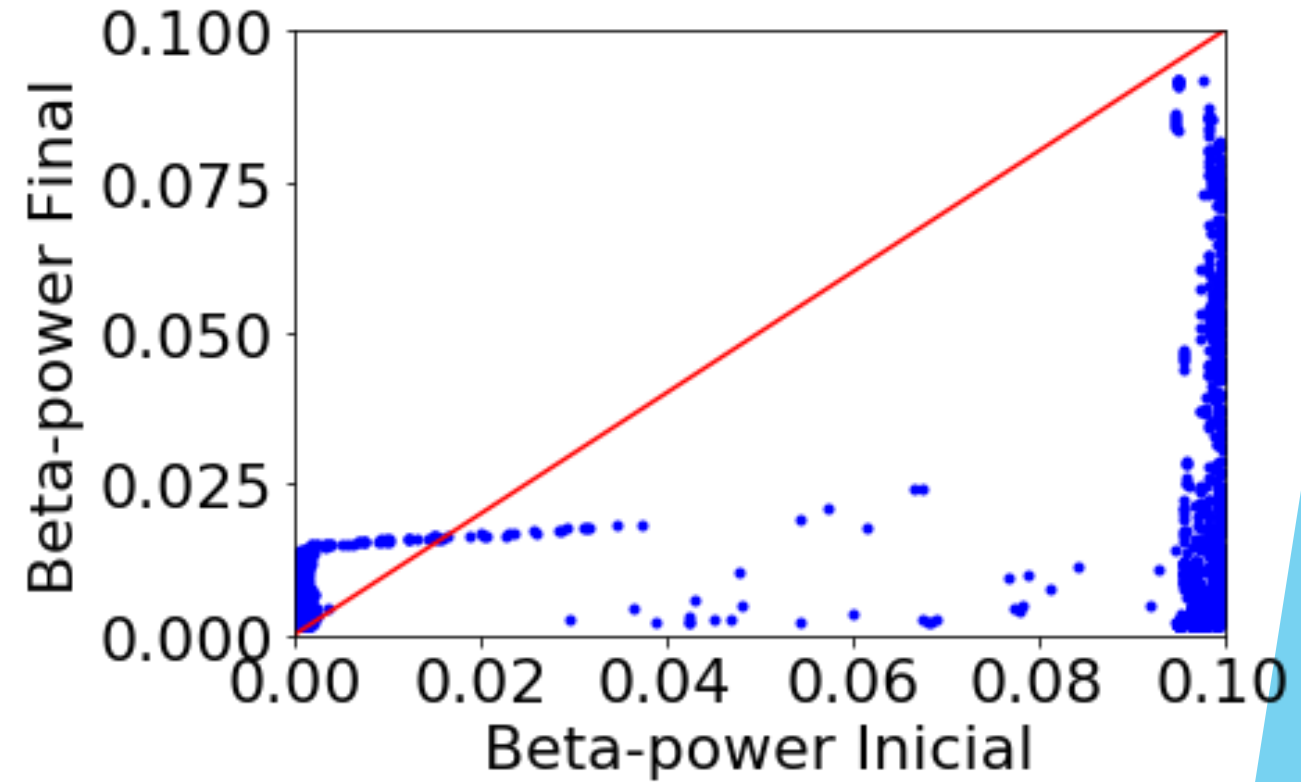
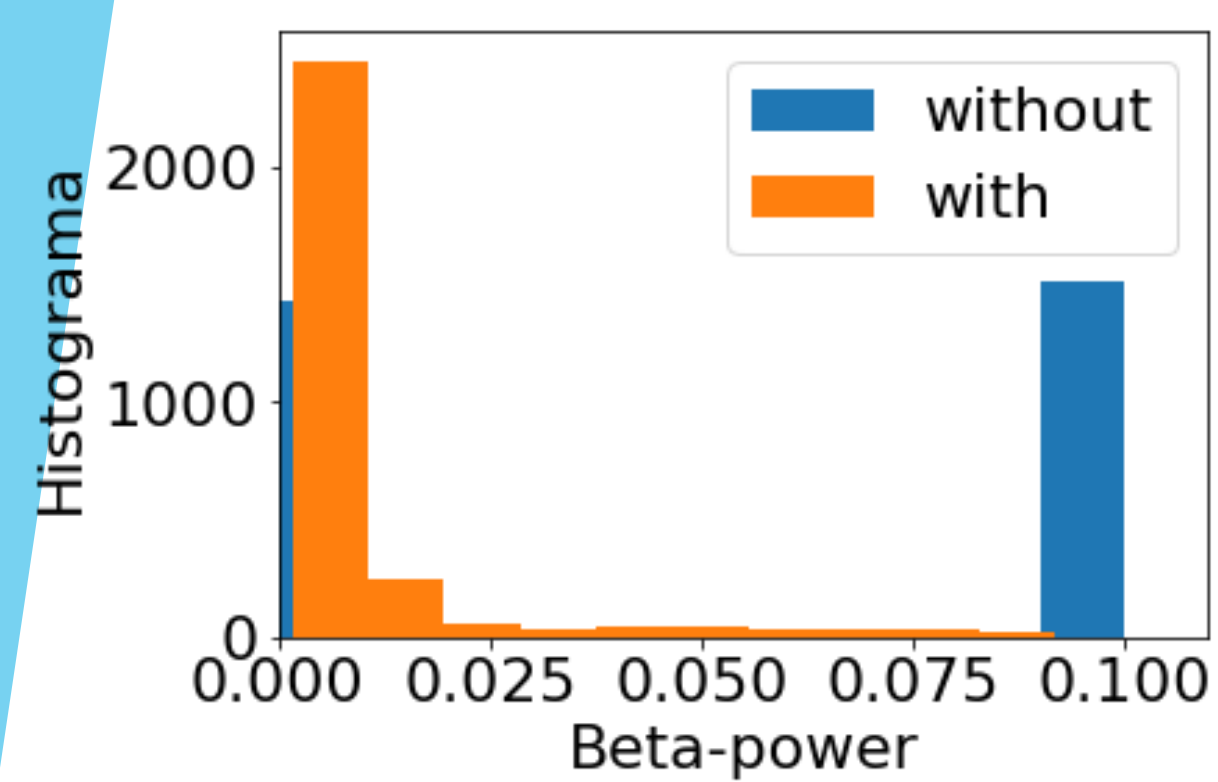
Información en la estructura de la red.



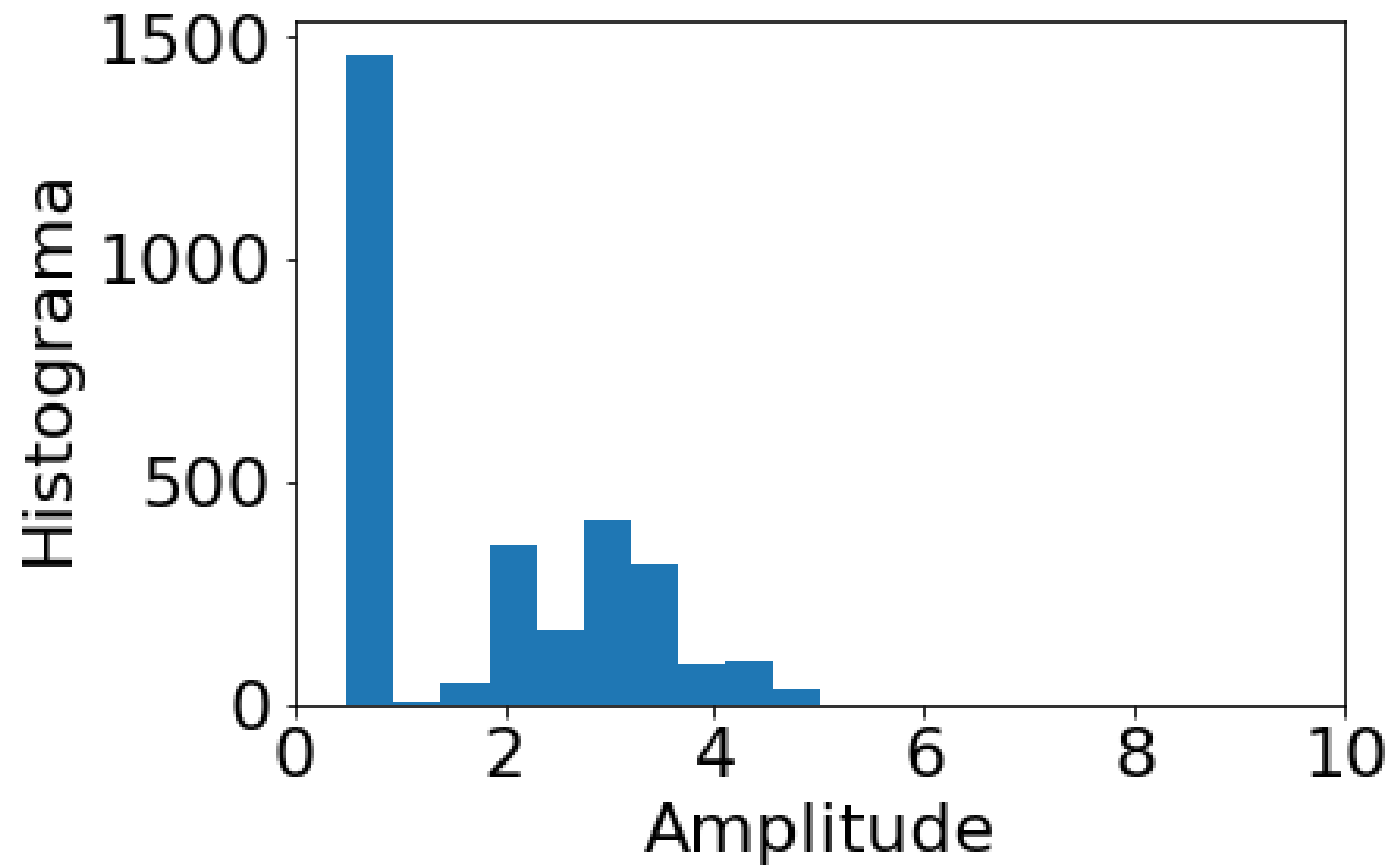
Información en la estructura de la red.



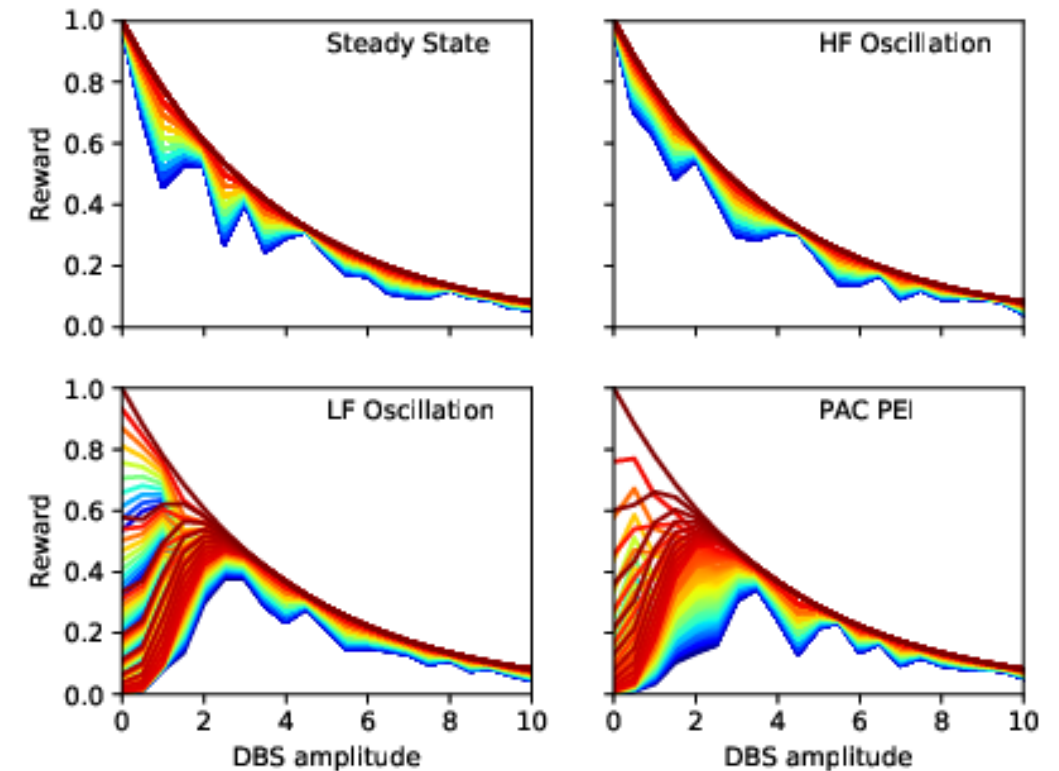
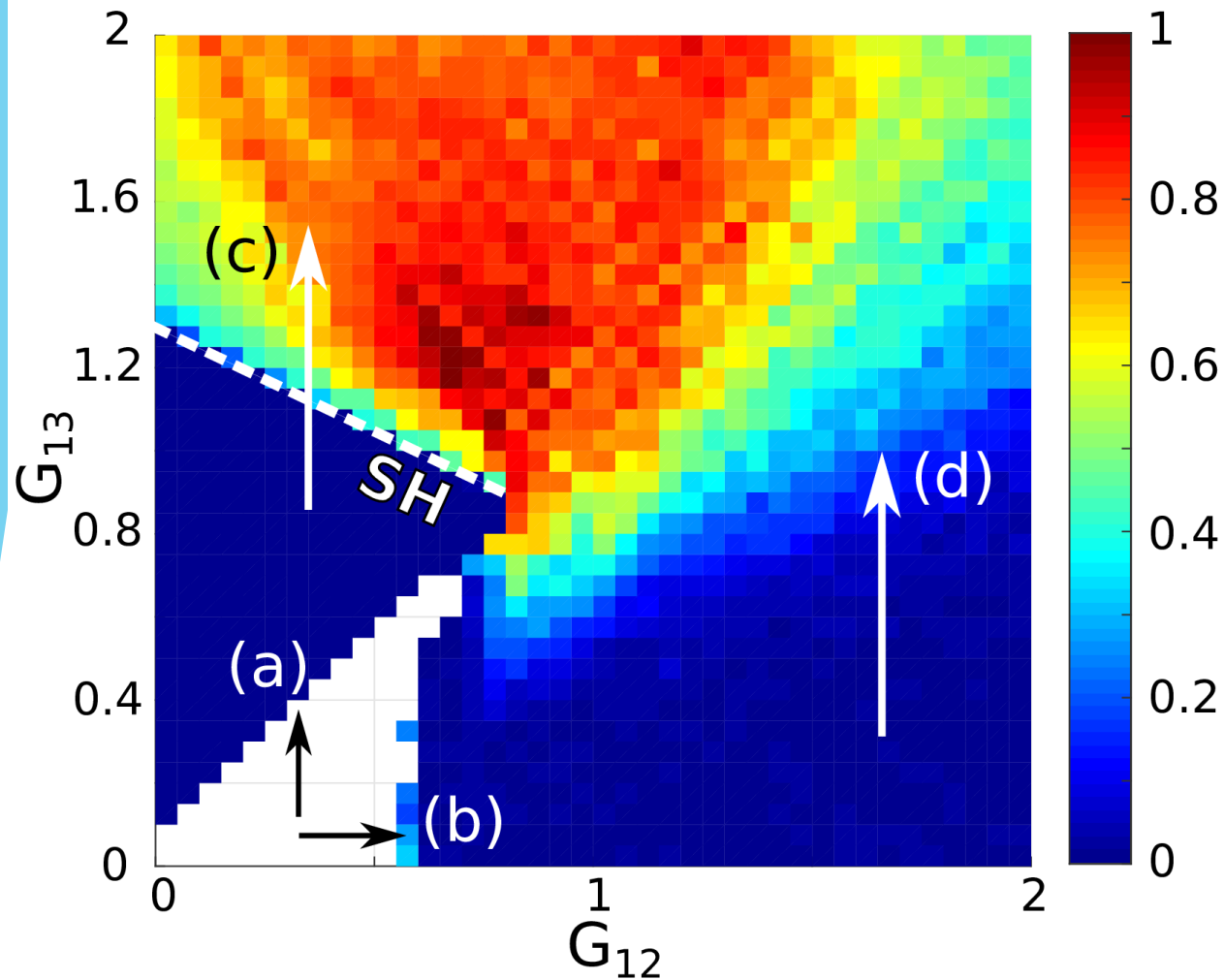
Validación



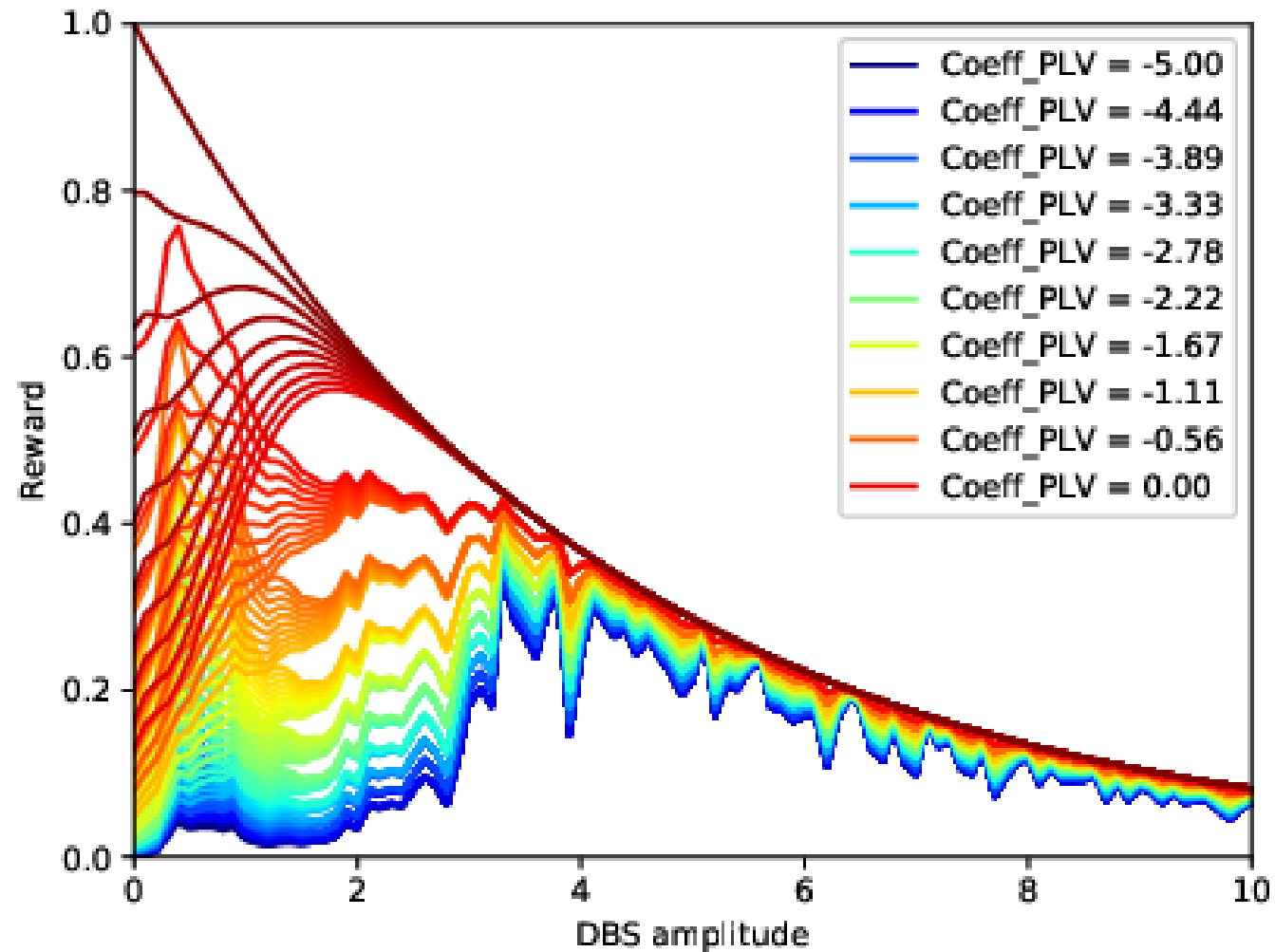
Validación



Otros biomarcadores y la función de recompensa.



Otros biomarcadores y la función de recompensa.



Del modelo → Interacción con el ambiente (EXP)

Batch Reinforcement Learning

Sascha Lange, Thomas Gabel, Martin Riedmiller

Off-Policy Deep Reinforcement Learning without Exploration

Scott Fujimoto^{1,2} David Meger^{1,2} Doina Precup^{1,2}

Benchmarking Batch Deep Reinforcement Learning Algorithms

Scott Fujimoto^{1,2}, Edoardo Conti², Mohammad Ghavamzadeh³, Joelle Pineau^{1,3}

¹Mila, McGill University

²Facebook

³Facebook AI Research

scott.fujimoto@mail.mcgill.ca



Grupo de trabajo

Osvaldo Velarde
Damián Dellavale
Germán Mato

Contacto

Personal:
DFM:
Instituto Balseiro:

osva_velarde@yahoo.com.ar
fisica.cab.cnea.gov.ar/fisicamedica
ib.edu.ar

Muchas Gracias!