

# Decodificación, Teoría de Información y Extracción de Información en Población de Neuronas

Rodrigo Quián Quiroga\* y Stefano Panzeri\*\*

\*Department of Engineering  
University of Leicester

\*\*Faculty of Life Sciences,  
University of Manchester

Adrián Jiménez Gandica

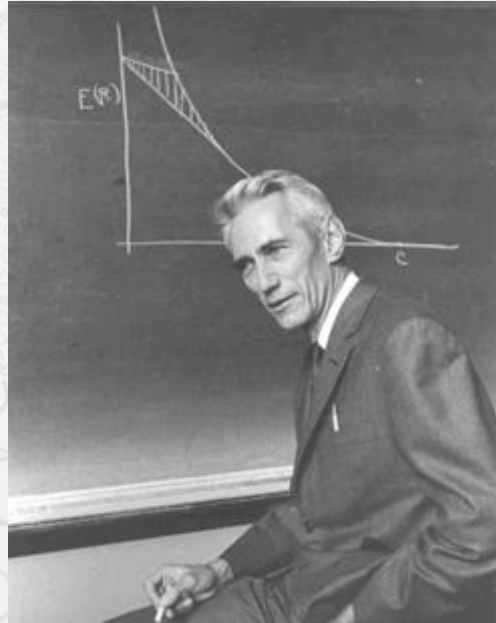
4º Lic.Física

UNS 2013

# Objetivo

- Breve descripción de la teoría de información
- Descripción de un artículo que utiliza dicha teoría

# Teoría de Información



Claude Shannon (1916 – 2001)

- *The Mathematical Theory of Communication* (1949)

# Teoría de Información

El medir algo, que tanto nos dice acerca de otra cosa que no conocemos.

Incertidumbre que se tiene acerca del estado de algo.

Entropía de Shannon

$$H = \log_a N$$

# Teoría de Información

- Si se sabe la probabilidad de todos los estados, el número mínimo de preguntas en promedio para identificar un estado es:

$$H(X) = \sum p(x) \log_2 \left( \frac{1}{p(x)} \right)$$

- La compresión de la información depende de la degeneración de los estados

# Teoría de Información

$$H(X) \geq 0$$

- La cantidad de decremento nos dice cuanto aprendimos.
- La diferencia de entropía antes y después de la medición la definimos como información

$$I(X; Y) = H(X) - H(X|Y)$$

# Artículo

## *Extracción de Información en Población de Neuronas: Teoría de Información y Enfoques de Decodificación*

Rodrigo Quian Quiroga\* y Stefano Panzeri\*\*

\*Department of Engineering  
University of Leicester

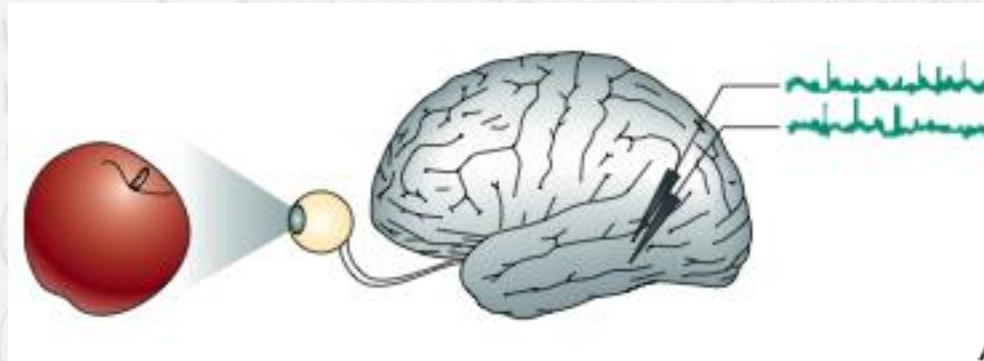
\*\*Faculty of Life Sciences,  
University of Manchester

- Planteamiento: Estudio de respuesta de una sola neurona con distintos estímulos.
- Objetivo: Extraer información del estudio de grupos de neuronas con un solo estímulo.
  - Decodificación
  - Teoría de Información

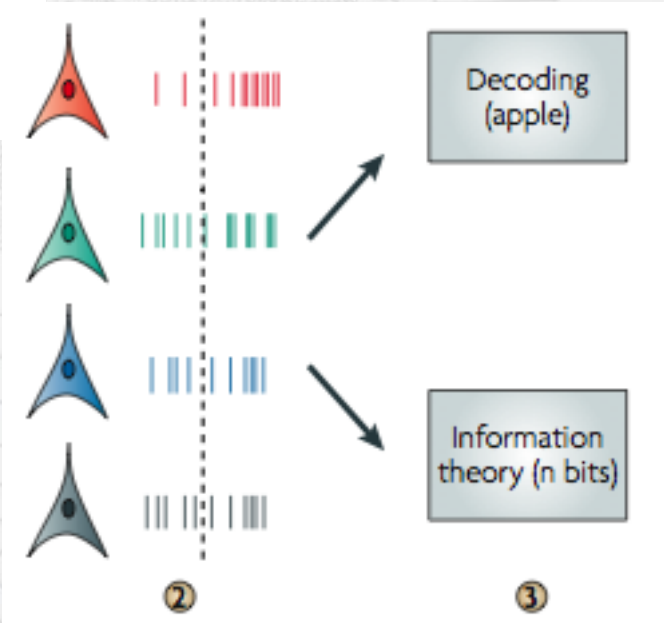


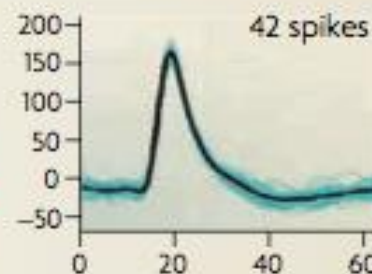
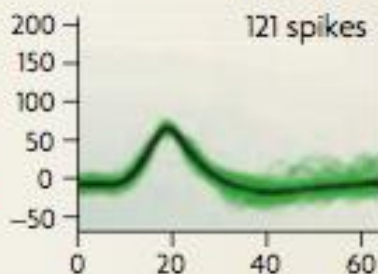
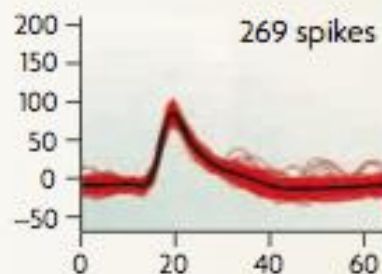
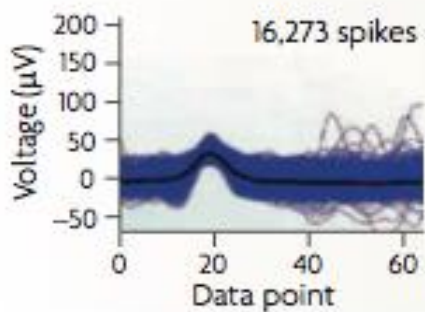
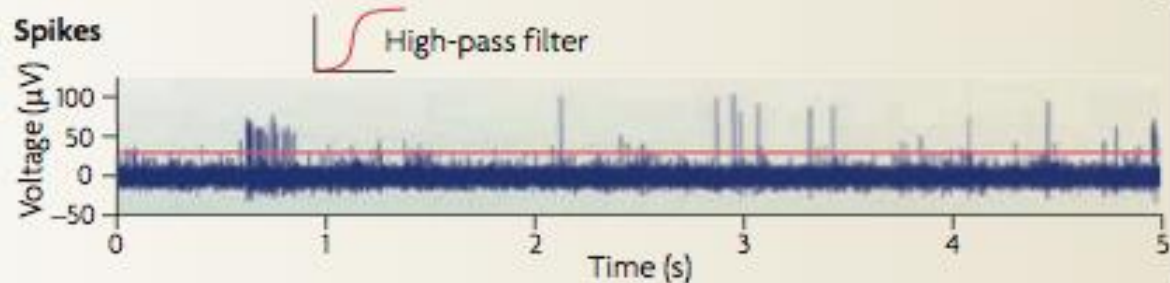
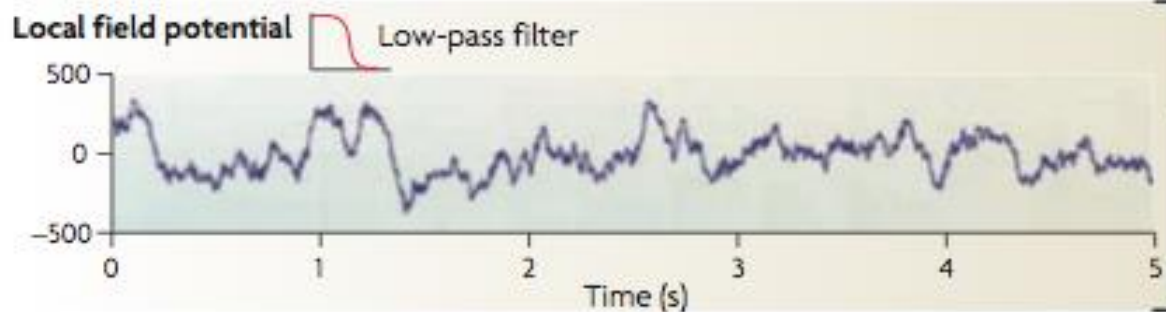
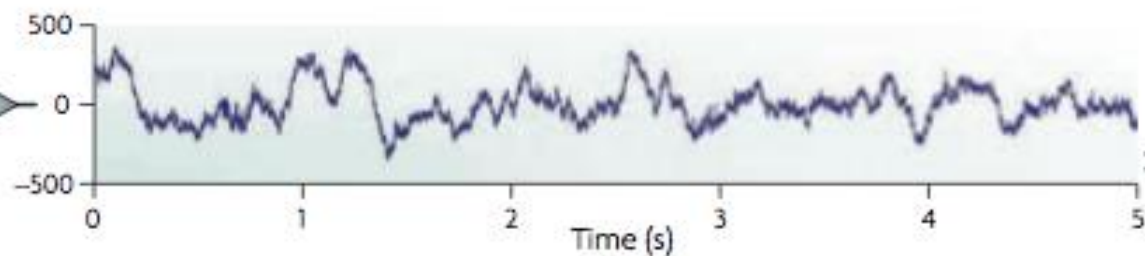
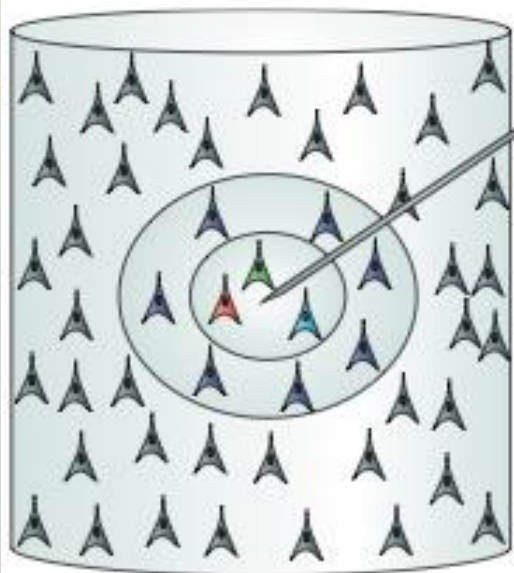
# Obtención de información

- Se graba la actividad neuronal por medio de microcables implantados en el cerebro.



Se obtiene la actividad de neuronas individuales con algoritmos de distribución.





# Algoritmos de Decodificación

- Predecir que estímulos provocarán una respuesta neuronal
- Decodificación de Bayesian (decodificación probabilística (lógica proposicional))

# Decodificación de Bayesian

Sea  $P(s)$  la probabilidad de presentar un estímulo (de un conjunto  $S$ ) y  $P(r/s)$  la probabilidad condicional de obtener una respuesta (de un conjunto  $R$ ) cuando el estímulo  $s$  se presenta:

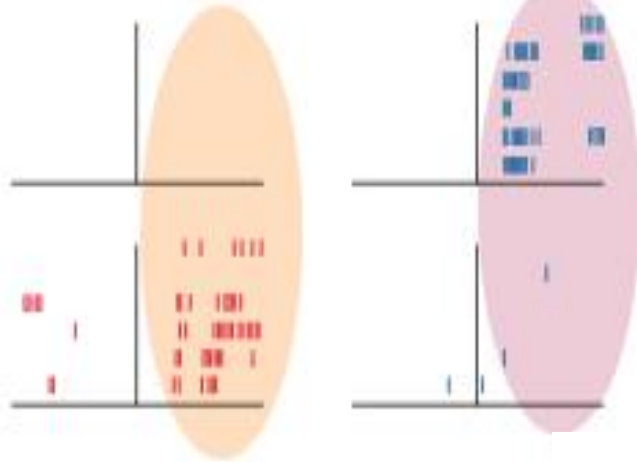
$$P(s|r) = \frac{P(r|s) \times P(s)}{\sum_s P(r|s) \times P(s)}$$

donde  $P(s/r)$  es la probabilidad que dado una respuesta  $r$ , hubo un estímulo  $s$ .

Predice el estímulo más probable  $s_p$ , tomando  $s_p = \operatorname{argmax}(P(s/r))$



Neuron 1

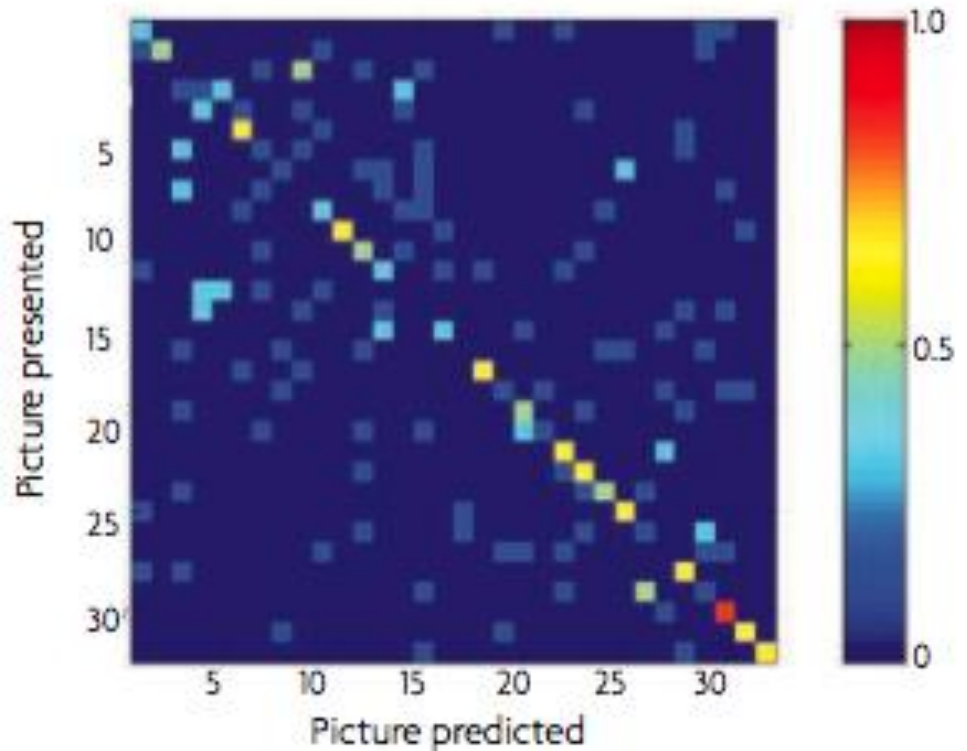


Neuron 2

Simplificación de respuesta de dos de N neuronas con dos de K imágenes

Porcentaje de predicción en la diagonal  
35,4%

Probabilidad  $1/32=3,4\%$



# Teoría de Información de Shannon

$$H(S) = - \sum_s P(s) \log_2 P(s)$$

Cuantificar la incertidumbre del estímulo que se presentó

La cantidad de información promedio ganada con cada estímulo

La entropía es máxima cuando la probabilidad de presentar cada uno de K diferentes estímulos es igual.

$$H_{\max}(S) = \log_2 K$$

Sí la respuesta neuronal contiene información del estímulo, la incertidumbre está dada por  $H(S)$ .

La incertidumbre residual del estímulo después de la observación de la respuesta neuronal se denomina: *equivoco*

$$H(S|R) = - \sum_{s,r} P(r) \times P(s|r) \log_2 P(s|r)$$

que es la *entropía media ponderada de la distribución posterior*  $P(s|r)$  (condicional)

Por lo tanto, la *información mutua* está dada por la diferencia entre la *entropía del estímulo* y el *equivoco*

$$\begin{aligned} I(S; R) &= \sum_{s,r} P(r)P(s|r) \log_2 \frac{P(s|r)}{P(s)} \\ &= \sum_{s,r} P(s,r) \log_2 \frac{P(s,r)}{P(s) \times P(r)} \end{aligned}$$

donde  $P(s,r)$  es la *probabilidad conjunta* de observar la respuesta  $R=r$  junto con el estímulo  $S=s$ .



# Limitaciones en la decodificación y la teoría de información

## Decodificación

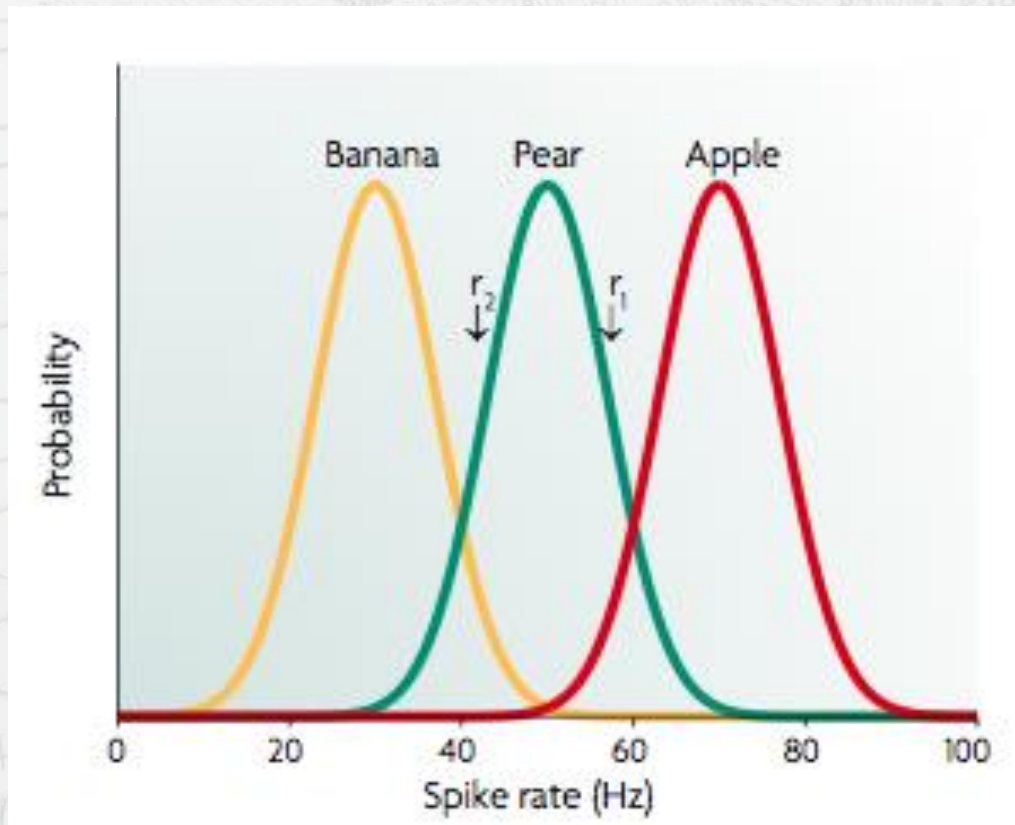
No considera todas las formas posibles de transmisión de información y falla al hacer suposiciones incorrectas de los datos.

## Teoría de Información

Grandes cantidades de la información en el código neuronal no es necesariamente biológicamente relevante, y los sistemas neuronales puede que no sean capaces de aprovechar esta información

# Pérdida de Información

Cuando una neurona se dispara en  $r_1$ , justo por encima de la media de respuesta para el estímulo *pera*, *pera* será decodificado, pero este estímulo también nos dice que *banana* es muy poco probable.



# Pérdida de Información

Para evitar la exponencialidad de las respuestas, se pueden limitar a sólo el espacio de estímulos probables  $s_p$ , pero al hacer esto, se restringe la información a ese subespacio.

$$I(\mathcal{S}; S_p) = \sum_{s_r} P(s_r, s_p) \log_2 \frac{P(s_r, s_p)}{P(s_r) \times P(s_p)}$$

donde obviamente

$$I(\mathcal{S}; S_p) \leq I(\mathcal{S}; R)$$

# Conclusión

- Decodificar y la teoría de la información describen de manera complementaria aspectos de la información de las respuestas neuronales.
- Un acercamiento a una metodología más sistemática en ambas ofrecerá nuevos puntos de vista.



¿Fin?