

Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas  
1542 Universidad Zaragoza

Universidad de la Experiencia  
1542 Universidad Zaragoza

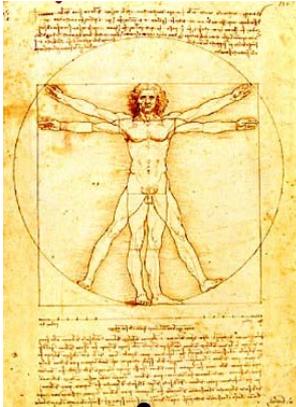
Uez



<http://webdiis.unizar.es/~seron/>  
seron@unizar.es



# Percepción humana



Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón

Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas  
1542 Universidad Zaragoza

**AIGA**

Dr. F.J. Serón Arbeloa





## Veamos un video clip



*Dr. Francisco José Serón Arbeloa*



*Dr. Francisco José Serón Arbeloa*



**¡Pregunta!** ¿Qué hemos visto?



*Dr. Francisco José Serón Arbeloa*



**El vídeo Where the Hell is Matt? (2008) de Matt Harding asociado a la canción “Sweet Lullaby”**

- **Matthew «Matt» Harding** (nació el 27 de septiembre de 1976) es un estadounidense proveniente de Westport (Connecticut) que comenzó un viaje alrededor del mundo después de trabajar en la industria del videojuego en Brisbane, Australia. Mientras viajaba les pedía a otros que le grabaran bailando delante de edificios importantes, escenas callejeras y paisajes naturales. Con estas escenas montó un vídeo al que añadió la música de «Sweet Lullaby» (Nature's Dancing 7" Mix), de Deep Forest




*Dr. Francisco José Serón Arbeloa*



# ¡Comportamiento sensomotor a tope!

## ¡Una realidad!



Dr. Francisco José Serón Arbeloa



# ¡Empecemos!



Dr. Francisco José Serón Arbeloa



Índice

- Cognición
- Percepción humana
  - Sentido de la vista
  - Sentido del oído
  - Sentido del tacto
  - Sentido del olfato
  - Sentido del gusto
- Integración sensorial
- Aspectos en la IHM



*Dr. Francisco José Serón Arbeloa*



Índice

- Cognición** ←
- Percepción humana
  - Sentido de la vista
  - Sentido del oído
  - Sentido del tacto
  - Sentido del olfato
  - Sentido del gusto
- Integración sensorial
- Aspectos en la IHM



*Dr. Francisco José Serón Arbeloa*



## Cognición

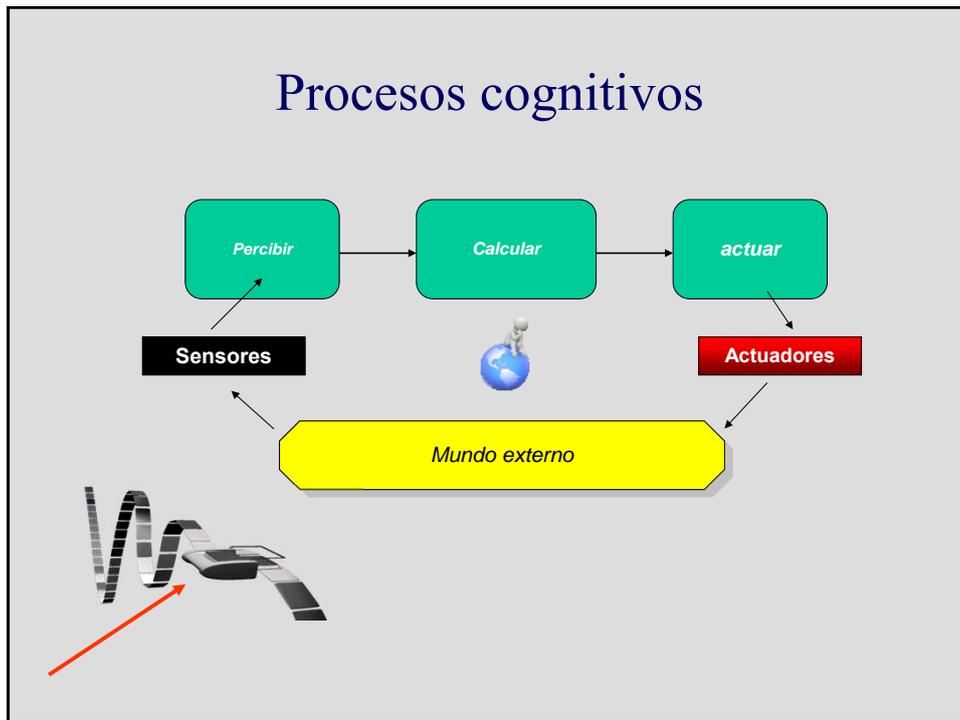
- El concepto de **cognición** (del latín: *cognoscere*, "conocer") hace referencia a la facultad de los seres de procesar información a partir de la percepción, el conocimiento adquirido y las características subjetivas que permiten valorar y considerar ciertos aspectos en detrimento de otros.



## Procesos cognitivos

La percepción humana está relacionada con el conocimiento





### Índice

Cognición

**Percepción humana** ←

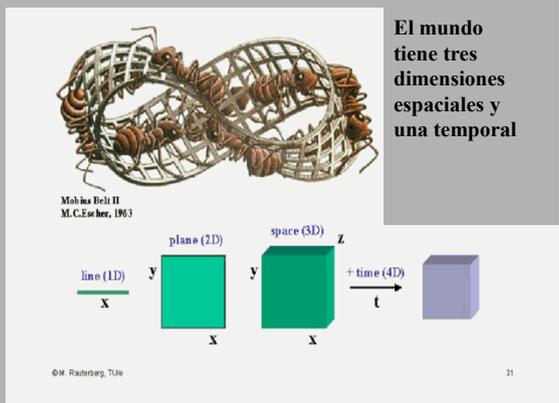
- Sentido de la vista
- Sentido del oído
- Sentido del tacto
- Sentido del olfato
- Sentido del gusto

Integración sensorial

Aspectos en la IHM

*Dr. Francisco José Serón Arbeloa*

**Percepción humana**



**El mundo tiene tres dimensiones espaciales y una temporal**

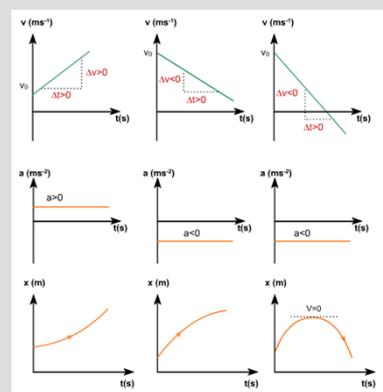
© M. Raderberg, TU/e 31

**Percepción humana**

¿Qué relaciona el espacio y el tiempo?

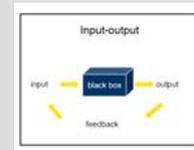
¡El movimiento!





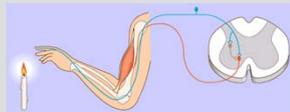
**Comportamiento sensomotor**

- Estímulo y respuesta



- Sencillos y reactivos

- A tener en cuenta para conseguir el sentido del realismo.

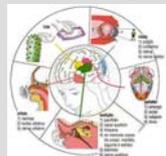


- Complejos y voluntariamente controlados

- A tener en cuenta en aplicaciones con objetivos concretos

**Comportamiento sensomotor**

- Durante el curso de la evolución se han desarrollado los sentidos que permiten interpretar el entorno.



- Sentido = transductor (dispositivo capaz de transformar o convertir un determinado tipo de energía de entrada, en un potencial eléctrico).



**Comportamiento sensomotor**

- Tipos de sentidos:
  - Externorreceptores (visión, tacto, audición, olfativo y gustativo)
  - Internorreceptores (quimiorreceptores, ...)
  - Propiorreceptores (relacionados con la postura y la percepción del movimiento).
    - o Cinestesia basada en las posiciones de las extremidades y del cuerpo. Se basa en los tendones y músculos.
    - o Cinestesia basada en el sentido vestibular, que define el equilibrio y la posición de la cabeza.
    - o Cinestesia visual que da información sobre la posición del cuerpo.
    - o Cinestesia auditiva que da información sobre el contacto del cuerpo con el mundo.

**Percepción humana****Sentidos**

**Percepción humana**

**Los sentidos en la corteza cerebral humana**

*Dr. Francisco José Serón Arbeloa*



**Índice**

Cognición

**Percepción humana**

- Sentido de la vista
- Sentido del oído
- Sentido del tacto
- Sentido del olfato
- Sentido del gusto

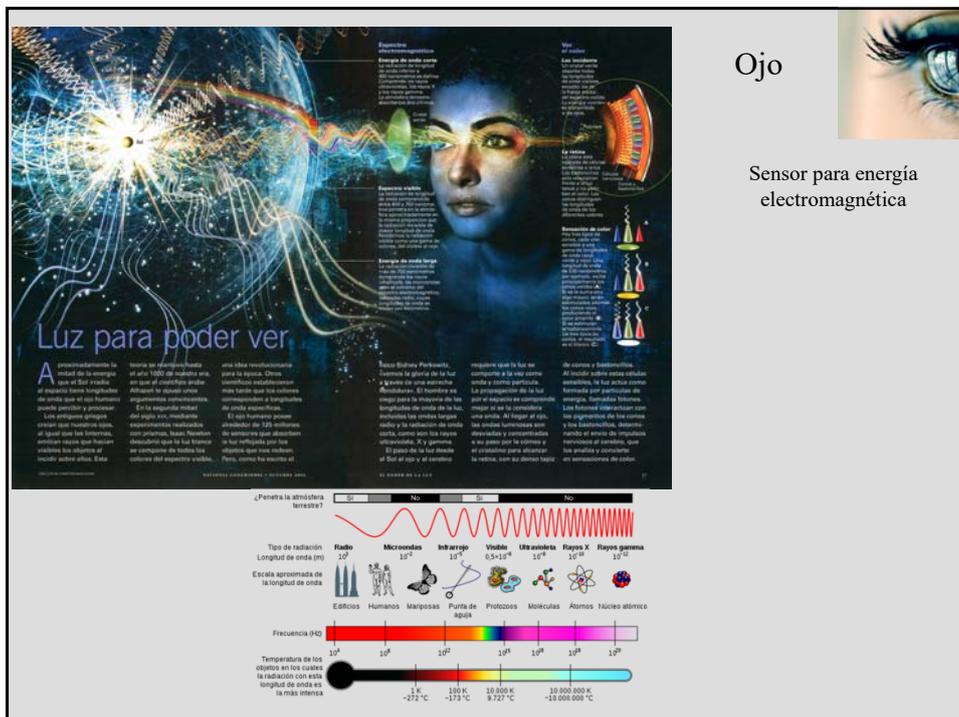
Integración sensorial

Aspectos en la IHM



*Dr. Francisco José Serón Arbeloa*





Percepción humana Ojo

Anatomía

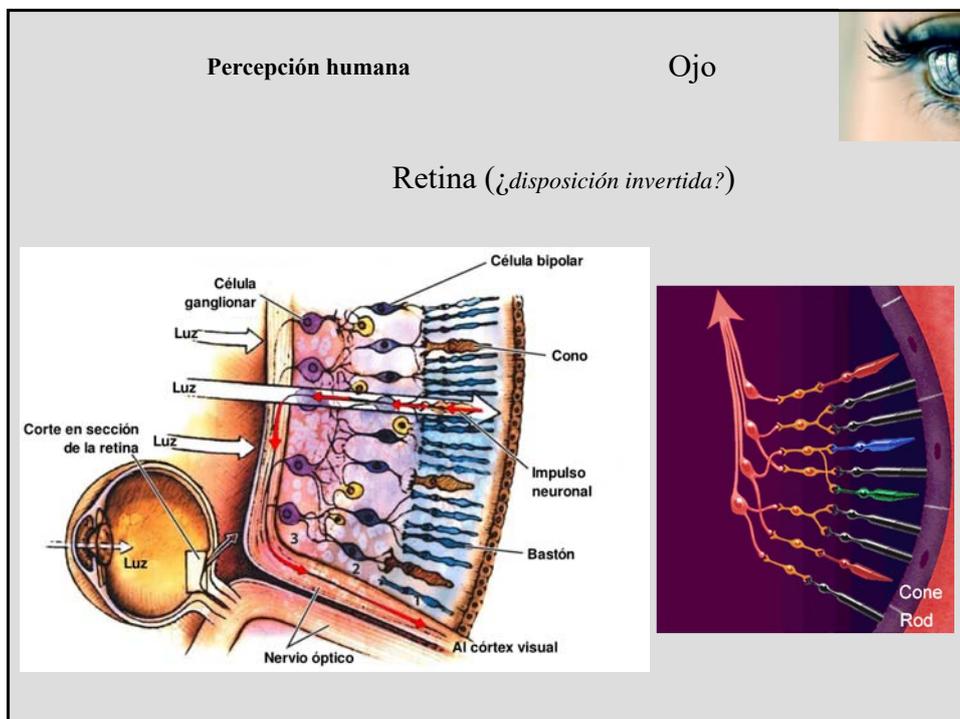
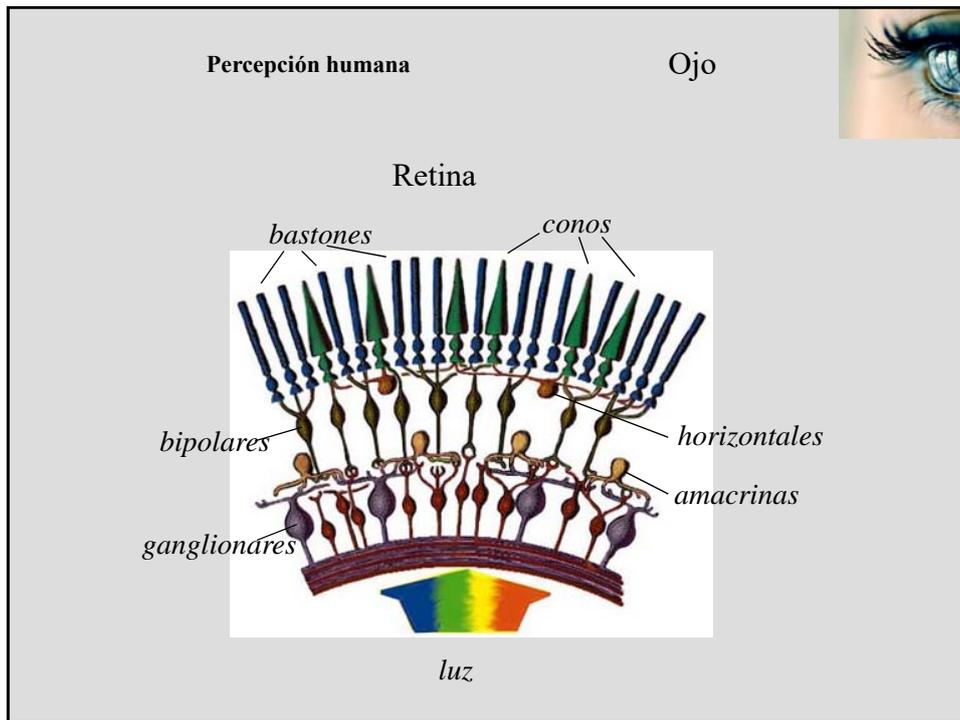
**Los sentidos en la corteza cerebral humana**

Percepción humana Ojo

Caracterización

- El ojo es un detector con una respuesta espectral muy especial, ya que detecta una pequeña porción del espectro electromagnético. Entre 380 y 770 nanómetros ( $10^{-9}$  m) de longitud de onda ( $\lambda$ ).
- Los detectores se encuentran situados en la retina.

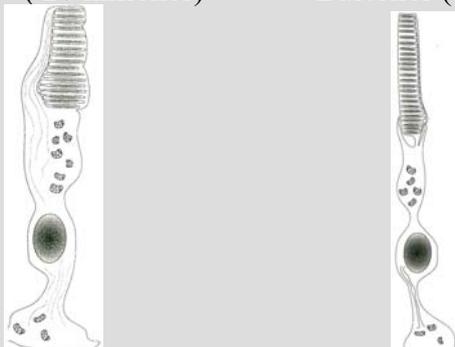
**El ojo humano**



Percepción humana Ojo

Fotorreceptores

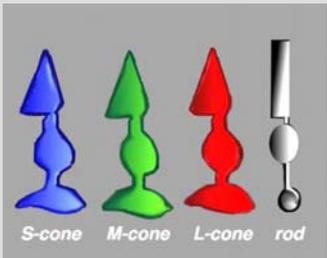
- Existen dos tipos de células nerviosas localizadas en la retina que intervienen en el proceso del color.
  - Conos ( 20 millones)
  - Bastones (100 millones)



Percepción humana Ojo

Fotorreceptores

- Existen tres categorías de conos, sensibles a cada uno de los tres colores primarios: Rojo (630 nm), Verde (535 nm) y Azul (445 nm).
- Por cada cono especializado en longitudes de onda corta (azul) hay aproximadamente 20 especializados en longitudes de onda media (verde) y 40 especializados en longitudes de onda largas (rojas).

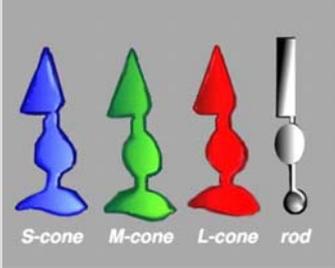


S-cone M-cone L-cone rod

Percepción humana Ojo 

Fotorreceptores

- Los bastones son las células que perciben la intensidad luminosa pero no son sensibles a los colores.
- La sensibilidad de un bastón le permite reaccionar a un solo fotón.
- La intensidad luminosa necesaria para excitar un cono es mil veces superior al nivel requerido por los bastones. Por eso se ve por la noche de forma acromática.



S-cone M-cone L-cone rod

Percepción humana Ojo 

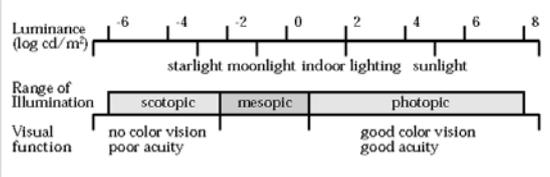
Fotorreceptores

- La percepción de la luminosidad no es lineal con respecto a la intensidad de la fuente. Existe suficiente – o por lo menos considerable – evidencia experimental que indica que el brillo subjetivo (es decir, el brillo percibido por el sistema visual humano) es una función logarítmica de la intensidad luminosa incidente en el ojo.

Percepción humana
Ojo


### Fotorreceptores

- El rango de niveles de intensidad de luz a los cuales puede adaptarse el ojo humano es enorme, del orden de  $10^{14}$  desde el umbral de percepción escotópica hasta el límite de encandilamiento.



| Luminance (log cd/m <sup>2</sup> )   | Visual function                |
|--------------------------------------|--------------------------------|
| -6 to -2 (starlight)                 | no color vision, poor acuity   |
| -2 to 2 (moonlight, indoor lighting) | mesopic                        |
| 2 to 8 (sunlight)                    | good color vision, good acuity |

Percepción humana
Ojo


### Fotorreceptores

**Distribución de conos y bastones en la retina según ángulo visual**

**Percepción humana** **Ojo**



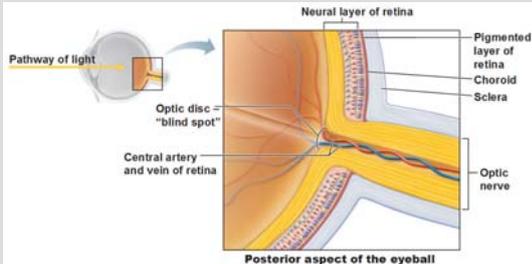
### Fotorreceptores

- Tenemos unos 125 millones de fotorreceptores y en cambio solamente tenemos 1 millón aprox. de fibras en el nervio óptico (que son los axones de las células ganglionares).

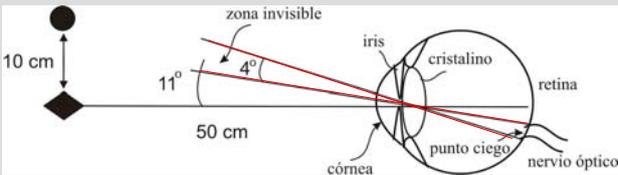
**Percepción humana** **Ojo**



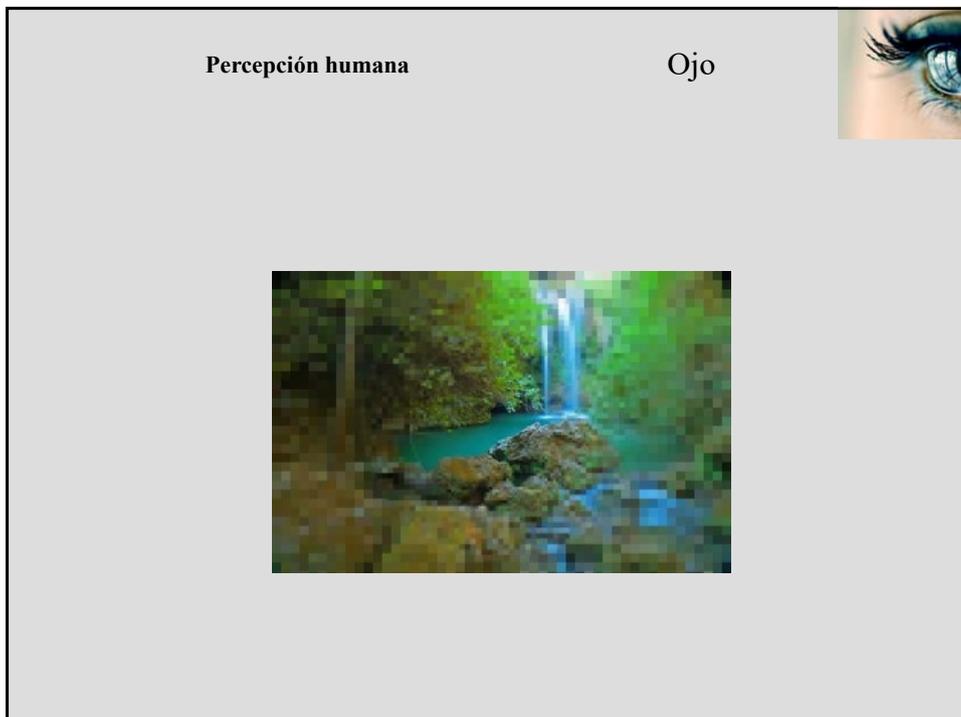
### Fotorreceptores

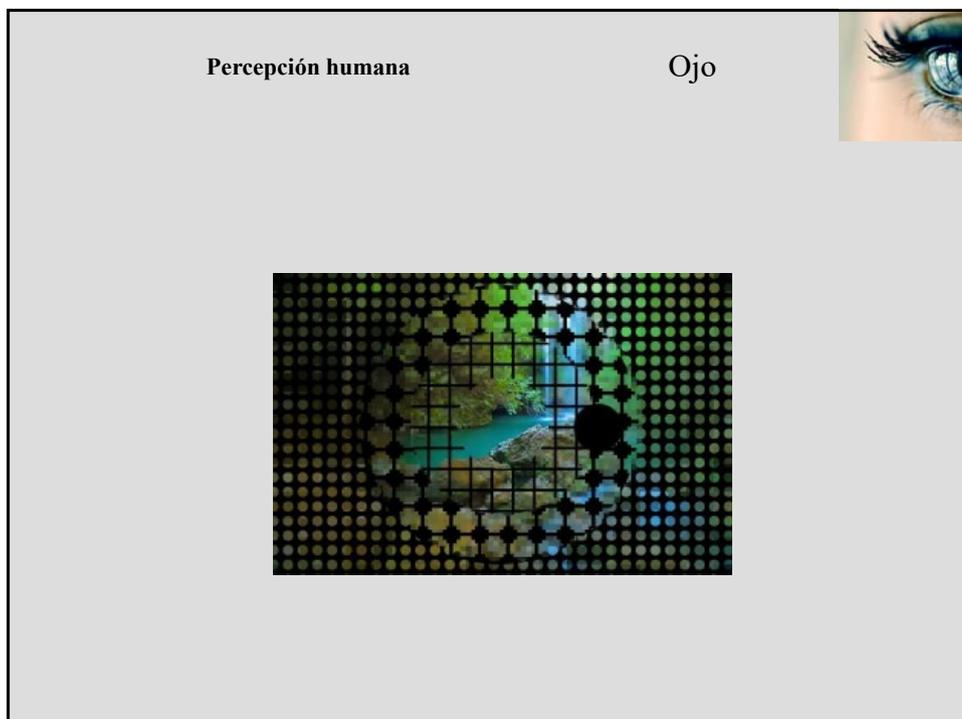
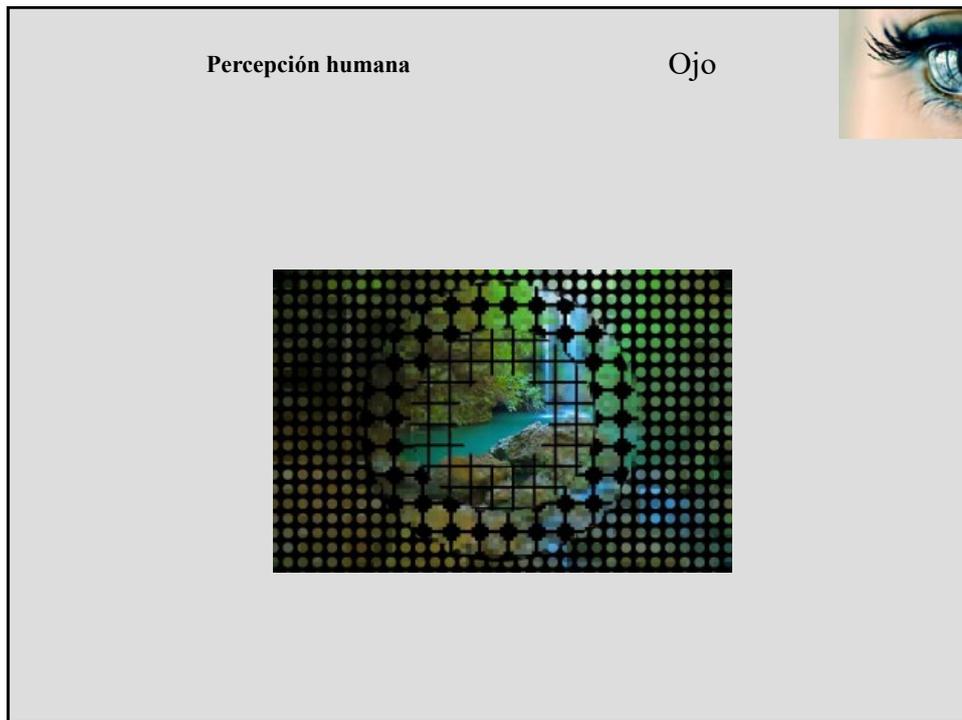


**Posterior aspect of the eyeball**







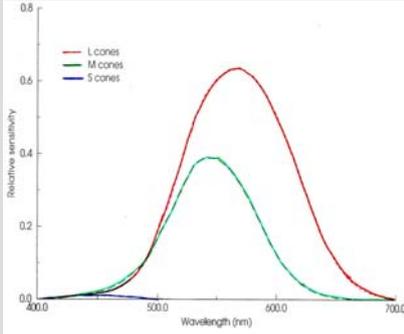
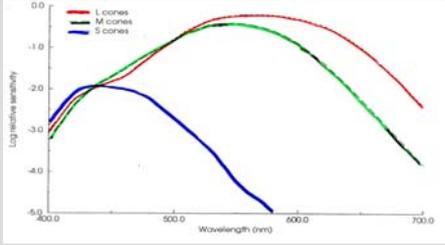


Percepción humana Ojo



### Sensibilidad espectral

- La curva de respuesta en función de la longitud de onda para cada uno de los conos es la que se muestra en la figura.

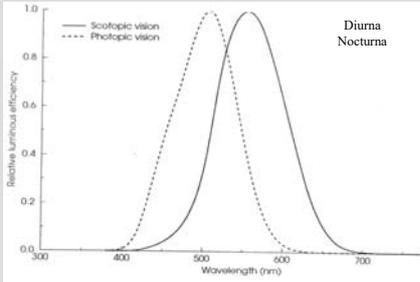



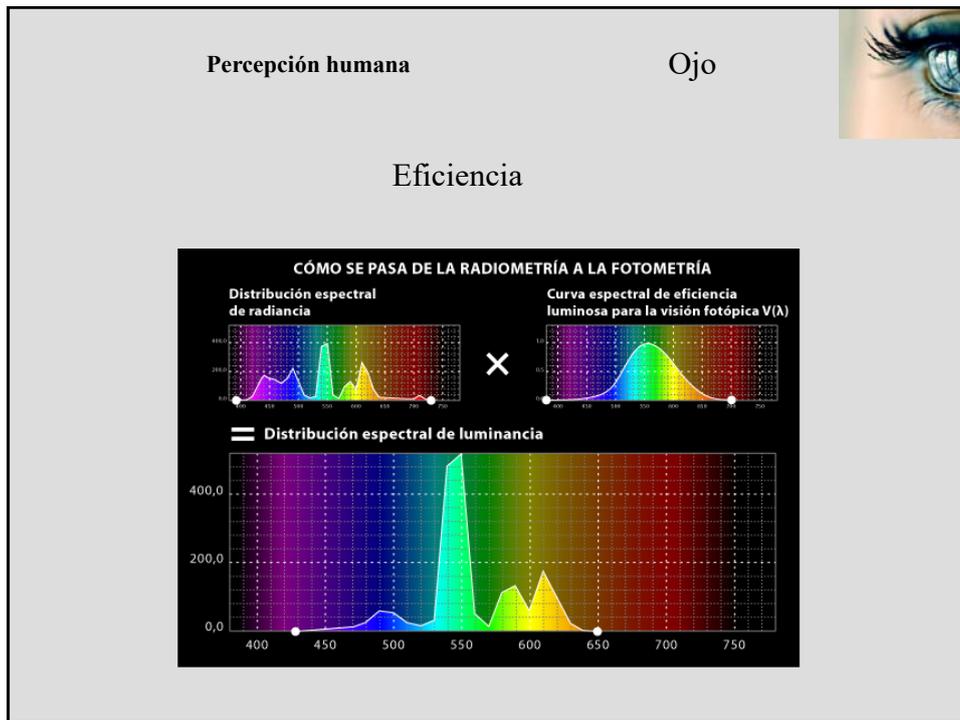
Percepción humana Ojo



### Eficiencia

- Diagrama de la curva espectral de eficiencia luminosa. Con esas curvas se describen la sensibilidad luminosa espectral del observador fotométrico estándar definido por la CIE. Es la curva conjunta de la sensibilidad de los conos.



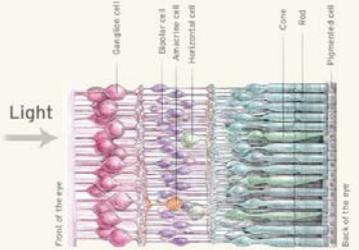


Percepción humana Ojo



Retina

- Los conos y los bastones descansan en la parte posterior de la retina. Delante de ellos hay cuatro tipos de células nerviosas:
  - Células bipolares: que reciben información de los conos.
  - Células horizontales: que conectan conos y células bipolares.
  - Células amacrinas: que conectan células bipolares y células ganglionales.
  - Hay alrededor de 1 millón de células ganglionales.

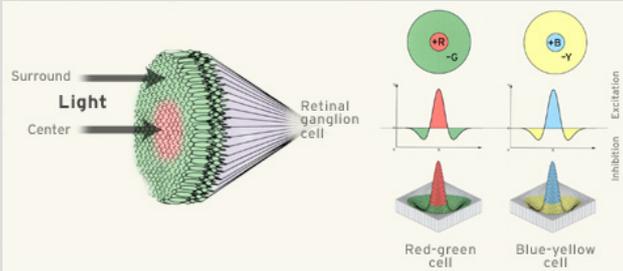


Percepción humana Ojo



### Células ganglionales

- El propósito de las células ganglionales no se conoce del todo, pero intervienen en la visión del color. Estas células comparan señales procedentes de diferentes conos.

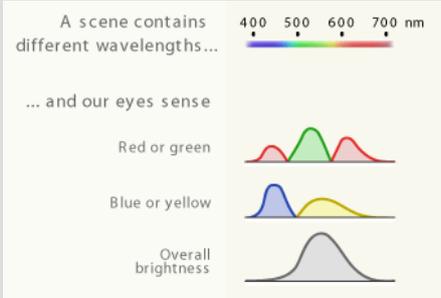


Percepción humana Ojo



### Células ganglionales

- Las células ganglionales suman y restan señales procedentes de diferentes conos. Por ejemplo comparando la respuesta de los conos especializados en las longitudes de onda medias y largas, una célula ganglional determina la cantidad de verde o rojo.



Percepción humana
Ojo


### Células ganglionales

- El resultado de ese tipo de análisis es lo que se envía al cerebro. Hay tres señales que se corresponden con los tres atributos del color:
  - La cantidad de verde o rojo.
  - La cantidad de azul o amarillo.
  - La intensidad de luz.

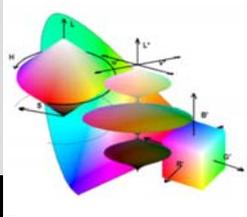
- El cerebro establece una relación cuantitativa entre esas señales y a partir de los diferentes valores elabora toda la gama de colores posibles.

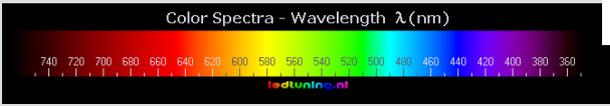
Percepción humana
Ojo


### Color









Color Spectra - Wavelength  $\lambda$  (nm)

Percepción humana

Ojo



Color

- El Color es la propiedad de la capacidad de percepción visual humana que permite a los humanos categorizar los objetos utilizando palabras como *rojo*, *azul*, *amarillo*, ...



Percepción humana

Ojo



Color

- La realidad del mundo visual que nos rodea está llena de color.



Percepción humana

Ojo

Color



Percepción humana

Ojo

Color



Percepción humana

Ojo

Color



This slide illustrates a color perception effect. The text 'Percepción humana' is at the top left, 'Ojo' is at the top right, and 'Color' is centered. A photograph of white flowers with blue-tinted stamens is shown in the center. A small inset image of a human eye with blue irises is in the top right corner.

Percepción humana

Ojo

Color



This slide illustrates a color perception effect. The text 'Percepción humana' is at the top left, 'Ojo' is at the top right, and 'Color' is centered. A photograph of a dahlia flower with a gradient from yellow to red is shown in the center. A small inset image of a human eye with blue irises is in the top right corner.

Percepción humana

Ojo

Color



A photograph of a fruit stand with various fruits like apples, pears, oranges, grapes, and bananas, each with a price tag. A small inset image of a human eye is in the top right corner.

Percepción humana

Ojo

Color



A photograph of a metal bowl filled with many small, colorful candies in various colors like red, yellow, green, blue, and purple. A small inset image of a human eye is in the top right corner.

Percepción humana

Ojo



Color



Percepción humana

Ojo



Color



Percepción humana

Ojo

Color



Percepción humana

Ojo

Color



Percepción humana
Ojo

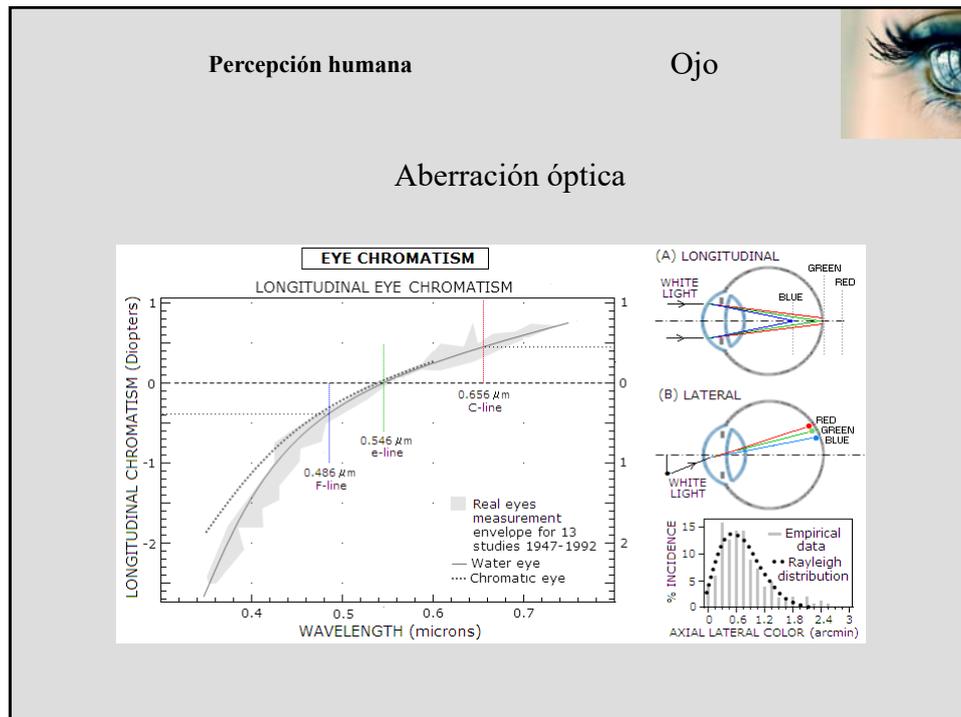

### Discriminación

- El sistema visual humano es capaz de distinguir aproximadamente:
  - 350.000 colores
  - 128 tonos
- Cuando dos colores sólo se diferencian en el tono, el sistema visual discrimina colores con diferencia en su longitud de onda dominante de:
  - 1 nm en la zona azul-amarillo
  - 10 nm en las zonas del extremo del espectro.
- Cuando dos colores sólo se diferencian en la saturación, el sistema visual discrimina:
  - 16 valores de amarillo
  - 23 valores en el rojo-violeta.

Curiosidad
Visión en otros animales


- Otros animales, tales como los peces tropicales y los pájaros, tienen sistemas de visión más complejos que los humanos.
  - Las palomas son pentacromáticas.
  - Muchos mamíferos, salvo los primates, son dicromáticos.
  - Los mamíferos marinos son monocromáticos.
  - Las abejas melíferas son tricromáticas.
  - Algunas mariposas son tetracromáticas.
  - El sistema de visión más complejo existente en el reino animal se ha encontrado en los stomatopods que tienen 12 receptores espectrales diferentes.



Percepción humana Ojo

### Rapidez

- El cerebro recibe los estímulos visuales 0,15 segundos después de que la luz haya incidido sobre la retina. Por lo tanto la persistencia de la visión es de 0.15 s
- Estímulos separados por un lapso temporal menor de 0.15 s, producirán sensación de movimiento continuo.

| Percepción humana   | Ojo |
|---|-----|
|  <p data-bbox="699 450 986 477">Movimientos oculares</p> <ul data-bbox="371 517 1222 969" style="list-style-type: none"> <li>• Movimientos sacádicos, movimientos rápidos de los ojos que permiten colocar la imagen de un objeto sobre la fovea.</li> <li>• Movimientos de seguimiento, permiten al ojo mantener en la fovea la imagen de un objeto que se mueve lentamente.</li> <li>• Reflejo vestibulo-ocular, compensa los movimientos de la cabeza y del tronco. Si giramos la cabeza hacia un lado mientras contemplamos un objeto, movemos los ojos en dirección contraria.</li> <li>• Reflejo optocinético, fenómeno que se experimenta cuando viajamos en tren.</li> </ul> |     |

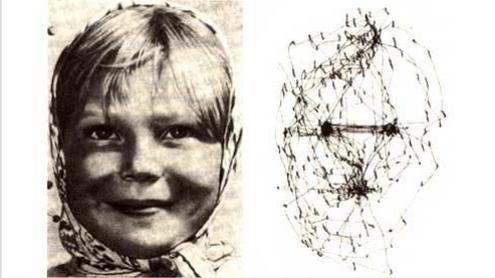
| Percepción humana   | Ojo   |
|---|---|
|  |  <p data-bbox="632 1379 935 1406">Movimientos sacádicos</p> <ul data-bbox="371 1447 1222 1865" style="list-style-type: none"> <li>• Movemos los ojos cada [20-200 ms], es decir entre [50-5] veces por segundo. Por lo que una imagen del mundo se mueve sobre la retina.</li> <li>• Con el fin de evitar las imágenes borrosas, el cerebro suprime la información visual durante el movimiento sacádico de los ojos.</li> <li>• Las lagunas perceptivas que se producen se “rellenan” con impresiones sensoriales posteriores.</li> <li>• De esta manera, el entorno nos aparece estable y continuo.</li> </ul> |

Percepción humana

Ojo



Movimientos sacádicos

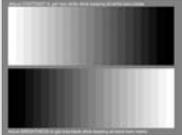


Percepción humana

Ojo

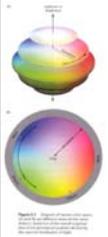


*Intensidad de luz*



+

*Cromaticidad*



=

*Imagen simple*



Percepción humana

Ojo



*Percepción monocular de la profundidad*

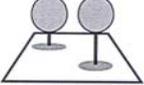


Percepción humana

Ojo



*Percepción monocular de la profundidad*

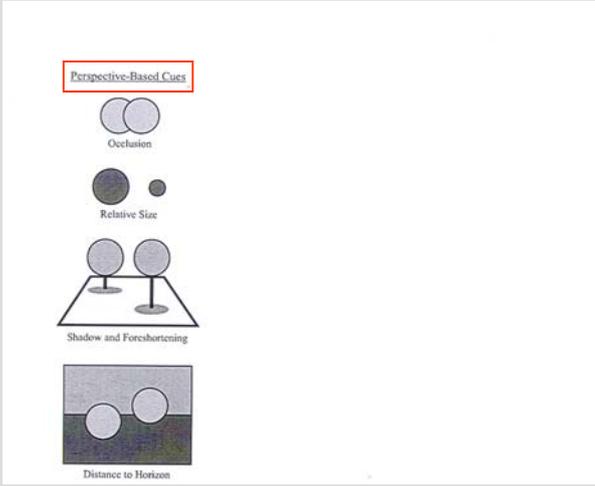
| Perspective-Based Cues   | Other Cues   | Partially Perspective-Based Cues   |
|--|--|--|
| <br>Occlusion                 | <br>Shading             | <br>Familiar Size    |
| <br>Relative Size             | <br>Colour              | <br>Texture Gradient |
| <br>Shadow and Foreshortening | <br>Relative Brightness |  |
| <br>Distance to Horizon       | <br>Atmosphere          |  |
|  | <br>Focus               |  |

Percepción humana Ojo



*Percepción monocular de la profundidad*

Prospective-Based Cues



Occlusion

Relative Size

Shadow and Foreshortening

Distance to Horizon

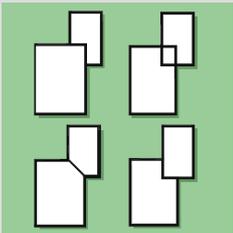
Percepción humana Ojo



*Percepción monocular de la profundidad*

**Oclusión**

El efecto por el cual los contornos continuos aparecen más cercanos al observador.



Percepción humana Ojo



*Percepción monocular de la profundidad*

**El tamaño retiniano (relativo) de la imagen:**  
 La imagen del objeto es más grande cuanto más cercano se encuentra.

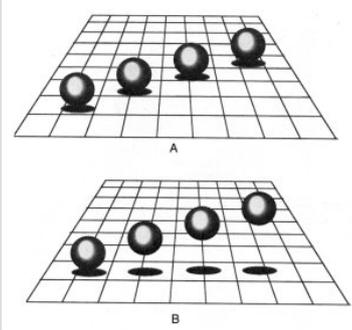


Percepción humana Ojo



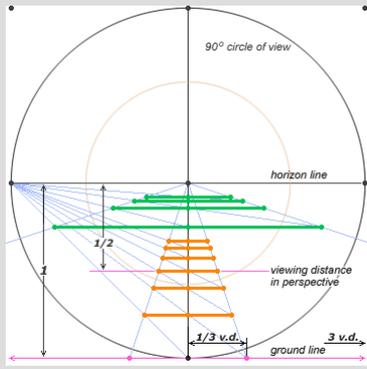
*Percepción monocular de la profundidad*

**La sombra:**  
 Da información de la forma tridimensional de un objeto así como de la posición de la fuente de luz.



Percepción humana Ojo

*Percepción monocular de la profundidad*



**Perspectiva lineal**

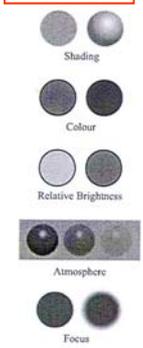
La reducción gradual del tamaño de la imagen a medida que la distancia al objeto aumenta.



Percepción humana Ojo

*Percepción monocular de la profundidad*

Other Cues



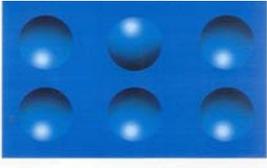
Percepción humana Ojo 

**Percepción monocular de la profundidad**



**¿BURBUJAS O HUECOS?**

Clasifica estas superficies en cóncavas y convexas. Ahora coloca la revista boca abajo y comprueba si tu elección coincide con la primera. Probablemente será justo la contraria, porque tu decisión depende de dónde situas el foco de luz. Normalmente asumimos que la luz se proyecta desde arriba e interpretamos las sombras como indicios de profundidad, que convierten en cóncavas a las superficies con sombra en la zona superior y en convexas a las sombreadas en la parte inferior. El autor de esta ilusión fue el psicólogo y físico Wiyamur Ramachandran.



**Iluminación**

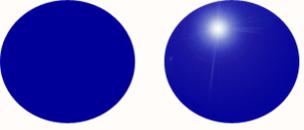
La percepción de convexidad o concavidad que se genera por una fuente de iluminación que generalmente esta arriba del objeto.






Percepción humana Ojo 

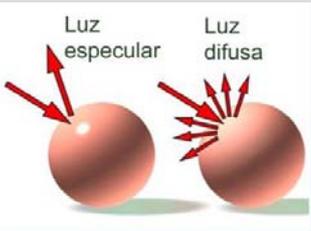
**Percepción monocular de la profundidad**



BEFORE SHADING      AFTER SHADING

**Iluminación**

La percepción de convexidad o concavidad que se genera por una fuente de iluminación que generalmente esta arriba del objeto.



Percepción humana

Ojo



*Percepción monocular de la profundidad*

**Perspectiva aérea**  
La neblinosidad de los objetos distantes.



Percepción humana

Ojo



*Percepción monocular de la profundidad*



**Disminución del contraste con la distancia**

Percepción humana Ojo



*Percepción monocular de la profundidad*

Partially Perspective-Based Cues



Familiar Size



Texture Gradient

Percepción humana Ojo



*Percepción monocular de la profundidad*

**El gradiente de textura**



Un tipo de perspectiva lineal que describe niveles de rugosidad de un material uniforme como si se alejara en la distancia.

Percepción humana Ojo

**Percepción binocular de la profundidad**



2 ojos

**Visión estereoscópica**

En Óptica, Optometría y Oftalmología, la **visión binocular** o **visión estereoscópica** es la capacidad que tiene un ser vivo de integrar las dos imágenes que está viendo en una sola por medio del cerebro. Éste último es el encargado de percibir las sensaciones que tanto un ojo como otro están viendo y de enviar una respuesta única y en tres dimensiones.

**EL CEREBRO LO VE TODO**

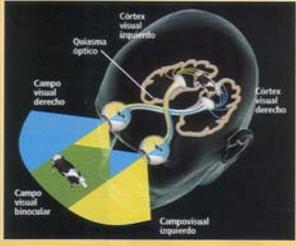
1. La explicación de cómo vemos se encuentra en nuestro cerebro, no en nuestros ojos. La ciencia ha descifrado los complejos mecanismos que utiliza para poder crear imágenes en tres dimensiones.

2. Cada ojo ve una imagen ligeramente diferente, pero la parte que uno no ve la suplirá el otro. Esto se llama **visión binocular**, lo que nos permite tener la habilidad de jugar con las distancias.

3. En la retina de cada ojo se refleja la imagen invertida y sin volumen.

4. Los nervios ópticos de ambos ojos transmiten esta información eléctrica hasta el quiasma óptico, donde se bifurca, enviando el campo visual derecho a la parte izquierda del cerebro y viceversa.

5. Entonces el cerebro comienza a interpretar la imagen y, ayudado por el análisis de las distancias que le dan ambos ojos, crea la imagen tridimensional.



### Visión estereoscópica



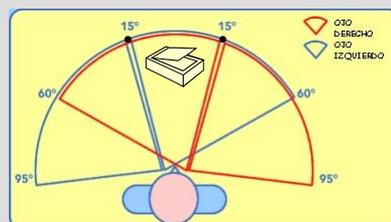
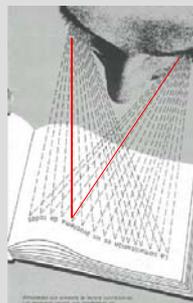
Nuestros ojos captan dos imágenes desde dos puntos de vista distintos. La **D**istancia **I**ntra**O**cular (DIO) en la especie humana varía en el intervalo comprendido entre 45-75mm (65mm es lo habitual).



### Visión estereoscópica



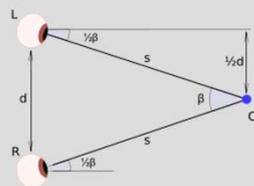
Los dos ojos se enfocan al mismo punto. Eso significa que una buena parte del campo visual de un ojo se solapa con el otro. Es decir, un objeto que vemos con un ojo, si no está muy periférico, también lo vemos con el otro. Por tanto el cerebro recibe información “redundante”.



### Visión estereoscópica



Por lo tanto, la visión binocular tiene lugar porque los dos ojos (separados unos centímetros) miran al mismo objeto desde ángulos ligeramente distintos, obteniendo como resultado dos imágenes muy parecidas, pero no iguales.

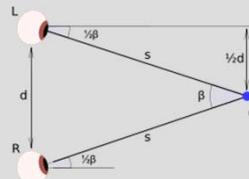


### Visión estereoscópica



Se conoce como **disparidad binocular** o **retinal** (ángulo beta) a la ligera diferencia entre los dos puntos de vista proporcionados por ambos ojos. La disparidad binocular es la forma de percibir profundidad y relieve más utilizada por el cerebro humano.

Para grandes distancias el ángulo paraláctico disminuye y la percepción de profundidad llega a ser cada vez más difícil. El ángulo paraláctico más pequeño que las personas puede discernir, es de tres segundos de arco.

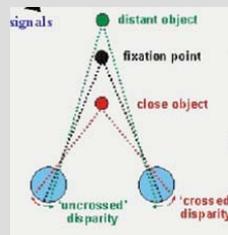
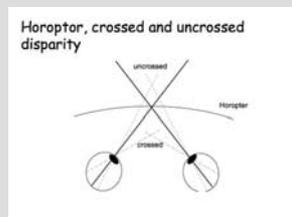


### Visión estereoscópica



Podemos hablar de dos tipos de disparidad binocular: la cruzada y la no cruzada, cada una de ellas depende de la distancia en que se encuentre el objeto y el punto de fijación en la retina.

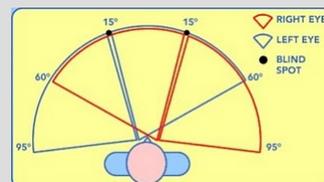
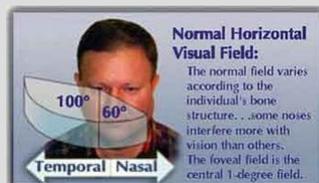
- La **disparidad binocular cruzada** se caracteriza porque el objeto que ve el ojo está más cerca que el punto de fijación. El objeto es proyectado en un ojo hacia la derecha exterior de su fovea y, en el otro, hacia la parte exterior izquierda de su fovea.
- La **disparidad binocular no cruzada** se caracteriza porque el objeto que ve el ojo se encuentra más lejos que el punto de fijación. En este caso el objeto es proyectado en un ojo hacia la izquierda de la parte nasal de su retina y, en el otro ojo, hacia la derecha de la parte nasal de su retina.



### Visión estereoscópica



Para tener una visión binocular es preciso que las órbitas oculares estén frontalizadas, puesto que de este modo el área de incidencia de la visión de ambos ojos es prácticamente idéntica, permitiendo una visión tridimensional de casi la totalidad del espacio visual. Es pues un tipo de visión que pierde amplitud de campo por ganar profundidad de campo.



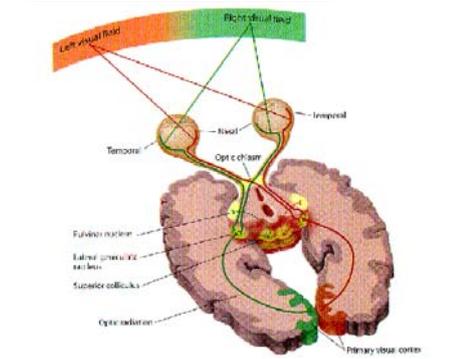
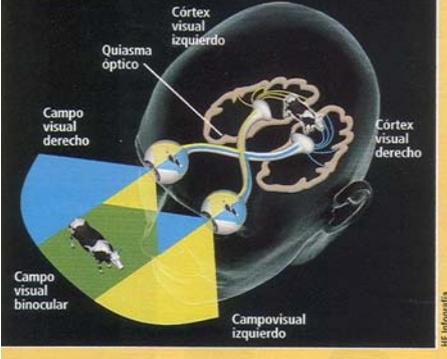
Cada ojo por separado tiene un campo visual de unos 150°-160°

Percepción humana Ojo



### Fisiología de la visión

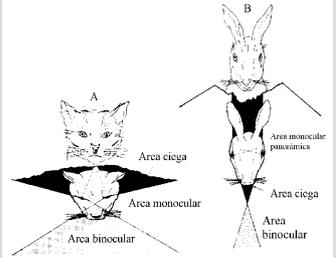
**EL CEREBRO LO VE TODO**

### Visión estereoscópica



Esto es típico en depredadores, que necesitan calcular la distancia a la presa para cazar, o de las aves para saber por donde ir, pero es poco común en herbívoros terrestres, puesto que su alimento siempre se encuentra en un solo plano (el suelo) y es poco específico, así como también su vigilancia contra los depredadores, que ha de abarcar el máximo radio posible y debe ser indiscriminada.



### Visión estereoscópica



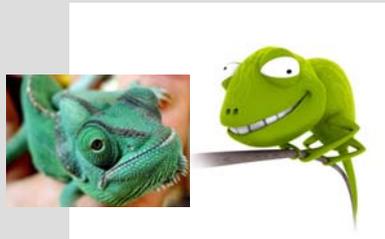
El aumento de campo visual al utilizar los dos ojos se obtiene precisamente gracias a la parte de campo que no comparten los ojos, lo que no se solapa. Es decir, la zona que no es binocular. En el caso concreto de los seres humanos, son unos 30° grados en cada parte externa. En nuestro caso tenemos mucho campo binocular, unos 120° .



### Visión estereoscópica

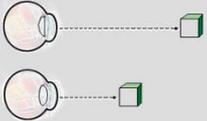


Si el sistema visual del ser humano estuviera pensado como el de un camaleón, para que cada ojo actuara por separado, podrían mirar a zonas diferentes y podríamos tener un campo visual en conjunto de hasta 300°.

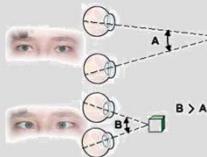


Percepción humana 2 ojos 

**Percepción binocular de la profundidad**



**Acomodación**  
El ajuste de la longitud focal de la lente.



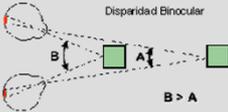
**Convergencia**  
El ángulo hecho por los dos ejes visuales del par.

La acomodación y la convergencia se asocian con los músculos del ojo.

Percepción humana 2 ojos 

**Percepción binocular de la profundidad**

**Disparidad binocular:**  
Es la disparidad entre las imágenes del mismo objeto proyectado sobre las retinas.



La disparidad binocular se considera como la señal más importante de la percepción de profundidad sobre distancias medias de la visión. La disparidad binocular es la diferencia entre las imágenes del mismo objeto proyectado sobre cada retina.

Percepción humana 2 ojos



**Percepción binocular de la profundidad**

**Paralaje del movimiento**

Es el resultado del cambio de la posición de un objeto en el espacio debido tanto al movimiento del objeto como del punto de vista del observador.



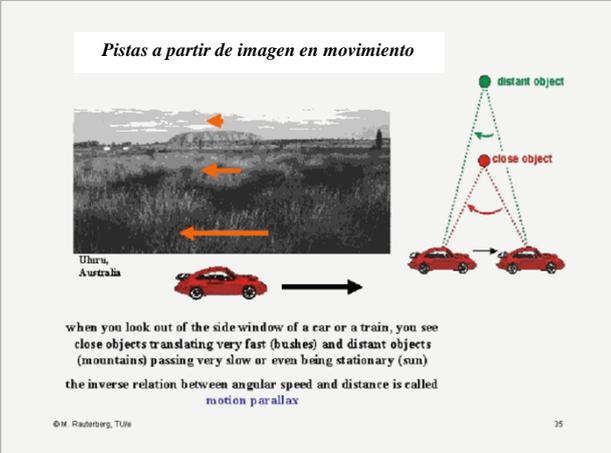
Los objetos distantes parecerán lentos en comparación con objetos cercanos, incluso cuando los dos se estén moviendo a la misma velocidad. El paralaje del movimiento también es causado por el movimiento del espectador. Los objetos más cercanos al observador da la impresión de moverse más rápidamente que los más lejanos.

Percepción humana 2 ojos

Profundidad Cinestesia



**Pistas a partir de imagen en movimiento**



Uhuru, Australia

when you look out of the side window of a car or a train, you see close objects translating very fast (bushes) and distant objects (mountains) passing very slow or even being stationary (sun)

the inverse relation between angular speed and distance is called **motion parallax**

© M. Rautenberg, TU/e 35

**Percepción humana** 2 ojos

**Cinestesia**

- Cinestesia visual:
  - Detección de la velocidad y de la aceleración.

**Percepción humana** 2 ojos

**Comparación de pistas**

Figure 2.6: The effectiveness of depth cues as a function of distance. Adapted from Nagata [1993].

Percepción humana



**RESUMEN**

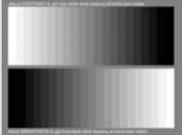
Dr. F. J. S. A.

Percepción humana

Ojo

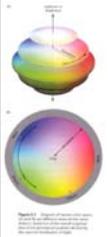


*Intensidad de luz*



+

*Cromaticidad*



=

*Imagen simple*



Percepción humana

2 ojos

*Campo visual*

*Profundidad*

*Imagen estéreo*

The diagram illustrates the components of human perception. It features a central equation: *Campo visual* + *Profundidad* = *Imagen estéreo*.   
- *Campo visual* is represented by a diagram of the human brain with lines indicating the visual field.   
- *Profundidad* is represented by a diagram of three orange spheres of different sizes on a surface, with a small inset showing a cross-section of the eye.   
- *Imagen estéreo* is represented by a blue-tinted stereoscopic image of a swimmer underwater.   
- A close-up of a human eye is shown in the top right corner.   
- A close-up of a human eye is also shown in the bottom right corner of the slide.

Percepción humana

2 ojos

This anatomical diagram shows a profile of a human head with the brain and visual system highlighted. Labels include:   
- *Cáncer* (Cancer) pointing to a red spot on the brain.   
- *Diplopia* (Double vision) pointing to the eyes.   
- *Forma* (Form) pointing to the shape of the brain.   
- *Materia* (Matter) pointing to the brain tissue.   
- *Lateral geniculate body* (Lateral geniculate body) pointing to the optic chiasm area.   
- *Optic nerve* (Optic nerve) pointing to the optic nerve.   
- *Midgut* (Midgut) pointing to the midbrain.   
- *Esfera* (Sphere) pointing to the eye.   
- *Cáncer/Pine* (Cancer/Pine) pointing to the pineal gland.   
- *Materia/Diplopia* (Matter/Diplopia) pointing to the brain matter.   
- *V2* and *V1* pointing to specific brain regions.   
- A ladybug is shown near the eye.   
- A close-up of a human eye is shown in the top right corner.   
- A close-up of a human eye is also shown in the bottom right corner of the slide.

Dr. F. J. S. A.

Índice

Cognición

**Percepción humana**

- Sentido de la vista
- Sentido del oído**
- Sentido del tacto
- Sentido del olfato
- Sentido del gusto

Integración sensorial

Aspectos en la IHM



*Dr. Francisco José Serón Arbeloa*



Percepción humana

Oído



Percepción humana Oído



Sensor para energía mecánica

- Capta las variaciones mecánicas de la presión en el aire



educ@red.cl



Percepción humana Oído



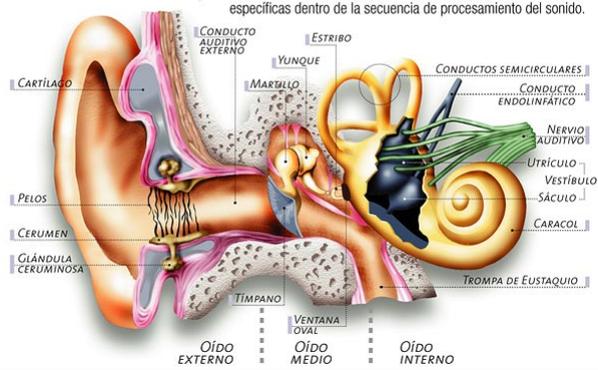
### Anatomía

**Los sentidos en la corteza cerebral humana**



**El oído**

Una de las funciones principales del oído es la de convertir las ondas sonoras en vibraciones que estimulan las células nerviosas, para ello el oído tiene tres partes claramente identificadas. Estas secciones están interconectadas y son el oído externo, el medio y el interno. Cada parte tiene funciones específicas dentro de la secuencia de procesamiento del sonido.

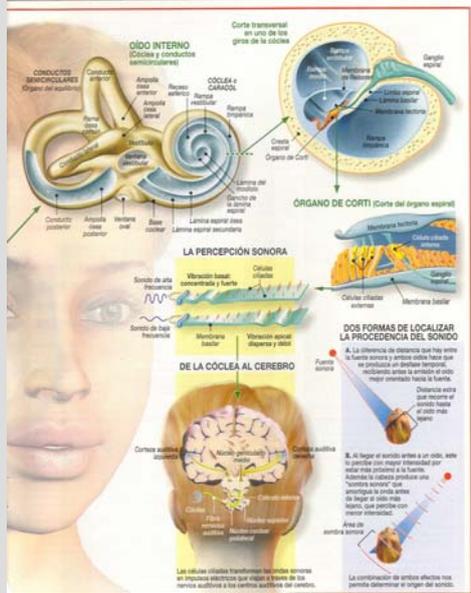


Oído EXTERNO

Oído MEDIO

Oído INTERNO

Percepción humana Oído



**OÍDO INTERNO** (Cóclea y conductos semicirculares)

**CÓCLEA y CANALÓN**

**ÓRGANO DE CORTI** (Corte del órgano espiral)

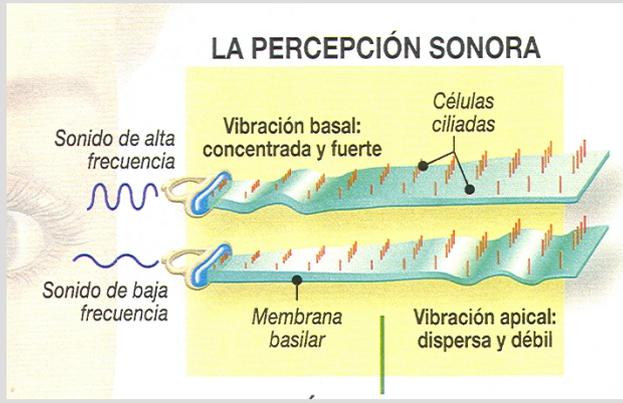
**LA PERCEPCIÓN SONORA**

**DE LA CÓCLEA AL CEREBRO**

**DOS FORMAS DE LOCALIZAR LA PROCEDENCIA DEL SONIDO**

Las células ciliadas transforman las ondas sonoras en impulsos eléctricos que viajan a través de los nervios auditivos a los centros auditivos del cerebro.

Percepción humana Oído



**LA PERCEPCIÓN SONORA**

**Membrana basilar**

**Células ciliadas**

**Vibración basal: concentrada y fuerte**

**Vibración apical: dispersa y débil**

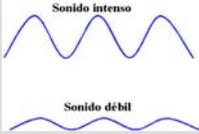
Sonido de alta frecuencia

Sonido de baja frecuencia

**Percepción humana** **Oído**



- Desde el punto de vista de la intensidad, los sonidos pueden dividirse en fuertes y débiles. La intensidad depende principalmente de la presión sonora (intensidad), pero también del espectro de parciales y de la duración.



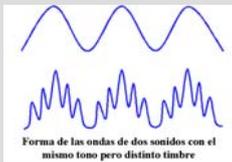
- El tono o altura es la cualidad que nos permite distinguir entre un sonido agudo o alto y otro grave o bajo. Para un sonido puro el tono viene determinado principalmente por la frecuencia, aunque también puede cambiar con la presión y la envolvente.



**Percepción humana** **Oído**



- El timbre de un sonido es la cualidad en virtud de la que podemos distinguir dos sonidos de igual frecuencia e intensidad emitidos por dos focos sonoros diferentes. El timbre se debe a que generalmente un sonido no es puro y depende principalmente del espectro. Pero también depende en gran manera de la envolvente y de la frecuencia.



- La duración física de un sonido y la percibida están muy relacionadas aunque no son exactamente lo mismo. La duración percibida es aquel intervalo temporal en el que el sonido persiste sin discontinuidad.

**Percepción humana**

Sonido intenso



Sonido débil



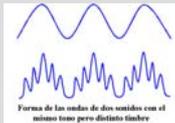
**Intensidad**

+

**Timbre**

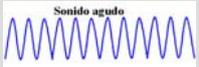
+

**Tono**



Forma de las ondas de dos sonidos con el mismo tono pero distinto timbre

Sonido agudo



Sonido grave



**Oído**



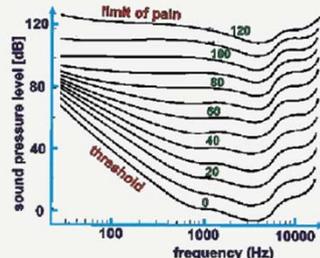
**Sonido simple**



**Percepción humana**

**sound intensity: perception of loudness**

Audiogram (audibility function, AF):  
detection threshold as function of frequency (given in Hz)



© M. Rauterberg, TU/e

**Oído**



Intensidad del sonido

- 140 dB Umbral del dolor
- 130 dB Avión despegando
- 120 dB Motor de avión
- 110 dB Concierto
- 100 dB Perforadora eléctrica
- 090 dB Tráfico
- 080 dB Tren
- 070 dB Aspiradora
- 055 dB Aglomeración de Gente
- 040 dB Conversación
- 020 dB Biblioteca
- 010 dB Respiración tranquila
- 000 dB Umbral de audición

Percepción humana
Oído


### the spectrum of human speech

speech sounds cover a wide range of the audible spectrum

vowel sounds are mainly in the lower frequency region. consonants cover almost the entire range

telephone systems cut off the upper part of the spectrum with minimal effects on speech recognition

© M. Raaberg, TUE
11

Percepción humana
2 oídos


**10-650 µsec**

*Diferencia de tiempo intrauricular (ITD): las fuentes situadas en un lado llegan antes al oído más próximo*

**-20 dB**

*Diferencia de intensidad intrauricular (IID): a causa del efecto pantalla debido a la cabeza, el oído más próximo experimenta una mayor intensidad de sonido*

*Características primarias: diferencias de tiempo y de intensidad*

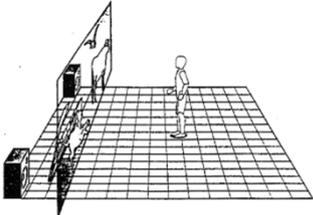
*Señal emitida con la misma energía en todas las frecuencias*

*Señal percibida por ambos oídos*

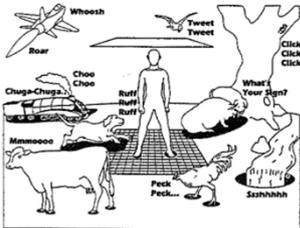
*Espectros perturbados por ambos oídos*

*Fuente situada directamente a la derecha de la cabeza, con un acimut de 90° y una desviación de 0°.*

Percepción humana
2 oídos

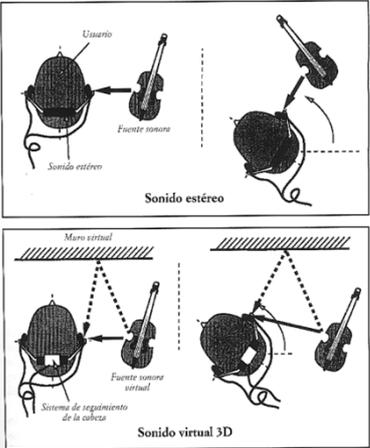



Los sistemas audio convencionales crean un campo sonoro llano de dos dimensiones.



El sistema audio virtual crea un entorno tridimensional

### Sonido espacial

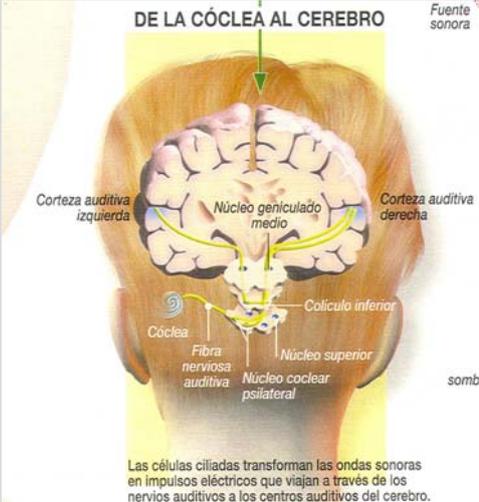


Sonido estéreo

Sonido virtual 3D

Percepción humana
2 oídos

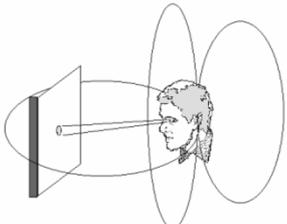

### DE LA CÓCLEA AL CEREBRO



Las células ciliadas transforman las ondas sonoras en impulsos eléctricos que viajan a través de los nervios auditivos a los centros auditivos del cerebro.

Percepción humana 2 oídos 

Differences between the visual and the auditory sense



- The two most important constraints in interface design:
  - the control of user's attention
  - the physical size of the observation field

© M. Raderberg, TU/e 46

Índice

Cognición

**Percepción humana**

- Sentido de la vista
- Sentido del oído
- Sentido del tacto** ← 
- Sentido del olfato
- Sentido del gusto



Integración sensorial

Aspectos en la IHM

Dr. Francisco José Serón Arbeloa 

Percepción humana Tacto

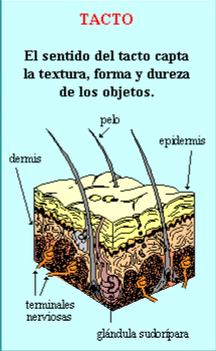
Anatomía



Los sentidos en la corteza cerebral humana

**TACTO**

El sentido del tacto capta la textura, forma y dureza de los objetos.



peb  
epidermis  
dermis  
terminales nerviosas  
glándula sudorípara



Percepción humana Tacto

Anatomía



Los sentidos en la corteza cerebral humana



**TACTO**

El sentido del tacto capta la textura, forma y dureza de los objetos.



peb  
epidermis  
dermis  
terminales nerviosas  
glándula sudorípara



Percepción humana
Tacto


### Anatomía

**Los sentidos en la corteza cerebral humana**

**TACTO**

El sentido del tacto capta la textura, forma y dureza de los objetos.

Percepción humana
Tacto


### Three Types of Sensations

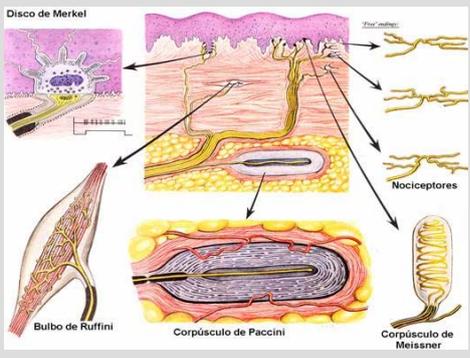
- **Pressure**
  - light
  - deep
- **Temperature**
  - cold
  - warm (not hot)
- **Pain**
  - sharp
  - dull

© M. Rautenberg, TUIE 4

| Percepción humana   | Tacto |  |
|---|-------|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Grupos de receptores táctiles:<ul style="list-style-type: none"><li>– Mecanorreceptores (deformación de la piel, movimiento y presión del aire)<ul style="list-style-type: none"><li>o Rápidos, localizados en el pelo y glabros de los pies y manos, responden al movimiento</li><li>o Lentos, sensibles a las deformaciones de la piel y al desplazamiento sostenido (corpúsculos de Meissner)</li><li>o Tendones (corpúsculos de Pacini)</li><li>o Músculos en forma de uso (corpúsculos de Pacini)</li><li>o Articulaciones (corpúsculos de Pacini)</li></ul></li></ul></li></ul> |       |   |

| Percepción humana   | Tacto |  |
|---|-------|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Grupos de receptores táctiles:<ul style="list-style-type: none"><li>– Termorreceptores, la percepción de la temperatura no es objetiva, está basada en la diferencia de temperatura entre el objeto y el área de la piel que está en contacto con él. Los receptores responden a la conductividad térmica del objeto. La sensación depende del estado calórico de la piel (corpúsculos de Ruffini)</li><li>– Nociorreceptores, encargados de la percepción del dolor (nociceptores)</li></ul></li></ul> |       |   |

**Percepción humana**



Disco de Merkel

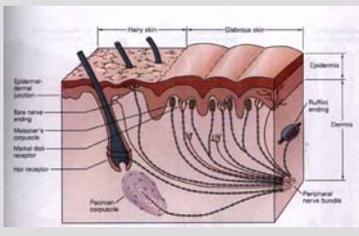
Bulbo de Ruffini

Corpúsculo de Paccini

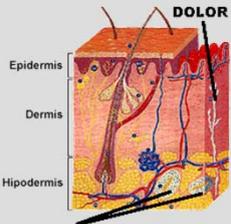
Corpúsculo de Meissner

Noceceptores

**Tacto**

**RECEPTORES DEL DOLOR**



**RECEPTORES DE PRESIÓN Y TEMPERATURA**

**Percepción humana**

**2 oídos**

**Cinestesia**



- Equilibriocepción:
  - Todas las formas de equilibriocepción se pueden definir como detección de la aceleración. Se determina por el nivel de un fluido llamado endolinfa situado en el laberinto localizado en el oído interno.
  - Al interrumpirse el sentido del equilibrio se producen mareos, desorientación y náuseas.

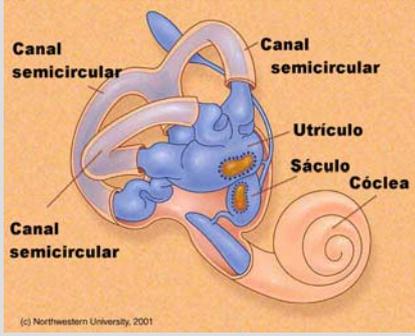
**Percepción humana**

2 oídos

Cinestesia

• Utrículo (plano horizontal) y sáculo (plano vertical):

- Endolinfa
- Células ciliadas
- Otolitos





**Percepción humana**

2 oídos

Cinestesia

**Un sofisticado sistema para mantenernos equilibrados**

Pegado al caracol aparece el llamado sistema vestibular, el órgano del equilibrio. Su función es, esencialmente, detectar la aceleración, ya sea la causada por la gravedad o las adicionales inducidas por la locomoción. Tres canales y dos sacos se encargan de que no perdamos el equilibrio.

**En el laberinto**

Una de las estructuras del órgano del equilibrio son los tres canales semicirculares (1, 2, 3). En ellos aparecen reflejos de un líquido y ocupan la parte del laberinto interno del oído interno. Cada conducto se encuentra en posición perpendicular respecto a los otros dos, de manera que cualquier aceleración de la cabeza afecta al menos a uno de ellos.

Los sensores del utrículo (4) y el sáculo (5) miden constantemente el centro de gravedad con otolitos. Su cometido primordial tiene que ver con detectar la dirección de la gravedad. El sáculo, por ejemplo, suministra información acerca de la gravedad cuando se gira la cabeza hacia adelante o al girar.

Los órganos con otolitos están basados de células ciliadas. Sus cilios, semejantes a pestañas, están sumergidos en una sustancia gelatinosa que contiene los otolitos, unos pe-

**Fluido en movimiento**

Cúpula (masa gelatinosa)

Cilios (pelos sensoriales)

Líquido del laberinto

Células ciliadas de tipo I

Nervio

El movimiento de la cabeza provoca corrientes de fluido en los canales -flechas azules-, que se traducen en la apertura (1) o cierre (2) de la ventana de cada canal en el utrículo. El flujo empuja la cúpula, masa gelatinosa que rellena la ampolla y que balza los cilios de las células ciliadas. Así, se informa al cerebro del sentido del flujo, lo que desencadena los movimientos corporales propios para contrarrestarlo -flecha roja-.

**Piedras que presionan**

Otolitos

Membrana otolítica

Cilios

Células ciliadas de tipo I

Fibra nerviosa

Células ciliadas de tipo II



**Aprendiendo a hablar**

Los niños con sordera pueden desarrollar habilidades de lenguaje, si se les adapta un audífono a los pocos meses después de nacer.



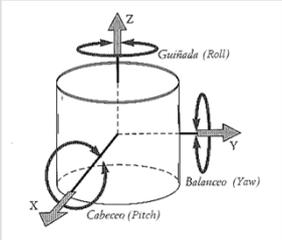
**Percepción humana**

- Canales semicirculares:
  - Tres planos del espacio llenos de endolinfa
  - Vestíbulo
  - Cúpula (detecta los cambio de dirección)
  
- Las pistas proporcionadas por estos elementos tienen una influencia muy fuerte en la percepción unida a las pistas visuales.
  - Simuladores de vuelo estático se producen mareos
  - Las plataformas móviles engañan al sistema vestibular (pitch genera sensación de aceleración hacia adelante)

**2 oídos**



**Cinestesia**



## Índice

Cognición

**Percepción humana**

- Sentido de la vista
- Sentido del oído
- Sentido del tacto
- Sentido del olfato**
- Sentido del gusto

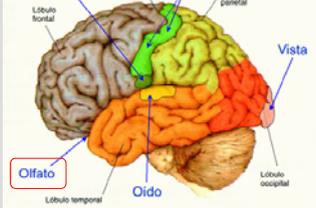
Integración sensorial

Aspectos en la IHM



*Dr. Francisco José Serón Arbeloa*



| Percepción humana   | Los otros  |
|---|--|
| <p>Los sentidos en la corteza cerebral humana</p>  | <p><b>OLFATO</b></p> <p>El sentido del olfato capta los olores.</p>  <p>Alcanforado: Olor a alcanfor<br/>         Almizclado: Olor a almizcle<br/>         Floral<br/>         Mentolado<br/>         Etéreo: Olor a éter<br/>         Picante<br/>         Pútrido: Olor a podrido</p> |
|   |  |

| Percepción humana   | olfato |
|---|--------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sentido del olfato:               <ul style="list-style-type: none"> <li>– Es el único cuyo órgano conecta el mundo exterior directamente con el cerebro, en particular con el sistema límbico. Dicho sistema está formado por estructuras relacionadas con la emoción, la motivación y la memoria.</li> <li>– Desde un punto de vista evolutivo, el sistema límbico es una de las estructuras más antiguas del cerebro y ha evolucionado como parte del sentido olfativo.</li> <li>– De hecho los estímulos olfativos pueden aumentar la sensación de presencia, activar la memoria y modificar el estado emocional del usuario.</li> </ul> </li> </ul> |        |

**Percepción humana**                      **olfato**

El término “*olor*” se refiere a la detección de cierto tipo de sustancias que están en suspensión en el aire. El aire suele estar formado por una mezcla compleja de gases, vapores, y polvo.

**Índice**

Cognición

**Percepción humana**

- Sentido de la vista
- Sentido del oído
- Sentido del tacto
- Sentido del olfato
- Sentido del gusto** ←

Integración sensorial

Aspectos en la IHM

*Dr. Francisco José Serón Arbeloa*

Percepción humana
Los otros


**Los sentidos en la corteza cerebral humana**



- 01- AMARGO
- 02- ÁCIDO
- 03- DULCE
- 04- SALADO
- 05- UMAMI
- 06- ADIPOSO
- 07- MENTOL
- 08- CAPSAICINA
- 09- CHILE PICANTE
- 10- PICANTE
- 11- ASTRINGENTE
- 12- AGRIDULCE
- 13- PODRIDO
- 14- DESAGRADABLE
- 15- SALADO-DULCE

**GUSTO**

El sentido del gusto percibe los sabores.




Percepción humana
gusto


- Sentido del gusto: Se refiere a la detección de cierto tipo de sustancias que están en suspensión acuosa (saliva).
  - Es el resultado de una compleja interacción entre múltiples mecanismos sensoriales, sabor, textura, temperatura, olor,...
  - Los interfaces para el gusto a través de la comida o la bebida es un área inexplorada.

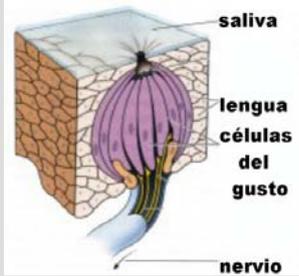
Percepción humana
gusto


- Hay tres tipos de papilas gustativas (aprox. 10.000):
  - Papilas fungiformes: tienen forma de hongo y se encuentran distribuidas en la parte anterior del dorso y bordes laterales de la lengua. Son sensibles a los sabores dulces, ácidos y salados.
  - Papilas caliciformes o lenticulares: tienen forma de cáliz o copa y se distribuyen cerca de la base de la lengua formando una V; captan los sabores amargos.
  - Papilas filiformes o cónicas: tienen forma de filamento y se encuentran en la punta y bordes laterales de la lengua. A diferencia de las papilas fungiformes y caliciformes no tienen función gustativa, solamente son receptores táctiles y captan la temperatura.

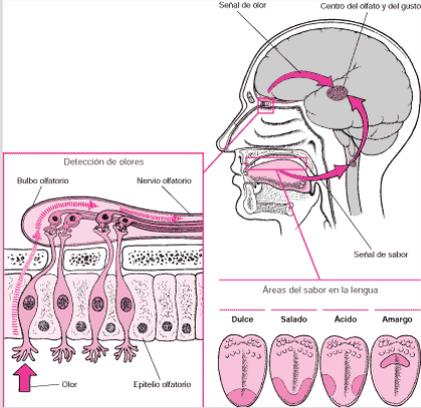
*Dr. Francisco José Serón Arbeloa*



Percepción humana
gusto

saliva  
lengua  
células del gusto  
nervio



Señal de olor    Centro del olfato y del gusto  
Detección de olores    Bulbo olfatorio    Nervio olfatorio    Señal de sabor  
Áreas del sabor en la lengua  
Dulce    Salado    Ácido    Amargo  
Olor    Epitelio olfatorio

Índice

Cognición

Percepción humana

- Sentido de la vista
- Sentido del oído
- Sentido del tacto
- Sentido del olfato
- Sentido del gusto

**Integración sensorial** ← 

Aspectos en la IHM

*Dr. Francisco José Serón Arbeloa*

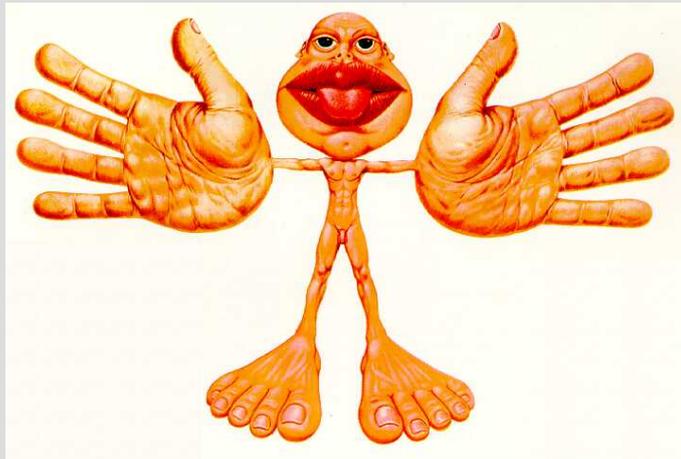


### ¿Todos los sentidos son igual de importantes?

- Análisis a realizar con cada sentido:
  - ¿Cuántas células nerviosas sensoriales son necesarias para recibir la información del exterior?
  - ¿Cuántas células nerviosas neuronales emplea el cerebro para interpretar esa información para producir posteriormente una sensación?

**Percepción humana**

*desde el punto de vista de los sensores*



**Percepción humana**

*desde el punto de vista de los analizadores*

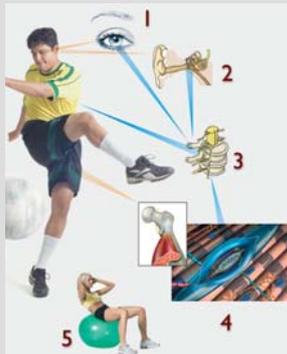




### Percepción humana

#### Integración sensorial Percepción intermodal

- La información proveniente de muchas de estas fuentes sensoriales se superpone y ofrece redundancia, de manera que puede reducirse la incertidumbre de las pistas perceptuales, permitiendo aumentar la relación señal/ruido.



### Percepción humana

#### Integración sensorial Percepción intermodal

- Aunque el cerebro suele autoengañarse:
  - El efecto del ventrílocuo



- El cine sonoro



**Percepción humana**

## Integración sensorial Percepción intermodal

- Aunque el cerebro suele autoengañarse:

- El efecto “ga”, “ba”, “da”



- El frote de las manos y su humedad. Detección mediante fricción

**Percepción humana**

## Integración sensorial Percepción intermodal

- Los centros cerebrales que están especializados en el procesamiento de un solo sentido, utilizan también informaciones de otros canales sensoriales y contribuyen a la combinación razonable de las diferentes percepciones.
- Por ejemplo, ciertas zonas de las áreas superiores de la corteza auditiva (la secundaria) procesan estímulos visuales y táctiles. Se podría decir que los ojos y los dedos también oyen.

### Percepción humana

#### Integración sensorial Percepción intermodal

- Una forma mediante la que se procesa la información sensorial es a través del uso de la atención. Si se dirige la atención a ciertos eventos u objetos se puede aumentar la percepción de algunas cosas y reducir o evitar la percepción de otras.



### Percepción humana

#### Integración sensorial Percepción intermodal

Una persona puede reaccionar a una señal:

auditiva en 150 ms

visual en 200 ms

dolor en 700 ms

Si las señales van combinadas y sincronizadas, se puede reaccionar antes.

**Percepción humana**

**Integración sensorial    Percepción intermodal**

El coste de ignorar la necesidad de ofrecer información sensorial múltiple y realimentación de alta calidad no es sólo que la tarea pueda ser difícil o no confortable de realizar, sino que el comportamiento sensomotor puede verse alterado durante periodos mayores que el utilizado en el entorno de realidad virtual utilizado.



**Índice**

Cognición

Percepción humana

- Sentido de la vista
- Sentido del oído
- Sentido del tacto
- Sentido del olfato
- Sentido del gusto

Integración sensorial

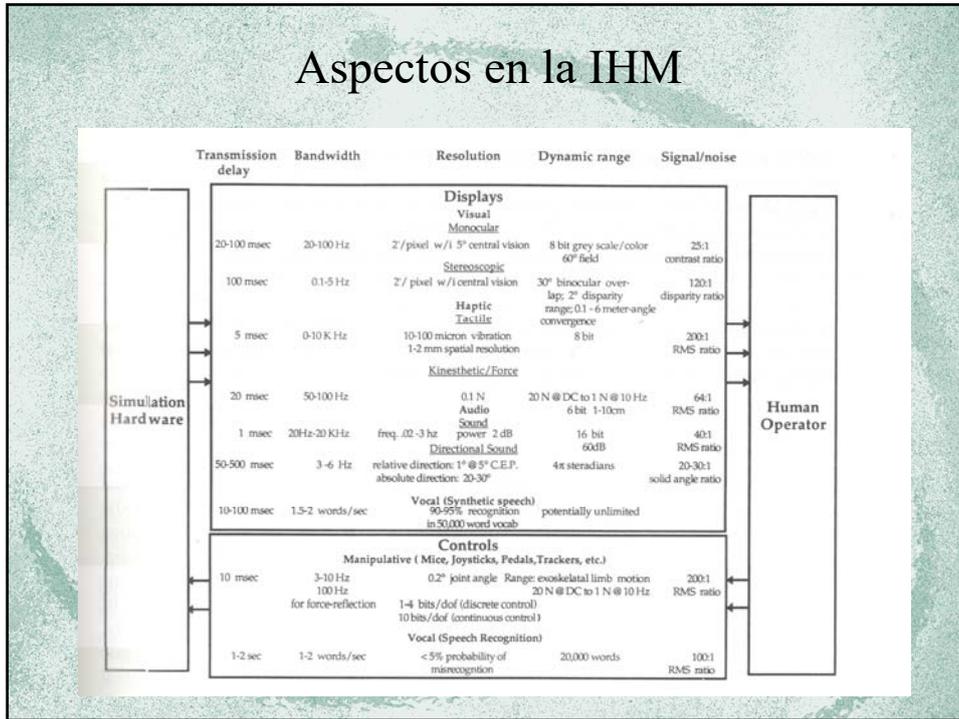
Aspectos en la IHM



*Dr. Francisco José Serón Arbeloa*



## Aspectos en la IHM





### Aclaración

- El siguiente documento es una copia en formato pdf del material utilizado en clase por el Dr. Francisco José Serón Arbeloa durante el curso 2015-2016 para la impartición de la asignatura Encéfalo-Mente-Máquina incluida en los planes de estudios vigentes de la Universidad de la Experiencia de la Universidad de Zaragoza.
- Consideraciones:
  - La estructura lógica es original del profesor F. J. Serón
  - Las referencias explícitas aparecen en el apartado de bibliografía.
  - Las imágenes pueden ser:
    - Originales del profesor.
    - Recogidas de Internet en sitios en los que se hace constar expresamente el permiso de utilización.
    - Recogidas de Internet en sitios en los que no se hace constar expresamente el permiso de utilización pero tampoco se impide.
- Por lo tanto los derechos de autor de dicho documento pueden considerarse colectivos aunque de autores muchas veces desconocidos.
- Realizadas las consideraciones previas, dicho material se entrega a cada alumno matriculado en la asignatura citada con las siguientes condiciones:
  - Es de uso exclusivo para su estudio.
  - No puede ser trasferido a ninguna otra persona.
  - No puede ser utilizado para ninguna actividad comercial.

*Dr. Francisco José Serón Arbeloa*

