



¿Cómo oímos?

Una revisión de la anatomía fisiología del receptor
auditivo

Enrique A. Lopez-Poveda

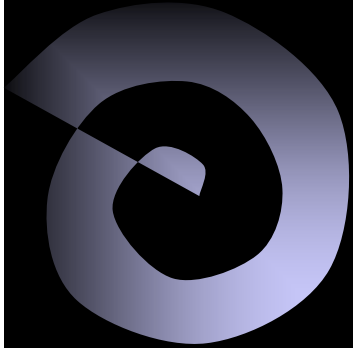
Instituto de Neurociencias de Castilla y León

Universidad de Salamanca



Objetivos del seminario

1. Inducir a la reflexión sobre el problema de la audición.
2. Exponer los aspectos más relevantes de la fisiología y la función del receptor auditivo.
3. Analizar cómo se codifican los sonidos en la respuesta del nervio auditivo.



Oir y escuchar; Ver y mirar

EYSOTOY

BMIAELN

EYSOTOY

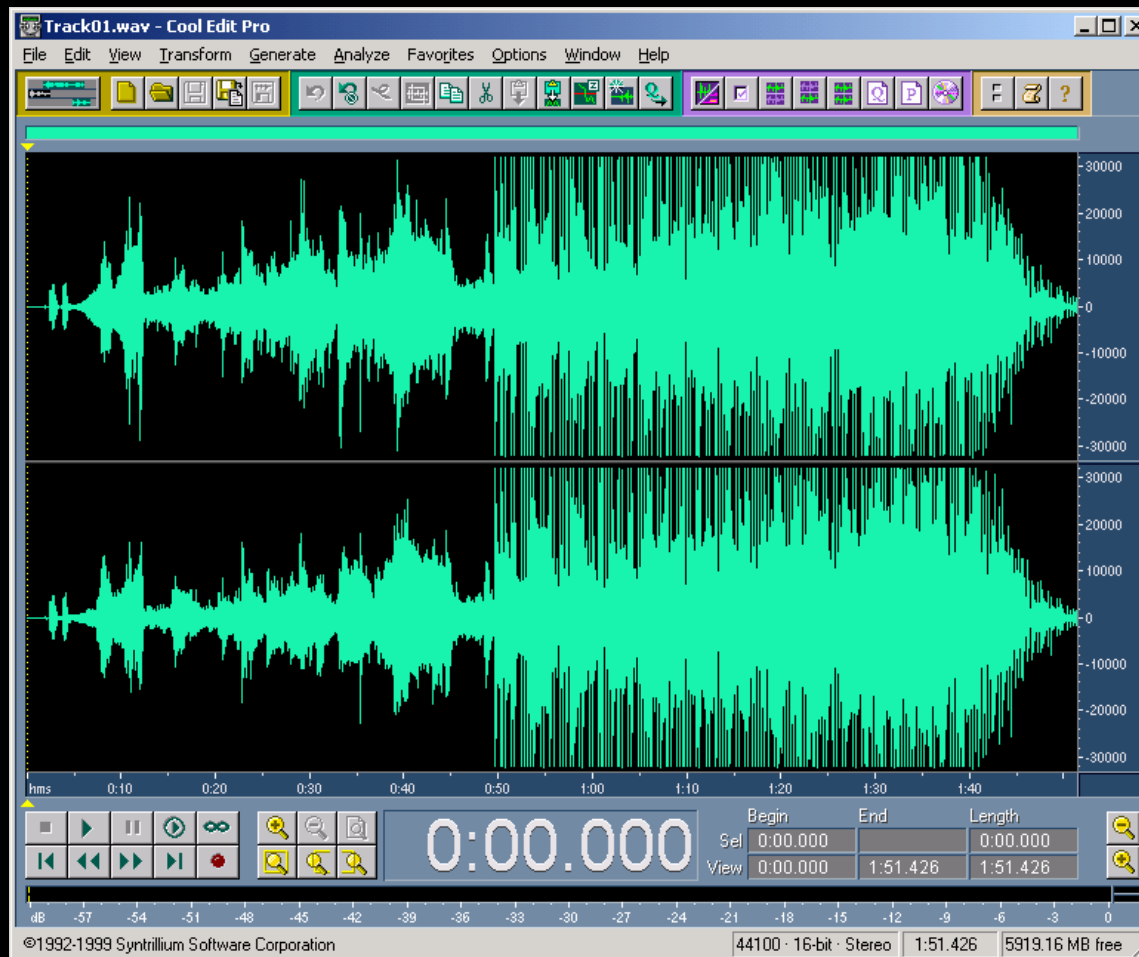
BMIAELN

E S TOY
Y O

B I E N
M A L



Un ejemplo



Piano & I
Alicia Keys, 2002
Songs in A minor



La escena auditiva (según Bregman, 1990)



El silencio...

El sonido...





El problema de la audición

- ¿Cuántos sonidos?
- ¿Qué sonidos?
- ¿Dónde están?
- ¿Cómo se puede atender selectivamente a uno de ellos?
- ¿Por qué se agrupan algunos y otros no?
- ¿Por qué se enmascaran entre sí?
- ...

¿Cantidad de información?
¿Calidad de la información?



La cantidad de información

- Un sonido se “oye” cuando su energía es suficiente para evocar una respuesta neuronal.
- Es el problema que se analiza habitualmente desde el punto de vista clínico.

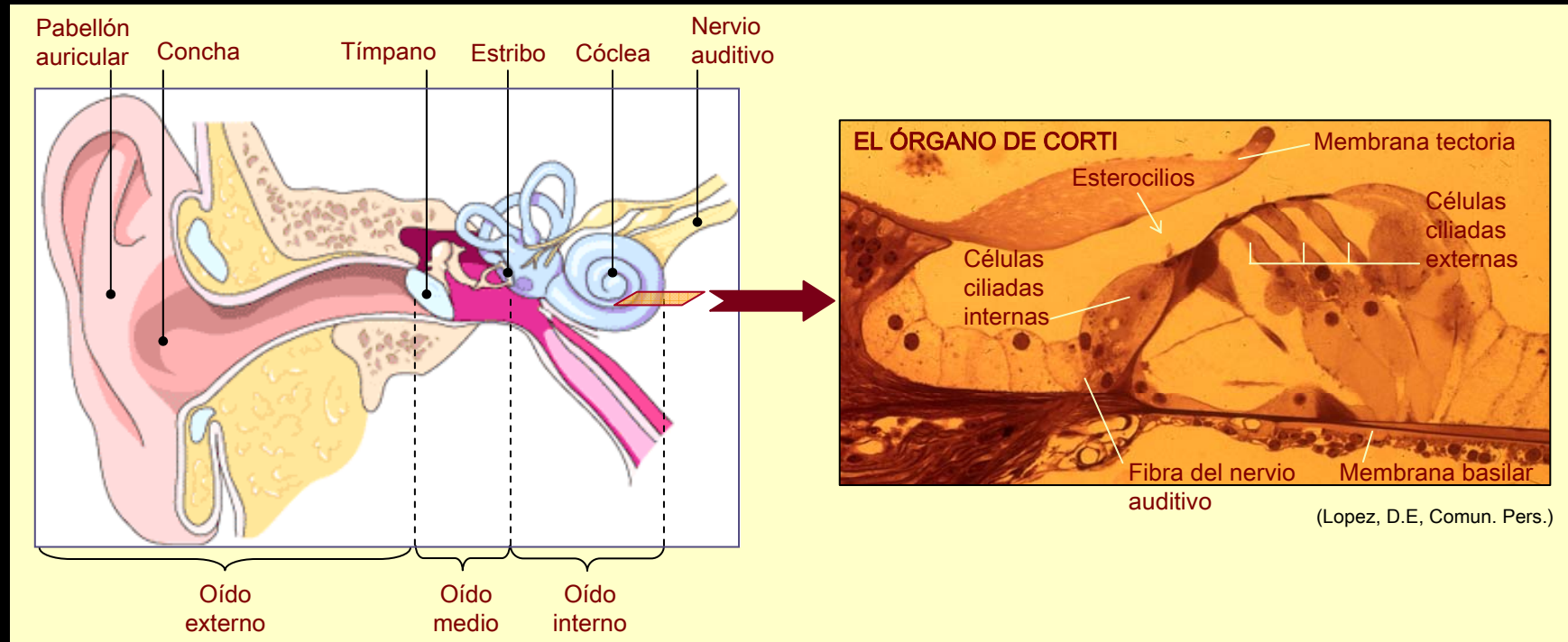


La calidad de la información

- Es habitual ignorar su importancia.
- El criterio es difícil de definir por diversas razones:
 - Todavía se desconocen muchos aspectos del funcionamiento del sistema auditivo.
 - Puede variar de unas personas a otras.
- Aun así, intentaremos precisar en este seminario.
- Nos centraremos en la audición monaural.

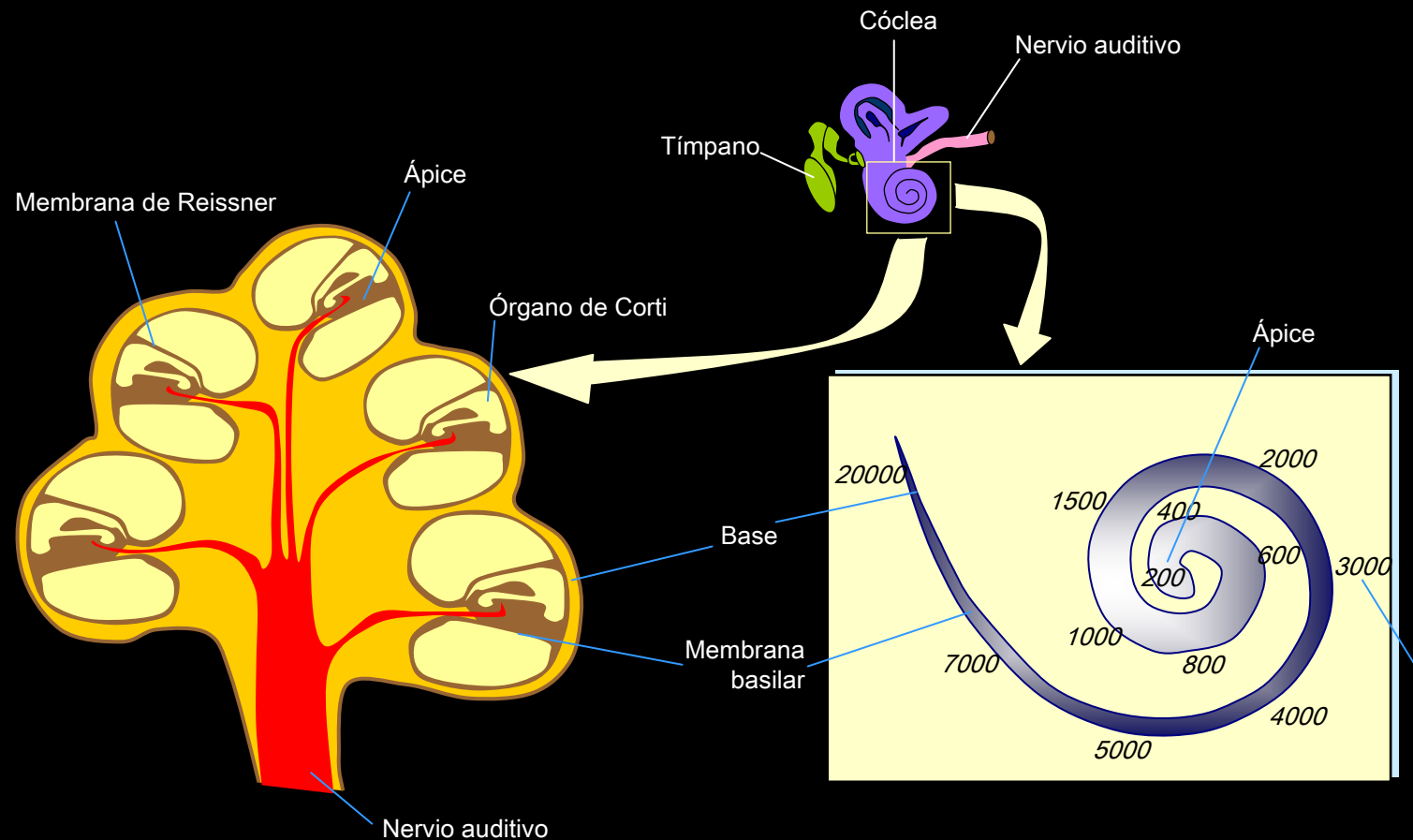


Anatomía del sistema receptor auditivo





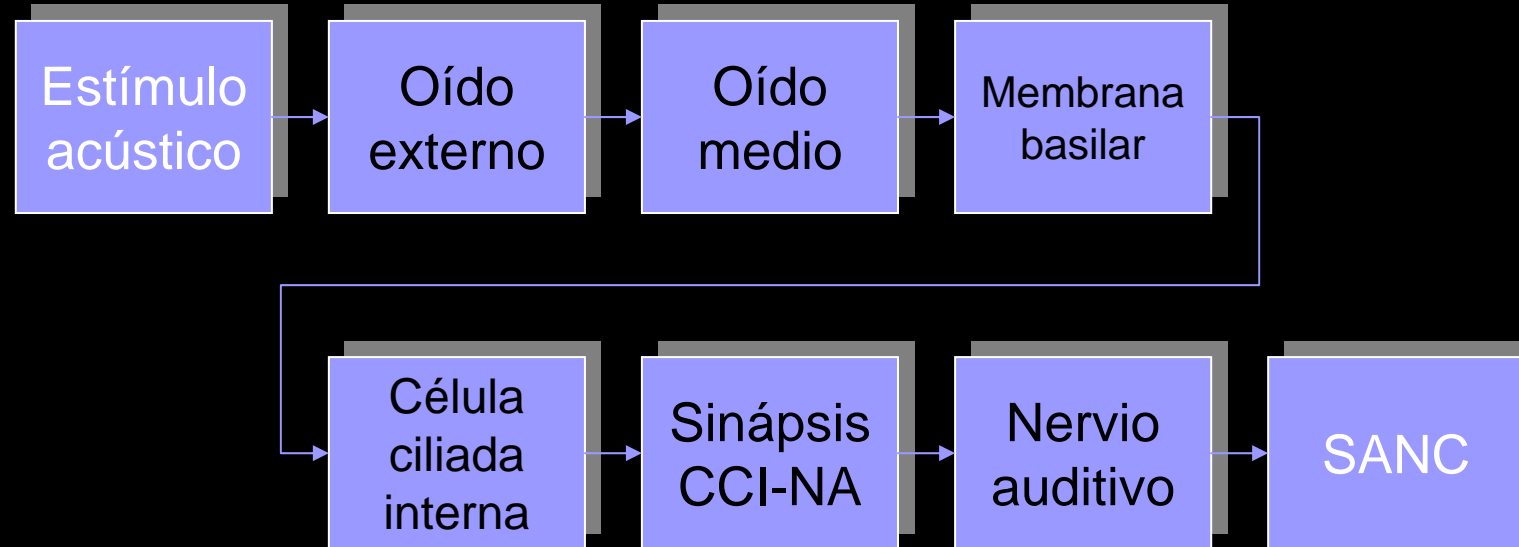
La membrana basilar

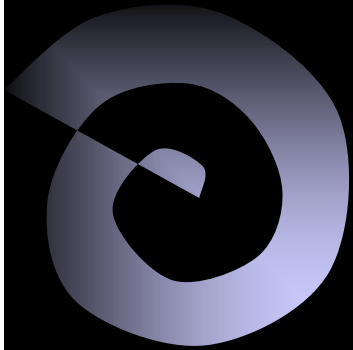




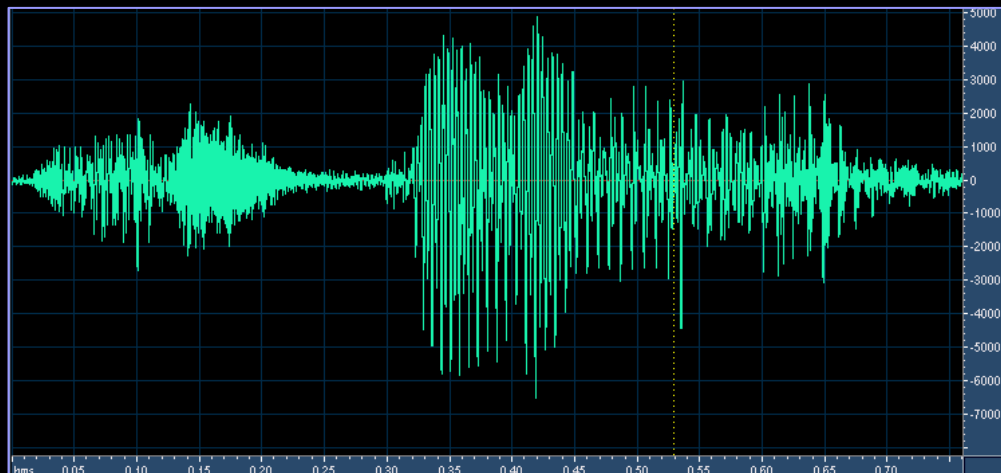
La transducción acústico-neuronal

Toda la información que necesita el cerebro para resolver el problema procede del nervio auditivo. La **calidad** de esa información es importante.

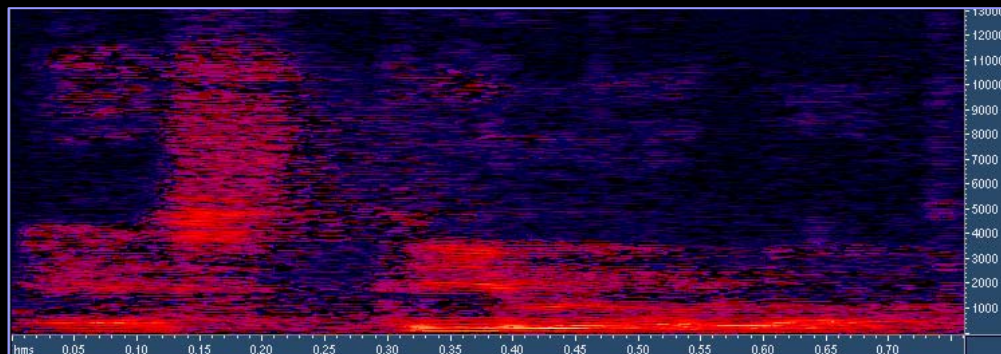




El estímulo



Forma de onda
temporal

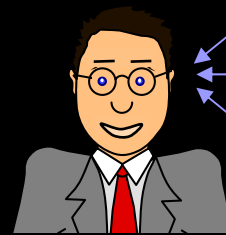


Espectro de
frecuencias



El oído externo

- Actúa como un filtro lineal: amplifica ciertas frecuencias y atenúa otras.
- La forma del filtro depende de la posición de la fuente de sonido.



+40°

0°

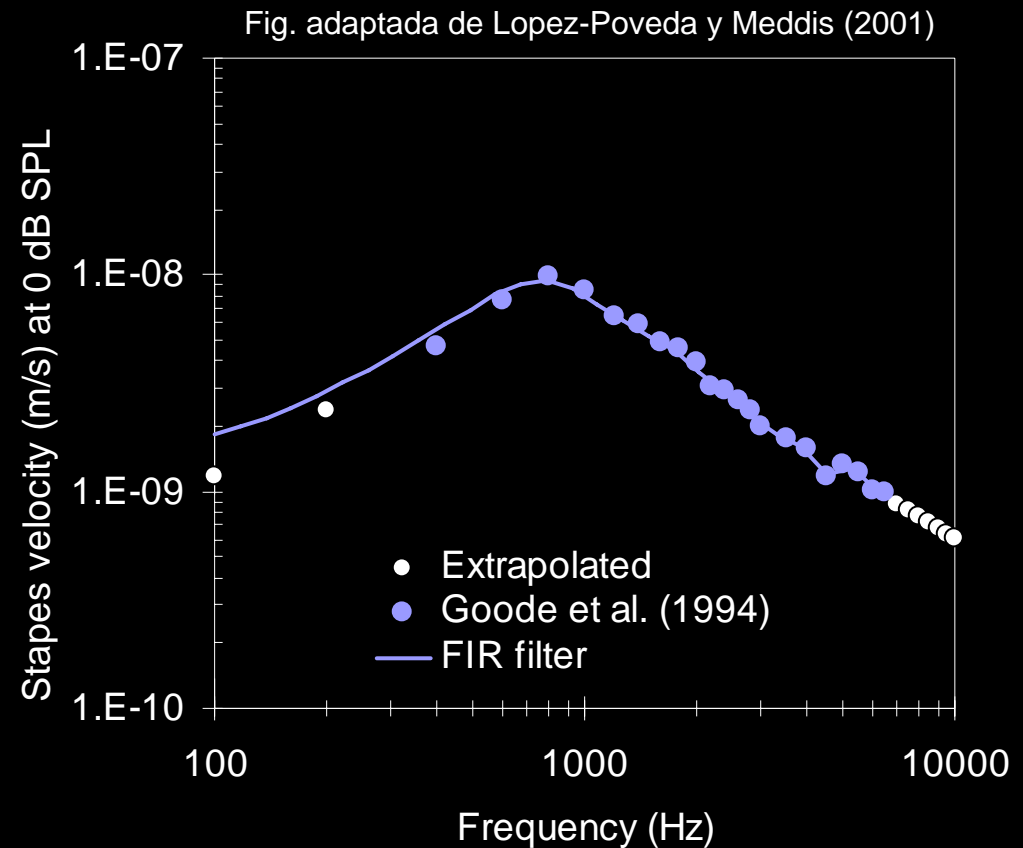
-40°





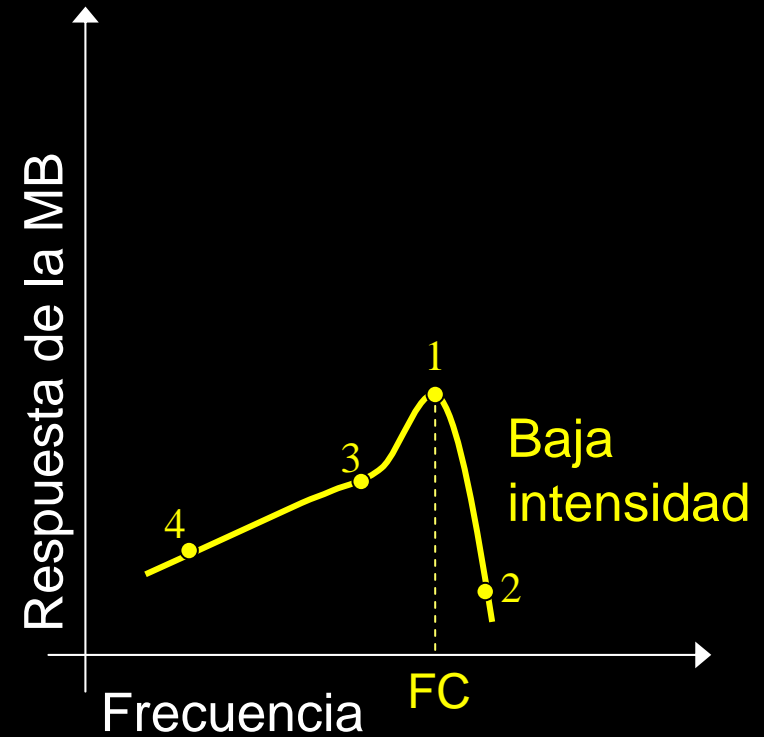
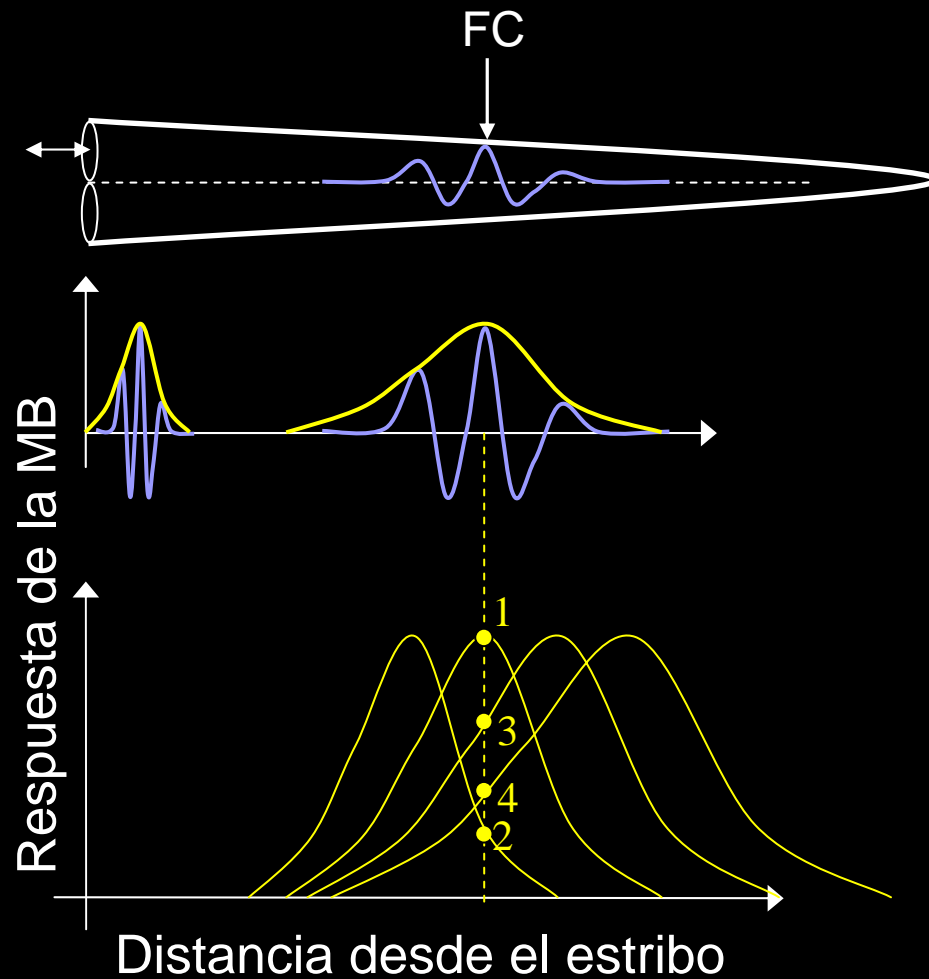
El oído medio

- Transforma las ondas de presión en oscilaciones del estribo.
- Actúa como un filtro lineal.



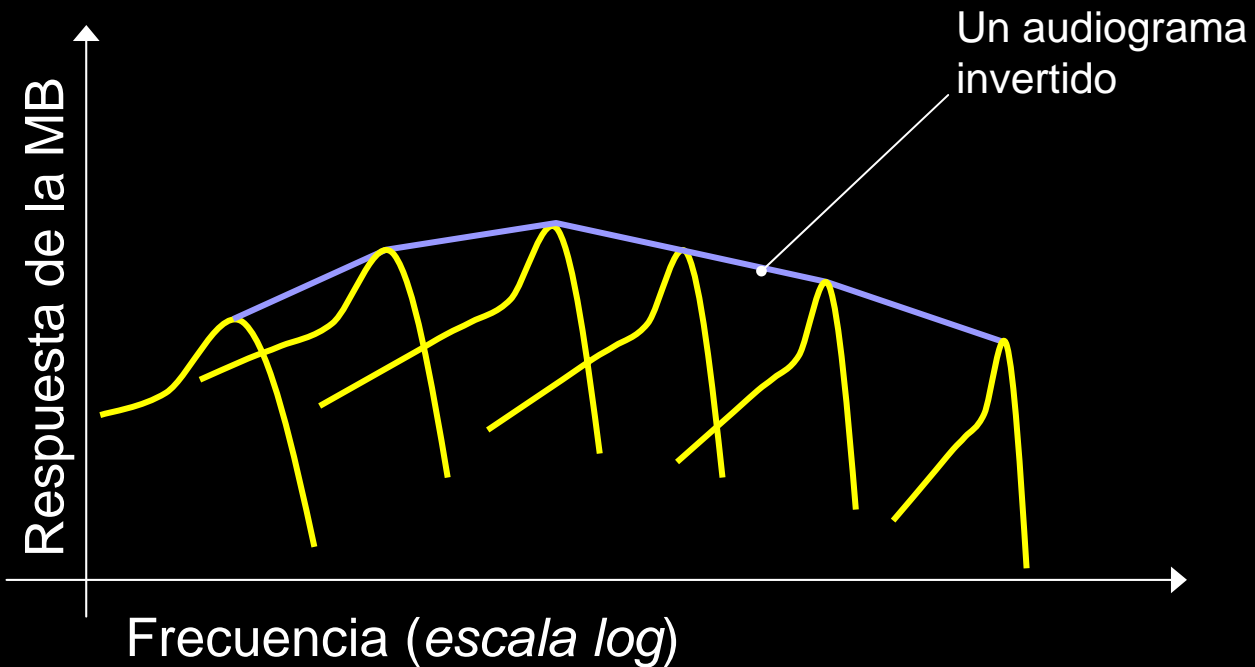
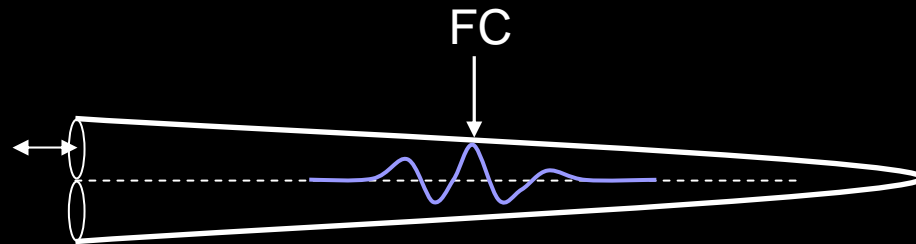


El oído interno: Análisis espectral (von Békésy, 1960)



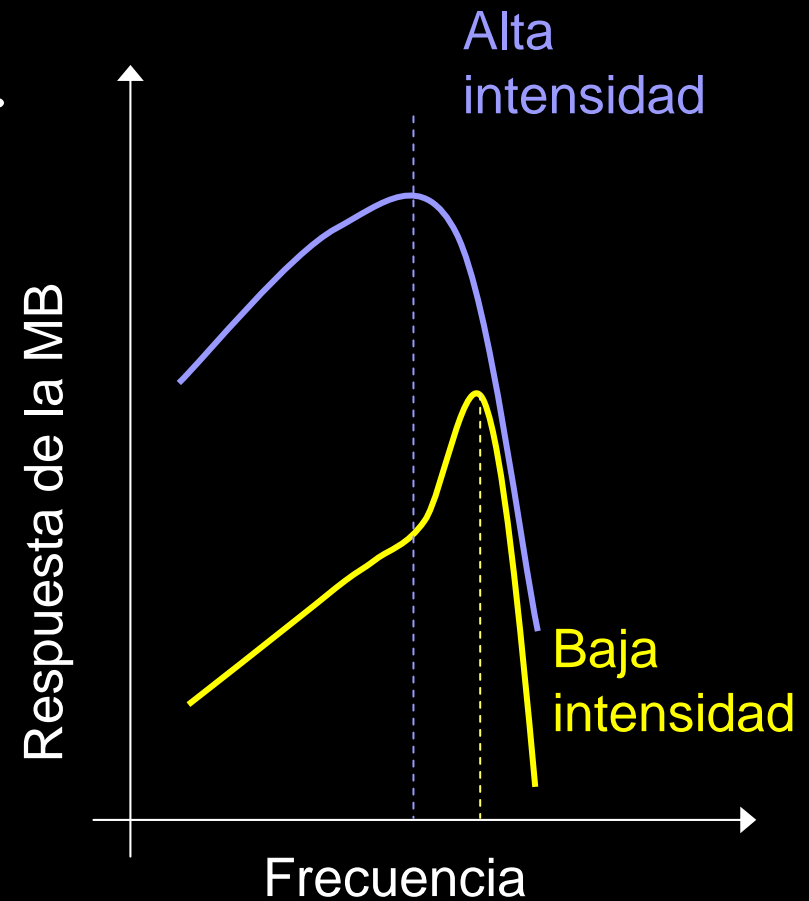
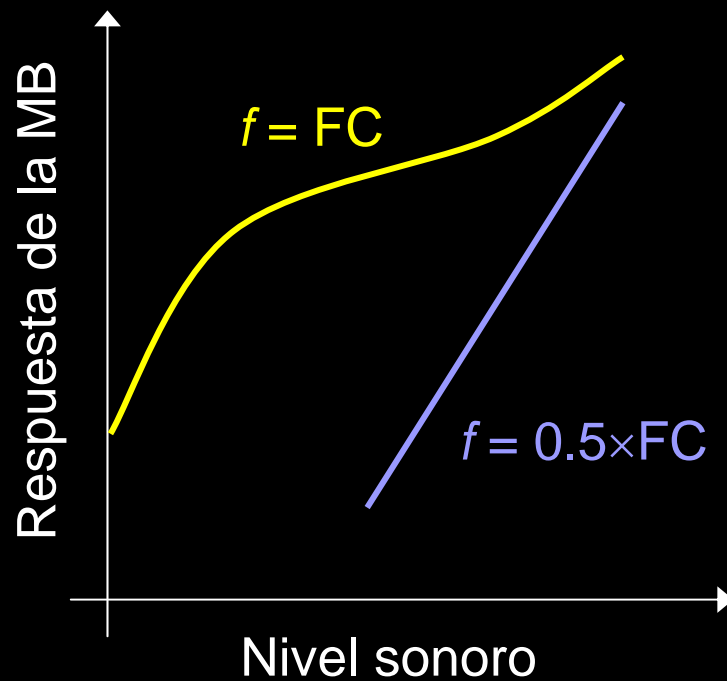
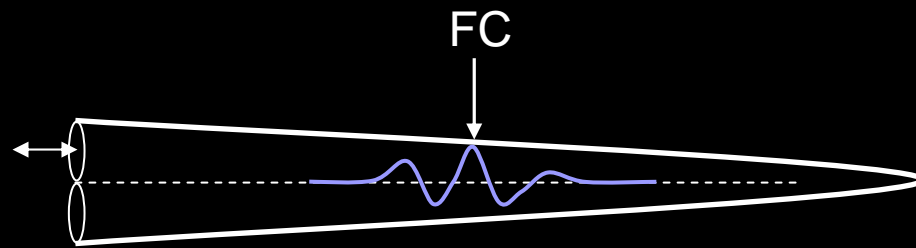


El banco de filtros de la membrana basilar





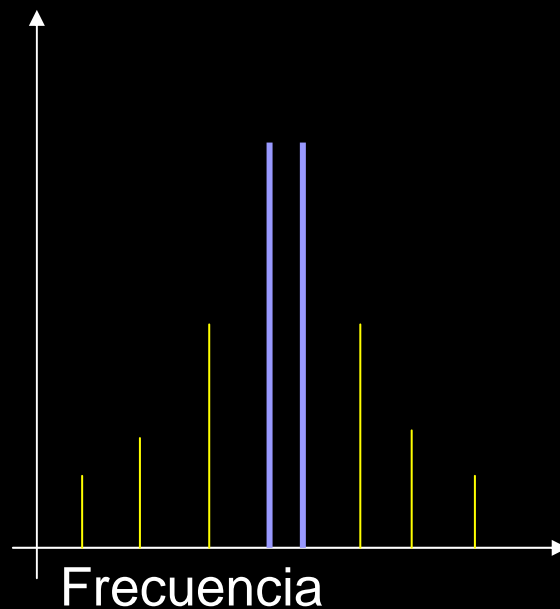
La no linealidad (Rhode, 1972)



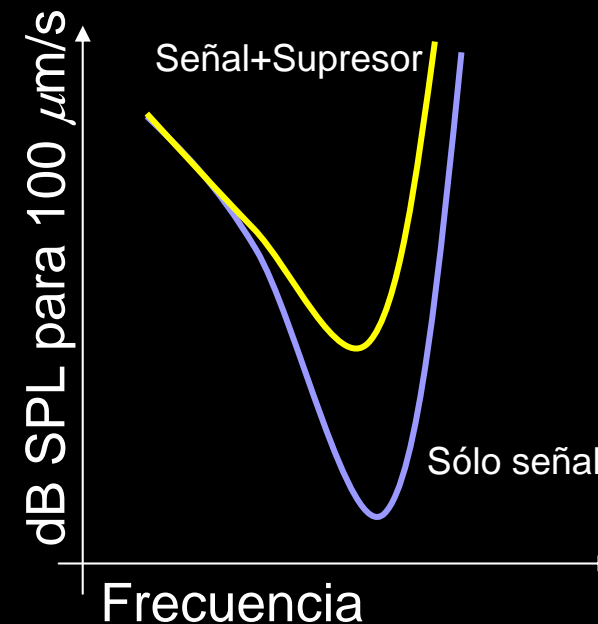


Distorsión y supresión en la cóclea

Distorsión



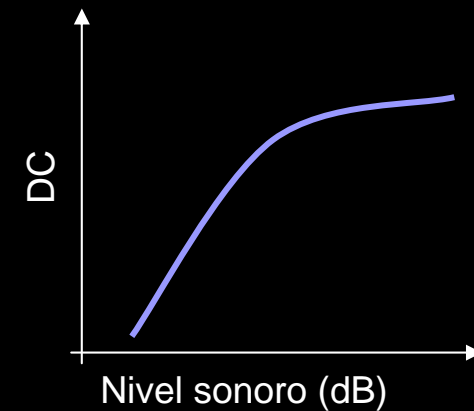
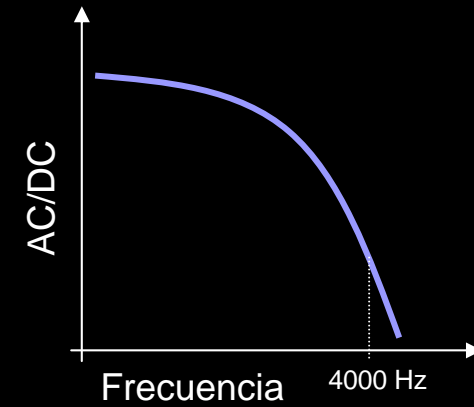
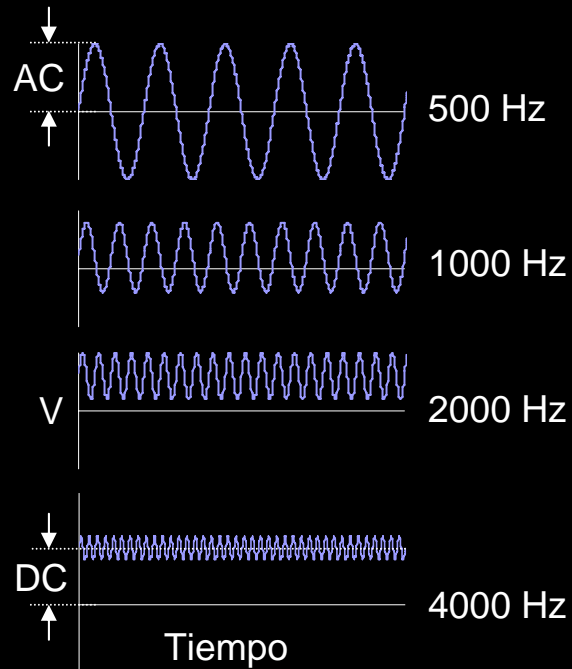
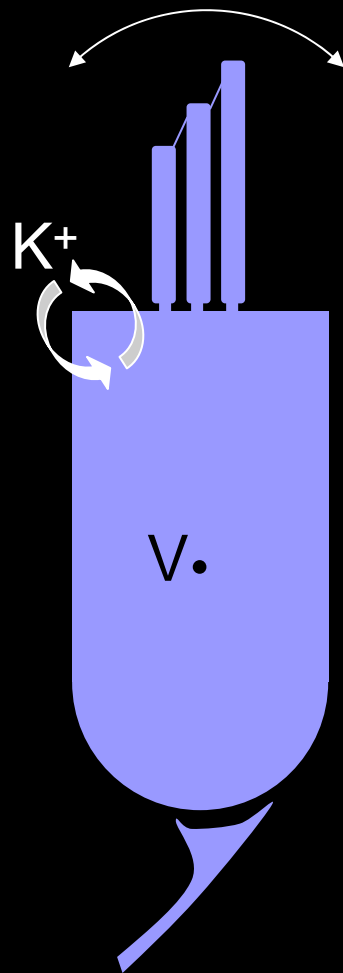
Supresión



La membrana basilar distorsiona el espectro del estímulo!



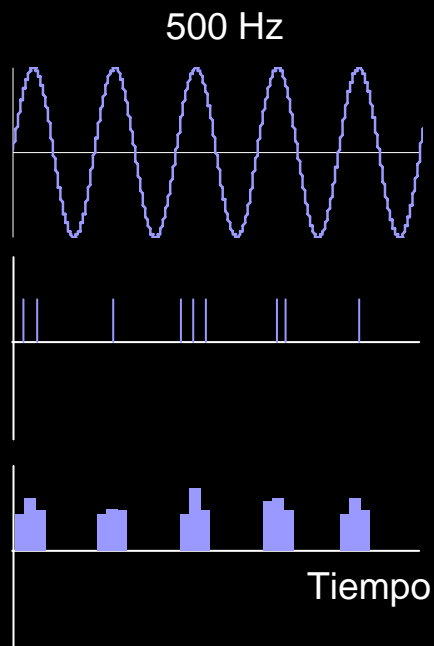
La célula ciliada interna



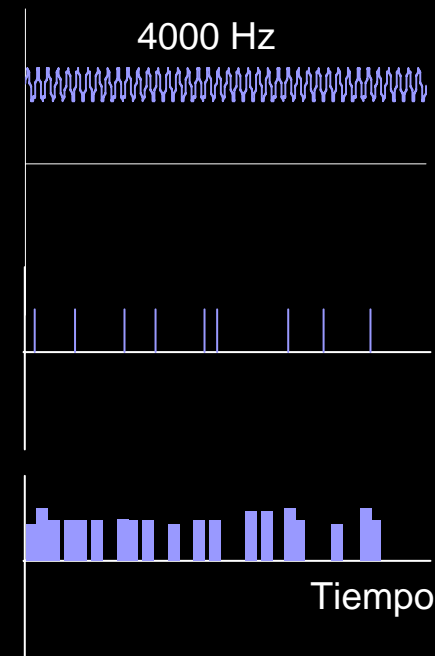


La célula ciliada interna: sincronización temporal

Respuesta sincronizada



No sincronizada



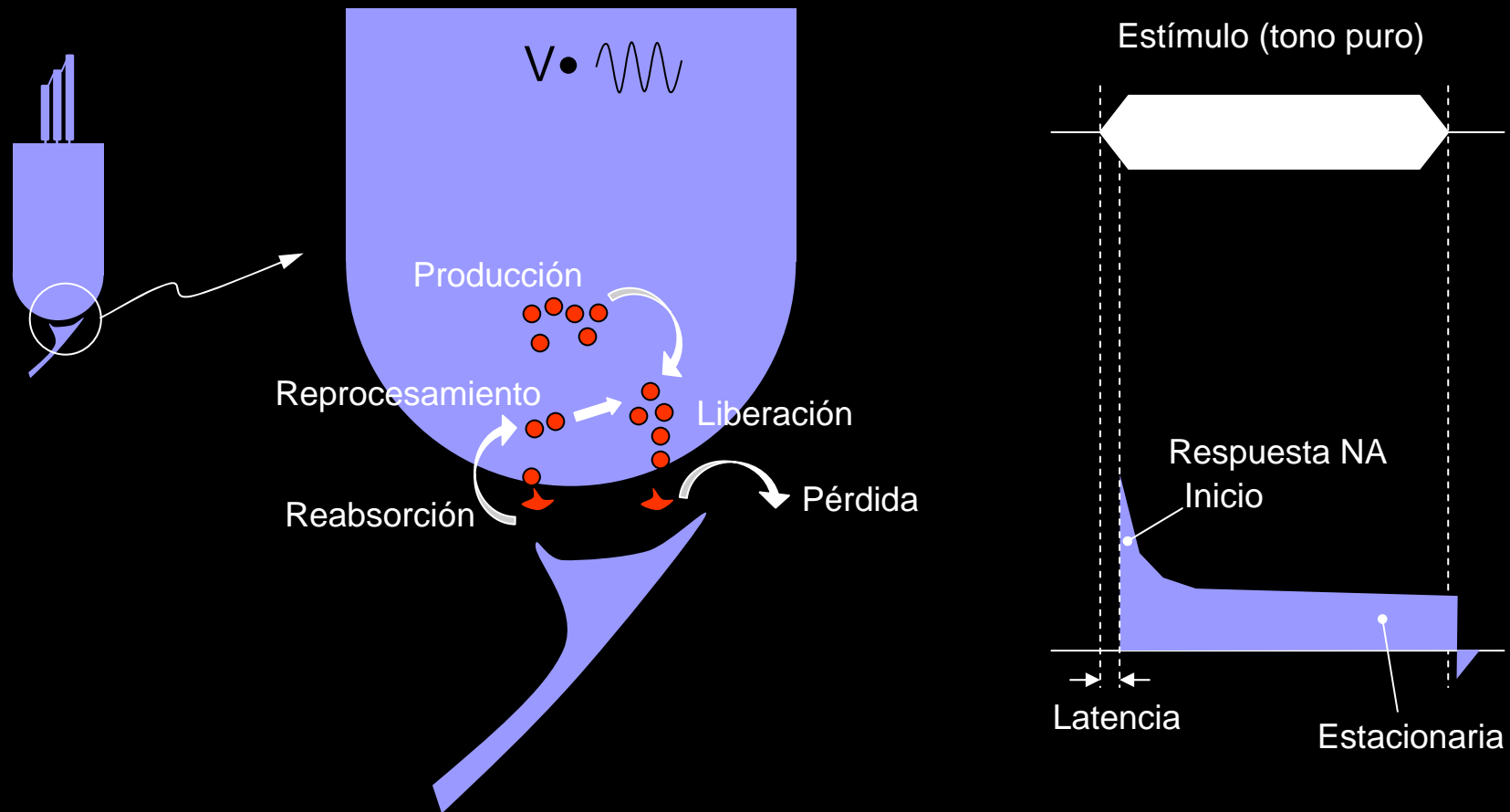


La célula ciliada interna

- Su respuesta es no lineal. El potencial intracelular se satura a niveles sonoros altos.
- Se comporta como un filtro que atenúa las frecuencias altas.
- Esto explica el deterioro en la transmisión de la información temporal de altas frecuencias.

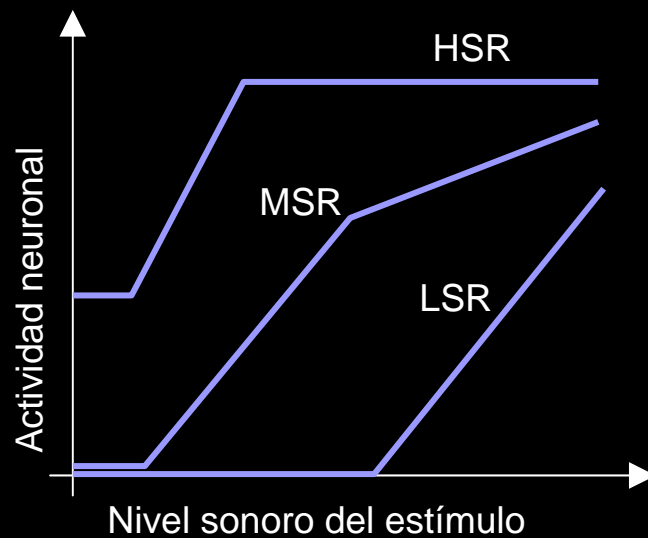


La sinápsis





Tres tipos de fibras



- HSR: mayoritarias.
- MSR: gran rango dinámico.
- LSR: útiles a gran intensidad.



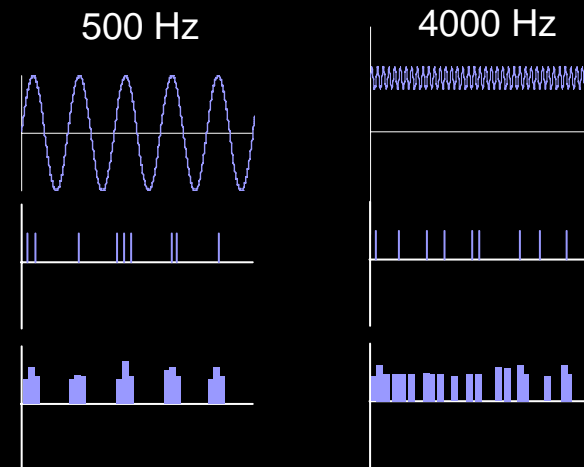
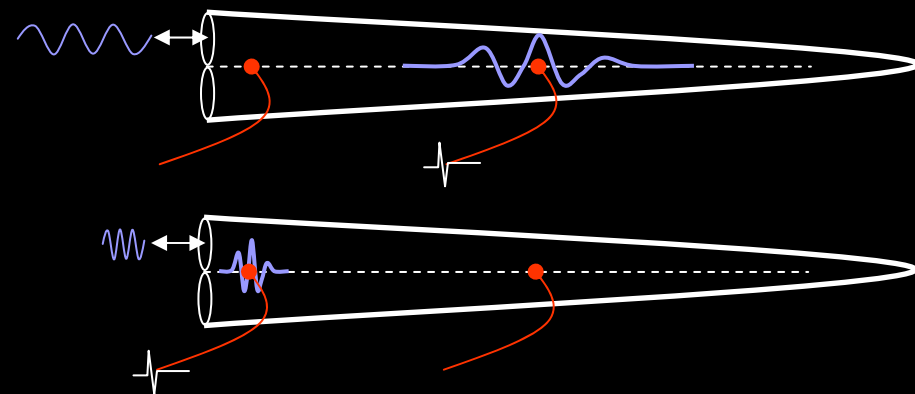
Entonces ¿cómo se codifica el sonido en el NA?

- Propiedades físicas del estímulo:
 - ¿Frecuencia?
 - ¿Intensidad?
- Propiedades ambientales:
 - ¿Posición?
 - ¿Número de sonidos?
 - ¿Identidad?



La frecuencia del estímulo

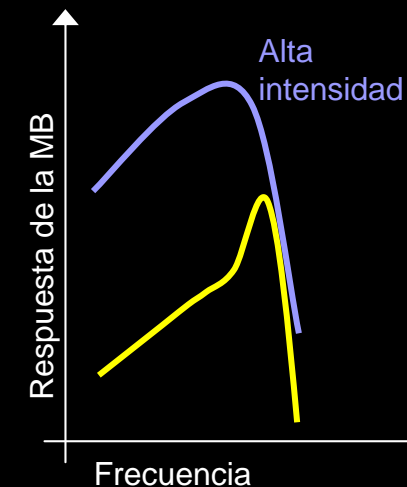
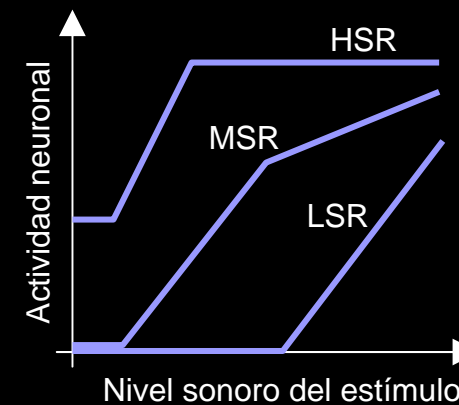
- Distintas fibras del NA responden a diferentes frecuencias.
- El patrón temporal de la descarga también codifica la frecuencia.





El nivel sonoro

- La descarga de cada fibra aumenta al aumentar el nivel sonoro.
- Distintos tipos de fibras responden a diferentes niveles sonoros.
- Más fibras responden a niveles sonoros altos.





Codificación de las propiedades ambientales

¿Cuántos sonidos?
¿Qué sonidos?
¿Dónde están?

...



Procesamiento
complejo en el
SANC



Hipoacusia neurosensorial de origen coclear

Pérdida auditiva =

Daño a las CCE + Daño a las CCI



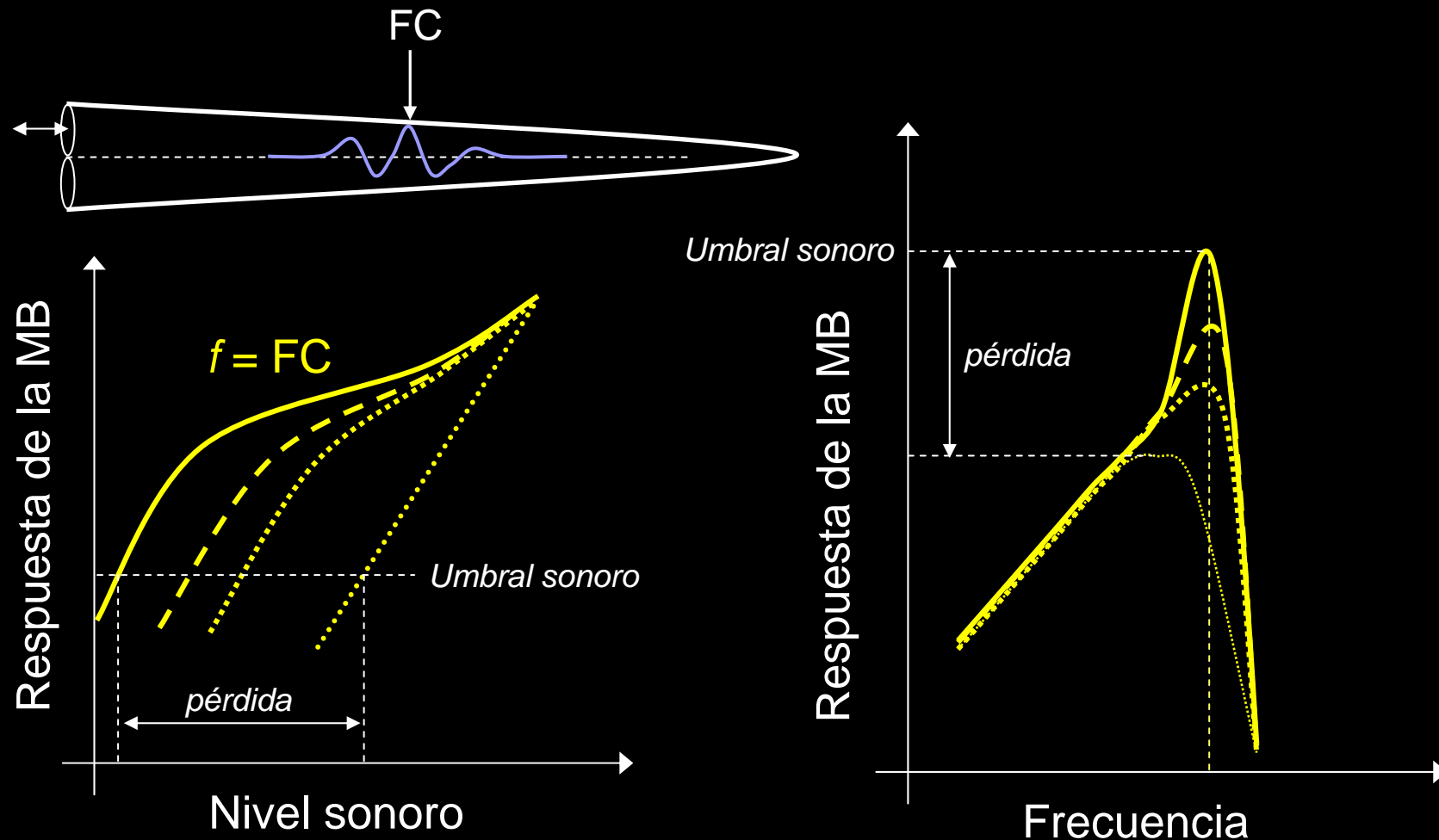
Reduce la sensibilidad
Reduce la sintonización
Linealiza la respuesta



Sólo reduce la sensibilidad

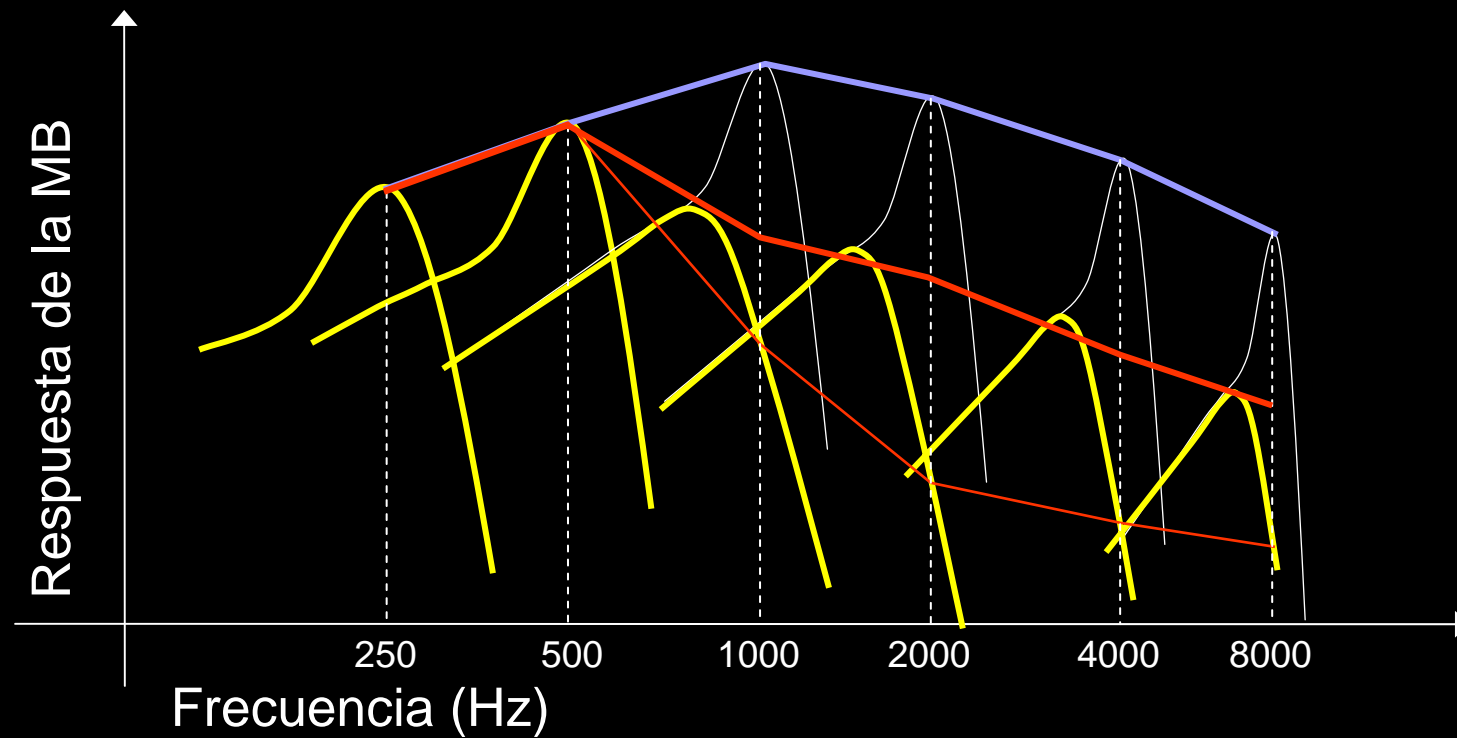


Hipoacusia neurosensorial: daño a las CCE





El banco de filtros en la cóclea hipoacúsica





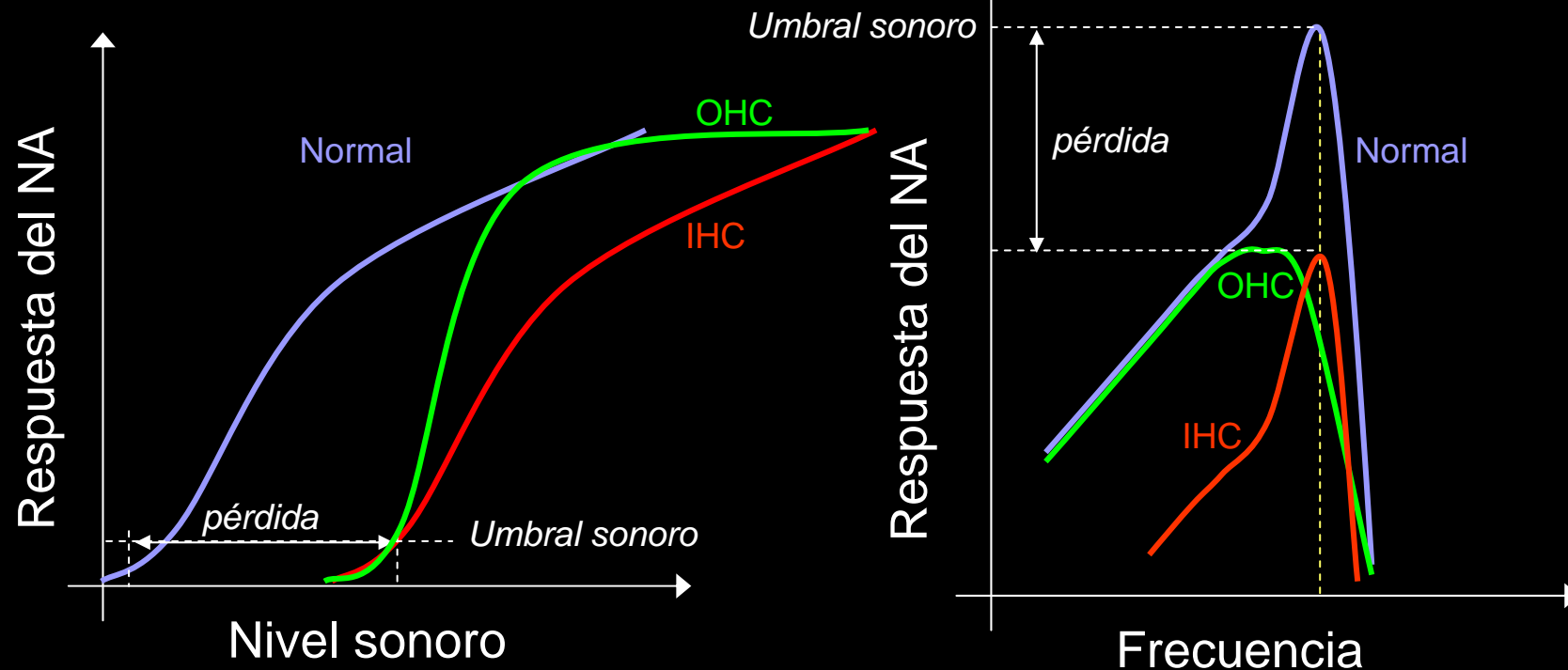
Implicaciones funcionales del daño a las CCE

- Se pierde sensibilidad.
- Pero, además se pierde sintonización!
 - Se pierden los detalles del espectro del estímulo, lo que explica:
 - Deterioro en la inteligibilidad del lenguaje.
 - Deterioro en la localización de los sonidos.
- Se reduce la distorsión de origen coclear.



Implicaciones del daño a la CCI

- Se reduce la sensibilidad, pero no la sintonización. Se mantienen las características no lineales de la respuesta de la MB.





Nuestros proyectos de investigación actuales

- Simulación computacional de la respuesta de la MB.
- Diseño de estrategias de optimización de prótesis auditivas (implantes cocleares y audífonos).
- Caracterización de la respuesta de la membrana basilar humana mediante métodos psicofísicos:
 - Personas con audición normal.
 - Personas con hipoacusia de origen coclear:
 - Por trauma acústico / presbiacusia.
 - (Genético.)
- Investigación de los mecanismos fisiológicos de codificación de la información espectral.