

Introducción a la fonética acústica

SPAN 734 – Fall 2007

Rebeka Campos-Astorkiza

campos-astorkiza.1@osu.edu

<http://people.cohums.ohio-state.edu/camposastorkiza1/>

Office: 154 Hagerly Hall



¿Qué es la fonética acústica?

- La **acústica** es la área dentro de la física que estudia los sonidos (ver Acoustical Society of America <http://asa.aip.org/>)
- La **fonética acústica** se centra en los rasgos físicos de los sonidos del habla (sonidos lingüísticos):
 - Lo que pasa desde la producción del sonido por el hablante hasta la percepción del mismo por el oyente.
 - La relación entre la producción y la percepción con la acústica de los sonidos.



Objetivos de la presentación

- Introducir la fonética acústica:
 - ¿Qué es el sonido?
- Aprender los componentes básicos de las ondas sonoras:
 - ciclo, periodo, frecuencia, amplitud...
- Familiarizarse con diferentes representaciones acústicas y programas de análisis del habla.
- Aprender a reconocer sonidos y sus componentes en estas representaciones.

¿Qué es el sonido?

- ¿Cómo se genera el sonido en el habla?
 - Las partículas de aire son perturbadas por las vibraciones de los órganos articulatorios (Ej. cuerdas vocales).

- ¿Cómo se propaga el sonido?
 - Reacción en cadena




Bell Telephone Laboratories

Efecto de una lente acústica en las ondas sonoras (Bell Labs). De D.C. Knight. 1960. *The First Book of Sound: A Basic Guide to the Science of Acoustics*. Franklin Watts, Inc.



Más sobre el sonido

- El sonido del habla es continuo:
 - Nuestras segmentaciones son aproximaciones
 - Es importante tener un protocolo o criterios de segmentación.
- *Parallel transmission of speech* (Lieberman et al. 1967):
 - La señal acústica transmite simultáneamente información sobre más de una unidad lingüística.
 - *Special encoding of speech* (Jensen 2004: 17)

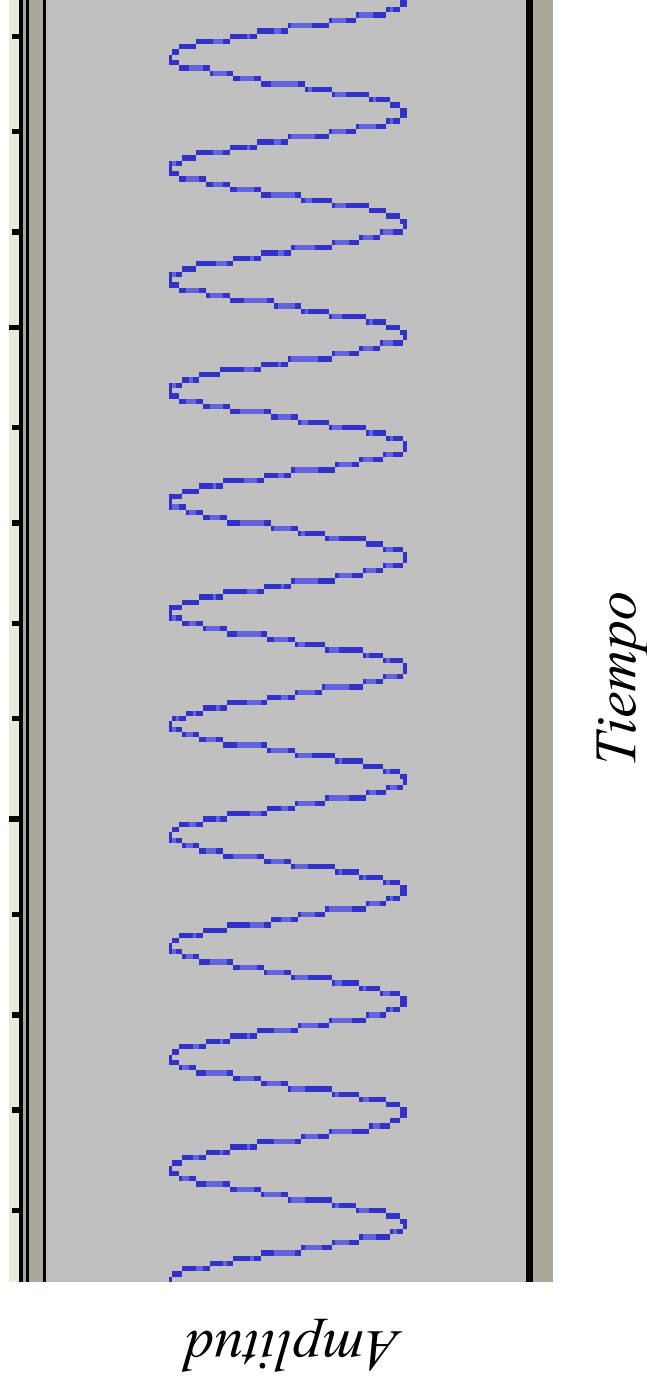


Las ondas sonoras:

conceptos básicos

Las ondas sonoras

- Oscilograma (*waveform*) de onda sinusoidal

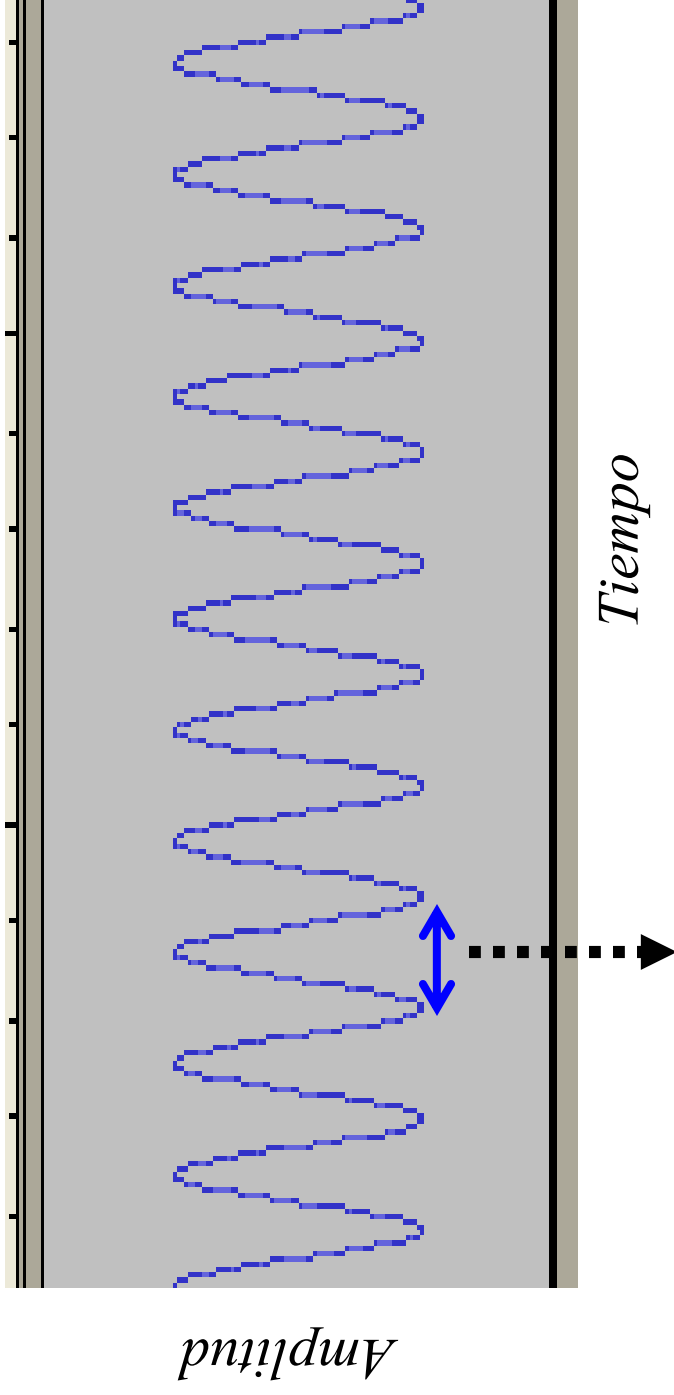




Las ondas sonoras: elementos básicos

- **Ciclo:**
 - Una vibración completa
 - Cada repetición completa del patrón de la onda
- **Período:**
 - Tiempo de duración de un ciclo
- **Frecuencia:**
 - Número de ciclos por segundo (se mide en **Hz**)
 - Formula: $1/\text{período}$ (en segundos)

Ejemplo

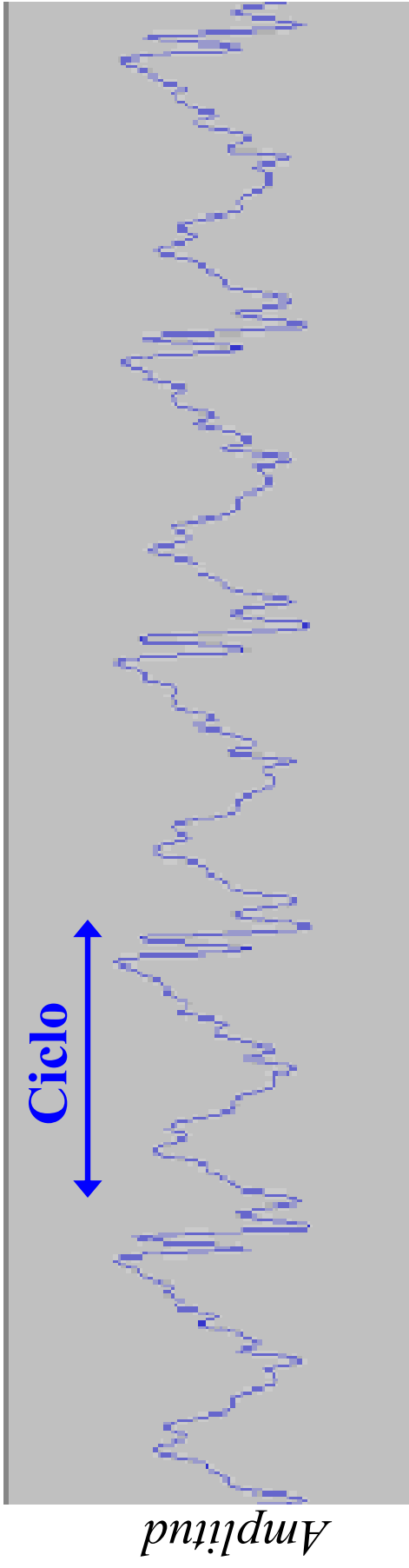


1 Ciclo

Período = 3ms. (0.003 sec.)

Frecuencia de la onda = $1/0.003 = 333\text{Hz}$.

Ejemplo para pensar

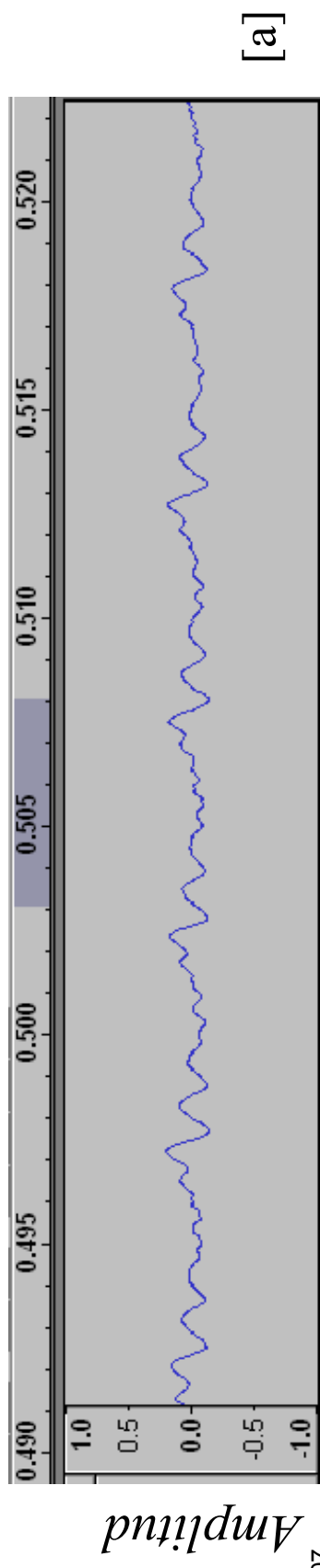
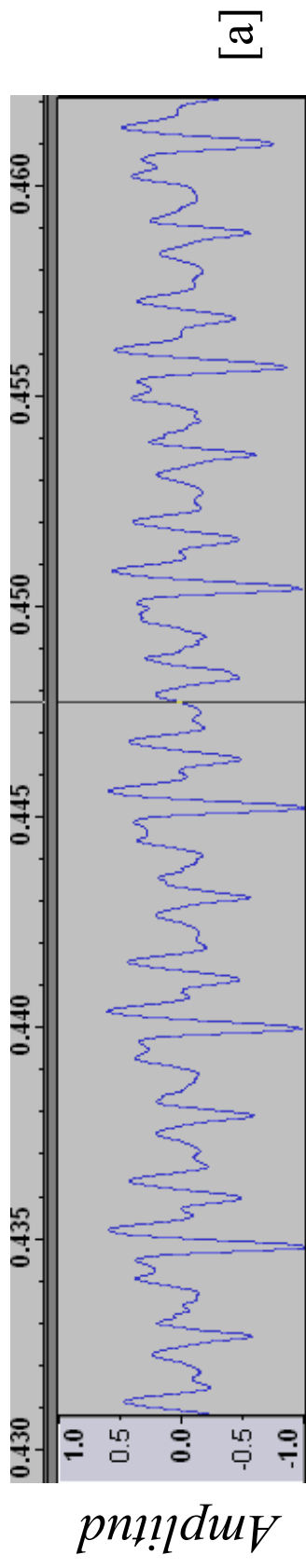


- *¿Cuál es la frecuencia de esta onda?*

- 5 ciclos en 25 ms. → período = 5 ms.
- Frecuencia = $1 / \text{período (sec.)} = 1 / 0.005 = 200 \text{ Hz.}$

Las ondas sonoras: elementos básicos

- **Amplitud**
 - Máximo desplazamiento de un cuerpo en vibración con respecto a su punto de reposo (se mide en **dB**)
- Comparemos.....



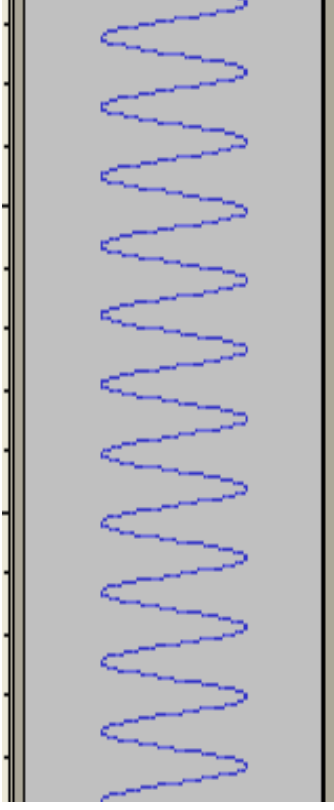


Tipos de ondas sonoras

Tipos de ondas sonoras I

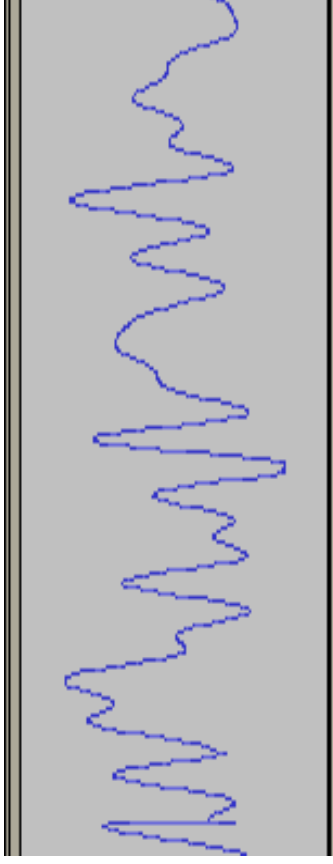
- Onda periódica:

- Repite un mismo patrón a lo largo del tiempo →



- Onda aperiódica:

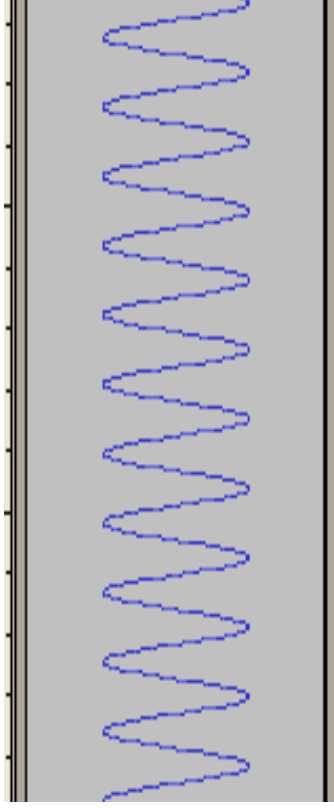
- No repite el mismo perfil a lo largo del tiempo →



Tipos de ondas sonoras II

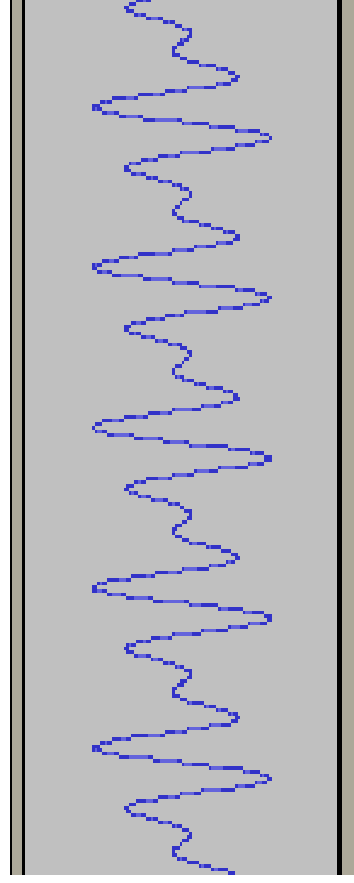
□ Onda simple:

- Esta formada por un solo patrón de vibración



□ Onda compleja:

- Esta formada por diversos patrones de vibración



Teorema de Fourier

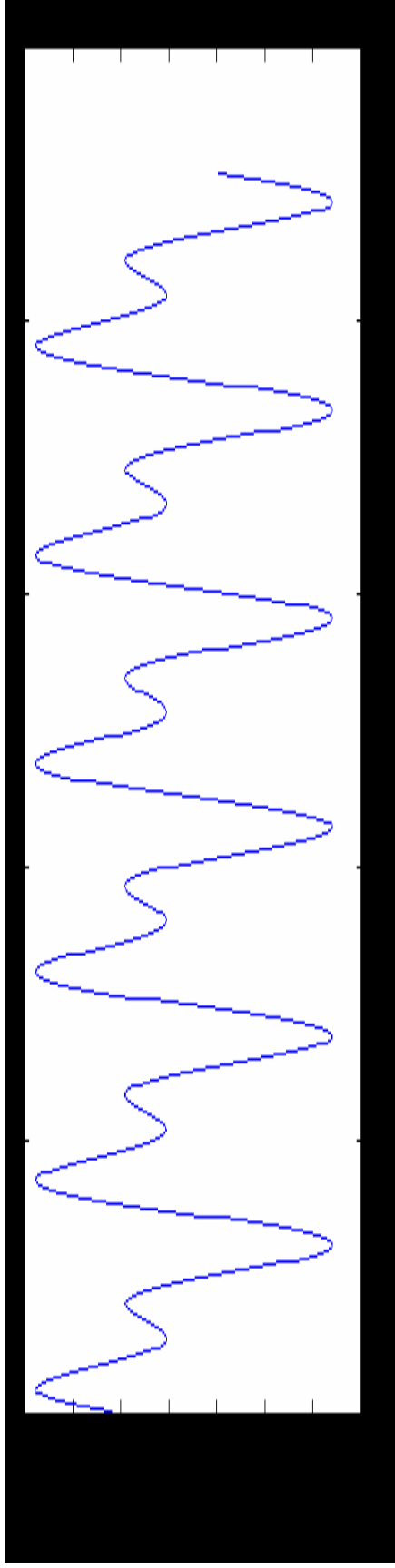


Jean-Baptiste-Joseph
de Fourier (1768-1830)

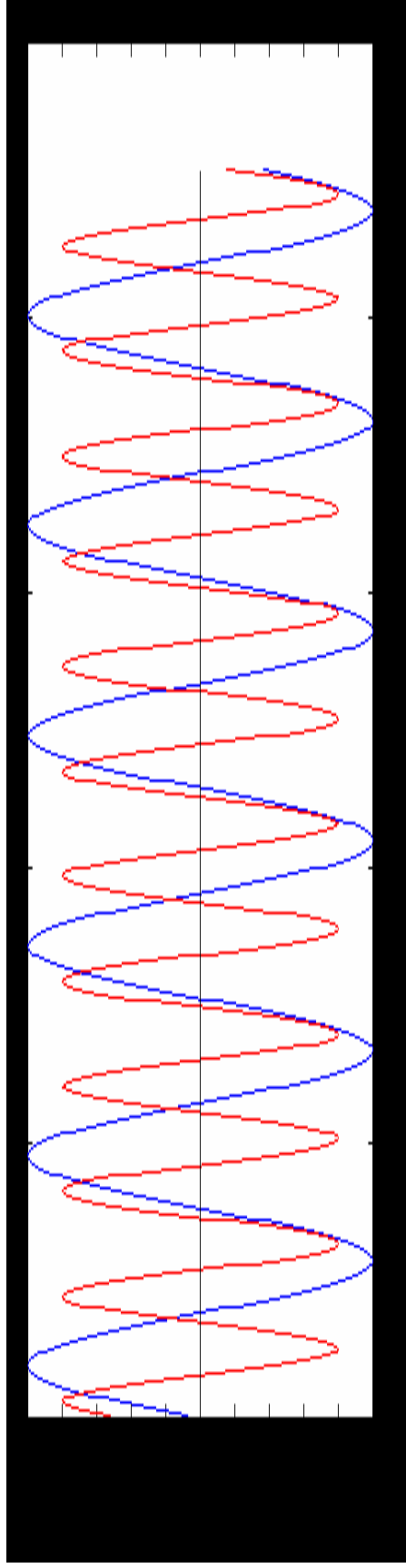
- Todas las ondas complejas se pueden analizar como combinaciones de múltiples ondas simples o *componentes*.
- Los componentes de una onda compleja se llaman **armónicos**.

Teorema de Fourier

Onda compleja:



Componentes o armónicos:



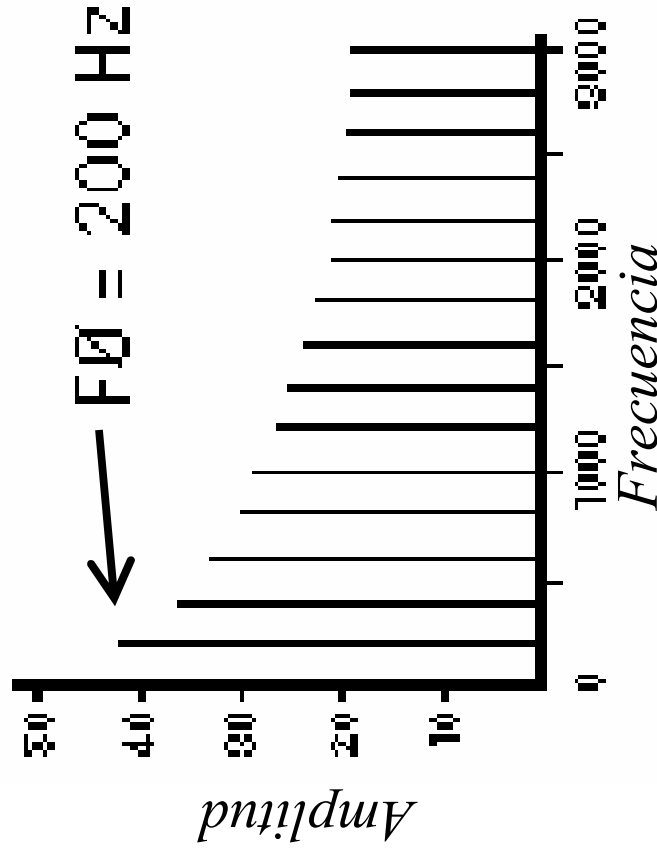


Armónicos

- Componentes de la onda compleja.
- Cada armónico tiene una frecuencia diferente:
 - **Frecuencia fundamental** (F_0) es el armónico con la frecuencia más baja.
 - Los demás armónicos son múltiplos íntegros de F_0 ($F_0 \times 2$, $\times 3$, $\times 4$, etc.).

Espectro (*power spectrum*)

- Representación gráfica de los armónicos:
- Muestra la frecuencia y amplitud de cada armónico.



¿Que valor tienen los armónicos 2, 3 y 4?



Impresiones auditivas de los componentes acústicos

- Tono (pitch):
 - Depende de la frecuencia fundamental de la onda sonora
- Intensidad (intensity):
 - Depende de la amplitud de la onda sonora
- Timbre (quality):
 - Depende de la configuración armónica particular de la onda sonora.



Resumen *(hasta ahora)*

- Cómo se genera y propaga el sonido.
- Elementos básicos de las ondas sonoras y sus impresiones acústicas:
 - Frecuencia (F_0) \Rightarrow tono, amplitud \Rightarrow intensidad, armónicos \Rightarrow timbre
- Representaciones gráficas del sonido:
 - Oscilograma (waveform)
 - Espectro

-
- **Ejercicio práctico** *(handout)*

La teoría **fuentes-filtro** de la producción del habla

– *versión abreviada* –

La Teoría Fuente-Filtro (*Source-Filter*

Theory)

- 2 componentes diferentes e independientes interactúan en la producción del habla:
 - Una o más **fuentes** de energía acústica (o sonido)
 - Un **filtro** que da forma a esta energía/sonido



Tipos de fuentes en el habla

- Fuente glotal:
 - Por vibración de las cuerdas vocales
 - Sonidos sonoros
- Fuente de ruido turbulento:
 - Cuando el flujo del aire pasa por una zona estrecha del tracto bucal
 - Fricativas
- Fuente de ruido de explosión o transitorio:
 - Cuando una oclusión se abre y el aire contenido se libera
 - Oclusivas

El filtro en la producción del habla

- La **cavidad bucal** actúa como un filtro, modificando la energía/sonido de la fuente:
 - Amplifica o atenúa ciertos componentes/armónicos de la fuente.

http://www.columbia.edu/itc/psychology/rmk/T2/sf_theory.html

- La cavidad bucal tiene diferentes **resonancias** dependiendo de su forma y dimensión:
 - Las resonancias amplifican ciertas frecuencias o componentes del sonido.
- Las frecuencias que son amplificadas por el filtro son los **formantes**.



Formantes

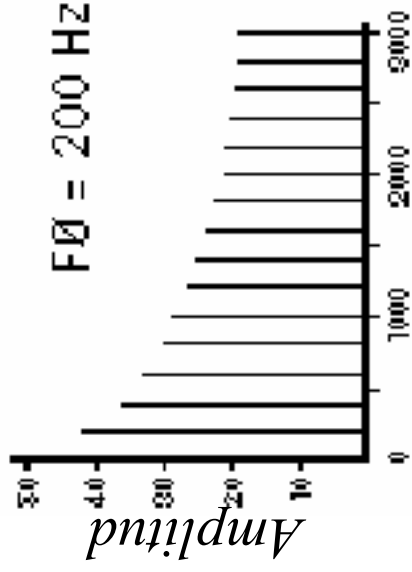
- Los formantes son importantes en la identificación de diversos sonidos del habla:
 - Especialmente, los 3 primeros formantes son importantes.
- Las vocales se diferencian por la distribución de sus formantes.



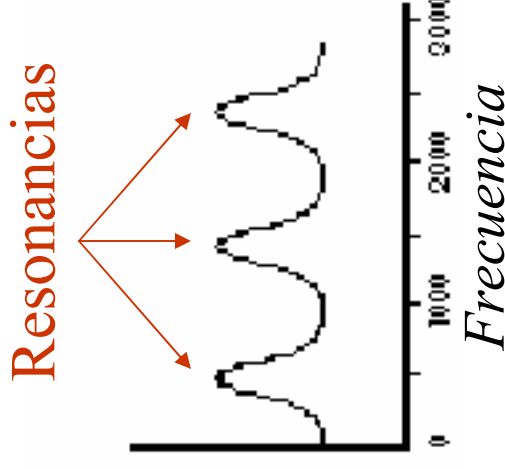
Representación gráfica de los formantes

- Los formantes se pueden ver en:
 - Los espectros
 - Los espectrogramas (método más empleado)

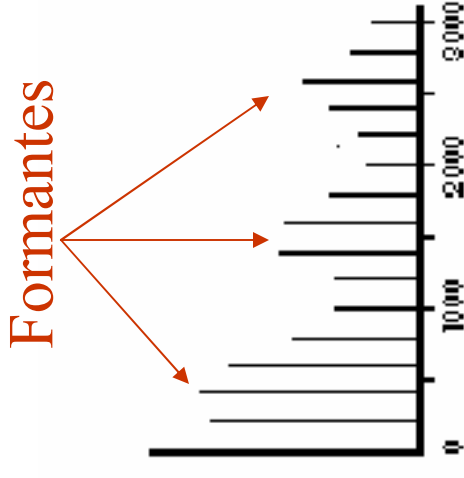
Los formantes en un espectro



Espectro de la fuente glotal



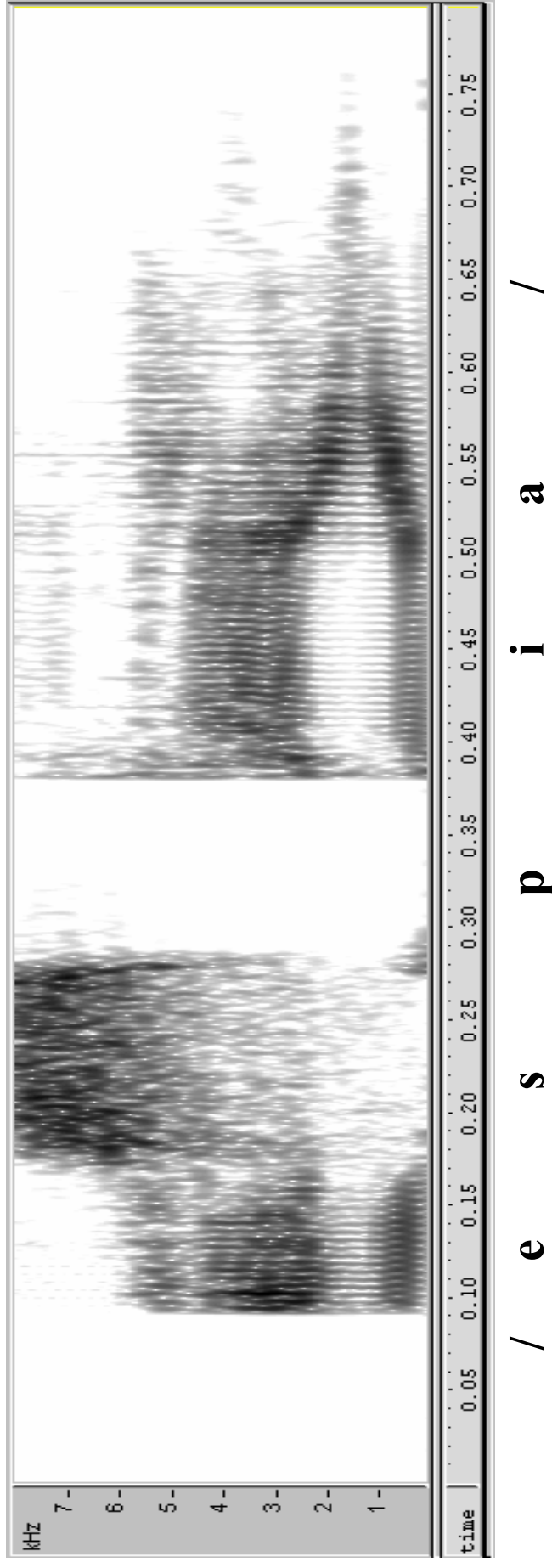
Función/forma del filtro



Espectro del resultado (fuente + filtro)

Los espectrogramas I

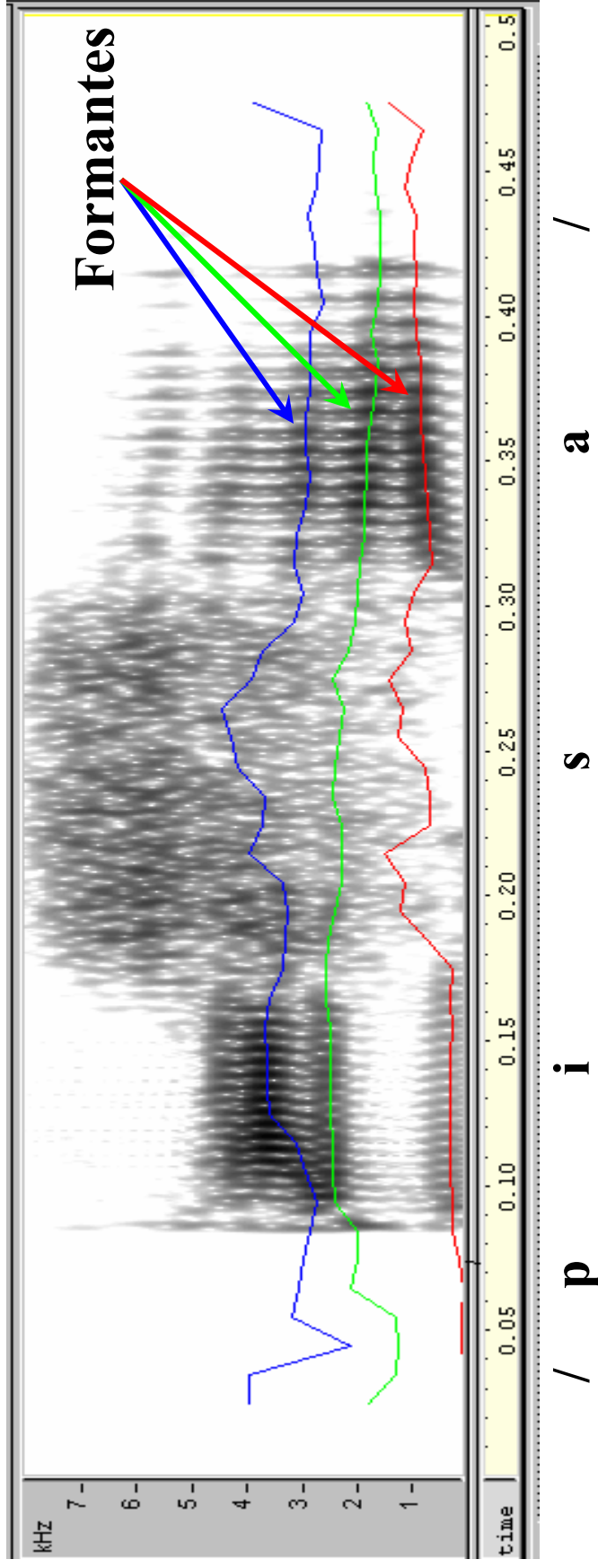
- Los espectrogramas representan información sobre **frecuencia** (eje-y), **tiempo** (eje-x) y **amplitud** (intensidad del color) .



/ e s p i a /

Los espectrogramas II

- Ofrecen información sobre los **formantes**:
 - Los formantes son las frecuencias con mas energía
 - Se ven como bandas horizontales más oscuras





Resumen *(hasta ahora)*

- Teoría Fuente-Filtro:
 - Fuentes en el habla
 - La cavidad bucal como filtro
- Los formantes:
 - Frecuencias armónicas que son amplificadas por el filtro.
 - Se pueden observar en los espectros y espectrogramas

-
- **Ejercicio práctico** *(handout formantes)*