



1



2



3



4



5



6

**La disrupción tecnológica aplicada**

### Procesamiento cognitivo del habla

- Ejemplos de señales relacionadas con la producción (o percepción) del habla:
  - Derivadas de la actividad muscular (EMG).
  - Variaciones de conductividad o electrograma (EGG).
  - Electropalatrografía (EPG).
  - Articulografía Electromagnética (EMA).
  - Imágenes y videos con diferentes técnicas.
  - Relacionadas con la actividad cerebral (EEG, ECoG, fNIRS, MEG, etc.).
- Estas últimas son especialmente interesantes porque también se utilizan para interfaces cerebro-computadora (BCIs).

7

**La disrupción tecnológica aplicada**

### ¿Cuáles son los desafíos científicos y técnicos? (BCI)

- Alta variabilidad intra e inter sujeto.
- Baja relación señal-ruido.
- Pocos datos de entrenamiento.
- Alto solapamiento entre clases.
- Alta dimensionalidad y redundancia.
- Falta de datos públicos.

8

**La disrupción tecnológica aplicada**

### Diferentes señales cerebrales

- Electro-corticografía (ECoG),
- Electro-encefalografía Intracranial (IEEG),
- Magneto-encefalografía (MEG),
- Resonancia Magnética Funcional (fMRI)
- Espectroscopia Funcional del Infrarrojo cercano (fNIRS)
- Electroencefalografía (EEG)

9

**La disrupción tecnológica aplicada**

### Electroencefalografía (EEG)

- Ventajas:
  - Estándar
  - No invasiva
  - Accesible
  - Portable
  - Resolución temporal vs espacial [van Gerven et al., 2009].

10

**La disrupción tecnológica aplicada**

### Ver, oír, hablar y pensar palabras

- Tomografía por emisión de positrones (PET) coloreada de áreas del cerebro humano activadas por diferentes tareas:
  - Arriba izquierda: la vista activa el área visual en la corteza occipital en la parte posterior del cerebro.
  - Arriba derecha: la audición activa el área auditiva en la corteza temporal superior del cerebro.
  - Abajo izquierda: el habla activa los centros del habla en la ínsula y la corteza motora.
  - Abajo derecha: pensar en los verbos y pronunciarlos genera una alta actividad, incluso en las áreas auditiva, oral, temporal y parietal.
  - Se ve el lado izquierdo del cerebro.
  - Las PET detectan el flujo sanguíneo.

11

**La disrupción tecnológica aplicada**

### "Hablar lo que piensas"

- Durante el habla imaginada, los sujetos tienen que imaginarse pronunciando o escuchando una palabra sin mover músculos ni producir sonidos. [Martin et al, 2018]

12

**La disrupción tecnológica aplicada**

### “Escuchar lo que escuchas”

- Reconstrucción del habla a partir de una grabación directa de las señales cerebrales de los oyentes, de una manera que demostró la viabilidad de estos sistemas [Pasley et al., 2012].

Acoustic waveform → Reconstruction model → Reconstructed spectrogram → Cortical surface field plot

Frequency (kHz) vs Time (s)²

13

**La disrupción tecnológica aplicada**

### ¿Qué ocurre en el cerebro mientras hablamos?

- Modelo de producción del habla: Etapas cognitivas (izquierda) y áreas cerebrales (derecha) involucradas en la producción del lenguaje después de la presentación de imágenes (0 ms). Los números en los cuadros representan estimaciones de codificación temporal para cada tipo de información. [Timmers et al., 2011]

14

**La disrupción tecnológica aplicada**

### Interfaces cerebro computadora (BCIs)

- Proporcionan canales de control independientes de los de salida normales del cerebro (es decir, el sistema nervioso periférico y los músculos) [Wolpaw et al., 2002].

15

**La disrupción tecnológica aplicada**

### Interfaces cerebro computadora (BCIs)

16

**La disrupción tecnológica aplicada**

### Paradigmas BCI

- Asociados con los fenómenos mentales y la estrategia utilizada para modular la actividad cerebral (señal de control):
  - Potenciales corticales lentos (SCP).
  - Potenciales evocados visuales de estado estacionario (SSVEP).
  - Potenciales relacionados con eventos (P300).
  - Imaginería motora (MI) o relacionadas con eventos de sincronización / sincronización.
  - Relacionados con el habla, habla imaginada o imaginería del habla (SI).

“High performance communication by adaptive learning with an intracortical brain-computer interface” [Moran et al., 2007]

17

**La disrupción tecnológica aplicada**

### Paradigmas relacionados con el habla

- Ofrecen mayor naturalidad y velocidad para el control de dispositivos que paradigmas BCI preexistentes.
- El principal esfuerzo recae en la computadora y no en el paciente.
- Resultados prometedores para clasificación de vocales, sílabas y palabras completas utilizando señales de EEG adquiridas durante el habla imaginada o pronunciada.
- Avances en aprendizaje automático y profundo en conjunto con la disponibilidad de la gran cantidad de datos experimentales, permitan alcanzar nuevos niveles de desempeño en tareas tan difíciles.

18

sinc(7) Research Institute for Signals, Systems and Computational Intelligence (sinc.unl.edu.ar)  
 H. L. Rufiner; “Procesamiento cognitivo del habla e interfaces cerebro computadora”  
 Córdoba Tech Week, sep., 2021.

**¿Qué cambió con aprendizaje profundo?**

**Deep Learning With Convolutional Networks for EEG Decoding and Deep learning for electroencephalogram (EEG) classification tasks: a review**

Thur Schürmeier<sup>1,2</sup>, Jon Tobin<sup>3</sup>, Alexander Crank<sup>1,2</sup>, Yongxin He<sup>1</sup> and Jose L. Contreras-Vidal<sup>1</sup>

**A novel deep learning approach for classification of EEG motor imagery signals**

Yusuf Razaee Talbot<sup>1</sup> and Ugoz Ugoz<sup>1</sup>

**Decoding Imagined Speech from EEG**

Prattan Sanyal, Sidney Fels

Department of Electrical and Computer Engineering, University of British Columbia, Vancouver, Canada

19

**Paradigmas relacionados con el habla**

- Habla Silenciosa (Silent Speech)
- Habla Imaginada (Imagined Speech)
- Habla Interna (Inner Speech)

**Biosignal-Based Spoken Communication: A Survey**

Tanja Schultz<sup>1</sup>, Senior Member IEEE, Michael Wind, Member IEEE, Thomas Hache, Member IEEE, Dean J. Kamenicki, Senior Member IEEE, Christian Herff, Member IEEE, and Jonathan S. Borenberg

20

**Habla Interna (Inner Speech)**

- Proceso interno en el que la persona piensa en significados "puros", generalmente asociado a una imaginación auditiva de su propia "voz" interior.
- También se la conoce como "pensamiento verbal", "habla interior", "diálogo interno" o "monólogo interno".
- Diferencia habla imaginada y silenciosa: puede no retenerse propiedades fonológicas ni de turnos de un diálogo externo.
- Las señales cerebrales en el sistema motor y el procesamiento del lenguaje parece ser más complejo
- Involucra redes neuronales de distintas áreas corticales involucradas en análisis fonológico o semántico, producción del habla y otros procesos.
- Se han realizado estudios utilizando EEG, ECoG, fMRI y PET.

21

**¿Hay datos disponibles para habla interna c/EEG?**

Open Access database of EEG signals recorded during imagined speech

Gerardo A. Pineda García<sup>1</sup>, José E. Guzmán<sup>2</sup>, and H. Leonardo Buitrago<sup>3</sup>

**Single-trial classification of vowel speech imagery using common spatial patterns**

Chaitan S. Dalalyan<sup>1,2,3,4,5</sup>, Hyoungkwan Kim<sup>1,2</sup>, Mahasa Saha<sup>1</sup>, Yousoo Kwon<sup>1,2,3,4</sup>

**Toward EEG Sensing of Imagined Speech**

Michael D'Zmura, Sijj Deng, Tom Lippas, Samuel Thorpe, and Ramoeb Srinivasan

22

**"Thinking Out Loud" (pensando en voz alta)**

- 10 participantes (4 M / 6 H, 34 +/- 10 años).
- BioSemi Active Two - 128 EEG + 8 canales externos.
- Registrado a 1024 Hz / 24 bits.
- 4 Clases: "Arriba", "Abajo", "Derecha", "Izquierda".
- 3 Paradigmas: Habla Interna, Habla Pronunciada, Condición Visualizada.
- Más de 7 horas de grabación continua.
- Un total de 5640 pruebas.

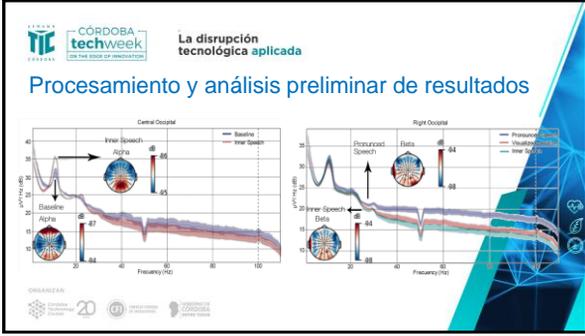
23

**Procedimiento experimental**

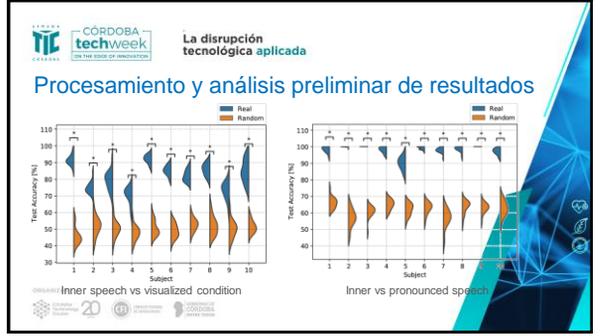
- En un mismo día, dividido en 3 bloques sin intervalos de descanso.
- 10 segundos de línea de base antes de cada bloque.

24

sinc(?) Research Institute for Signals, Systems and Computational Intelligence (sinc.unl.edu.ar)  
 H. L. Rufiner; "Procesamiento cognitivo del habla e interfaces cerebro computadora"  
 Córdoba Tech Week, sep, 2021.



25



26

27

28

29

30

sinc(7) Research Institute for Signals, Systems and Computational Intelligence (sinc.unl.edu.ar)  
H. L. Rufiner; "Procesamiento cognitivo del habla e interfaces cerebro-computadora"  
Córdoba Tech Week, sep., 2021.