

Departamento de Computación, FCEyN, UBA

Procesamiento del Habla

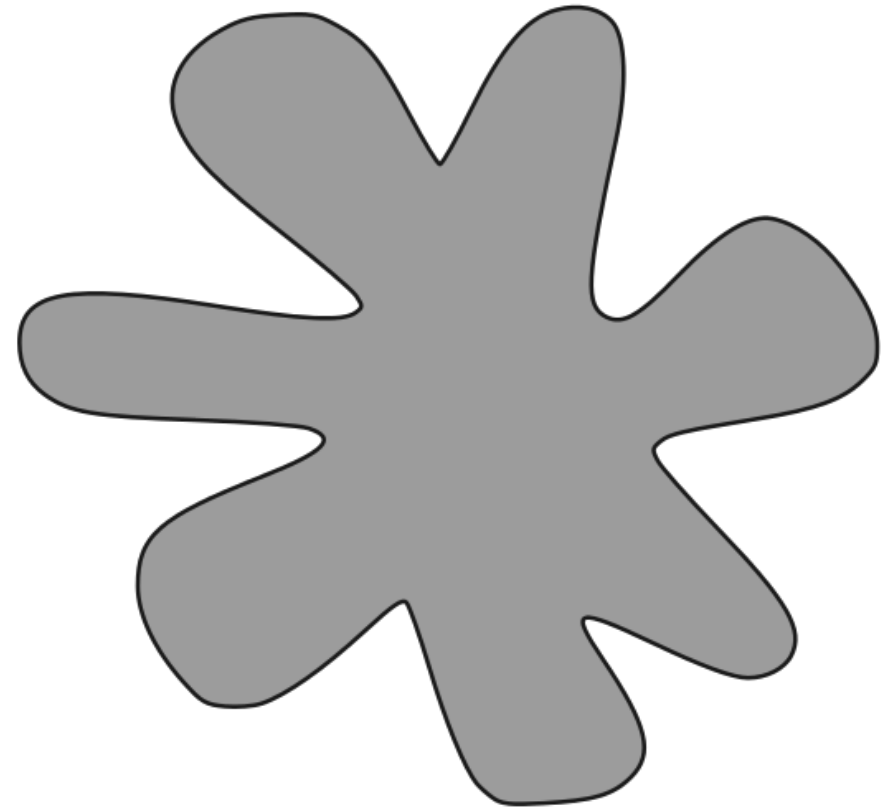
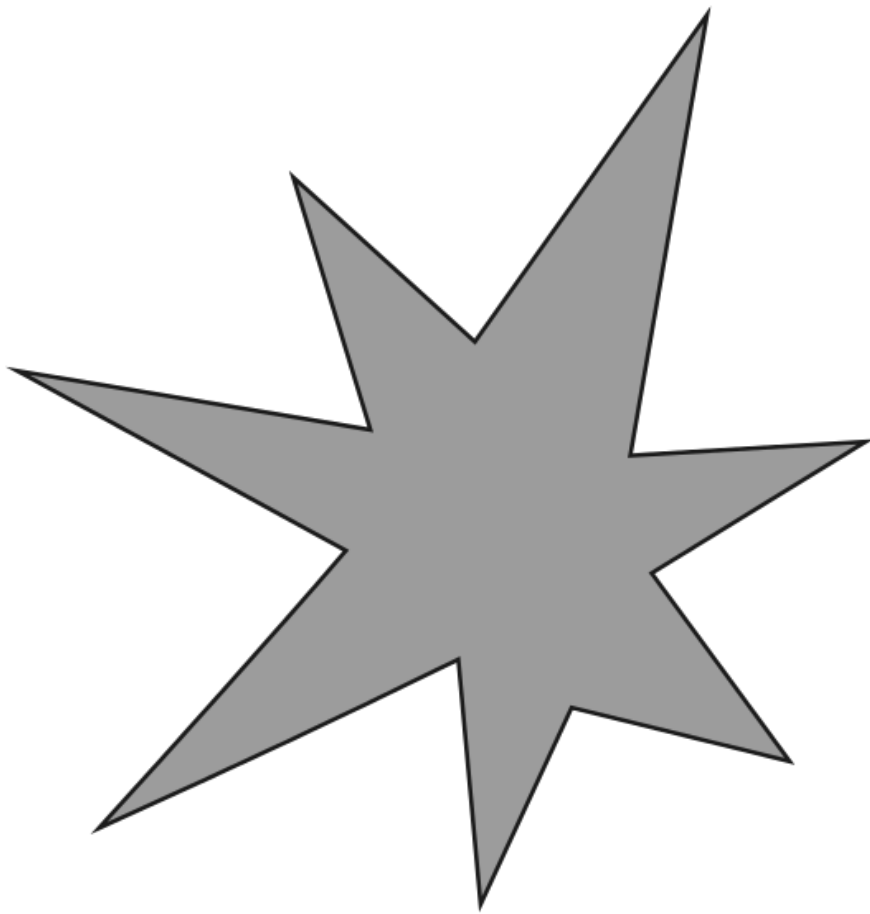
Agustín Gravano

1er Cuatrimestre 2017

Fonética y Fonología

Los sonidos del lenguaje





¿De estas figuras, cuál se llama Buba y cuál Kiki?

Los sonidos del lenguaje

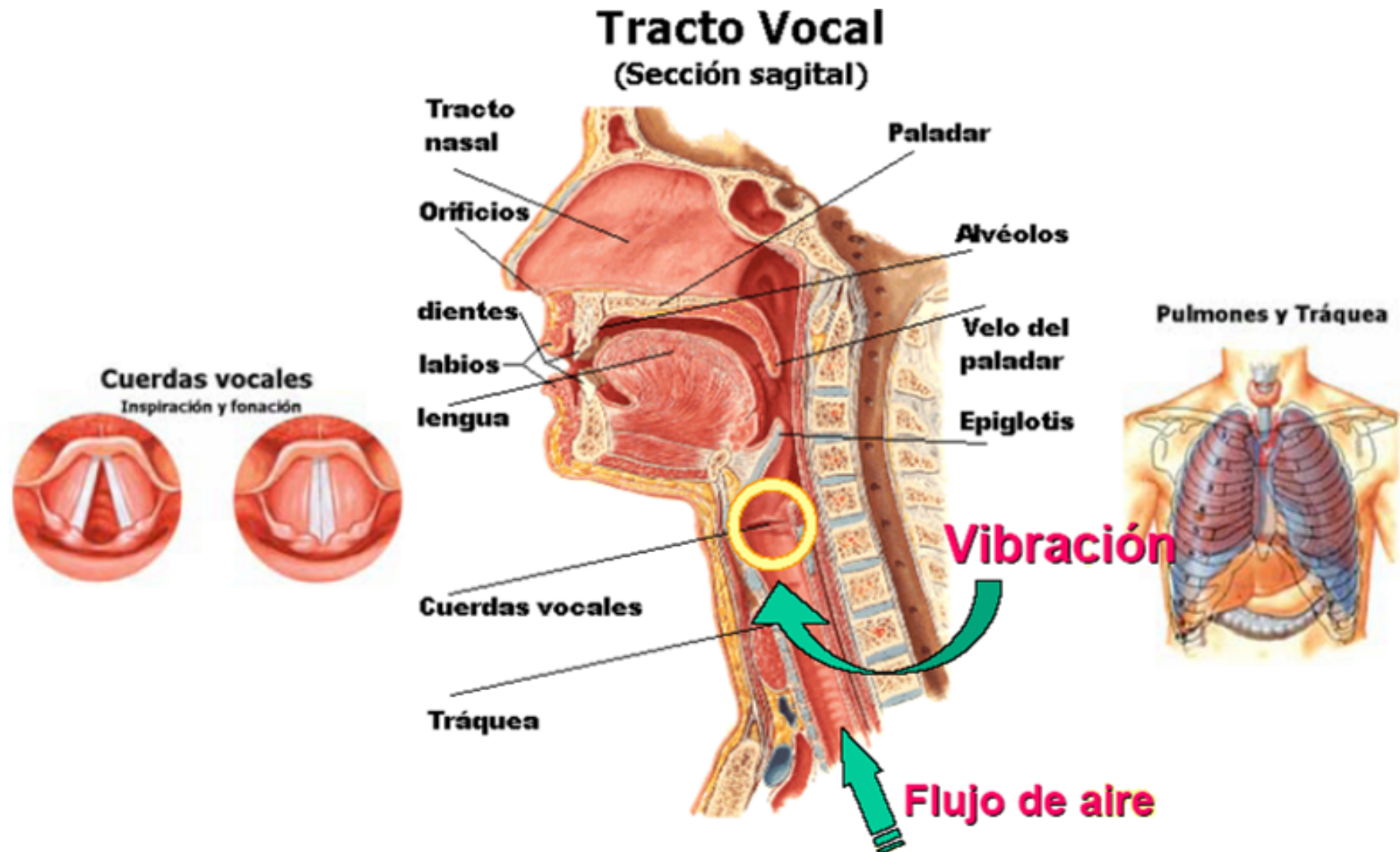
- ¿Quién estudia los sonidos del habla?
 - Lingüistas (fonólogos), fonoaudiólogos, lexicógrafos, cantantes, maestros de idiomas.

ɪ	ɪ	ʊ	u	ɪə	eɪ	ɔɪ	ʌ
e	ə	ɜː	ɔː	ʊə	ɔɪ	əʊ	
æ	ʌ	d	ɒ	eə	aɪ	aʊ	
p	b	t	d	tʃ	dʒ	k	g
f	v	θ	ð	s	z	ʃ	ʒ
m	n	ŋ	h	l	r	w	j

- ¿Qué preguntas se hacen?
 - ¿Cuál es el inventario de un idioma X?
 - ¿Cómo se producen los sonidos?
 - ¿Qué sonidos comparten dos idiomas X e Y?
 - ¿Cómo varía la producción de un sonido según el contexto en que se produce?

Fonética articulatoria

¿Cómo se producen los sonidos del habla?



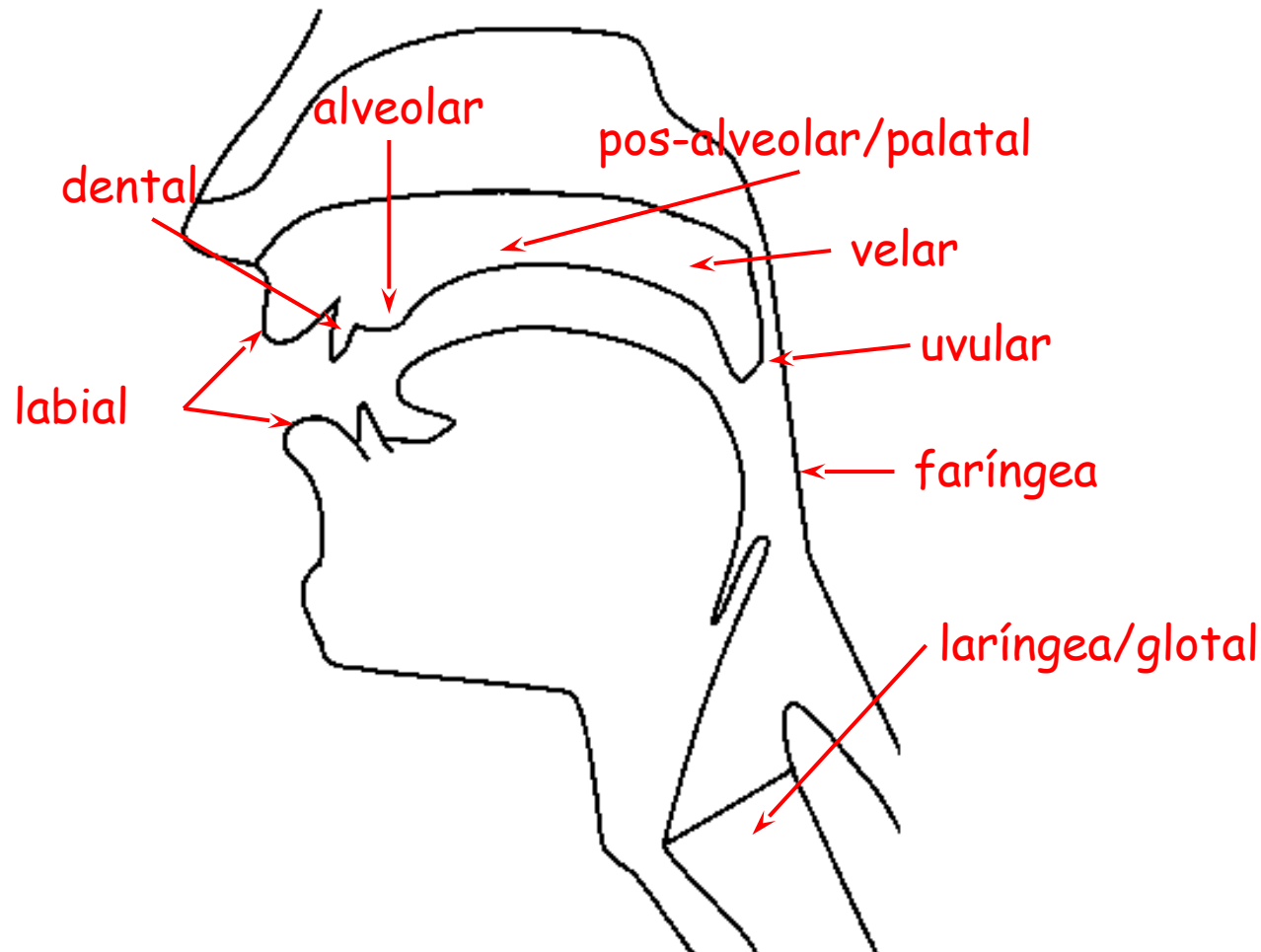
Video: MRI de articulación de sonidos del habla.

Clases de sonidos

- Vocales:
 - Generalmente sonoras, poca restricción o bloqueo del flujo del aire (ej: [a] [e] [i] [o] [u]).
- Consonantes:
 - Restricción o bloqueo del flujo del aire (ej: [s]).
 - Sonoras vs. sordas (ej: [m] vs. [s])
- Semiconsonantes: [j] *hilo*, [w] *cuuándo*.
- Semivocales: *reino*, *causa*.

Consonantes: Punto de articulación

- ¿*Dónde* se restringe el flujo del aire?



Consonantes: Punto de articulación

- Ejemplos en español:
 - **Labial:** bilabial [p] [m]; labiodental [f].
 - **Dental:** [θ] zorro en español peninsular.
 - **Alveolar:** [s], [n], [t], [r].
 - **Palatal:** [ɲ] *ñato*.
 - **Velar:** [ŋ] *hongo*, [k] *casa*, [x] *juez*.
 - **Laríngea:** [h] *hasta*.

Consonantes: Modo de articulación

- ¿**Cómo** se restringe el flujo del aire?
 - **Oclusiva**: Se bloquea el paso del aire y luego se lo libera: [p] [t] [k] [g].
 - **Nasal**: El aire sale por la nariz: [m] [n].
 - **Fricativa**: Se fuerza el aire por un canal angosto, generando una fricción turbulenta: [f] [s].
 - **Africada**: Comienza como una oclusiva, pero termina como una fricativa: [tʃ] *techo*.
 - **Aproximante**: Se restringe poco el flujo del aire, sin bloquear ni producir fricción turbulenta: [l].
 - **Vibrante**: Se hace vibrar la lengua: [r].

Consonantes **sordas** vs. **sonoras**

- ¿Vibran las cuerdas vocales?
 - Sí: consonante **sonora**.
 - Ejemplos: [m] [n] [b] [d] [l] [r] [g] ...
 - No: consonante **sorda**.
 - Ejemplos: [f] [s] [p] [t] [k] [x] [ʃ] [h] ...



the international phonetic alphabet (2005)

consonants (pulmonic)

Consonants (pulmonic)	LABIAL		CORONAL				DORSAL				RADICAL		LARYNGEAL
	Bilabial	Labio-dental	Dental	Alveolar	Palato-alveolar	Retroflex	Alveolo-palatal	Palatal	Velar	Uvular	Pharyngeal	Epi-glottal	Glottal
Nasal	m	ɱ	n			ɳ	ɲ		ŋ	ɴ			
Plosive	p b		t d			ʈ ɖ	c ɟ		k ɡ	q ɢ			
Fricative	ɸ β	f v	θ ð	s z	ʃ ʒ	ʂ ʐ	ɕ ɟ͡	ç ʝ	x ɣ	χ ʁ	ħ ʕ	ħ ʕ	h ɦ
Approximant		ʋ	ɹ			ɻ	j		ɰ				
Tap, flap		ɹ̥	ɾ			ɽ							
Trill	ʙ		r							ʀ		ʀ	
Lateral fricative			ɬ ɮ			ɮ̥	ɬ̺		ɮ̥				
Lateral approximant			l			ɭ	ʎ		L				
Lateral flap			ɭ			ɭ̥							

Where symbols appear in pairs, the one to the right represents a modally voiced consonant, except for murmured ɦ.

Shaded areas denote articulations judged to be impossible. Light grey letters are unofficial extensions of the IPA.

consonants (non-pulmonic)

clicks	implosives	ejectives
ʘ Bilabial fricated Laminal alveolar fricated (“dental”) ! Apical (post)alveolar abrupt (“retroflex”) !! Subapical retroflex ɗ̥ Laminal postalveolar abrupt (“palatal”) Lateral alveolar fricated (“lateral”)	ɓ Bilabial ɗ Dental or alveolar ɗ̥ Retroflex ɟ Palatal ɟ̥ Velar ɠ Uvular	ʼ examples: pʼ Bilabial tʼ Dental or alveolar kʼ Velar tʃʼ Lateral affricate sʼ Alveolar fricative

consonants (co-articulated)

ɱ	Voiceless labialized velar approximant
ɰ	Voiced labialized velar approximant
ɰ̥	Voiced labialized palatal approximant
ħ	Simultaneous x and ʕ (existence disputed)
tʃ̥	Affricates and double articulations
ɡ̥b̥	may be joined by a tie bar

brackets

//morphophonemic//
/phonemic/
[phonetic]
<orthographic>

consonants
(pulmonic)

Consonants (pulmonic)	LABIAL		CORONAL				DORSAL				RADICAL		LARYNGEAL
	Bilabial	Labio-dental	Dental	Alveolar	Palato-alveolar	Retroflex	Alveolo-palatal	Palatal	Velar	Uvular	Pharyngeal	Epi-glottal	Glottal
Nasal	m	ɱ	n				ɲ		ŋ				
Plosive	p b		t d						k g				
Fricative	β	f v	θ ð	s z	ʃ ʒ			j	x ɣ				h
Approximant							j						
Tap, flap			ɾ										
Trill			r										
Lateral fricative													
Lateral approximant			l				ʎ						
Lateral flap													

Where symbols appear in pairs, the one to the right represents a modally voiced consonant.

Shaded areas denote articulations judged to be impossible.

Ejemplos de **posibles** transcripciones fonéticas:

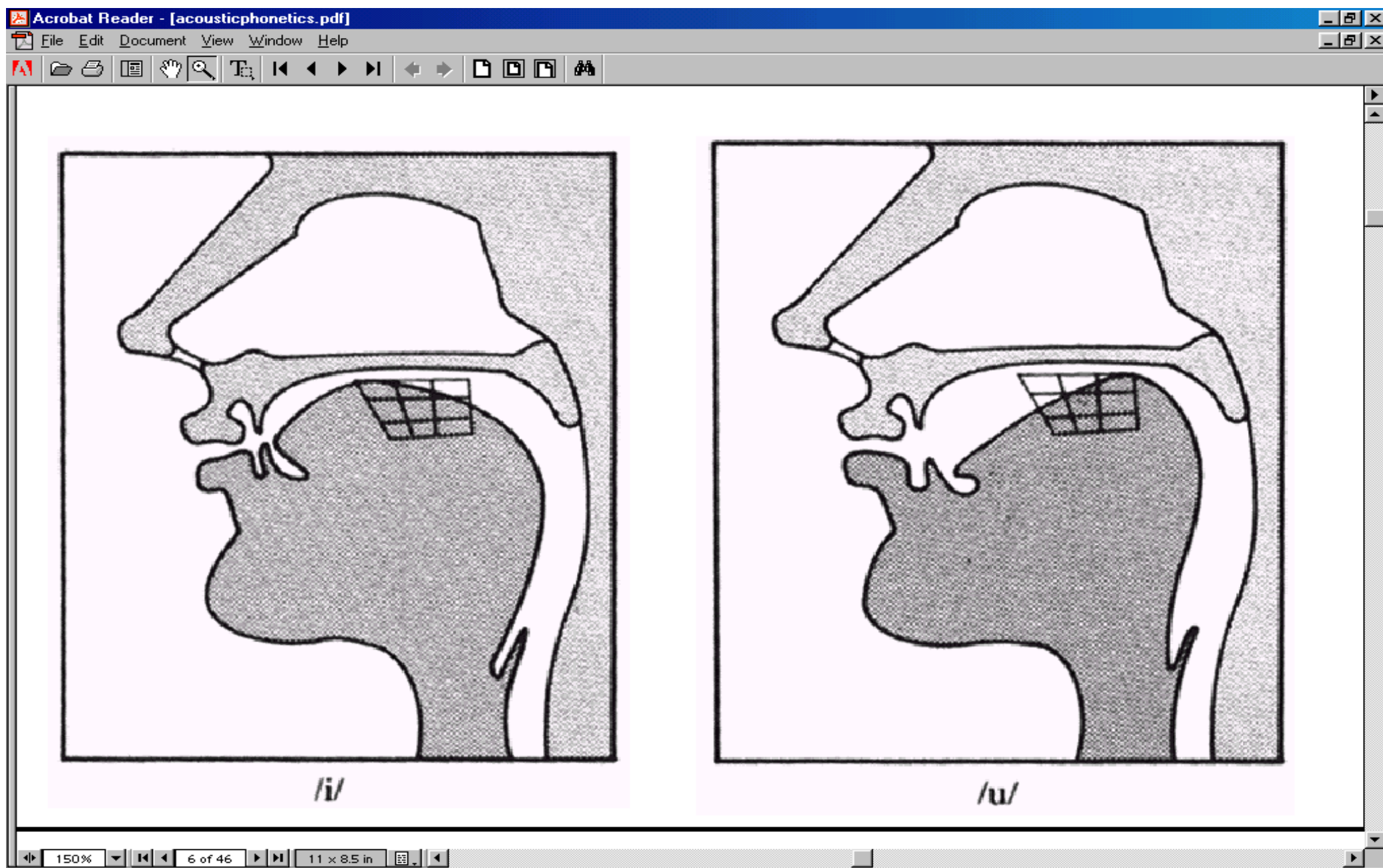
bebé be 'βe
dedo 'de ðo
gagá ga 'ɣa
enfermo eɱ 'fer mo
hongo 'oŋ ɣo
lluvia ʃu βia / 'ʒu βia / 'ju βia / 'ʎu βia

chancho tʃan tʃo
ñoqui 'ɲo ki
zorro 'so ro / 'θo ro
jaque 'xa ke
mosca 'moh ka / 'mos ka
patio 'pa tjo

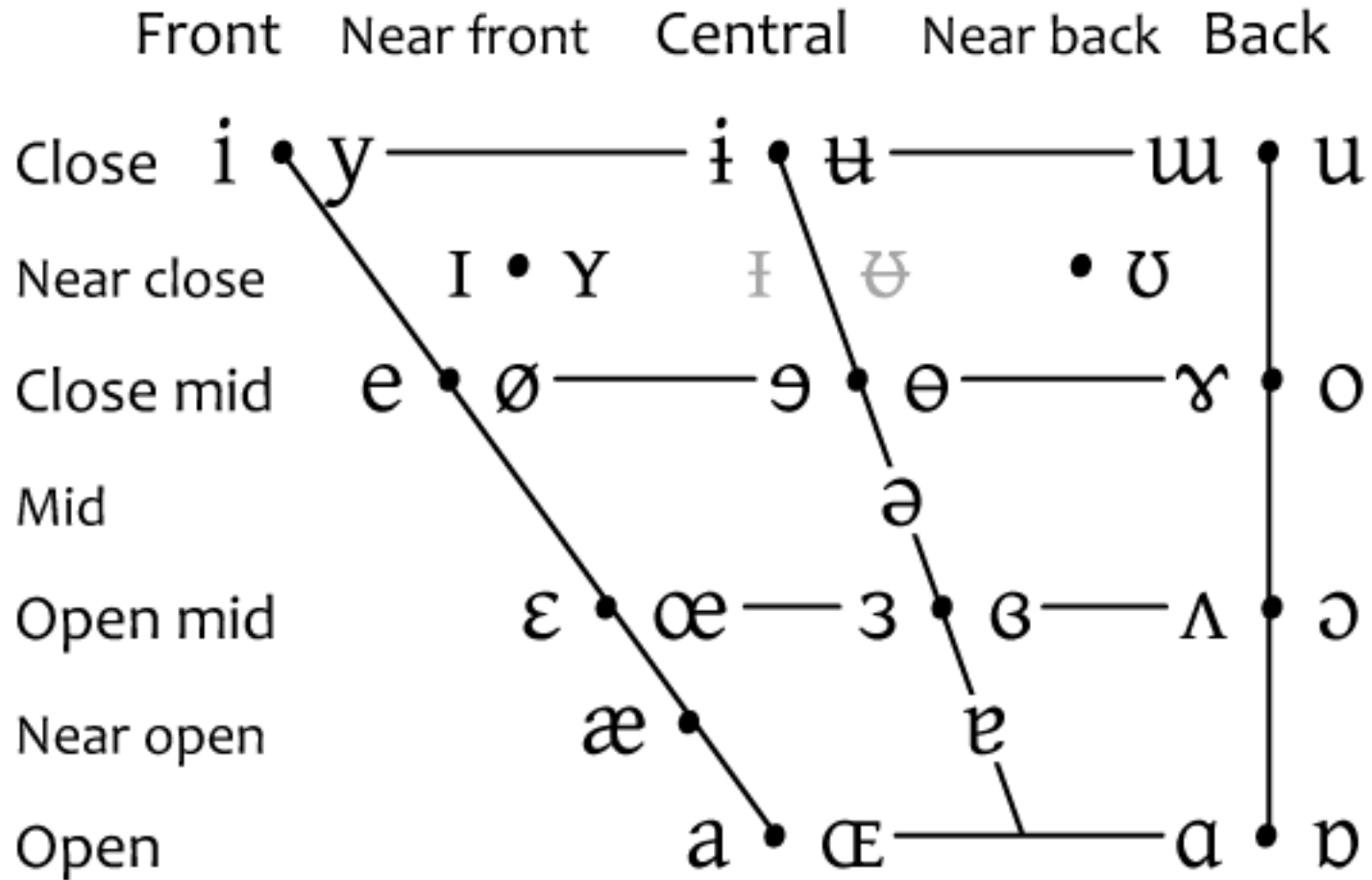
Vocales

- Todas son **sonoras**.
- **Apertura** o **altura**: ¿cuán alta está la lengua?
 - Abierta [a]; medio [e][o]; cerrada [i][u].
- **Localización**: ¿dónde está la parte más alta de la lengua?
 - Anterior [a][e][i]; centro; posterior [o][u].
- ¿Cuán **redondeados** están los labios?
 - Redondeados [o][u]; no redondeados [a][e][i].
- **Secuencias** de sonidos vocálicos.
 - Simple [e] vs. diptongo [ej] vs. Triptongo [uej].
 - Hiato: *caer*, *zoológico*, *período*, *chiíta*.

Vocales: Disposición de la lengua

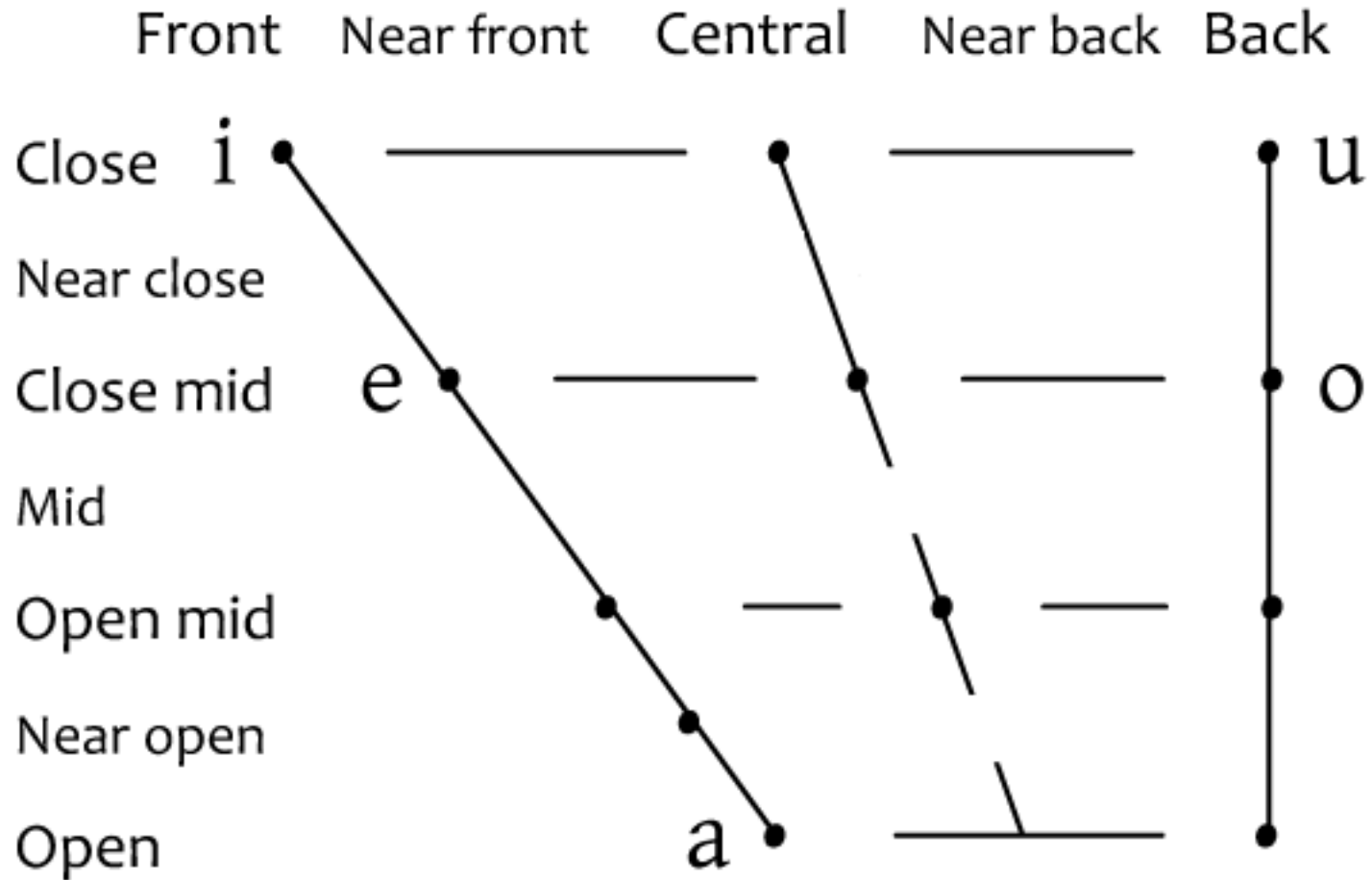


Vocales



Demo: [formant.exe] <http://www.speech.kth.se/wavesurfer/formant/>

IPA para el español: Vocales



¿Cómo se pronuncia “Nevada” en inglés? :-)

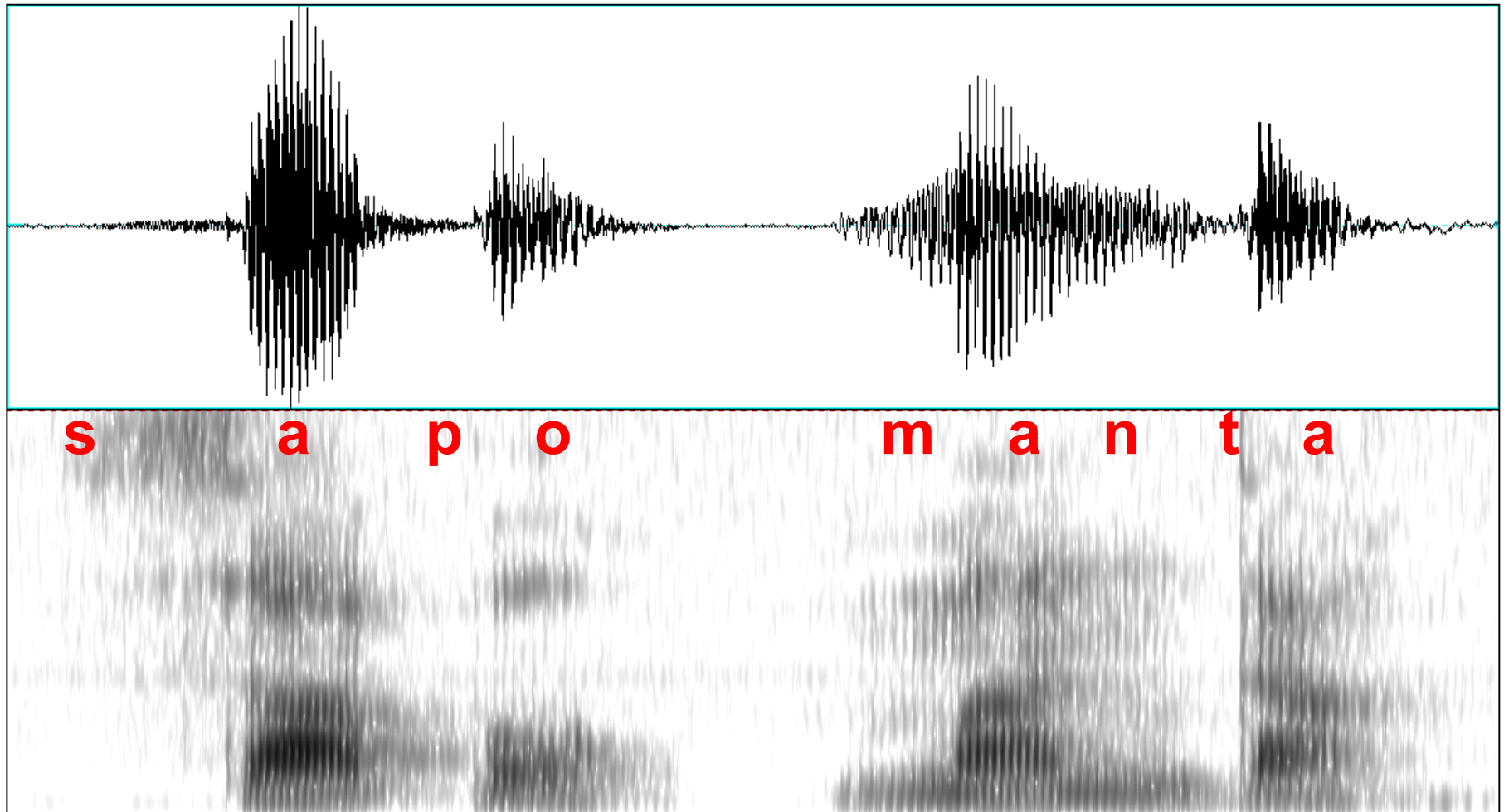
Fonos y fonemas

- *sopa* vs. *desde* vs. *mosca* vs. “*es* uno”

Diferentes formas de pronunciar la “s”.

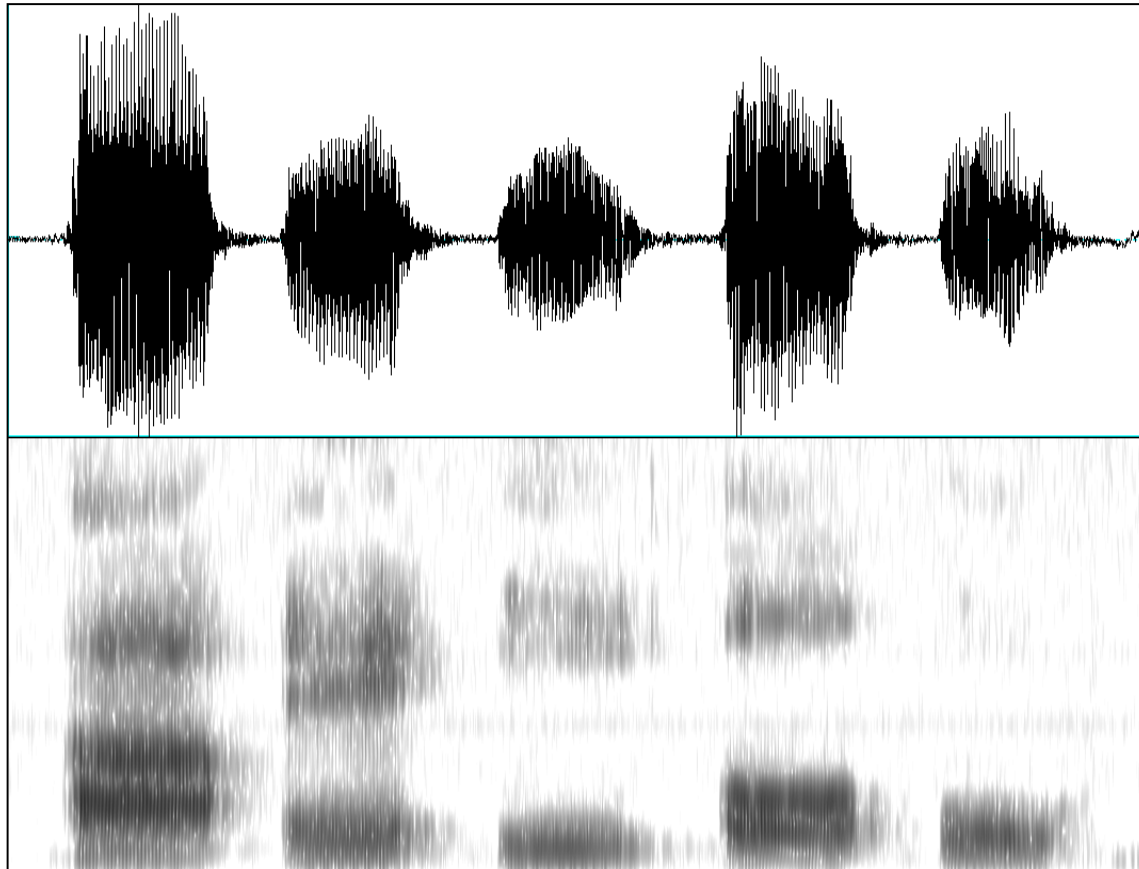
- **Fonos**: Sonidos de un idioma. Not.: [·]
- **Fonemas**: Clases de sonidos que permiten distinguir palabras de un idioma. Not.: /·/
- Dos fonos distintos en la misma clase son **alófonos** entre sí.
- Ejemplos en español:
 - *desde*, *sopa*, *mosca*: varios fonos [h], [s], [x] para el fonema /s/.
 - *nada*, *enfermo*: fonos [n], [ɲ]; fonema /n/.
 - *gol* vs. *agua*: fonos [g], [ɣ]; fonema /g/.
 - [d] y [ð] son alófonos del fonema /d/ (*dado*).
En **inglés**, /d/ y /ð/ son dos fonemas (*dose* vs. *those*).
 - /p/ y /b/ son fonemas (*peso* vs. *beso*).
En **chino mandarín**, [p] y [b] son alófonos del mismo fonema.

Fonos en acción



Formantes

- Picos de intensidad en el espectro de un sonido.
- Aparecen en un espectrograma como bandas negras aproximadamente horizontales.

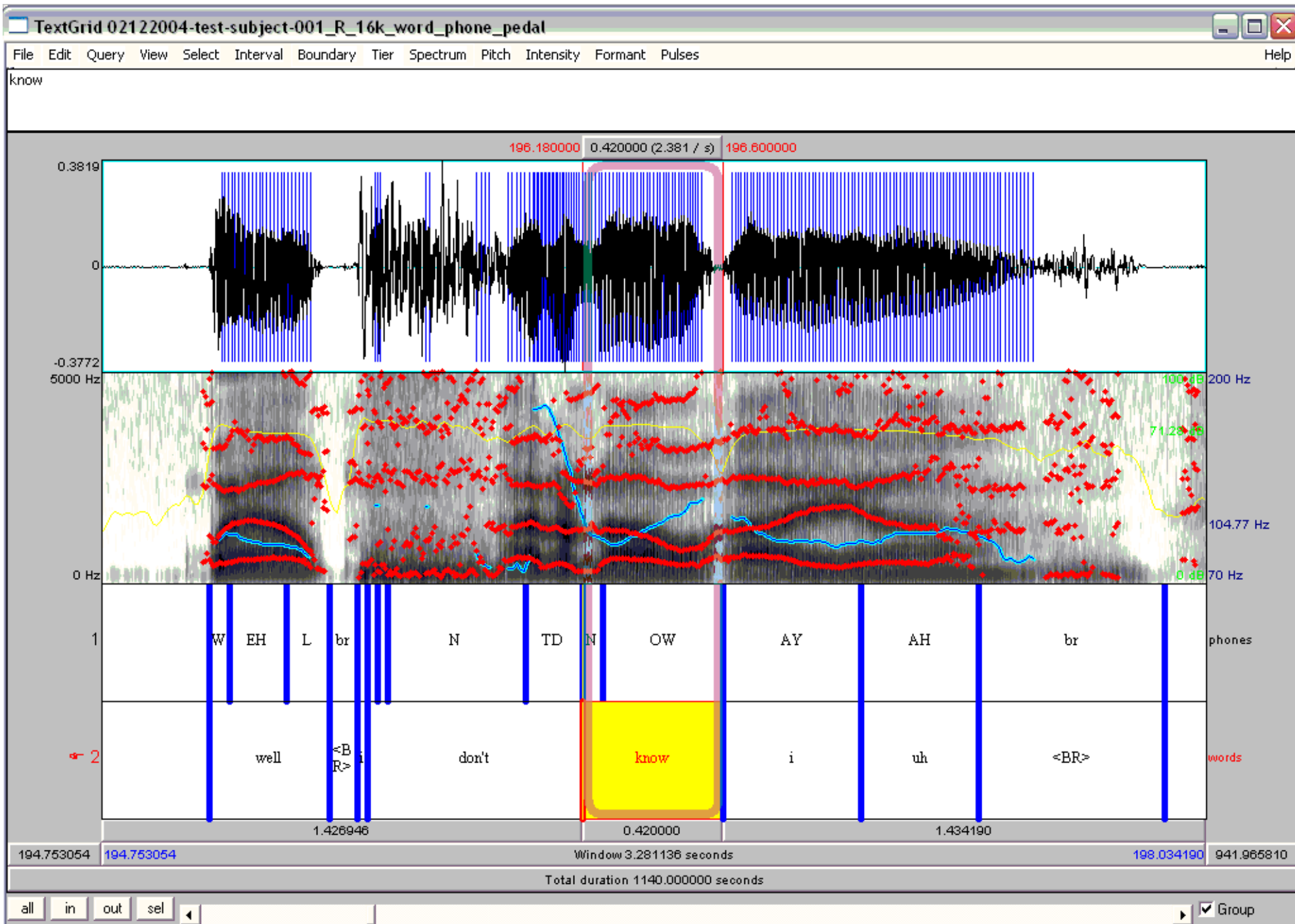


Fenómenos fonéticos importantes

- **Reducción** (o hipoarticulación): acortamiento de los sonidos, por ejemplo por hablar rápido.
- **Eliminación** (consistente) de fonemas: *fósforo*.
- **Hiperarticulación**: pronunciación muy marcada (exagerada) de cada sonido.
- **Co-articulación**: Coordinación de movimientos articulatorios para la realización de un sonido.
 - Ejemplo: en *pa*, la lengua adopta la posición articulatoria de [a] mientras se está articulando [p].
- **Asimilación**: La pronunciación de una sílaba se acomoda a la de una vecina: *hongo, desde*.

Herramientas de Análisis: Praat

- <http://www.praat.org>
- Creado por Paul Boersma y David Weenink, del Instituto de Ciencias Fonéticas de la Universidad de Amsterdam.
- Herramienta de procesamiento del habla con fines generales.
 - Edición, segmentación, rotulado, manipulación de prosodia, batch scripting, y más.
- Mucha documentación online. Buscar “tutorial praat”.



Praat

- **Pros:** Diseñado para análisis del habla; GUI completa; scripting; batch processing; desarrollo activo; manipulación prosódica; comunidad online (scripts, foros); todas las plataformas; instalación trivial.
- **Contras**
 - GUI no standard y poco intuitiva; lenguaje de scripting primitivo; formato nativo de archivos.
 - Algunos problemas técnicos, sobre todo en Linux...
 - Si no funciona el audio:
 - Probar “`padsp praat`” o “`pasuspender -- praat`”
 - Usar la última versión disponible.
 - Opción de último recurso: “`wine Praat.exe`”

Administración de archivos

- **New**: crear y grabar nuevos sonidos.
- **Open/Save**: lectura y escritura de disco.
 - Archivos de audio *Sound* (en memoria) y *Long Sound* (en disco).
 - Archivos de otros tipos: e.g. *TextGrid*.

- **Ejercicio 1:**

Crear un sonido nuevo a partir de una fórmula (New → Sound → Create Sound from formula); escribirlo en el disco; borrarlo de la lista de objetos; y volver a leerlo.

- $0.5 * \sin(2 * \pi * 100 * x)$
- $0.5 * (\sin(2 * \pi * 100 * x) + \sin(2 * \pi * 200 * x))$
- $\text{randomGauss}(0, 0.1)$
- $0.5 * \sin(2 * \pi * 100 * x) + \text{randomGauss}(0, 0.1)$

Opciones de edición en la ventana de objetos (*objects window*)

Ejercicio 2:

- Abrir el archivo [tarzan.wav](#)
- Escucharlo.
- Analizar el espectrograma.
- Crear una copia del objeto “Sound tarzan” con “Copy...”.
- Invertir la copia con Modify → Reverse.
- Escuchar el resultado.

Frecuencia de muestreo

Ejercicio 3:

- Abrir el archivo [sf16k.wav](#)
 - Secuencia de fonos [s] y [f], grabado a 16 kHz, 16 bits.
 - Query → Query time sampling → Get sampling frequency
- Bajarle la frecuencia
 - Convert → Resample... 8000 Hz y 16 bits.
- Escuchar y comparar los espectrogramas.

Opciones de edición en la ventana de objetos (*objects window*)

- Elegir un objeto de tipo *Sound*, click *Edit*.
- *Spectrum*
 - *Show spectrogram; View spectral slice.*
- *Pitch*
 - *Show pitch; Pitch settings; Pitch listing; Get pitch.*
- *Intensity*
 - *Show intensity; Settings; Listing; Get intensity.*
- *Formant*
 - *Show formants.*
- **Ejercicio 4:** Abrir el archivo [aeiou-apellido.wav](#) que grabaron.
Si no lo trajeron :-(usar el archivo [aeiou.wav](#) provisto.
Ver cómo difieren los espectrogramas de las vocales.
Prestar especial atención a los **formantes**.

Fonos en acción

Ejercicio 5:

- Abrir “*lamparita.wav*” y ver el espectrograma.
 - “*Subí un peldaño más y alcanzá la lamparita.*”
- Identificar **sonidos periódicos y aperiódicos**.
 - Ondas periódicas complejas, ruido blanco y transitorios.
 - Analizar el cálculo del pitch track sobre cada sonido.
- Construir un nuevo wav que diga:
 - “*Alcanzá uno más y subí la lámpara.*”
 - Funciones varias:
 - Seleccionar segmentos con mouse y/o con SHIFT.
 - Cortar y pegar segmentos con *Edit > Cut* y *Edit > Paste*.
 - Usar *File > “Extract selected sound (time from 0)”* para crear un objeto en Praat Objects (ventana principal).
 - En Praat Objects, seleccionar 2+ segmentos y concatenar con *Combine > Concatenate*.
 - ¡No olvidar guardar el wav nuevo!

Más ejercicios

- Grabar los diptongos /ai/, /au/, /ia/, /ua/, /ui/, /iu/ y con los triptongos /uai/, /uei/.
- Grabar diferentes clases de consonantes (modo de articulación; sonora vs. muda) con el mismo contexto vocálico: /aba/, /aka/, /ata/, /ama/, /asa/, /afa/, etc.
- Comparar los espectrogramas.
- Hacer los Ejercicios de fonética y fonología (con soluciones).
 - [ejercicios-fonetica.pdf](#)

Anotación de audio en Praat. Formato TextGrid

- Seleccionar un objeto *Sound* en la lista.
- *Annotate* → *To TextGrid...* (Point vs. interval tiers)
- Crear un **TextGrid** con dos capas: una de **puntos** y otra de **intervalos** (usar cualquier nombre para identificarlas).
- Seleccionar objetos *Sound* y *TextGrid*; *View & Edit*.
- Agregar etiquetas de tipos punto e intervalo.
 - Punto: click en un círculo para agregar.
 - Intervalo: click en un círculo para definir un extremo.
 - Una vez seleccionada la etiqueta, tipear un texto.
- No olvidar guardar antes de cerrar Praat.
- Archivos de ejemplo: [difonos-ai.{wav,TextGrid}](#)

Fonética y Fonología – Resumen

- **Fonética:** Estudia los sonidos del habla.
 - Representaciones: Ortografía, IPA, ARPABET.
 - Fonética articulatoria:
 - Cómo se producen los sonidos.
 - Clases de sonidos: según punto y modo de articulación.
- **Fonología:** Función de los sonidos en el lenguaje.
 - **Fonemas** (ej: /s/) vs. **fonos** (ej: [s] en *sopa*, [h] en *desde*).