

Percepción visual

Jordi Alberich
David Gómez Fontanills
Alba Ferrer Franquesa

PID_00191345



Los textos e imágenes publicados en esta obra están sujetos –excepto que se indique lo contrario– a una licencia de Reconocimiento-Compartir igual (BY-SA) v.3.0 España de Creative Commons. Se puede modificar la obra, reproducirla, distribuirla o comunicarla públicamente siempre que se cite el autor y la fuente (FUOC. Fundació per a la Universitat Oberta de Catalunya), y siempre que la obra derivada quede sujeta a la misma licencia que el material original. La licencia completa se puede consultar en: <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/es/legalcode.ca>

Índice

| | |
|---|----|
| 1. Teorías de la visión | 5 |
| 1.1. Visión y pensamiento | 5 |
| 1.2. Teorías antiguas de la visión | 6 |
| 1.2.1. Introducción | 6 |
| 1.2.2. Modelos activo y pasivo de la visión | 6 |
| 1.3. Teorías modernas de la visión | 8 |
| 1.3.1. Introducción | 8 |
| 1.3.2. El modelo de la cámara oscura | 8 |
| 1.3.3. Hacia un modelo científico | 9 |
| 2. Fisiología y percepción visual | 11 |
| 2.1. Fisiología del ojo humano | 11 |
| 2.1.1. Introducción | 11 |
| 2.1.2. ¿Sirve el modelo de la cámara fotográfica? | 11 |
| 2.1.3. Partes del ojo | 12 |
| 2.2. Neurofisiología de la visión | 12 |
| 2.2.1. El sistema nervioso humano | 12 |
| 2.2.2. El cerebro | 13 |
| 2.2.3. El proceso de percepción visual | 14 |
| 2.2.4. Áreas del córtex visual | 15 |
| 3. Psicología de la percepción | 18 |
| 3.1. Leyes de la visión de la Gestalt | 18 |
| 3.1.1. Psicología de la Gestalt | 18 |
| 3.1.2. Principios que describen el proceso perceptivo | 20 |
| 3.1.3. Leyes de la visión | 23 |
| 3.1.4. Ley de la proximidad | 24 |
| 3.1.5. Ley de la semejanza | 25 |
| 3.1.6. Ley de cerramiento | 26 |
| 3.1.7. Ley de buena continuidad | 27 |
| 3.1.8. Ley de movimiento común | 28 |
| 3.1.9. Ley de la pregnancia o de la "buena forma" | 30 |
| 3.1.10. Ley de la experiencia | 30 |
| 3.1.11. El pensamiento visual | 31 |
| 3.1.12. Percepción visual y creación gráfica | 33 |
| 4. Percepción de la forma | 34 |
| 4.1. La forma percibida | 34 |
| 4.2. Complejidad y simplificación perceptiva | 36 |
| 4.2.1. Introducción | 36 |
| 4.2.2. Niveles de complejidad | 36 |
| 4.2.3. Semejanza y diferencia | 38 |

| | |
|---|-----------|
| 4.2.4. Nivelación y agudización | 38 |
| 4.3. El esqueleto estructural | 39 |
| 4.3.1. Introducción | 39 |
| 4.3.2. Estructura y subdivisión | 40 |
| 5. Percepción y composición visual..... | 41 |
| 5.1. Esqueleto visual de la imagen | 41 |
| 5.2. Fuerzas perceptuales | 42 |
| 5.2.1. Campo visual y marco de imagen | 42 |
| 5.2.2. Campo de fuerzas | 43 |
| 5.3. Peso visual: equilibrio y tensión | 45 |
| 5.3.1. Aproximación al peso visual | 45 |
| 5.3.2. Equilibrio y tensión | 45 |
| 5.3.3. Flecha visual: dirección | 48 |
| 6. Percepción del color..... | 51 |
| 6.1. La luz | 51 |
| 6.1.1. Ondas electromagnéticas | 51 |
| 6.1.2. El espectro electromagnético | 52 |
| 6.2. La retina, receptor de luz | 53 |
| 6.2.1. Células fotorreceptoras: bastones y conos | 53 |
| 6.2.2. Conos y color | 54 |
| 6.2.3. Ciegos al color | 55 |
| 6.2.4. Visión del color y evolución de las especies | 55 |
| 6.3. El color de los objetos | 56 |
| 6.3.1. Los pigmentos | 56 |
| 6.3.2. Espejos y otras superficies reflectantes | 57 |
| 6.3.3. Cuerpos transparentes: refracción y filtro | 57 |
| 6.4. ¿Qué es el color? | 59 |
| 7. Percepción del movimiento..... | 61 |
| 7.1. Una cuestión de supervivencia | 61 |
| 7.2. Qué es el movimiento | 61 |
| 7.3. La falsa persistencia retiniana | 62 |
| 7.4. Un área del cerebro | 63 |
| Bibliografía..... | 65 |

1. Teorías de la visión

1.1. Visión y pensamiento



Ojo del Dios-Halcón Horus, Antiguo Egipto. Hacia el 900-800 a. C.
Fuente: David Liam Moran 2007 # Creative Commons Reconocimiento Compartir Igual 3.0

Aunque lo intuitivo sería creer que vemos por nuestros ojos, es mucho más correcto decir que el que ve es nuestro cerebro. La mayor parte del proceso de visión se produce en él y los ojos pueden considerarse como meros receptores de estímulos luminosos o, en todo caso, como la primera fase del proceso de percepción visual.

Una de las características básicas del conocimiento humano consiste en su carácter representacional. El conocimiento de los objetos, de la realidad exterior, consiste en la capacidad de modelar conceptos adecuados. No debemos aceptar la escisión habitual de razón y sentidos. Toda actividad racional tiene un fundamento en la recepción previa de los datos aportados por nuestros sentidos y, muy especialmente, del sentido de la vista. A su vez, esta información es totalmente modelada por procesos cerebrales conscientes e inconscientes.

Estar al corriente de los conocimientos básicos que se tienen sobre la percepción visual humana es una herramienta conceptual útil para el creador gráfico y una fuente de recursos para la experimentación y el trabajo práctico.

1.2. Teorías antiguas de la visión

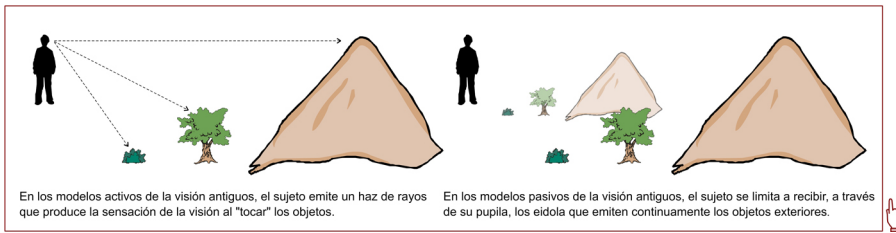
1.2.1. Introducción

La explicación del proceso de la visión ocupa un lugar preferente en la historia del pensamiento occidental. En el mismo nacimiento del pensamiento filosófico en la Grecia antigua (siglo VI a. C.) se dan cita ya dos teorías explicativas rivales que pugnan por imponer su discurso. Ambas teorías, precientíficas e intuitivas, se constituirán en la fuente explicativa de la visión del mundo occidental durante siglos, hasta la llegada del mundo moderno. Reformuladas o no, definen dos modelos básicos sobre el proceso de la visión humana, cuyo eco llega hasta nuestros días. Los dos modelos antagónicos son el **modelo activo de la visión** y el **modelo pasivo de la visión**; que se explicarán a continuación.

1.2.2. Modelos activo y pasivo de la visión

Modelo activo de la visión: adscrito tradicionalmente a Pitágoras y, más tarde, a su discípulo Euclides, el ojo humano emite un haz de rayos que, viajando por el espacio, llega a tocar los objetos. El contacto entre este haz de rayos y los diferentes objetos de la realidad era lo que producía y aseguraba la sensación de la visión. En este primer modelo activo de emisión, ver consiste en tocar la realidad: de la misma manera en que un ciego avanza por su mundo oscuro tocando los objetos con las manos o ayudado de un bastón, también el ojo humano se desplazaría y reconocería el mundo tocando la realidad. El ojo se convierte así en el vértice de una jaula cónica y piramidal de rayos dirigidos a captar los objetos exteriores (campo visual).

Modelo pasivo de la visión: es antagónico al anterior, donde Pitágoras y Euclides presentaban un modelo activo, táctil y emisor, Demócrito y Lucrecio, representantes iniciales de la segunda opción, presentarán un modelo de recepción pasiva. Mediante sus obras poéticas, Lucrecio afirmaba que son los mismos objetos de la realidad los que envían continuamente imágenes de sí mismos hacia el espacio natural que los envuelve. Estas imágenes, denominadas *eidola*, se introducían en el ojo humano, después de viajar a través del espacio, produciendo así la visión. Frente a la metáfora del ciego que toca la realidad, Lucrecio concebía los objetos como serpientes que se desprendían continuamente de "capas", de "fantasmas", de sí mismos (*eidolas*) recibidos de forma pasiva por el ojo humano. Así, el aire estaría plagado de imágenes inmatriciales que vuelan, se desplazan y se entrecruzan en todas direcciones, irradiadas continuamente por los propios objetos.



Comparad los modelos activos y los modelos pasivos de la visión. Si pulsáis los botones veréis sendas demostraciones animadas de dichos conceptos.

Aunque no de una forma literal, elementos conceptuales de los dos modelos persisten en las teorías actuales sobre la visión humana. En la tabla adjunta se comparan las nociones antiguas con sus "equivalentes" modernas.

Modelos antiguos de la visión

| | Modelo | |
|--|--|---|
| | Activo | Pasivo |
| Autores | Pitágoras, Euclides | Demócrito, Lucrecio |
| Característica básica | Comprensión táctil de la visión | Densificación del espacio visual |
| Metáfora explicativa | "Vemos como el ciego que toca con su bastón la realidad" | "Como una serpiente que muda su piel, los objetos se desprenden continuamente de pieles (imágenes) de sí mismas." |
| Nociones intuitivas modernas introducidas | Campo visual | Fotón (partícula elemental de las radiaciones electromagnéticas, que incluyen la luz visible). |

Comparativa de los modelos antiguos de la visión activo y pasivo.

Fragmentos originales sobre Demócrito y la visión

Autores posteriores formularán así las concepciones de Demócrito sobre el sentido de la vista.

"Leucipo, Demócrito y Epicuro dicen que la percepción y el pensamiento surgen cuando entran imágenes del exterior, pues nadie experimenta ninguno de ellos sin la percusión de una imagen."

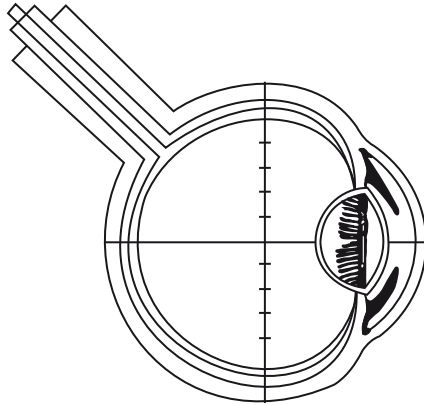
Teofrasto, de sensu. En: G. S Kirk; J. E. Raven; M. Schofield (1987). *Los filósofos presocráticos* (pág. 595). Madrid: Editorial Gredos.

"Demócrito explica la visión mediante la imagen visual, que describe de un modo particular; ésta no surge directamente en la pupila, sino que el aire que hay entre el ojo y el objeto de la visión es comprimido y queda marcado por el objeto visto y por el vidente, pues todas las cosas emiten siempre alguna clase de efluvio. Después, este aire, que es sólido y de variados colores, aparece en los ojos húmedos, éstos no admiten la parte densa, pero lo húmedo pasa a su través."

Alejandro, de sensu. En: G. S Kirk; J. E. Raven; M. Schofield (1987). *Los filósofos presocráticos* (pág. 595). Madrid: Editorial Gredos.

1.3. Teorías modernas de la visión

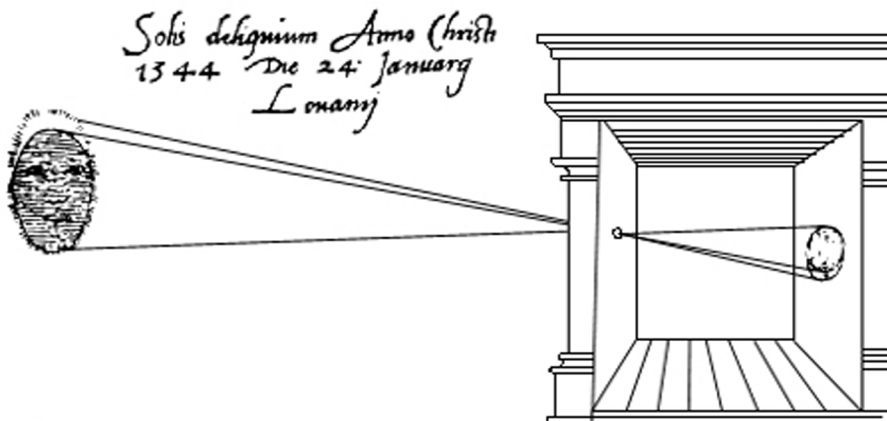
1.3.1. Introducción



Primera representación gráfica moderna del interior del ojo humano (1619) de Scheiner. Obra bajo dominio público.

El nacimiento del mundo moderno (siglos XV-XVI) comporta una revisión completa de las teorías de la visión antiguas. Una revisión que dibuja el camino hacia los estudios fisiológicos y psicológicos de la visión en nuestros días.

1.3.2. El modelo de la cámara oscura

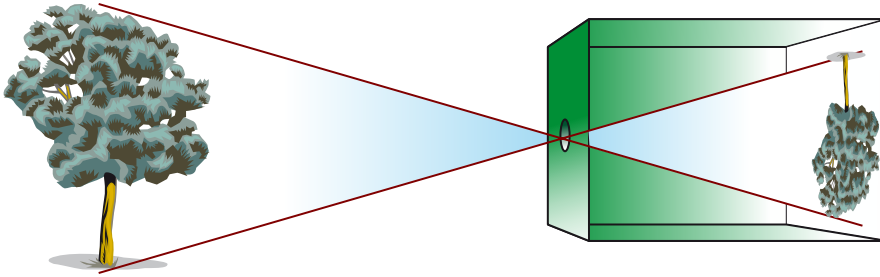


Eclipse solar observado en Lovaina con una cámara oscura, 1544. Obra bajo dominio público.

Uno de los primeros modelos modernos de la visión es el de la **cámara oscura**. Se basa en un principio astronómico conocido desde la antigüedad que servirá de explicación del funcionamiento de la visión humana a lo largo del Renacimiento. Formulada ya por Aristóteles, y de amplia aceptación en el pensamiento árabe antiguo, este principio explica cómo "la luz que penetra por un agujero minúsculo, desde la pared de una habitación oscura, forma sobre la pared opuesta una imagen invertida de lo que haya en el exterior".

A lo largo del Renacimiento, y más tarde en los siglos XVII y XVIII, el principio de la cámara oscura sirvió para explicar la visión del ojo humano y, a su vez, para fabricar los más diversos utensilios y máquinas de dibujar, hasta llegar a

la invención, en 1839, de la fotografía. El modelo de la cámara oscura se aplica al ojo: la luz ("rebotada" de los objetos) entra por un pequeño agujero –la pupila– dentro del ojo y las imágenes invertidas del exterior se proyectan sobre el fondo –la retina. Se trataba de un modelo aún demasiado simple para explicar la complejidad del proceso de visión. Uno de los problemas que plantea en su momento es la llamada "paradoja de la imagen invertida". La formación invertida de las imágenes en el interior de la cámara oscura –ojo o máquina de fotografiar– plantea un nuevo interrogante: ¿Por qué vemos las imágenes correctamente si, como se demuestra, éstas se proyectan invertidas?



Sección interior de una cámara fotográfica moderna, basada en el principio de la cámara oscura.

De la cámara oscura a la invención de la fotografía

"Una de las piezas clave de la fotografía se concibió en primer lugar con fines científicos y fue luego adoptada y perfeccionada a lo largo de los siglos, en el seno de las artes del dibujo. Se trata de la cámara oscura, cuyos principios había descubierto ya Aristóteles observando un eclipse solar. Entre los siglos XI y XVI, numerosos escritos, entre ellos los de Alhazen, Roger Bacon, John Peckham, Gillaume de Saint-Cloud, Erasmus Reinhold o Gemma Frisius, mencionan ese dispositivo y su aplicación a la astronomía. A través de una abertura circular practicada en los postigos de la ventana de una habitación a oscuras, los rayos luminosos trazan sobre la pared opuesta la imagen solar invertida. Al revelar el fenómeno al mundo del arte, el renacimiento abre el camino de la celebridad para el instrumento. Leonardo da Vinci lo menciona en sus manuscritos, pero éstos no serán publicados hasta los tiempos modernos. Su discípulo Cesare Cesariano ofrece ya, en 1521, la que es sin duda la primera descripción publicada de una cámara oscura, en una nota que añade a su traducción del tratado de arquitectura de Vitrubio. En el siglo XVII, la cámara oscura, descrita hasta entonces como una verdadera habitación, se hace portátil. En 1657, con Kaspar Schott, la cámara se convierte en una caja, tomando después, con Johannes Zahn, una configuración que anuncia los aparatos empleados en los principios de la fotografía. El siglo XVIII adopta definitivamente este instrumento de óptica, que presentará en adelante todas las formas y dimensiones imaginarias. Su aspecto recreativo la sitúa entonces entre los entrenamientos científicos. En resumen, ya en 1865, fecha del tratado de Zahn, la cámara oscura ya está preparada para la fotografía, pero su transformación en aparato de la toma de vistas deberá esperar casi ciento treinta años."

B. Marbot (1988). "El camino hacia el descubrimiento". *Historia de la Fotografía* (págs. 12-13). Madrid: Alcor.

1.3.3. Hacia un modelo científico

Johannes Kepler (1572-1630), físico y astrónomo alemán, fue el autor del *Astronomiae Pars Óptica* (Kepler, 1604), el tratado de óptica más importante previo a Newton. En él señala que la posición de la imagen respecto a la retina no tiene ningún significado particular. La imagen, pese a estar invertida físicamente, es enderezada por el intelecto. De esta manera, se eliminan ya todos

los componentes metafísicos y misteriosos del proceso de la visión humana, para plantear un nuevo territorio de exploración científica y fisiológica de las relaciones entre cerebro y ojo, y de su funcionamiento conjunto.

Los modelos actuales de la visión humana se basan en un estudio interdisciplinario de la **percepción visual** que tiene en cuenta como mínimo los siguientes aspectos:

- fisiológico
- neurológico
- psicológico

En ellos el ojo actúa como receptor y el proceso perceptivo es principalmente neurológico y del intelecto.

2. Fisiología y percepción visual

2.1. Fisiología del ojo humano

2.1.1. Introducción

La medicina y la psicología modernas son responsables, a lo largo del último siglo, del conocimiento y análisis detallado del funcionamiento del ojo humano, y así del proceso fisiológico de la visión.

El ojo humano es un órgano de forma esférica de unos 25 milímetros de diámetro, está formado por tres membranas: la **esclerótica**, la **coroides** y la **retina**. La esclerótica contiene la **córnea**, parte frontal transparente que permite el paso de la luz al interior. La coroides se encarga de nutrir la **retina**, que es la membrana interna fotosensible sobre la que se forman las imágenes a partir de la luz recibida a través de la abertura variable de la **pupila**. A estos elementos se les suma el papel activo del **crystalino**, lente dilatante y refringente responsable de la acomodación de la visión a distancia; el **iris**, que actúa como un diafragma regulador del paso de luz admitida; los **músculos oculares**, encargados de la movilidad del conjunto del aparato, así como el **nervio óptico**, receptor del conjunto de estímulos de la retina y transmisor al cerebro de toda la información.

Más información sobre la retina

Encontraréis más información sobre el funcionamiento de la retina y las células que la componen en el apartado "La retina: receptor de luz" del apartado "Percepción del color".

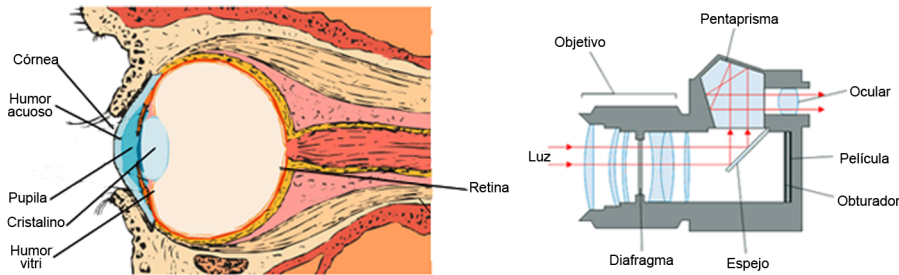
2.1.2. ¿Sirve el modelo de la cámara fotográfica?

El desarrollo técnico de la cámara fotográfica ha llegado a un resultado equiparable; de manera que la óptica y la mecánica de la cámara nos pueden servir como modelo para entender, en parte, el funcionamiento del ojo. Este tipo de metáfora es la que propone Guyton en su *Tratado de fisiología médica*:

"El ojo equivale ópticamente a la cámara fotográfica corriente, tiene un sistema de lentes, un sistema de abertura variable (la **pupila**), y una **retina** que corresponde a la placa fotográfica sobre la cual se impresionan las imágenes. El sistema de lentes del ojo está formado por: 1) la interfase entre aire y superficie anterior de la **córnea**; 2) la interfase entre superficie posterior de la córnea y **humor acuoso**; 3) la interfase entre humor acuoso y superficie anterior del **crystalino** y 4) la interfase entre superficie posterior del cristalino y el **humor vítreo**. [...] De la misma forma que una lente de vidrio puede enfocar una imagen sobre un papel, el sistema de lentes del ojo puede enfocar también una imagen sobre la retina; esta imagen está invertida con respecto al objeto."

A. C. Guyton (1997). *Tratado de fisiología médica* (pág. 867-868). Madrid: Mc Graw Hill.

El símil no se puede tomar de forma literal ya que la cámara es un objeto óptico-mecánico (actualmente también electrónico). En cambio el ojo humano es un elemento orgánico que ha evolucionado a través de la selección natural y la interacción con su entorno.



Comparación entre el ojo humano y el objetivo de una cámara fotográfica

2.1.3. Partes del ojo

En el esquema siguiente se muestran las diferentes partes del ojo.

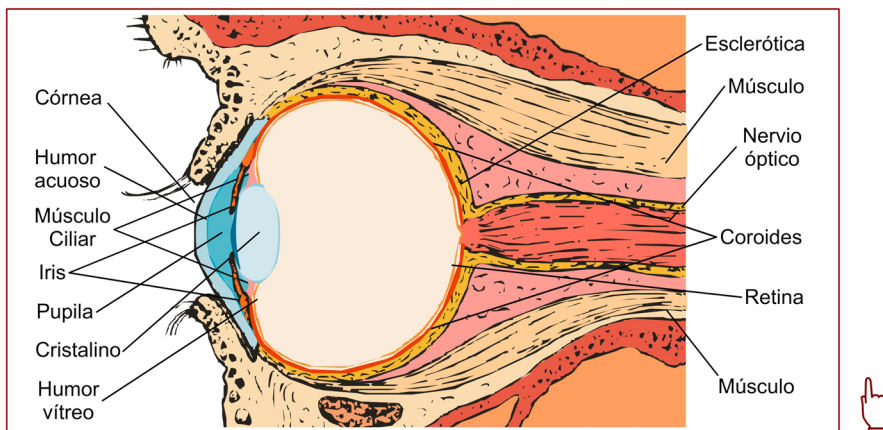


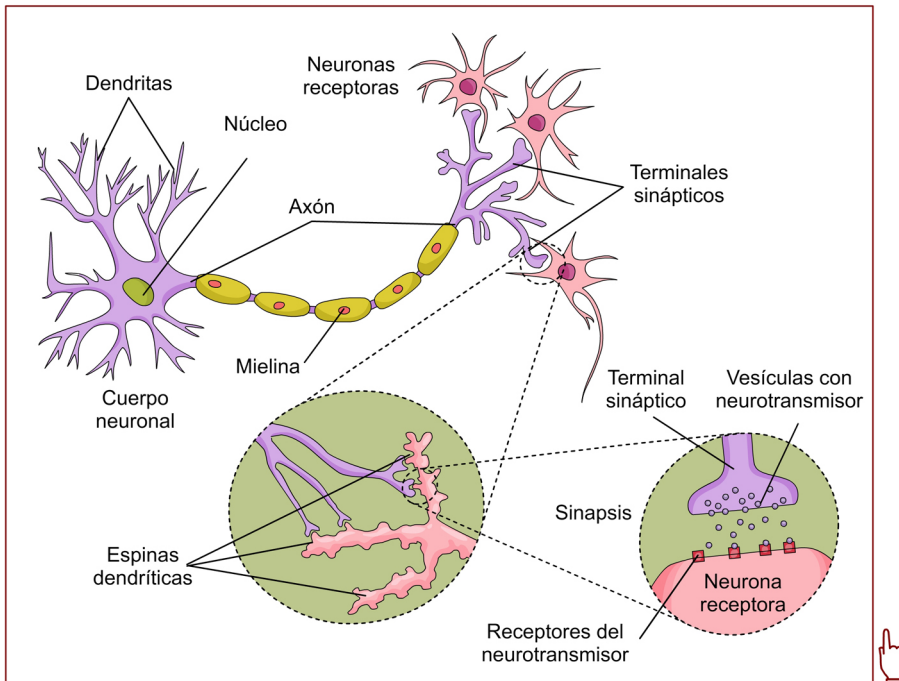
Ilustración dinámica del interior del ojo humano

2.2. Neurofisiología de la visión

2.2.1. El sistema nervioso humano

El sistema nervioso, del cual forma parte el cerebro, está formado principalmente por dos tipos de células: las **neuronas** y las **células glía**. Las primeras son las responsables de la comunicación y las segundas, mucho más numerosas, de la regulación de las condiciones que la hacen posible. Las neuronas transmiten información por el sistema mediante **impulsos eléctricos**. Las principales partes de una neurona son el **cuerpo neuronal**, las **dendritas** y el **axón**. El impulso eléctrico se transmite a través del axón (que es único pero puede ramificarse en su parte final) que se adhiere a las **espinas dendríticas** de otra neurona a través de una **terminación sináptica** que actúa a modo de ventosa. En este punto es donde se produce la **sinapsis**, el proceso por el cual

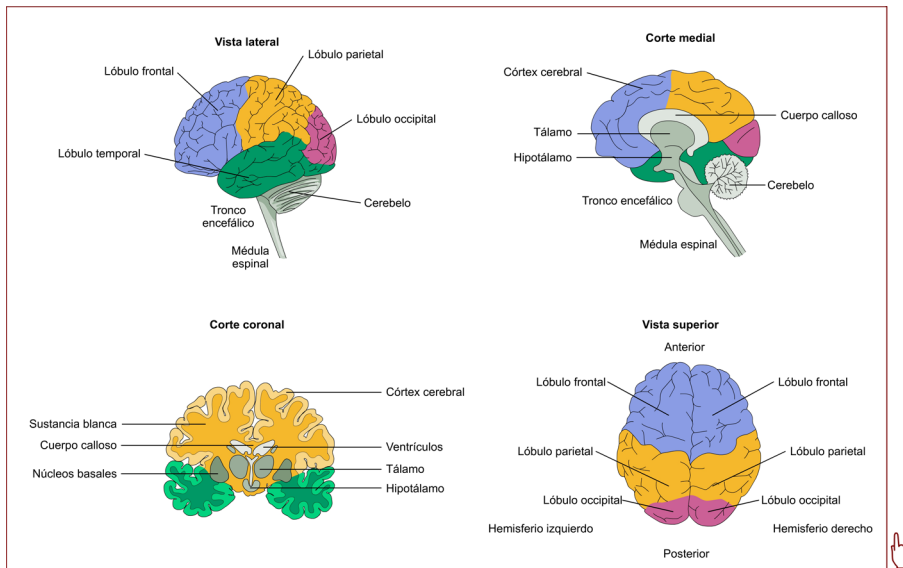
el impulso eléctrico pasa de una neurona a otra. Esto es posible por la liberación de los llamados **neurotransmisores** (pequeñas moléculas que actúan como mensajeros químicos).



Fuente: Acarín, 2001

2.2.2. El cerebro

El cerebro humano está formado por **dos hemisferios** (izquierdo y derecho) divididos en su superficie por una fisura longitudinal, y conectados en el interior por un haz de axones (llamado **cuerpo calloso**). La parte externa, formada por un manto arrugado de agrupaciones neuronales, es el llamado **córtex (o corteza) cerebral**. En la parte interna encontramos el **tálamo**, los **núcleos basales**, el **hipotálamo**, el **hipocampo** y la **amígdala**. El tálamo es una especie de centro de control y distribución que recibe información sensorial (visión, oído y sensaciones somáticas) y motora que luego envía a la zona correspondiente del córtex. El córtex cerebral es la parte más grande del cerebro humano (es la parte que proporcionalmente fue aumentando más en el proceso evolutivo). Lo dividimos por su posición en **cuatro lóbulos** (frontal, parietal, occipital y temporal) y por su función en varias áreas. A cada uno de los sentidos (vista, oído, gusto olfato y tacto) le corresponde una área distinta en la corteza. Está la **zona sensitiva primaria**, donde se recibe la información procedente del tálamo y se realiza la primera etapa de procesamiento, y las **áreas de asociación** donde se realiza la parte más compleja del procesamiento, en la que interviene la experiencia, el razonamiento, la identidad, la toma de decisiones, etc.



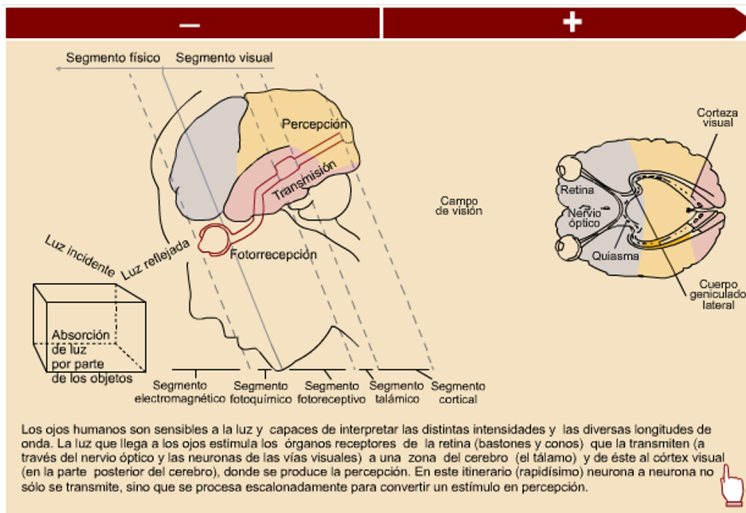
Fuente: Acarín, 2001

2.2.3. El proceso de percepción visual

En el caso de la **percepción visual** el proceso empieza en los ojos. La luz que llega a ellos estimula los órganos receptores de la **retina** que convierten el estímulo lumínico en impulso eléctrico y lo transmiten, a través de los axones del **nervio óptico**, hacia el cerebro. La información se encuentra en la conexión cerebral llamada *quiasma* y continúa hasta llegar a una zona específica del **tálamo** (los núcleos geniculados laterales) desde donde es enviada al **córtex visual** situado en el lóbulo occipital. La información procedente del ojo derecho es enviada al córtex visual del hemisferio izquierdo y al revés.

Podemos dividir este proceso en tres etapas principales:

- 1) **Fotorrecepción:** la luz que llega al ojo estimula en el fondo de la retina las células fotorreceptoras, que transmiten la señal al nervio óptico.
- 2) **Transmisión y procesamiento:** en la retina empieza un primer nivel de procesamiento que se irá haciendo complejo hasta llegar al tálamo y de éste al córtex cerebral.
- 3) **Percepción:** en el lóbulo occipital (en la zona visual primaria y en la zona de asociación visual) se completa el proceso de percepción y podemos hablar de consciencia de la imagen vista.



Proceso de transmisión neural de la visión

Ved también

Encontraréis más información sobre la recepción de la luz en la retina en el apartado "Percepción del color".

2.2.4. Áreas del córtex visual

La información de impulsos electroquímicos simples transmitida inicialmente por el nervio óptico se diversifica en formas más complejas al alcanzar el córtex cerebral. En éste, se produce un fraccionamiento de la detección inicial en estímulos simples que se asocian, posteriormente, en estructuras superiores mediadas por el conjunto de la actividad mental. Más allá de los estímulos exteriores, de la mera recepción física, ver implica una actividad intelectual, la relación y estructuración de los datos perceptuales con estructuras mentales, la capacidad de organizar y configurar la escenificación estable del espacio circundante.

Cada paso representa un nivel de "conceptualización visual".

A partir de la experimentación se han descrito seis áreas distintas del **córtex visual primario** que intervienen en la detección visual de un objeto:

- **V1:** se recibe y procesa una visión general del objeto.
- **V2:** se recibe y procesa una visión estereoscópica del objeto.
- **V3:** se recibe y procesa la profundidad y distancia del objeto.
- **V4:** se recibe y procesa el color del objeto.
- **V5:** se recibe y procesa el movimiento del objeto.
- **V6:** se acaba de perfilar la posición absoluta del objeto.

Estas seis áreas envían información al **córtex de asociación visual**, donde se asocia con información subjetiva y emocional obteniendo una percepción consciente del objeto y otorgándole significado.

El área V1 es la primera en recibir el estímulo que después se distribuye. Esta área es también una de las más estudiadas. Se ha visto que a cada punto del campo visual externo le corresponde un punto (un grupo de neuronas) de esta

área del córtex visual. De alguna forma es como si el estímulo originado en la retina acabara formando un mapa de lo que hay en el campo visual en el área V1 del cerebro. En ella hay más neuronas correspondientes al área central del campo visual que las dedicadas al área periférica.

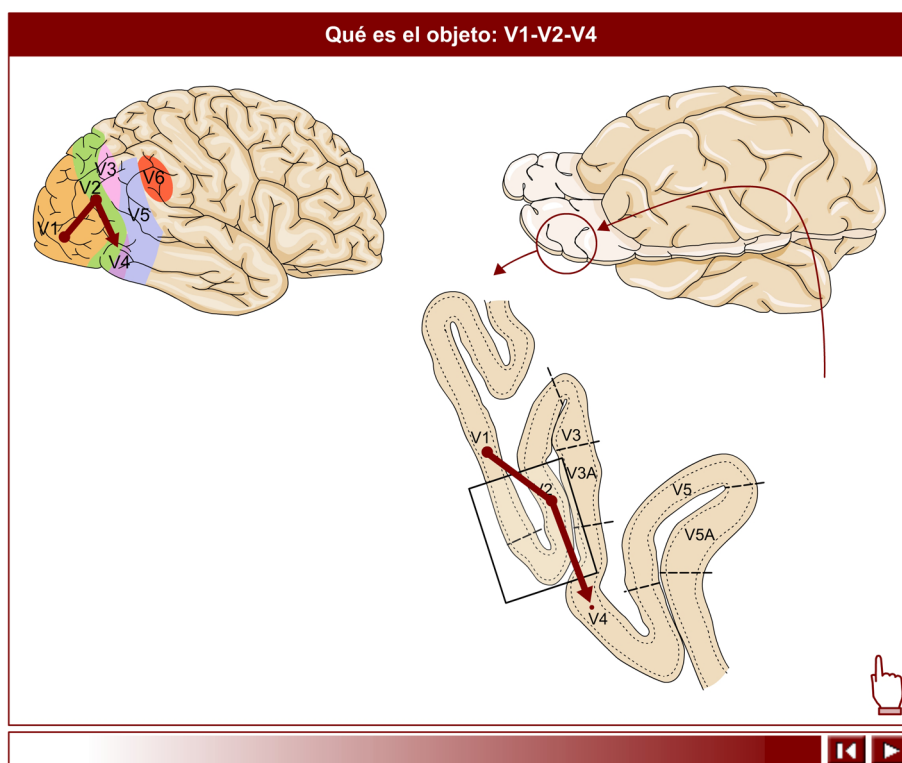
El reconocimiento de la escena visual

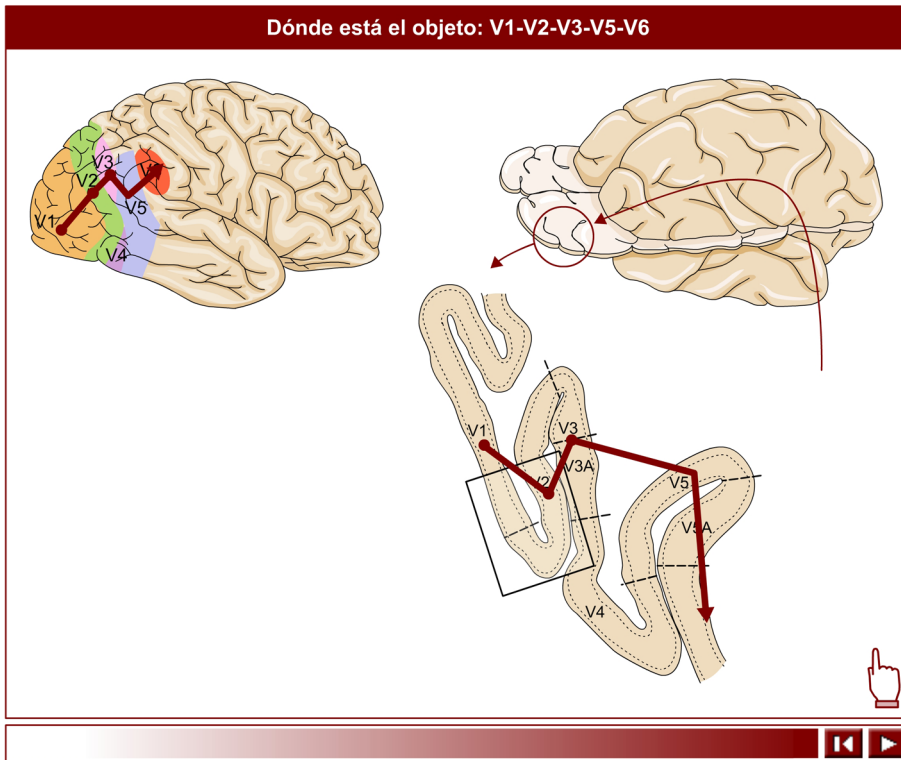
La capacidad del sistema visual para descubrir la organización de la escena visual –o sea, descubrir la forma de los objetos, el brillo de partes diferentes de cada uno, las sombras, etc.– depende de la corteza visual primaria.

Cuando una persona mira una pared blanca, sólo estimula unas pocas neuronas de la corteza visual primaria, cualquiera que sea la iluminación de la pared. En cada punto de la escena visual donde hay un cambio de lo oscuro a lo claro, o de lo claro a lo oscuro, se estimula la zona correspondiente a la del área V1 de la corteza visual primaria. La intensidad de la estimulación depende del gradiente de contraste; cuanto más limpio sea el borde del contraste, y mayor la diferencia de intensidad entre las zonas claras y oscuras, mayor será el grado de estimulación.

Así, las neuronas en la corteza visual consiguen una orientación espacial aproximadamente igual a la de la imagen retiniana.

También se han estudiado las vías que sigue la identificación del objeto. Para saber "dónde está el objeto" la ruta es V1-V2-V3-V5-V6. Para saber "qué es el objeto" la ruta es V1-V2-V4.





3. Psicología de la percepción



Dálmata de Lindsay y Norman. Autor: R. C. James. Usado experimentalmente por D. Marr (1982); Lindsay&Norman (1977) y R. L. Gregory (1970).

3.1. Leyes de la visión de la Gestalt

3.1.1. Psicología de la Gestalt

Dentro del ámbito de la psicología, el análisis de la percepción visual humana ocupa un lugar relevante. Las teorías y leyes expuestas por la Escuela de la Gestalt, aunque **no explican** el porqué del proceso perceptivo, siguen siendo un referente importante en tanto que **describen y predicen** algunos principios de su funcionamiento.

La psicología de la Gestalt es un movimiento experimental que empieza justo antes de la Primera Guerra Mundial. Su psicología está centrada en el estudio del conocimiento, la percepción y los procesos mentales. Es decir, en cómo nuestra percepción determina y condiciona nuestro pensamiento y, fundamentalmente, en el estudio del grado de conocimiento ya presente en el simple acto de percibir.

Para los psicólogos de la Gestalt, la visión consiste en un proceso de percepción activa en el que, más allá de la recepción pasiva de los rayos lumínicos, aparece implicada una serie básica de procesos activos de organización y estructuración de los estímulos.

La psicología de la Gestalt parte de una concepción sintética de la visión, expresada en una premisa básica:

Las formas exteriores son percibidas como totalidades o conjuntos superiores a la suma de sus partes, el sujeto se encarga de soldar las relaciones entre sus partes, o entre las partes de los estímulos recibidos.

La escuela de la Gestalt

Los principales representantes de la escuela de la Gestalt son Max Wertheimer, Wolfgang Köhler y Kurt Koffka:

- **Max Wertheimer** (1880-1943) fue el mayor y el más original e influyente de la escuela, autor del artículo que da inicio al movimiento en 1912. En 1910, concibió una nueva forma de tratar el problema de la percepción del movimiento. Frente a posiciones institucionalizadas anteriores, Wertheimer se preguntaba cómo explicar una sensación de movimiento a partir de la adición de dos estimulaciones estáticas. De acuerdo con el que sería el enfoque general de la escuela gestaltista, Wertheimer concluyó que, de hecho, el fenómeno del movimiento no necesita explicación en sí mismo. Se trata de comprender cómo la percepción del fenómeno solamente consiste en las relaciones concretas entre los estímulos en que éste se divide, no en el propio fenómeno.
- **Kurt Koffka** (1866-1941) fue el autor más productivo del grupo y quien intentó sistematizar el conjunto de las aportaciones realizadas por los distintos miembros de la escuela. En 1910, viajó a Fráncfort, donde comenzó la relación con Wertheimer y Köhler. Al año siguiente, comenzó la docencia en Giessen, donde realizó algunos estudios experimentales que luego se publicaron. Ya en 1920, publicó un artículo sobre la nueva escuela en una revista de psicología americana, lo que supondría la introducción del gestaltismo en EE. UU. En 1935, publicó su obra principal *Principios de psicología de la forma*, la hasta hoy considerada obra central sobre la escuela.
- **Wolfgang Köhler** (1887-1967) publicó en 1917 su libro *Pruebas de inteligencia en los chimpancés*, en el que aplica los principios de Wertheimer al aprendizaje y solución de problemas. En él, Köhler muestra que lo que **emerge** en las formas o *Gestalten* (totalidades) son las relaciones; los chimpancés no perciben solamente los estímulos aislados, sino las relaciones entre ellos. Observó también que la percepción de las relaciones es una señal de inteligencia, llamando a la percepción repentina de las relaciones adecuadas *Einsicht* (penetrar en el interior de algo, divisar o descubrir). En 1920, publicó *Las formas físicas en reposo y en estado estacionario*, y en 1929, su *Psicología de la forma* (Köhler, 1996), obra de síntesis y recopilación de las tesis y teorías mantenidas anteriormente.

En definitiva, la premisa básica de que el todo percibido es siempre superior a la suma de sus partes.

Desde la perspectiva de otras escuelas psicológicas alternativas, como la **psicología cognitiva** o la **neurociencia computacional**, se ha criticado la teoría gestaltista por no ofrecer un modelo del proceso de percepción. Por lo que ha sido considerada como una teoría **redundante** o **no-informativa**, en tanto que **descriptiva** y **no-explicativa**. Pero es precisamente su carácter descriptivo el que resulta útil para su aplicación en la práctica gráfica, especialmente en el diseño de interfaces. Si sabemos lo que pasa en el proceso perceptivo podemos tenerlo en cuenta al diseñar, aunque no tengamos una explicación de **por qué** pasa.

3.1.2. Principios que describen el proceso perceptivo

Los teóricos de la Gestalt y sus seguidores han usado 4 principios clave para describir los procesos de percepción visual. Estos principios son:

- **Emergencia:** reconocimiento global de objetos, emergiendo formas percibidas anteriormente de forma simultánea, no por la suma de sus partes constitutivas.
- **Reificación:** construcción de nuevas formas partiendo de las existentes gracias a la propia experiencia visual.
- **Multiestabilidad:** percepción ambigua entre fondo y figura que se dan en algunas imágenes.
- **Invariancia:** prioridad en el reconocimiento y percepción de las formas y contornos de los elementos por encima de otras cualidades: color, textura, estilo, etc.

No tenemos que entenderlos como mecanismos que funcionen por separado, sino como aspectos distintos de un mismo sistema perceptivo dinámico. A continuación se explican los cuatro principios a partir de gráficos experimentales que sirven como demostración.

1) El **principio de la emergencia** puede demostrarse por la percepción de la imagen del perro, que representa un perro dálmata olisqueando el suelo bajo la sombra de los árboles.

No reconocemos al perro a partir de la identificación previa de sus partes (patas, nariz, orejas, cola, etc.). Cuando reconocemos al perro lo hacemos globalmente, de una vez. La percepción del perro emerge en nuestra mente.

La teoría de la Gestalt constata este fenómeno, aunque no explique el porqué se produce.

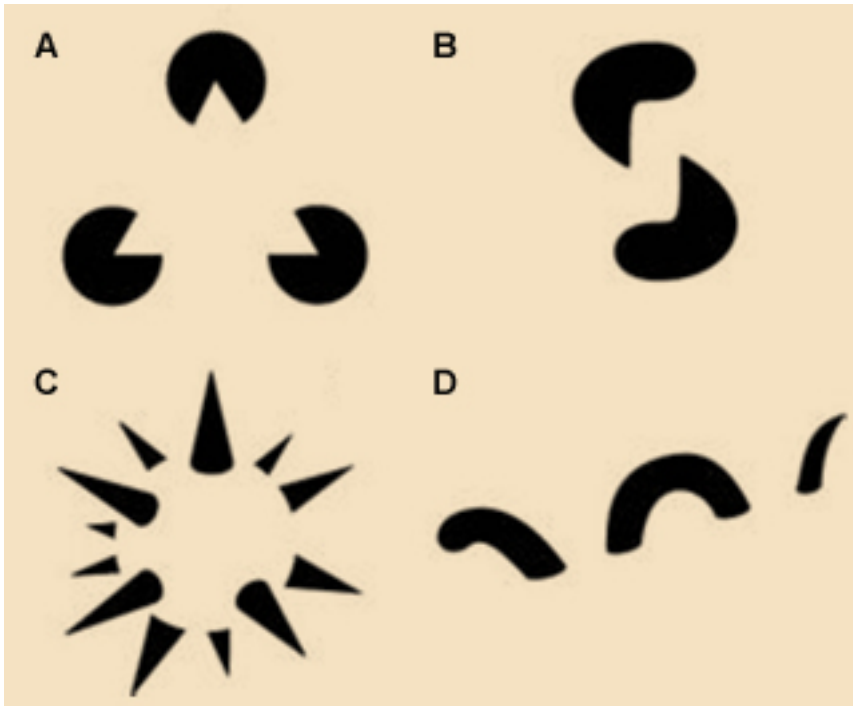


Imagen experimental para mostrar el fenómeno de la emergencia perceptiva.
Autor: R. C. James. Usado experimentalmente por D. Marr (1982), Lindsay&Norman (1977) y R. L. Gregory (1970)

2) La **reificación** es un aspecto constructivo o generativo de la percepción a través del cual lo percibido mediante la experiencia visual contiene más información espacial explícita que el estímulo sensitivo en el que está basado.

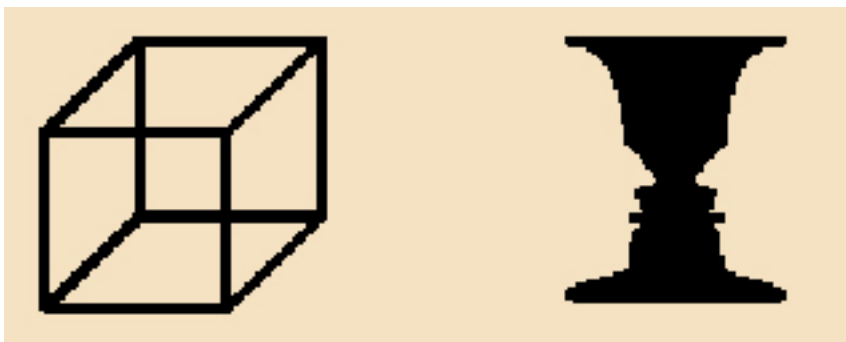
Por ejemplo, podemos percibir un triángulo en la figura A y sin embargo no hay un triángulo dibujado en ella. En las imágenes B y D la mente reconoce formas separadas como pertenecientes a una forma simple. En la imagen C vemos una forma tridimensional completa, cuando en realidad no ha sido completamente dibujada.

La reificación puede ser explicada por el estudio de los contornos ilusorios, que son tratados por el sistema de percepción visual como contornos reales.



Ejemplos de reificación en el proceso perceptivo.
 Representación realizada por Steven Lehar que agrupa: (A) el triángulo de Kanizsa, (B) el gusano volumétrico de Peter Tse's, (C) la esfera puntiaguda de Idesawa y (D) el monstruo marino de Peter Tse's.
 Imagen bajo dominio público. Steven Lehar (2003).

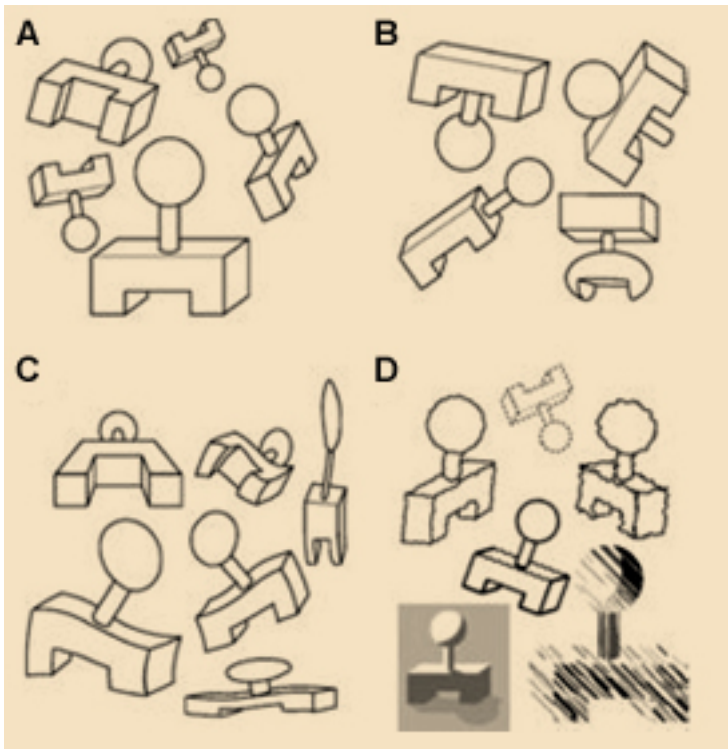
3) La **multiestabilidad** (o también **percepción multiestable**) es la tendencia que se da en las experiencias de percepción ambigua a saltar adelante y atrás de forma inestable entre dos o más interpretaciones alternativas. Podemos ver esta situación, por ejemplo, en el *Cubo de Necker* y en el *Vaso de Rubin* que se muestran en la imagen de la izquierda. De nuevo la Gestalt no explica por qué esas imágenes son multiestables, sólo describe que el fenómeno ocurre.



Ejemplo de percepción multiestable.
 Representación de Alan De Smet basada en el *Cubo de Necker* y en el *Vaso de Rubin*.
 Imagen bajo dominio público. Alan De Smet (2007).

4) La **invariancia** es una propiedad de la percepción según la cual los objetos geoméricamente simples son reconocidos independientemente de su rotación, traslación y escala. Incluso para otro tipo de variaciones como las deformaciones elásticas, diferencias de iluminación y cambios en las características de las partes que lo componen. Por ejemplo, los objetos en la figura A son reconocidos inmediatamente como la misma forma básica, los cuales podemos distinguir también de forma inmediata de las formas que hay en B. Las

reconocemos también a pesar de la perspectiva y las deformaciones elásticas en C e incluso cuando son representadas usando tratamientos gráficos distintos como en D.



Ejemplo de invariancia en la percepción de un objeto a pesar de las variaciones y distorsiones. Demostración gráfica de Steven Lehar. Imagen bajo dominio público. Steven Lehar (2003).

3.1.3. Leyes de la visión

Mediante estudios experimentales, los autores de la Gestalt llegaron a determinar una serie limitada de **Leyes de la visión**, un conjunto de principios descriptivos sobre el proceso de la percepción visual coherentes con la premisa básica de que toda nuestra experiencia perceptiva está estructurada y posee una **tendencia a unir y a relacionar en grupos** los estímulos percibidos. Tal como están formuladas las Leyes de la visión pretenden predecir cómo agruparemos los diferentes estímulos en unidades en función de sus características y relaciones.

La tabla siguiente presenta las principales leyes que gobiernan la estructuración de los estímulos visuales según dichos autores.

Principales Leyes de la visión según los autores de la Gestalt

| | | |
|----------|-----------------------------|---|
| 1 | Ley de la proximidad | En igualdad de condiciones tendemos a percibir juntos aquellos elementos más próximos en el espacio o en el tiempo. |
| 2 | Ley de la semejanza | En igualdad de condiciones tendemos a percibir como formando parte de una misma estructura u objeto a los elementos semejantes. |
| 3 | Ley del cerramiento | En igualdad de condiciones las líneas que delimitan una superficie son percibidas más fácilmente como unidad que aquellas que no llegan a cerrarse. |

| | | |
|----------|------------------------------------|---|
| 4 | Ley de la buena continuidad | En igualdad de condiciones tendemos a percibir como formando parte de una misma figura los estímulos que guardan entre sí una continuidad de forma. |
| 5 | Ley del movimiento común | En igualdad de condiciones tendemos a percibir como grupo o conjunto aquellos elementos que se mueven del mismo modo. |
| 6 | Ley de la pregnancia | En igualdad de condiciones tendemos a percibir como unidad aquellos elementos que presentan el mayor grado de simplicidad, simetría y regularidad. |
| 7 | Ley de la experiencia | La experiencia previa del sujeto receptor interviene junto con los aspectos citados anteriormente en la construcción de las formas percibidas. |

En los apartados siguientes se repasan cada una de las Leyes de la visión, con definiciones formalizadas y con ejemplos gráficos para una mejor comprensión.

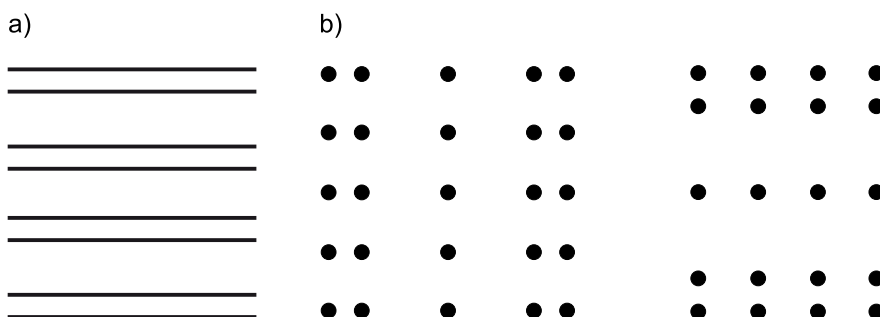
3.1.4. Ley de la proximidad

Veamos dos maneras de formular la Ley de la proximidad:

En igualdad de las demás condiciones, tendemos a percibir como juntos (o como un mismo objeto) los elementos más próximos en el espacio o en el tiempo.

Si un estímulo visible está constituido por una multitud de elementos diversos, se manifiesta en el sujeto receptor la tendencia a agrupar aquellos elementos más próximos entre sí.

Veamos ahora dos gráficos experimentales que demuestran lo que la ley predice:

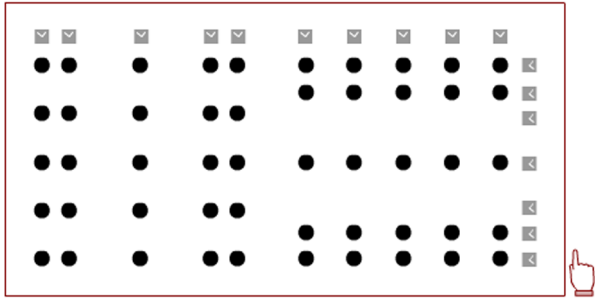


a) En este primer gráfico, tenemos una tendencia dominante a ver cuatro barras horizontales, agrupando de dos en dos las líneas cercanas entre sí. b) Del mismo modo ocurre en el segundo gráfico, en el que los elementos más cercanos son percibidos como unidades, frente a los elementos más distantes.

Actividad

A continuación podéis experimentar y descubrir cómo actúa la Ley de la proximidad.

Ocultad parte de los puntos y observad cómo el sistema perceptivo los agrupa en distintos elementos en función de su proximidad. Podéis ocultar o mostrar los puntos uno por uno clicando sobre ellos o bien ocultar filas y/o columnas enteras clicando sobre los botones que encontraréis en el gráfico.



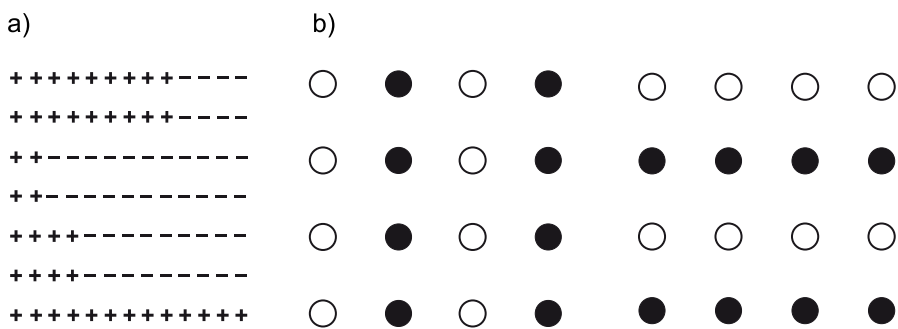
3.1.5. Ley de la semejanza

Veamos dos maneras de formular la Ley de la semejanza:

En igualdad de las demás condiciones, tendemos a percibir como parte de una misma estructura u objeto los elementos semejantes.

Si un estímulo visible está constituido por una multitud de elementos diversos, se manifiesta en el sujeto receptor la tendencia a agrupar aquellos elementos más similares entre sí.

Veamos ahora dos gráficos experimentales que demuestran lo que la ley predice:



a) Ante este primer gráfico tenemos tendencia a agrupar como conjunto los signos negativos frente a los signos positivos, aun cuando ambos se encuentran a la misma distancia entre sí. b) Nuevamente, a partir de la Ley de la semejanza, aquellos elementos más similares son percibidos fácilmente como integrantes de un mismo conjunto frente a los elementos disimilares.

Al hablar de **semejanza** nos estamos refiriendo a las propiedades visuales del objeto.

Actividad

Experimentad a continuación con la **semejanza de forma** y la **semejanza de color**. ¿Actúan conjuntamente o compiten entre sí?

Para estudiar cómo actúan las propiedades visuales en el agrupamiento por semejanza, podéis pulsar sobre los botones de ejemplos predefinidos y leer los comentarios. También podéis experimentar cambiando la forma y/o el color de los elementos. Para hacerlo, pulsad sobre uno de ellos y mediante un menú desplegable podréis cambiar sus propiedades.

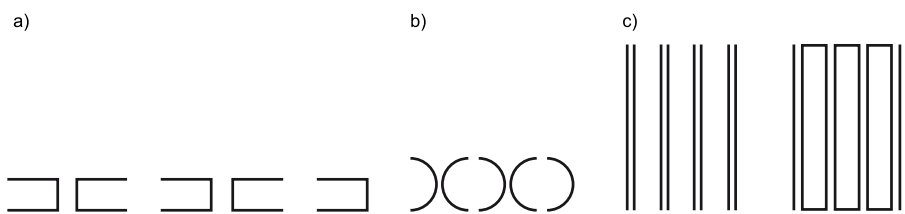
3.1.6. Ley de cerramiento

Veamos dos maneras de formular la Ley de cerramiento:

En igualdad de las demás circunstancias, tendemos a clausurar las brechas existentes en una posible figura con líneas incompletas [...] Mientras la actividad sea incompleta, toda situación nueva que se derive de ella será, para el organismo, una situación pasajera y de transición. Alcanzada la meta, el organismo habrá llegado a una situación final.

Las líneas que delimitan una superficie son percibidas más fácilmente como unidad que aquellas que no llegan a cerrarse.

Veamos ahora tres gráficos experimentales que demuestran lo que la ley predice:



a) Percibimos como unidad dos rectángulos (y medio) ya que nuestro sistema perceptivo tiene la tendencia a completar la brecha entre las dos líneas encaradas. Se hace difícil entender este gráfico como cinco elementos independientes. b) El mismo caso que en el gráfico anterior pero con elementos curvos en vez de rectilíneos. En este caso tendemos a percibir dos círculos y medio. Y lo vemos de una forma aún más clara que en el ejemplo anterior puesto que la tendencia a clausurarse de estos elementos es mayor. c) Los elementos que se clausuran entre sí forman con mucha más facilidad unidades perceptivas que aquellos que no lo hacen, pese a estar más cercanos entre sí. En la primera parte de este gráfico las ocho líneas verticales se agrupan en cuatro elementos muy claros por la proximidad entre pares de líneas. En la segunda parte se han unido con líneas horizontales las líneas verticales distantes. El resultado es que percibimos más claramente tres rectángulos cerrados. Una conclusión de ello es que la Ley de cerramiento domina sobre la Ley de proximidad. O lo que es lo mismo, percibimos más claramente como unidad los elementos cerrados o que tienden a cerrarse que los elementos próximos entre sí. Ilustración basada en la demostración de David Katz (Katz, 1967).

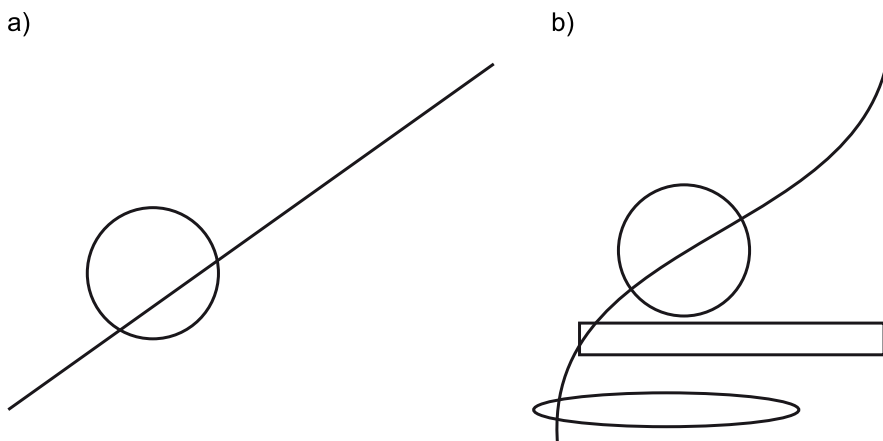
3.1.7. Ley de buena continuidad

Veamos dos maneras de formular la Ley de buena continuidad:

En igualdad de circunstancias, tendemos a percibir como parte de una misma figura los estímulos que guardan entre sí una continuidad de forma.

Aquellas partes de una figura que tengan un destino común se constituyen en unidad con mayor facilidad que las otras.

Veamos ahora dos gráficos experimentales que demuestran lo que la ley predice:



a) En este primer gráfico, a pesar de las distintas combinaciones posibles, el tramo de línea recta tiende a continuar como línea recta, y una parte del círculo como círculo. b) A su vez, en el segundo gráfico ejemplificativo, la línea ondulada impone su continuidad por medio de las formas circulares y cuadradas por su "buena continuidad".

Ejemplos de buena continuidad en objetos del mundo físico

¿Cómo reconocemos la continuidad de las ramas de un árbol?

Nuestro cerebro está preparado para hacerlo con una combinación de **estrategias perceptivas**. La estrategia principal que utiliza es la que explica la Ley de buena continuidad, aunque una línea o contorno se cruce o quede parcialmente oculta somos capaces de entender que forma parte de una misma estructura.

Una imagen simplificada puede servirnos para entender este fenómeno. En una imagen más compleja los fenómenos perceptivos se acumulan y es más difícil extraer de ellos una ley. Veámoslo con un ejemplo.



Incluso en esta imagen tan contrastada somos capaces de ver la continuidad de las ramas que se entrecruzan y no las confundimos entre sí.



En esta imagen esquemática se intenta simular cómo somos capaces de interpretar la estructura de las ramas gracias a su buena continuidad.



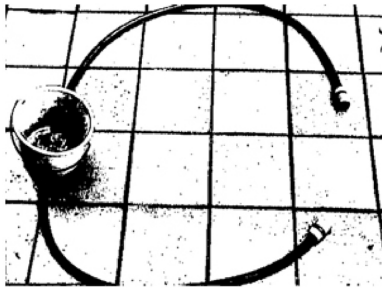
Si lo que vemos es una imagen como ésta, la buena continuidad de las ramas se complementa con otro tipo de información visual: los cambios en la textura, el volumen que se percibe gracias al claro-oscuro de las sombras, etc. Aun así, os daréis cuenta de que en ausencia de esta información adicional ya eráis capaces de identificar la estructura de ramas.



Fuente: David Gómez (2003). *Creative Commons Reconocimiento Compartir Igual 3.0.es*

¿Cómo reconocemos como unitario un objeto parcialmente oculto?

Por la misma razón, si su estructura tiene una **buena continuidad** lo interpretamos como una unidad.



En esta imagen vemos varias estructuras que somos capaces de identificar perfectamente gracias a su buena continuidad. Tenemos una estructura muy clara **de fondo**, una estructura reticular ortogonal (aunque deformada por la perspectiva) que queda oculta en varias zonas pero que somos perfectamente capaces de reconstruir. Tenemos también una línea curva (semicircular) que contrasta con dichas líneas rectas. Esta línea curva se corta en varios puntos con ellas, queda oculta parcialmente por otra forma y está cortada por el límite de la imagen, aun así, somos capaces de percibirla como un objeto unitario. Igualmente, somos capaces de ver la forma circular (el cubo) a pesar de taparse una parte de la imagen; aquí más bien actúa la ley de cerramiento.



A la buena continuidad se añade nueva información. Principalmente información de color, también de textura. Además reconocemos un cubo y una manguera sobre un suelo. Están actuando sinérgicamente las leyes de buena continuidad, semejanza y experiencia. La actuación solidaria de varios procesos identificados por las leyes de la Gestalt es nuestra mejor baza para reconocer el mundo que nos rodea.

Fuente: David Gómez (2003). *Creative Commons Reconocimiento Compartir Igual 3.0.es*

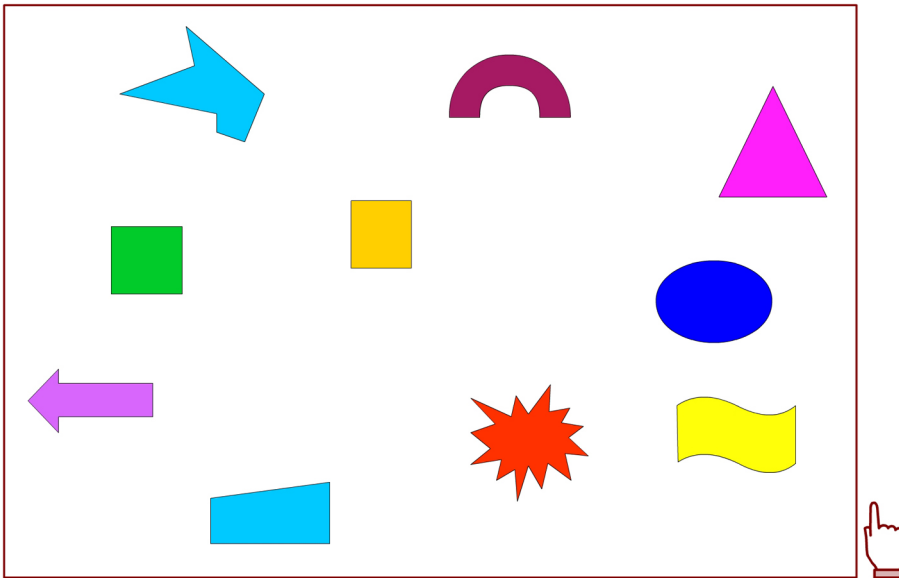
3.1.8. Ley de movimiento común

Veamos dos maneras de formular la Ley del movimiento común:

En igualdad de circunstancias, tendemos a percibir como grupo o conjunto aquellos elementos que se mueven conjuntamente o se mueven del mismo modo, o que se mueven reposadamente respecto a otros.

Se constituyen en unidad aquellos elementos que se mueven juntos de manera similar, o en oposición a otros que se encuentren quietos o estáticos.

Veamos ahora una animación con la que se puede entender de forma práctica lo que la ley predice:



En esta animación, los elementos con movimiento circular (cuadrado verde y medio círculo morado) se imponen como grupo o unidad común frente a aquellos que no mantienen un movimiento idéntico. Pese a la disparidad de formas y colores, el mantenimiento de un movimiento común agrupa elementos tan disimilares que parecen estar unidos por una estructura invisible.

Ejemplo de Ley de movimiento común

Un ejemplo para entender esta ley puede ser el de los faros de coche en la oscuridad. Percibimos como conjunto agrupado los faros de un mismo coche porque tienen un movimiento común. Y por supuesto los diferenciamos de los de otro vehículo, aunque esté próximo, porque no tienen exactamente el mismo movimiento.



3.1.9. Ley de la pregnancia o de la "buena forma"

La expresión alemana *Prägnanz* se podría traducir como *consistencia o regularidad*. La regularidad o las relaciones de regularidad entre los estímulos visuales es algo que nos induce a percibirlos como unidad o conjunto. Algunas de las leyes que hemos descrito presentan también este componente.

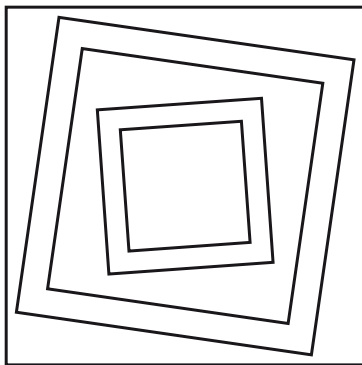
Pero veamos dos maneras de formular específicamente la Ley de pregnancia:

En igualdad de circunstancias, tendemos a percibir como unidad aquellos elementos que presentan el mayor grado de simplicidad, simetría, regularidad y estabilidad (buenas formas).

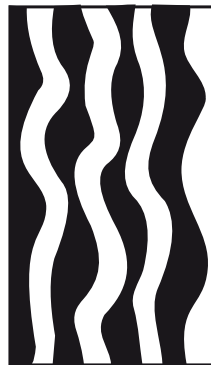
Se constituyen en unidad con mayor facilidad aquellos elementos de mayor regularidad, conexión, simetría, equilibrio, homogeneidad, máxima simplicidad y concisión.

Veamos ahora dos gráficos experimentales que demuestran lo que la ley predice:

a)



b)



a) En este gráfico, se establecen como figura las líneas paralelas entre sí (interdistancia regular), mientras que difícilmente los dos cuadrantes más externos se establecerán como figura común debido a su interdistancia irregular. b) Igualmente, y de nuevo a partir de la Ley de la pregnancia, en este segundo gráfico propuesto, toman el papel de figura las franjas blancas (de forma más regular) frente a las negras que toman el papel de fondo (de forma más irregular).

3.1.10. Ley de la experiencia

La Ley de la experiencia ha sido formulada de la siguiente forma:

La experiencia previa del sujeto receptor interviene, junto con los aspectos citados anteriormente, en la constitución de las formas percibidas.

Es decir, los factores culturales, la experiencia previa del sujeto, su educación y/o definición en el seno de una cultura, ayudan a determinar junto con las seis leyes deterministas anteriores, la organización de nuestras percepciones. La experiencia previa, y también el contexto, influyen en la percepción de una forma cuando la "reconocemos" en una imagen o conjunto de estímulos visuales.

Por ejemplo, la imagen del perro dálmata que hemos usado para demostrar el principio de emergencia sirve también para demostrar el reconocimiento de una forma que conocemos de antemano.



Imagen experimental para mostrar el fenómeno de la emergencia perceptiva atribuida a R. C. James. Usada experimentalmente por D. Marr (1982); Lindsay&Norman (1977) y R. L. Gregory (1970).

Esta imagen no es un experimento original del movimiento gestaltista pero ilustra muy bien la Ley de la experiencia y el fenómeno de la emergencia en nuestro sistema visual. En ella hay una serie de puntos dispersos, pero cuando reconocemos en ellos un dálmata ya no podemos dejar de verlo. Nuestra experiencia previa (en la percepción de esa forma como el reconocimiento de un "perro dálmata") actúa potentemente sobre nuestra percepción consciente.

3.1.11. El pensamiento visual

Lo que el pensamiento de los investigadores de la Gestalt nos ha dejado como legado es una mayor comprensión de la percepción visual como **actividad cognitiva**. Es decir, como una actividad que implica un grado de inteligencia y pensamiento. Todo pensamiento es de naturaleza perceptual, y la vieja dicotomía entre percepción y pensamiento resulta falsa.

Los procesos básicos de la visión implican mecanismos típicos del razonamiento. La visión, lejos de constituir una función inferior, resulta el medio fundamental por el que estructuramos los acontecimientos de los que derivamos las ideas y el lenguaje. En definitiva, los factores visuales determinan la formación de conceptos y, así, el material de nuestro pensamiento. Los estudios de los límites de la visión –itinerarios oculares, retentiva visual, agudeza visual y preferencias o perversiones de la mirada– señalan, a su vez, la posibilidad o imposibilidad de determinados actos de pensamiento:

- **Retentiva visual:** no vemos todo lo que entra por nuestros ojos. La capacidad de retentiva visual está en 1/15 partes de segundo. Es decir, el cerebro solamente ve como independientes todos aquellos estímulos que aparecen ante los ojos a una velocidad igual o inferior. A velocidades superiores, el cerebro los funde produciendo la sensación de movimiento.
- **Agudeza visual:** igual que en el caso anterior, el de la velocidad, existe también un umbral de la percepción referente al tamaño. Por debajo de un determinado umbral, el cerebro funde los estímulos recibidos.
- **Preferencias de la mirada:** más allá de las distintas leyes básicas de la Gestalt, la visión humana presenta unas preferencias que determinan jerarquías visuales. Así, en igualdad de circunstancias, por ejemplo, existe una preferencia por la claridad frente a la oscuridad, por los colores de mayor intensidad frente a los más apagados, o por las figuras simples frente a las complejas.
- **Perversiones de la mirada:** asimismo, hay un conjunto de anomalías en la visión que pueden caracterizarse, a su vez, como trastornos del reconocimiento visual. Entre otras, destacaremos la *ilusión* de Müller-Lyer o el *cubo* de Necker. En ambos casos, el sujeto que mira sufre una discrepancia entre el percepto y la realidad objetiva que lo ha suscitado, es decir, una distorsión subjetiva (percepto) de un estímulo objetivamente presente (realidad).

Hay que tener en cuenta que algunas de las características de nuestro sistema perceptivo, que ponen de relieve las Leyes de la visión de la Gestalt y otros experimentos de la psicología de la percepción, han sido modeladas por la evolución a través de la selección natural. Son características que permiten la adaptación del sistema perceptivo al entorno, y por ello, nuestra adaptación al mismo. Sin embargo existen otras características que no son innatas, sino que se dan por la influencia de los factores culturales propios de las sociedades dotadas de un pensamiento abstracto. Esta posibilidad es la que pone en entredicho las Leyes de la Gestalt como leyes de carácter universal (Gubern, 1987).

3.1.12. Percepción visual y creación gráfica

La **percepción** no es más que un subsistema de un sistema cognitivo más complejo que incluye percepción sensorial, memoria, atención, conocimiento, reconocimiento, entendimiento, conciencia, representación, interpretación, etc.

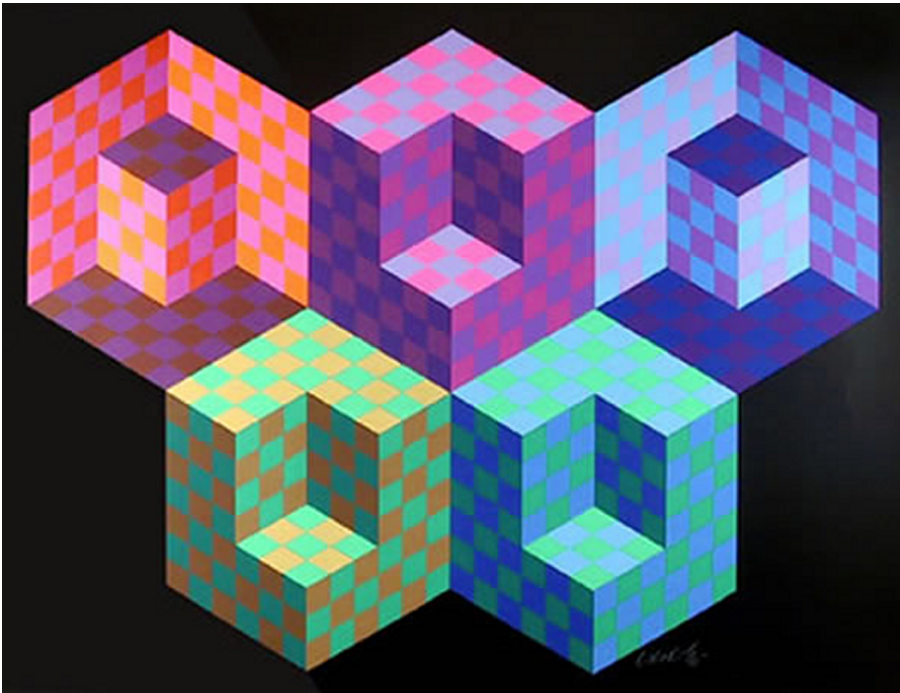
Lo que llamamos *ver* no es sólo un proceso perceptivo que se desencadena a partir de los sentidos. Lo que llega a nuestro córtex visual primario pasa luego al córtex de asociación visual y se difunde a otras partes del cerebro. En muchos casos pasará al sistema límbico que lo revestirá de carga emocional y a través de varias rutas llegará también a los lóbulos frontales y otras áreas cerebrales.

Cuando se habla de proceso cognitivo relativo a lo visual se quiere hacer hincapié en el papel que juega la experiencia previa, el sustrato cultural y los prejuicios de nuestro cerebro respecto a la información visual.

Quienes se implican en la creación gráfica sacarán partido de tener claros los conceptos clave sobre la percepción visual. Pero es recomendable que lo sumen a un conocimiento de la tradición gráfica, los códigos visuales compartidos y las corrientes de expresión gráfica. No se trata solamente de un conocimiento teórico. Es necesaria una experimentación gráfica continuada para adquirir cierta facilidad de comunicación a través del lenguaje visual.

4. Percepción de la forma

4.1. La forma percibida



© Victor Vasarely, VEGAP 2000. Esta imagen se reproduce acogiendo al derecho de cita o reseña (art. 32 LPI), y está excluida de la licencia por defecto de estos materiales. Algunas formas visuales ambiguas pueden percibirse de varias maneras distintas. Esta obra de Victor Vasarely juega con la profundidad y el volumen sugerido por las formas cúbicas.

No es lo mismo la forma material de un objeto (que sólo atañe al objeto y sus propiedades) que la forma que percibimos a través de nuestros sentidos (donde interviene la información parcial que nos llega del objeto, nuestros sistemas receptivos, el proceso de percepción y de interpretación).

La forma percibida por la vista es orientación espacial, límites, contexto y esqueleto de fuerzas visuales. Percibimos todo esto como un esquema total, no como una suma analítica de partes. Percibimos sobre todo los rasgos salientes de una forma (redonda, angulosa, simétrica, roja, apaisada, etc.).

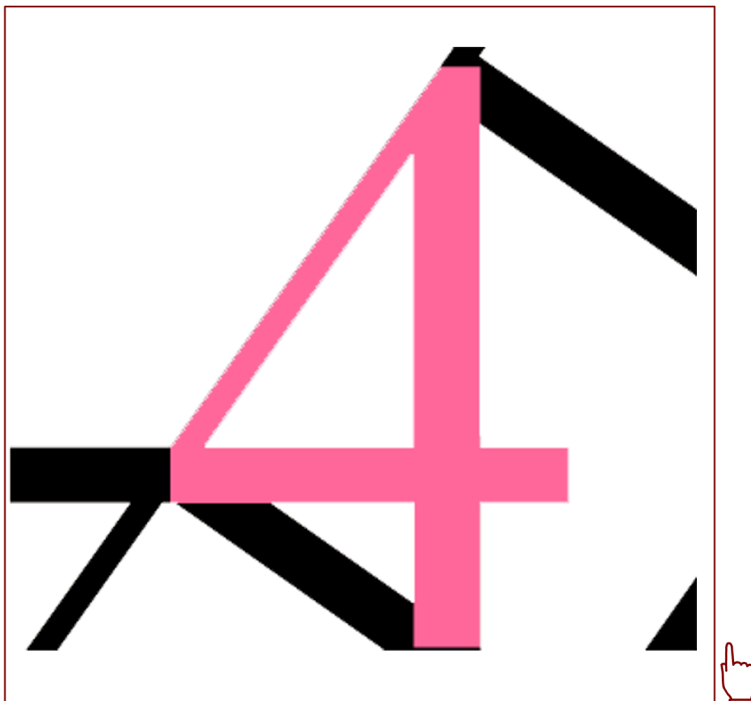
La percepción es una actividad activa y organizadora; no esperamos pasivamente a que un estímulo llegue al ojo, vamos a buscarlo y lo procesamos. A partir de la experiencia visual nuestro cerebro construye rápidamente conceptos perceptuales que nos permiten aprehender –llegar a reconocer, formarnos un modelo propio– lo que vemos.

Rudolf Arnheim (1995-2007) ha descrito con detalle los procesos y fenómenos que intervienen en la percepción visual y su vinculación con la percepción del arte. Según él (Arnheim, 1995) la forma perceptual es el resultado del juego recíproco entre:

- el objeto material,
- el medio luminoso transmisor de información y
- las condiciones reinantes en el sistema nervioso del observador.

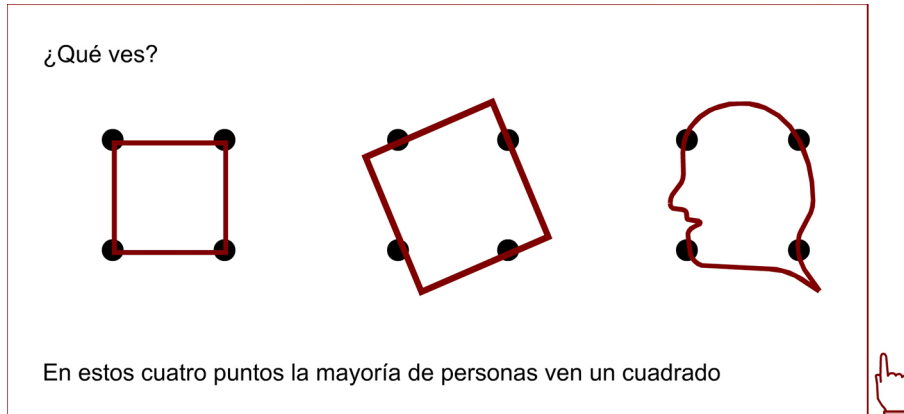
La captación de la forma es un proceso cerebral específico (relacionado principalmente con las áreas V1, V2 y V5 del córtex cerebral), si este proceso no se da nos podemos encontrar en un mundo visual sin formas tal y como solemos entenderlas. Existe una patología, dentro de las llamadas *agnosis visuales*, que impide reconocer las cosas como esquema total. Quien la padece puede reseguir los contornos y los detalles de las cosas (por ejemplo, de una ventana cuadrada), pero no percibe la forma como tal (no percibe el cuadrado). En vez de percibir el conjunto perciben los detalles o las partes. La investigación y análisis de los casos de agnosia visual está aportando una mejor comprensión del papel que juega el cerebro en la visión humana.

La percepción de la forma también se ve influenciada por el contexto y por el movimiento del objeto.



4.2. Complejidad y simplificación perceptiva

4.2.1. Introducción



Situa el cursor sobre cada una de las respuestas.
Esta demostración se basa en un experimento citado por Rudolf Arnheim (Arnheim, 2001).

En los cuatro puntos de la imagen superior la mayoría de las personas percibe un cuadrado en vez de un rombo o una cara. Es así porque el cuadrado es la forma más simple de las tres y la que se ajusta a los ejes vertical-horizontal dominantes. El efecto perceptivo se puede explicar a través de las Leyes de la gestalt: los cuatro puntos visualmente se agrupan (Ley de proximidad) y se perciben como la forma más simple posible (Ley de pregnancia).

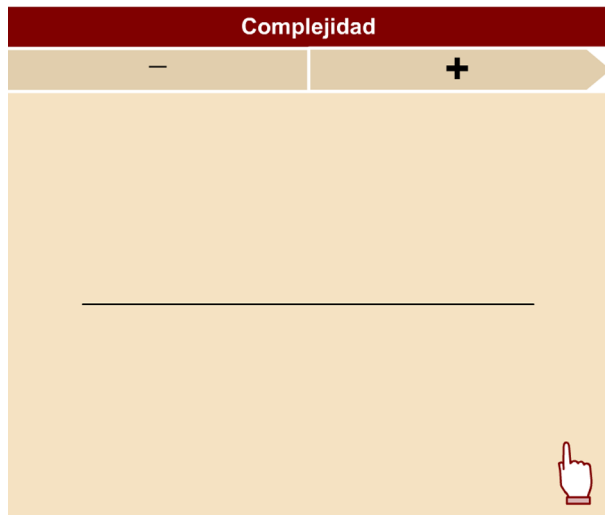
Percibimos un entorno, habitualmente complejo, interpretándolo como un conjunto de formas lo más simples posibles. Esto nos permite reconocer, diferenciar y comprender lo que nos rodea. Las formas visuales simples son aquellas que se perciben como esquemas sencillos.

4.2.2. Niveles de complejidad

El nivel de simplicidad de una forma se basa en sus rasgos estructurales que se pueden definir por distancia, ángulo y relación entre las partes. A continuación puedes comparar formas de menos a más complejidad perceptiva.

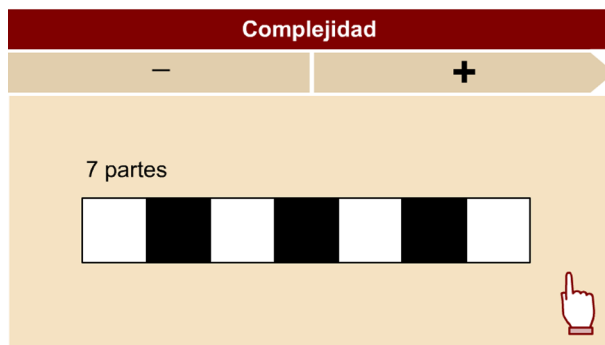
Ved también

Encontraréis información sobre la Ley de la proximidad y de la pregnancia en el apartado "Psicología de la percepción".

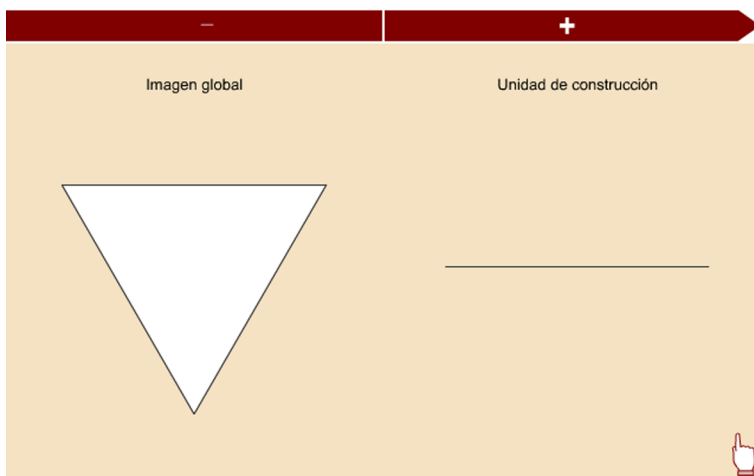


Los cambios en distancia, ángulo y relación entre las partes aumentan o disminuyen la simplicidad perceptiva de las formas. Pulsa "+" para ver formas cada vez más complejas y "-" para volver a formas más simples.

En cambio debemos desmentir que un mayor número de partes implique siempre una mayor complejidad, o bien, que la simplicidad de las partes tenga relación con la simplicidad del conjunto. A continuación se demuestra experimentalmente que esto no es así.



Un mayor número de partes no significa más complejidad. La regularidad de la forma que tiene siete partes la hace más simple que la que tiene dos. Esta demostración se basa en un experimento de Christopher Alexander y Susan Carey citado por Rudolf Arnheim (Arnheim, 2001).



La simplicidad de una parte puede repercutir en una mayor complejidad del conjunto. Es el caso de los gráficos fractales como la llamada *curva de Koch* (ideada por Helge von Koch en 1904). En el centro de cada lado de un triángulo equilátero se inserta otro triángulo a menor escala. El proceso se repite consecutivamente hasta el infinito (en esta demostración nos detenemos a la sexta transformación).

La forma es cada vez más compleja (y más "orgánica", menos "geométrica") aunque las partes que la componen siguen siendo muy simples.

4.2.3. Semejanza y diferencia

La posibilidad de subdividir una estructura global puede verse de manera distinta como la posibilidad de agrupar elementos por su semejanza. En la siguiente tabla dinámica se muestra como la semejanza de tamaño, forma, color, ubicación espacial u orientación espacial pueden agrupar perceptivamente los elementos visuales.

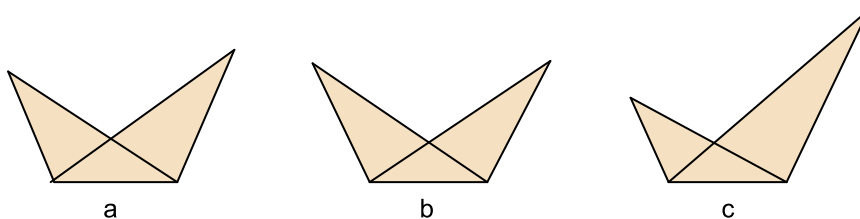
La comparación entre semejanza de forma y color demuestra que nuestro sistema cognitivo tiene jerarquías en este agrupamiento y, por ejemplo, prima la agrupación por color a la agrupación por forma.

| Semejanza | |
|-----------------------------------|--|
| Semejanza de tamaño | |
| Semejanza de forma | |
| Semejanza de color | |
| Semejanza de ubicación espacial | |
| Semejanza de orientación espacial | |
| Semejanza de dirección | |
| Semejanza de velocidad | |
| Semejanza de forma frente a color | |

4.2.4. Nivelación y agudización

Otra "estrategia" de simplificación de la forma que usa nuestro cerebro es **nivelar** o **agudizar** (caricaturizar) los rasgos salientes.

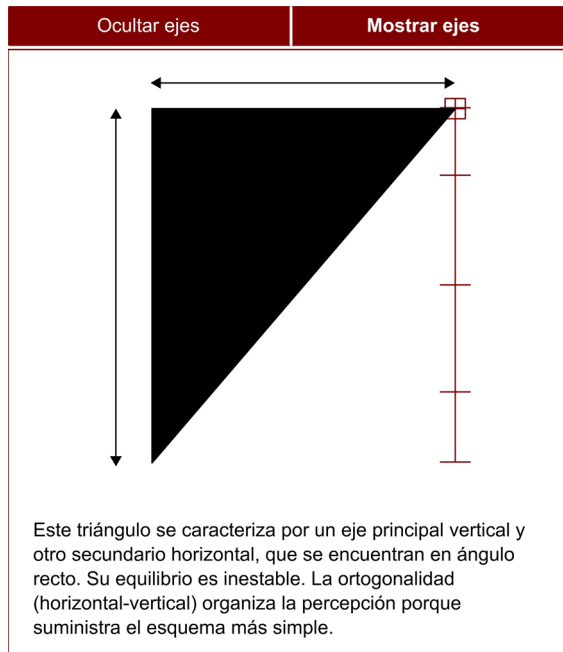
Un triángulo equilátero es percibido (y recordado) como equilátero. Una forma ligeramente puntiaguda es percibida (y recordada) como puntiaguda o muy puntiaguda. Una forma ligeramente asimétrica puede ser recordada por personas distintas como simétrica o como totalmente asimétrica; en algunos casos el sistema perceptivo ha nivelado imponiendo la simetría y en otros se ha agudizado la asimetría.



Algunos observadores tienden a ver la imagen "a" como la "b" (la nivelan imponiendo la simetría) y otros como la "c" (agudizan su asimetría)

4.3. El esqueleto estructural

4.3.1. Introducción



Este experimento perceptivo está basado en una demostración de Rudolf Arnheim a partir de las observaciones de Ludwig Wittgenstein. Puedes cambiar la forma de este rectángulo cambiando la posición de uno de sus vértices. Ponte encima del vértice superior derecho y desplázalo hacia arriba o hacia abajo. Observa que el vértice no se mueve horizontalmente y que el cateto izquierdo no cambia de orientación ni de tamaño. Si quieres leer un análisis sobre el equilibrio y los ejes visuales en cada variante del triángulo, mantén la opción de "Mostrar ejes" activada.

En la demostración anterior apreciamos los importantes cambios que se dan en el **esqueleto estructural** de un triángulo, al modificar sólo la posición de uno de sus vértices. Observemos también que la **ortogonalidad** (horizontal-vertical) organiza el esquema algunas veces y en otras lo hace la **simetría**.

La base para la organización de la percepción es siempre aquella que suministra el esquema más simple.

La mayoría de las formas que percibimos son más complejas que un triángulo, también la imposición perceptiva de esqueletos estructurales es más compleja en ellas. A una misma forma puede corresponderle más de un esqueleto estructural y a distintas formas les puede corresponder el mismo esqueleto. Por lo tanto, el esqueleto estructural incide en la forma percibida pero no es el único ingrediente de su percepción. Podemos concluir que la forma percibida es:

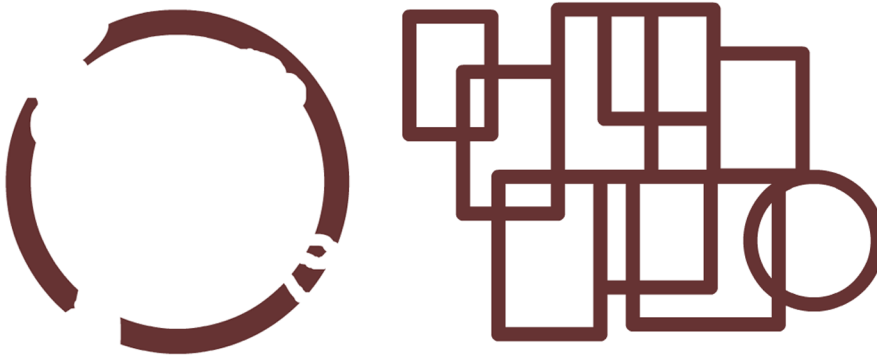
1) Los límites reales de la forma material (detectables gracias a los procesos de percepción).

2) El esqueleto estructural creado por la percepción (básicamente a través de ejes visuales).

Ved también

Los procesos de percepción se tratan en el apartado "Psicología de la percepción".

4.3.2. Estructura y subdivisión



La subdivisión es necesaria para que el sistema perceptivo pueda discernir los objetos materiales. Una forma (o un entorno) se subdividirá perceptivamente en función de cuál sea la **solución** más simple. Aunque en algunos casos también puede llevar a confusión, ya que actúa con sus propias leyes. Se puede dar la paradoja que las estrategias perceptivas que han evolucionado para entender el entorno nos lleven a malinterpretar algunos contextos visuales.

En todo caso algunos de los **criterios perceptivos** para decidirse entre conjunto y subdivisión son los siguientes:

- La totalidad de una forma se mantiene, aunque la mutilemos, si la forma es la más simple. En la ilustración superior vemos un círculo a pesar de no estar completo.
- La figura se subdivide si el resultado de la subdivisión son conceptos perceptuales más simples (menos rasgos estructurales). En la segunda ilustración, a pesar de la superposición, somos capaces de identificar las distintas formas geométricas simples que la constituyen (cuadrados, rectángulos y un círculo).
- La subdivisión depende de la simplicidad del todo en comparación con las partes. En la segunda ilustración las partes son más simples que el conjunto. En la primera el círculo es un concepto perceptivo más simple que las partes que componen la imagen.
- La posibilidad de subdividir una estructura global es una manera distinta de ver la posibilidad de agrupar elementos por su semejanza.

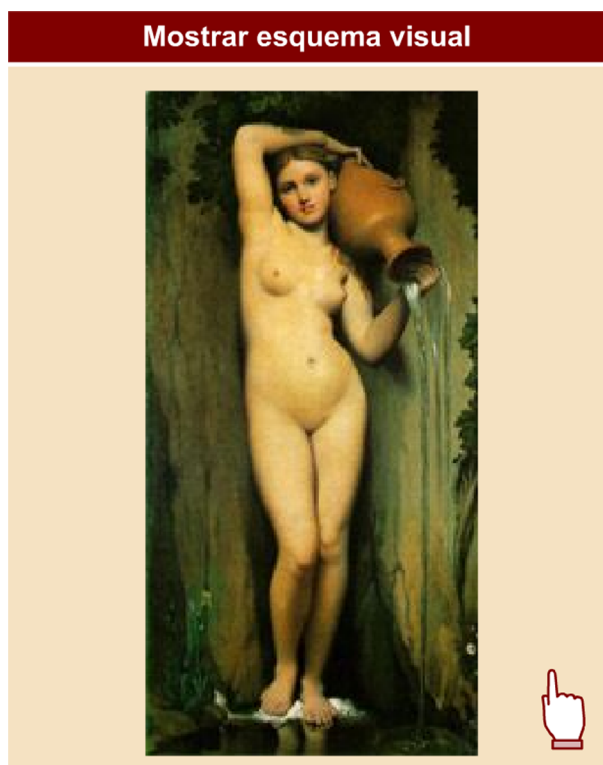
5. Percepción y composición visual

5.1. Esqueleto visual de la imagen

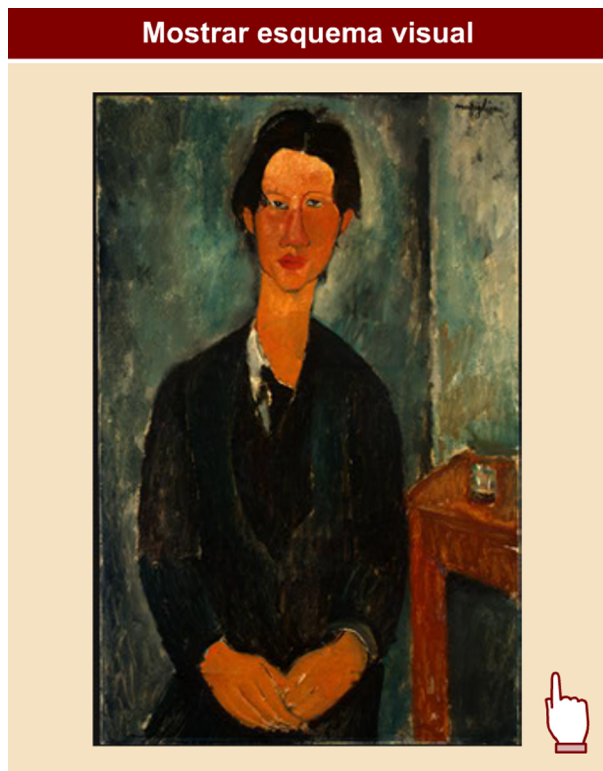
La cuestión del esqueleto estructural nos introduce al concepto de **composición visual**. Nuestro campo visual determina lo que vemos. Los ejes principales para estructurarlo son el vertical y el horizontal, relacionados con nuestra forma de estar en el mundo.

Cualquier conjunto visual tiene perceptivamente su propio esqueleto. Algunos objetos y/o formas que contienen otras las aíslan del resto actuando como marcos. Su esqueleto estructural y las fuerzas creadas por los elementos visuales crean el esqueleto visual de la imagen.

El análisis del esqueleto visual de una imagen puede ser un método útil para descubrir las relaciones de equilibrio, las direcciones y otras fuerzas perceptuales que actúan en ella. A continuación se muestran dos ejemplos de ello.



Dominique Ingres: "La Source" (1856). Obra bajo dominio público. Pulsa el botón para mostrar el análisis visual de esta obra realizada por Rudolf Arnheim (Arnheim, 2001).

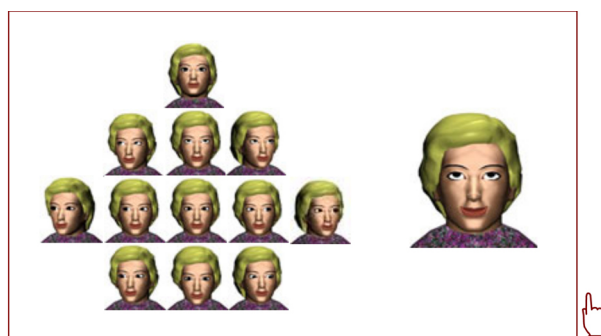


Amadeo Modigliani: "Chaim Soutine" (1917). Obra bajo dominio público. Pulsa el botón para mostrar el análisis visual de esta obra.

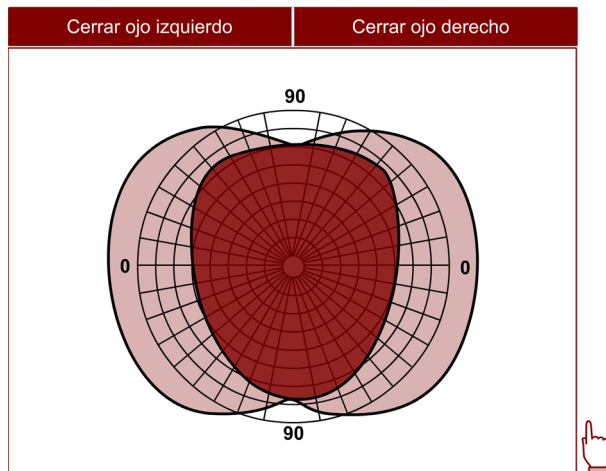
Las relaciones entre las formas de los elementos, su posición en el espacio y su color configuran una estructura de la imagen dominada por **fuerzas perceptuales** y relaciones de equilibrio y desequilibrio.

5.2. Fuerzas perceptuales

5.2.1. Campo visual y marco de imagen



El campo visual humano tiene una forma ovalada de unos 170° en su horizontal y unos 150° en su vertical, donde sólo la zona central se ve nítida. Nuestra percepción no desenfocada de la realidad responde al movimiento del ojo y a la composición que se hace nuestro cerebro de la información recibida. Si realmente fijáramos la vista en un punto y la dejáramos quieta, el resto lo veríamos desenfocado.



Los campos visuales de cada ojo humano y el campo binocular en su intersección según James J. Gibson. Podéis ocultar cualquiera de los dos campos usando los botones.

Además, nuestro cuello puede girar casi 180°; lo que unido al movimiento del ojo y al campo visual nos permite tener una visión nítida de unos 240° y percibir los rasgos básicos de las formas, colores y movimientos en casi 360°. No hace falta decir que podemos mover nuestro cuerpo y darnos la vuelta o agacharnos con gran rapidez.

Todo lo que recibe y procesa nuestro sistema perceptivo lo interpreta la conciencia obteniendo un conocimiento visual de nuestro entorno. Para ello, a menudo se aplican sus propias leyes, como la aplicación de ejes sobre las formas, la división o agrupamiento de las partes, etc. La percepción visual se manifiesta en el cerebro a partir de la información recogida del entorno mediante los ojos, pero no como un registro fiel y mecánico de ésta. Nuestro cerebro está preparado para encontrar (o inventar) regularidades que nos sirvan para comprender y recordar (con el objetivo primigenio de sobrevivir).

A pesar de que nuestro campo visual es ovalado, la mayoría de creaciones gráficas que hacemos y observamos están realizadas dentro de un marco. Es especialmente así en los gráficos creados para sistemas multimedia que serán visualizados dentro del marco, seguramente rectangular, de una pantalla y a su vez dentro del marco de una ventana de sistema o del navegador.

5.2.2. Campo de fuerzas

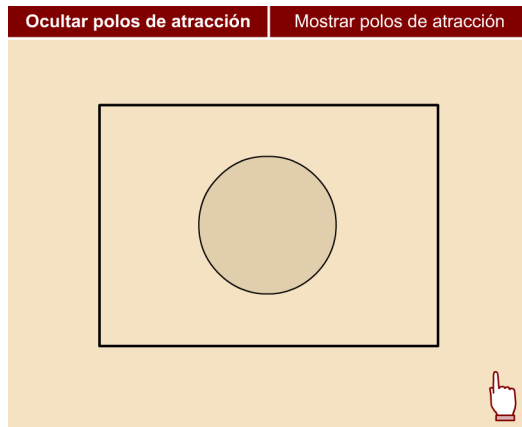
Incluso en las composiciones más simples nuestro sistema perceptivo crea **fuerzas perceptuales** que parecen atraer o repeler los elementos visuales entre sí y respecto al marco.

Cita

Es virtualmente imposible percibir unidades aisladas y no afectadas por el contexto donde se encuentran. La relación es inevitable y ello provoca que el acto de la visión sea una experiencia dinámica.

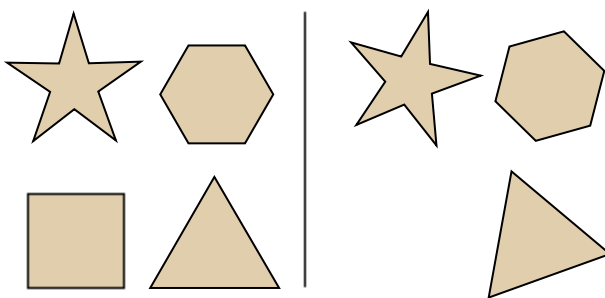
M. de Sausmarez (1998). *Diseño básico. Dinámica de la forma visual en las artes plásticas* (ed. original 1973). Barcelona: Gustavo Gili.

Las **fuerzas visuales** no son fuerzas físicas que actúan entre los objetos que vemos, pero tienen una dirección, un punto de aplicación y una intensidad. Son fuerzas que se dan en la experiencia visual del espectador; creadas por la interacción entre elementos visuales en el proceso de percepción. En la siguiente demostración intentamos hacer visibles algunas de estas fuerzas, los **puntos de atracción** que nuestro sistema perceptivo crea en una composición.



Cambiad el círculo de posición (arrastrándolo con el cursor); dedicad unos momentos a observarlo y decidid hacia dónde parece atraído; luego activad el botón y clicad sobre uno de los nueve puntos. Experimentad con distintas posiciones. Probad sobre todo posiciones ambiguas.

El **percepto** (el resultado de la percepción) es un campo de fuerzas continuo y variante. Hasta las imágenes que percibimos como "en reposo" son el resultado de fuerzas activas en distintas direcciones que se contrarrestan hasta equilibrarse. Sólo tenemos que cambiar un elemento para poner la imagen en marcha.



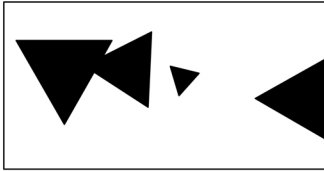
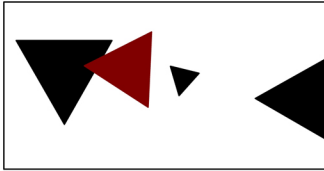
La primera imagen se percibe equilibrada y en reposo. La segunda no.

5.3. Peso visual: equilibrio y tensión

5.3.1. Aproximación al peso visual

A continuación se propone, a modo de aproximación al concepto de **equilibrio visual**, experimentar las sensaciones de equilibrio o desequilibrio que producen distintas composiciones visuales. El objetivo es extraer de la experiencia orientaciones para la propia creación. Para ello será conveniente contrastar los resultados propios con los de otras personas.

Test de equilibrio visual

| A | | B | | C | | D | | E | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Figura A1 | | | | | Figura A2 | | | | | | | | |
|  | | | | |  | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

Valorad en una escala del 1 al 7 las siguientes imágenes según consideréis que están en "equilibrio" o que existe "tensión".

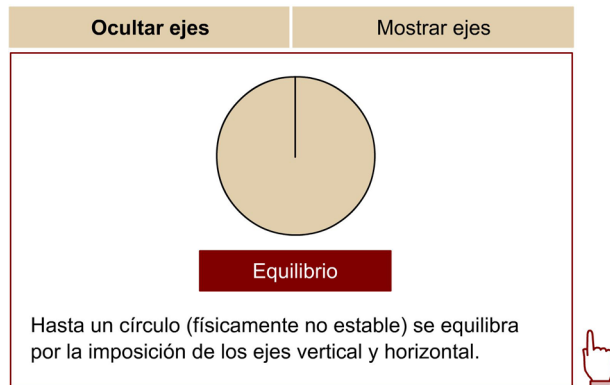
Obsérvese que no hay respuestas "correctas" o "incorrectas" a este test. Ésta es una actividad de aproximación sobre percepción visual, donde lo interesante es comparar los resultados con otras personas. Invitad a otras personas a realizar el test. Si queréis podéis enviar los resultados al foro del aula y comentarlos allí.

5.3.2. Equilibrio y tensión

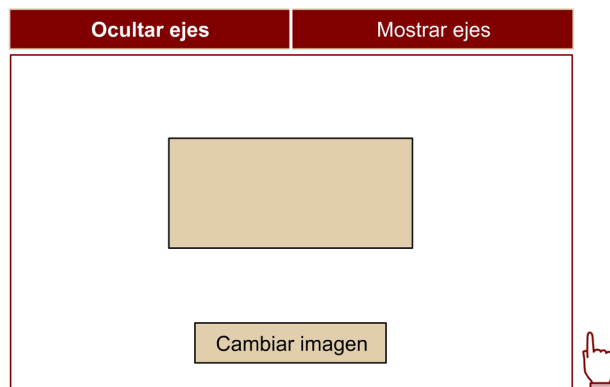
La **necesidad de equilibrio** es una de las influencias más fuertes del mundo físico sobre la percepción visual humana. Como primates bípedos que somos, la sensación de máximo equilibrio la tenemos con los dos pies sobre el suelo y en posición vertical. Esta experiencia sobre el equilibrio del propio cuerpo la aplicamos al resto de las cosas, la mayoría de veces (pero no siempre) con éxito. Intuimos un determinado peso para los objetos (a partir de su volumen, textura,...) y a partir de éste y de su orientación en el espacio los percibimos como equilibrados o no equilibrados.

Imponemos a las cosas vistas un eje vertical con un referente secundario horizontal. La sensación de equilibrio o desequilibrio viene dada por la relación entre estos ejes. A continuación se puede visualizar cómo un círculo (físicamente no estable) se equilibra perceptivamente por la imposición de los ejes

vertical y horizontal. También se puede apreciar que cuando el radio de la circunferencia no coincide con el eje vertical la imagen se percibe en tensión, no equilibrada.

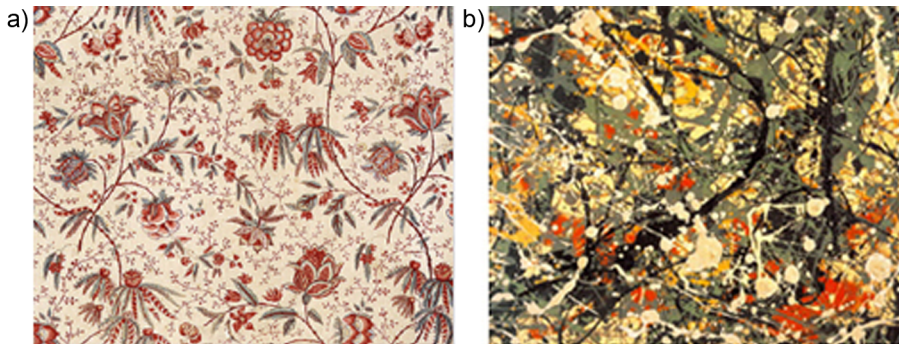


Inconscientemente desplazamos este eje vertical dominante en función del punto de equilibrio percibido. Podemos ver un ejemplo de ello en la demostración siguiente con distintos elementos visuales.



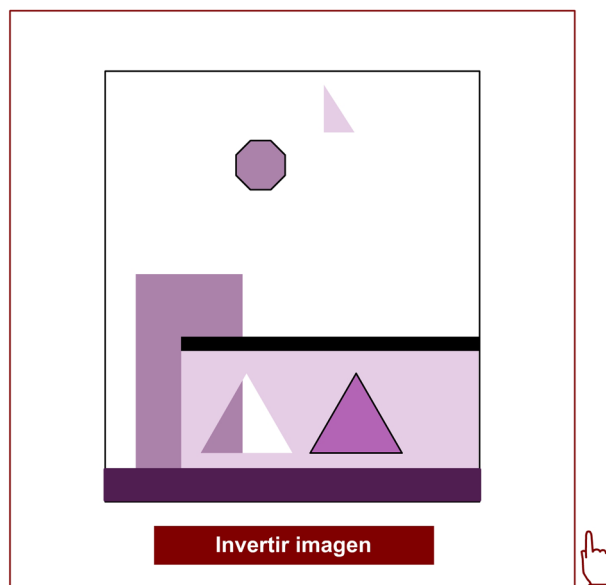
El **peso relativo** de un elemento visual en la composición depende de su tamaño, color, textura y posición en el espacio respecto al resto de elementos.

A continuación se puede ver cómo tanto en el cuadro de Jackson Pollock, como en un estampado continuo, el peso de los elementos visuales es equivalente en toda la composición, se distribuye por igual. Son imágenes que están en equilibrio por su homogeneidad.



a) Manufactura Oberkampf (Jouy) 1785. Estampación "indiana". Impresión de plancha de madera sobre algodón. Actualmente en el Musée de l'Impression sur Étoffes (Mulhaus, Francia).
 b) © Jackson Pollock, VEGAP 2000.
 Estas imágenes se reproducen acogiéndose al derecho de cita o reseña (art. 32 LPI), y están excluida de la licencia por defecto de estos materiales.

El tirón hacia el suelo de la fuerza de la gravedad también tiene una fuerte influencia en nuestra percepción visual. Percibimos como más equilibradas las imágenes con más peso visual en la base que en la parte superior, y vemos como más larga una distancia si está en la parte superior de la imagen que la misma distancia en la parte inferior.



Probad de cambiar la orientación de la imagen. ¿Cuál de las dos percibís como más equilibrada? ¿Dónde está la zona más "pesada"?

La misma imagen invertida se percibe de forma completamente distinta. La primera es una imagen equilibrada en la que el peso se acumula en la base, la segunda es una imagen en desequilibrio con todo el peso en la parte superior.

En la creación gráfica y en las artes visuales tanto el equilibrio como la tensión pueden ser un objetivo del creador en función del efecto buscado. Respecto a la búsqueda del equilibrio escribe Rudolf Arnheim:

¿Por qué buscan los artistas el equilibrio? (...) al estabilizar las interrelaciones existentes entre las diversas fuerzas de un sistema visual, el artista resta ambigüedad a su enunciado.

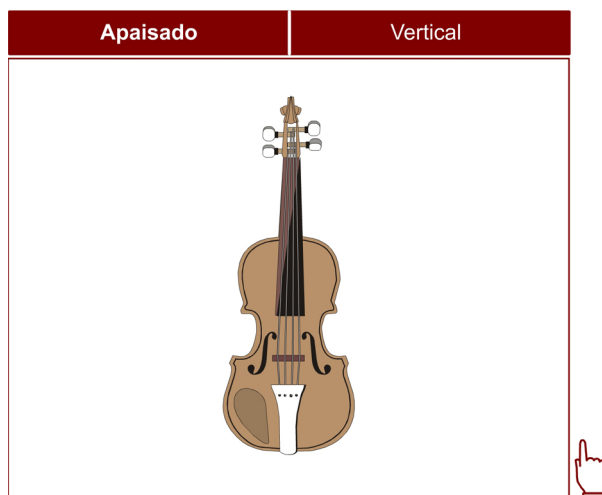
R. Arnheim (2001). *Arte y percepción visual* (versión revisada, edición original 1954). Madrid: Alianza Editorial.

Por el contrario Donis A. Dondis escribe con relación al uso intencionado de la tensión en la creación visual:

Tanto para el emisor como para el receptor de la información visual, la falta de equilibrio y regularidad es un factor desorientador. En otras palabras, es el medio más eficaz para crear un efecto en respuesta al propósito del mensaje, efecto que tiene un potencial económico directo en la transmisión de información visual.

D. Dondis (1998). *La sintaxis de la imagen. Introducción al alfabeto visual* (ed. original). Barcelona: Gustavo Gili.

5.3.3. Flecha visual: dirección



Fragmento del fresco de la Capilla Sixtina del Vaticano pintado por Michellangelo Buonarroti en 1510 (s. XVI) en el que aparece el profeta Ezequiel. Obra bajo dominio público.

La imagen del violín en posición vertical es simétrica. ¿Y la imagen del violín apaisado? Sí, también. Pero detectamos mejor la simetría bilateral de un objeto si el eje de simetría coincide con el eje vertical. A pesar de ello no se percibe igual un cuadro que su imagen especular, como se ha visto con la pintura de Miguel Ángel.

El hombre y el animal son seres lo suficientemente bilaterales como para tener dificultad a la hora de distinguir la derecha de la izquierda.

R. Arnheim (2001). *Arte y percepción visual* (versión revisada de la ed. original 1954). Madrid: Alianza Editorial.

De esta constatación se puede deducir que hay fuerzas visuales que actúan en el eje horizontal influyendo en nuestra percepción de la imagen. El uso de herramientas o el orden de lectura desde la aparición de la escritura pueden haber influido al respecto.

Ejemplo aplicado "Equilibrio inestable" (Paul Klee, 1922)



En esta acuarela Paul Klee ha hecho visibles a través de flechas algunas de las fuerzas visuales que actúan en la composición. Las flechas visibles se suman al efecto visual del resto de elementos y agudizan la dinámica del cuadro. El resultado es efectivamente un equilibrio inestable.

Paul Klee, VEGAP. Esta imagen se reproduce acogiendo al derecho de cita o reseña (art. 32 LPI), y está excluida de la licencia por defecto de estos materiales.

En la cultura occidental prevalece el sentido de izquierda a derecha. Parece que hay un **movimiento natural** hacia el lado derecho inferior de la imagen. Los elementos compositivos pueden actuar contrarrestando esta tendencia para conseguir el equilibrio. En este terreno no podemos universalizar, porque es un hecho fuertemente sujeto a variables culturales y que puede ser distinto para personas zurdas y diestras.

6. Percepción del color

6.1. La luz

6.1.1. Ondas electromagnéticas



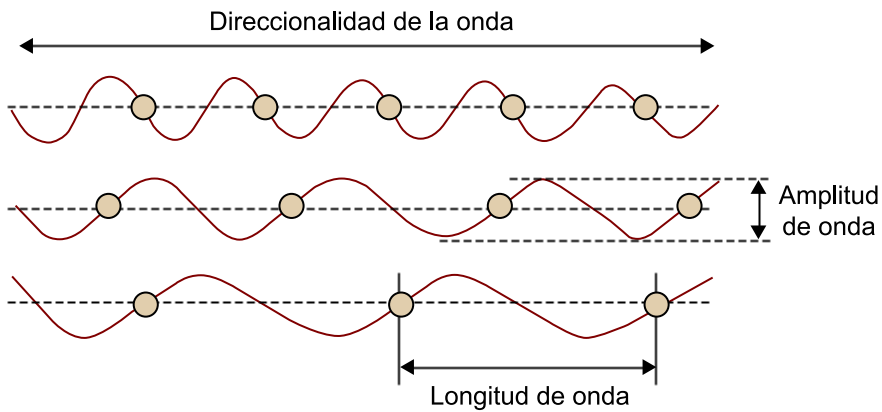
Lo que llamamos **luz** son **ondas electromagnéticas**. Si tiramos una piedra en un recipiente con agua se forman olas que se propagan hasta sus límites. Estas olas forman crestas y valles respecto a la superficie del agua. Las ondas electromagnéticas son algo parecido. Un campo electrostático dinámico induce un campo magnético dinámico que a la vez induce otro campo electrostático dinámico, formando una secuencia que se autopropaga en ondas alejándose de la fuente.

En la naturaleza hay diversos fenómenos que generan ondas electromagnéticas. La luz visible puede proceder del sol o de otro cuerpo autoluminoso. El sol transforma su energía nuclear en radiaciones hertzianas, caloríficas, de luz blanca (visible), ultravioleta, rayos X, etc. Un madero encendido transforma ciertas reacciones químicas en radiación luminosa (y calorífica). Las bombillas transforman energía eléctrica en radiación luminosa.

Clasificamos las ondas electromagnéticas según:

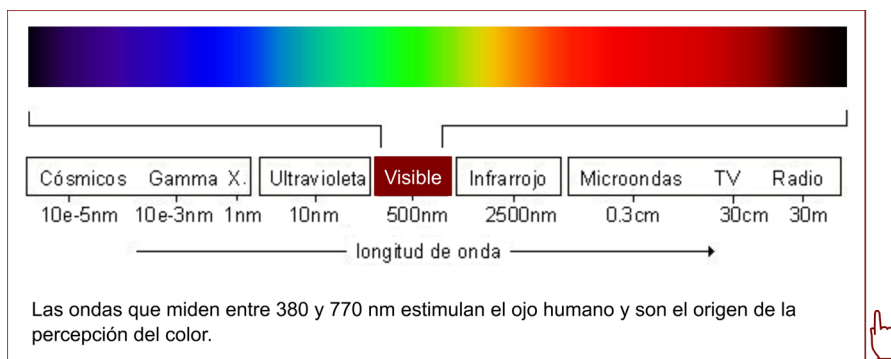
- su amplitud (que determina la intensidad),
- su longitud (que define el tipo de onda),
- su direccionalidad (que determina hacia dónde se propaga).

A continuación pueden compararse en un esquema dichas propiedades:



Ondas electromagnéticas

6.1.2. El espectro electromagnético

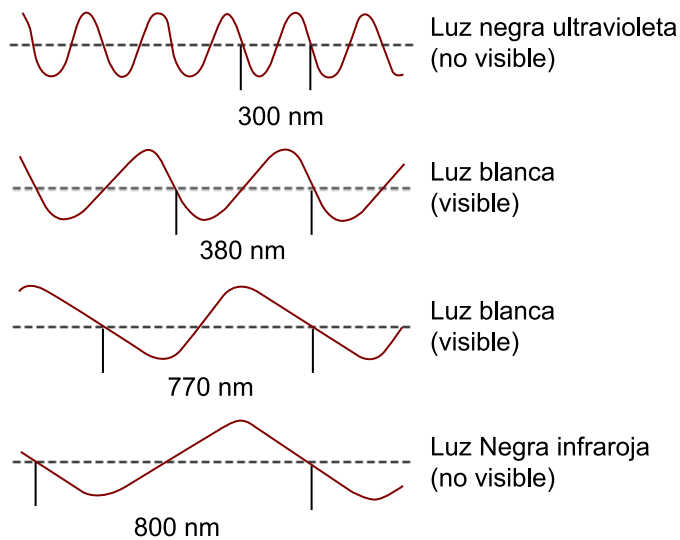


De todo el espectro electromagnético, el ojo humano sólo es estimulado por unas pocas longitudes de onda. Pasad el cursor por encima de "Visible" para ampliar este segmento.

De todo el **espectro electromagnético** (de menor a mayor longitud de onda) sólo una pequeña parte estimula la retina humana provocando una **sensación luminosa**. Otras especies animales pueden ver longitudes de onda, como las ultravioletas, que los humanos no podemos percibir a través de la vista.

La **luz blanca** (parte del espectro que estimula la retina humana) incluye las longitudes de onda que están entre 380 y 770 nanómetros (millonésimas de milímetro). Las ondas cortas de radio llegan a medir metros y las ondas medias de radio kilómetros. Cuando todas las ondas de la luz visible estimulan la retina se percibe luz blanca. Pero si el ojo recibe sólo una parte de estas radiaciones se percibe un **color**. Lo que percibimos como rojo corresponde a la estimulación del ojo por la onda larga (620 nm) de la luz visible; el verde por la onda media (540 nm) y el azul por la onda corta (436 nm).

En el esquema siguiente comparamos las longitudes de onda extremas del segmento visible con las longitudes más próximas del espectro electromagnético, pero ya no visibles. La llamada comúnmente **luz negra** (por ser no visible) que corresponde por un lado a la luz ultravioleta y por el otro a la luz infrarroja.



6.2. La retina, receptor de luz

6.2.1. Células fotorreceptoras: bastones y conos

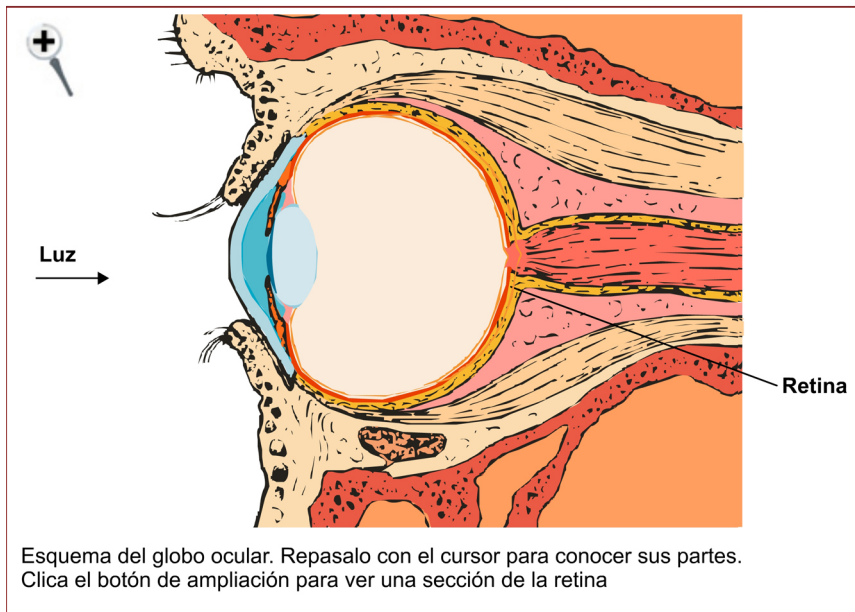
En la retina humana hay dos tipos de células fotorreceptoras: los **bastones** y los **conos**.

El fondo de la retina está embaldosado con conos y bastones. Los dos tipos de célula están recubiertos de un pigmento llamado **rodopsina** o **púrpura visual**. Este pigmento reacciona químicamente a la incidencia de la luz; ésta reacción se traducirá en una descarga eléctrica de la célula fotorreceptora (cono o bastón) que inicia el desplazamiento del impulso hacia el cerebro.

Los bastones reaccionan a la baja intensidad de luz y los conos a la intensidad media y alta, distinguiendo entre longitudes de onda. En la visión nocturna (con luz muy escasa) los bastones se convierten en protagonistas, distinguiendo intensidades de luz que nos permiten reconocer sombras y volúmenes. En la visión diurna la sensibilidad selectiva de los diferentes tipos de conos a distintas longitudes de onda se convierte en el cerebro en distinción entre colores. La teoría actual (teoría Helmholtz-Hering) sostiene que el estímulo recibido por los conos se transmite a través de las células biolares hasta las células gangliolares, donde son procesados en función de tres canales opuestos: rojo-verde, azul-amarillo y negro-blanco. Por lo que la información que se transmite al cerebro se basa en las magnitudes relativas de los estímulos recibidos en función de estos polos (Hering, 1964; Chichilnisky y Wandell, 1999).

Referencias bibliográficas

- E. J. Chichilnisky; B. A. Wandell (1999, octubre). "Trichromatic opponent color classification". *Vision Research* (núm. 39, pág. 44-58).
- E. Hering (1964). *Outlines of a Theory of the Light Sense* (ed. original 1892). Cambridge (Massachusetts): Harvard University Press.



Posición de la retina en el esquema del globo ocular. Para conocer las otras partes del ojo, moved el cursor sobre ellas. Clicad sobre el botón de ampliación (lupa) para ver una sección de la retina.

6.2.2. Conos y color

Todos los conos reaccionan a las tres longitudes de onda de la luz visible, pero unos reaccionan con más intensidad a una determinada longitud que otros. Esta distinción es la que nos permite "ver" los colores.

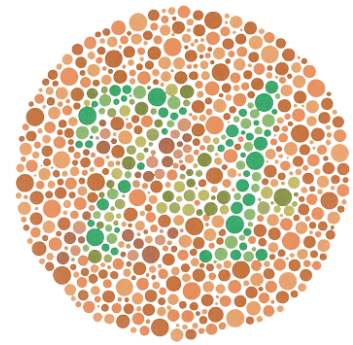
Hay tres tipos de conos según si reaccionan más intensamente a la onda corta, media o larga. La sensibilidad selectiva de los diferentes tipos de rodopsina de los conos es la base para la distinción de los colores. Un cuerpo que recibiera todas las longitudes de onda y las reflejara por igual sería percibido como "blanco" (o "gris" si las reflejara a una intensidad más baja). Si no reflejara ninguna sería percibido como "negro". Si reflejara sólo la onda corta, sería percibido como "azul", si reflejara la media como "verde" y si reflejara la larga como "rojo".

¿Y los otros colores?

La estimulación simultánea y en igual intensidad de dos tipos de conos (por ejemplo, los que reaccionan más intensamente a la onda media y los que reaccionan a la larga) no es percibido como dos colores a la vez ("verde" y "rojo") sino como un nuevo color (en este caso "amarillo").

6.2.3. Ciegos al color

Algunas patologías referentes a disfunciones en las células de la retina permiten entender muy bien su funcionamiento. Hay personas, los llamados **daltónicos**, que carecen de uno de los 3 tipos de cono, habitualmente de los que reaccionan a la onda media o larga (y en casos muy excepcionales a la corta). Esta carencia (que afecta a uno de cada veinte hombres y en menor grado a las mujeres) se traduce en una falta de distinción entre verde y rojo. Su espectro cromático se limita a la combinación entre dos tipos de estímulo en vez de tres.



En este gráfico la persona con una visión "normal" ve un "74"; la persona daltónica ve un "21" y la persona acromatopsica sólo ve una textura homogénea de círculos. Obra bajo dominio público.

Hay que estar muy atento al uso de códigos de color si diseñamos teniendo en cuenta a los daltónicos.

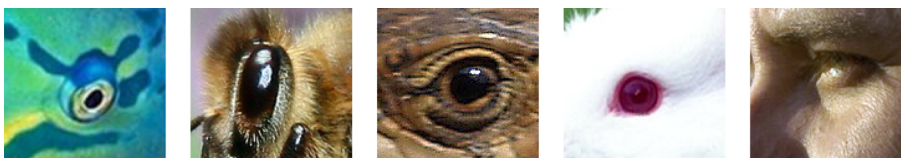
Hay otro caso más extremo. Un número muy reducido de personas (una de cada treinta o cuarenta mil) carece por completo de conos o sus conos no son operativos. Son los **acromatópsicos**. Su visión se basa sólo en el estímulo de los bastones y su percepción del entorno se basa sobre todo en diferencias de intensidad de la luz. Para ellos no existe el color en absoluto. Además, suelen ser hipersensibles a la luz muy intensa.

La isla de los ciegos al color

...que significaba ser acromatópsico en una comunidad acromatópsica, (...) de tener, quizás, padres y abuelos, vecinos y maestros ciegos al color, de formar parte de una cultura donde el concepto de color no existe en absoluto, pero en la que, en cambio, otras formas de percepción, de conocimiento, se han agudizado como compensación. (...) una cultura dueña de un elaborado lenguaje para referirse a las más sutiles variaciones de textura y tono, para todo lo que los demás despreciamos como gris.

Oliver Sacks (1996). *La isla de los ciegos al color*. Barcelona: Anagrama.

6.2.4. Visión del color y evolución de las especies



Ojo de pez

Ojo de aveja

Ojo de lagartija

Ojo de conejo

Ojo de hombre

La detección del color es algo que se ha desarrollado en el proceso evolutivo. En palabras de Juan Carlos Sanz:

Visión de un semáforo por un daltónico

¡No pueden distinguir entre los colores de los semáforos! En este caso se guían por la posición de la luz, no por su color. La mayoría de daltónicos no son totalmente ciegos a la distinción entre rojo y verde, ya que todos los conos reaccionan en mayor o menor medida a todas las longitudes de onda. Esto les permite distinguirlos en según qué contextos.

Bibliografía

Oliver Sacks (1996). *La isla de los ciegos al color*. Barcelona: Anagrama.

La isla de los ciegos al color, en un libro con este título publicado en 1996 el neurólogo Oliver Sacks narra su viaje a Pingelap; una isla de Micronesia donde una proporción muy elevada de personas es completamente ciega al color. En su viaje le acompaña Knut Nordby, un fisiólogo noruego que también padece acromatopsia.

La adaptación evolutiva de las diferentes especies a sus respectivos medios ambientales ha determinado en muchas de ellas el desarrollo de sistemas de detección de luz. Los aparatos visuales de las especies más evolucionadas permiten interpretar las distintas intensidades de luz que les llega, sugiriendo imágenes con diferentes grados de luminosidad. Otras especies han evolucionado, también en el curso de millones de años, sistemas visuales más sofisticados que les permiten interpretar no sólo la intensidad de luz, sino además las distintas longitudes de sus ondas. Estas especies animales ven el color –supuestamente–, además del esplendor. (...) Los humanos pertenecemos (...) a una de las especies que poseen sistemas visuales sofisticados.

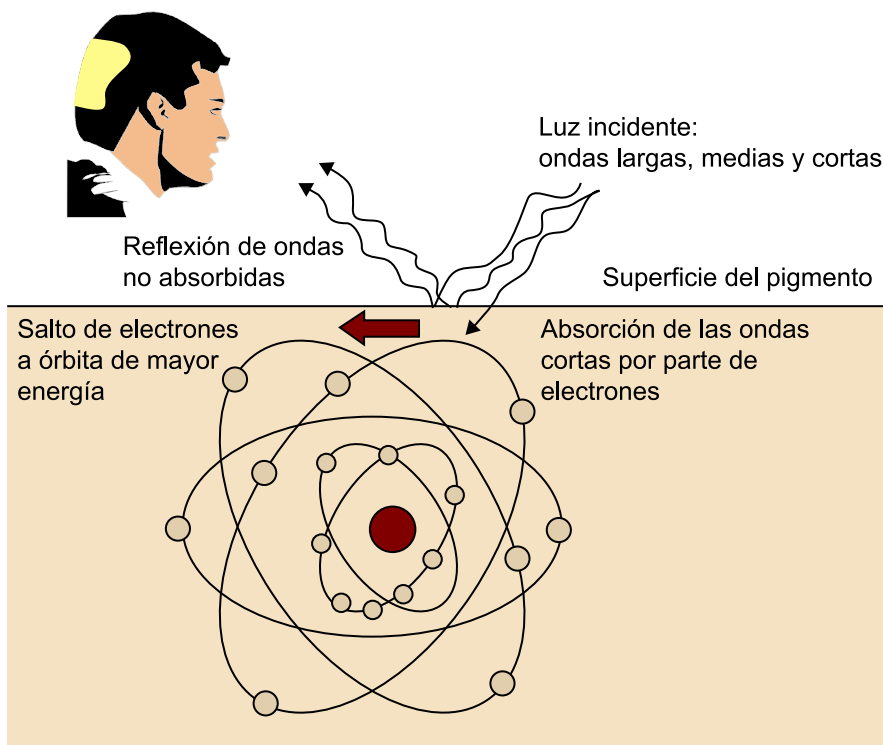
Juan Carlos Sanz (1993). *El libro del color*. Madrid.

6.3. El color de los objetos

6.3.1. Los pigmentos

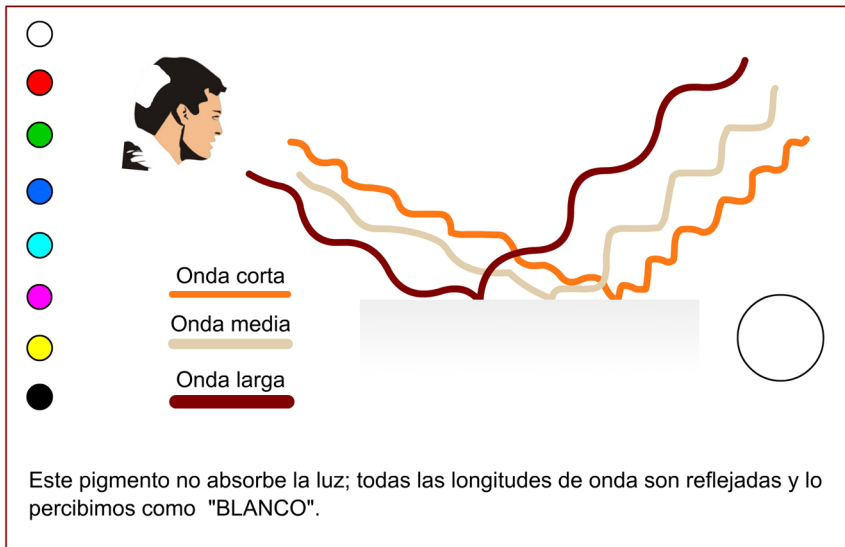
Los cuerpos absorben una parte de la luz recibida, reflejan otra y, si son transparentes o semitransparentes, refractan otra parte. No solemos mirar directamente sobre una fuente luminosa. La mayor parte de luz que llega a nuestros ojos ha sido reflejada o refractada por un cuerpo.

En la superficie de los cuerpos hay sustancias (pigmentos) que **absorben** una parte de la luz que incide sobre ellas y **reflejan** otra.



Absorción y reflexión en la superficie de un pigmento que sería percibido como "amarillo". La energía absorbida provoca una transformación en la configuración de los átomos.

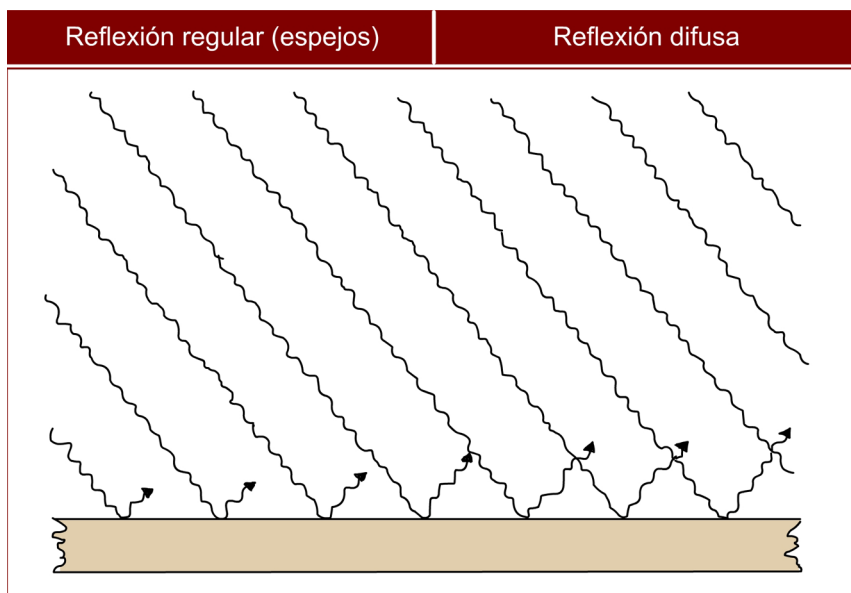
Según la luz reflejada percibimos uno u otro color. Si el pigmento absorbe todas las longitudes de onda se percibe como "negro", si las refleja todas, como "blanco". En la oscuridad (sin luz) los pigmentos no tienen ondas para reflejar o absorber, por lo tanto, no se puede percibir color alguno.



Clicad sobre los círculos de los colores para ver cómo se comporta cada pigmento.

6.3.2. Espejos y otras superficies reflectantes

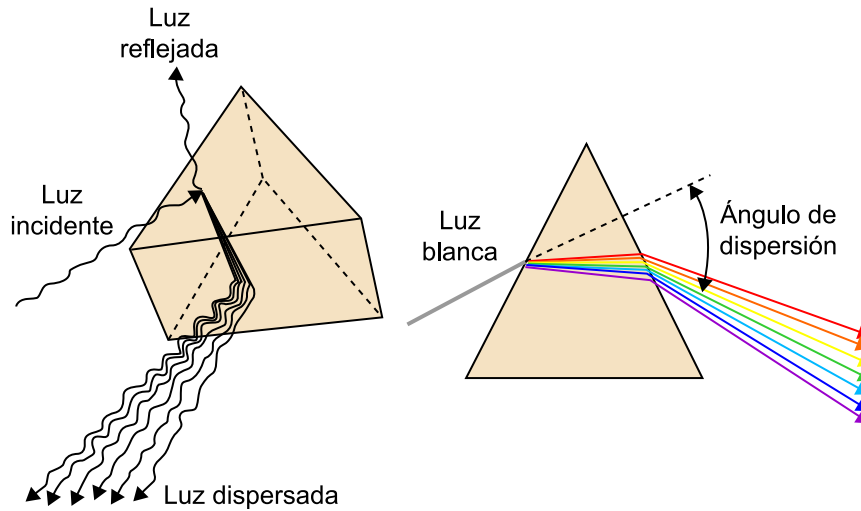
Las superficies muy pulidas, como los espejos, reflejan toda la luz incidente de forma **regular**. Este tipo de superficies no permiten percibir la apariencia del objeto sino una imagen de su entorno. Para percibir el objeto físico, la superficie tiene que ser mínimamente rugosa y provocar una **reflexión difusa**. A mayor rugosidad más difusa será la reflexión.



6.3.3. Cuerpos transparentes: refracción y filtro

Los cuerpos transparentes o semitransparentes dejan pasar la luz (o parte de ella). Cuando la luz pasa de un medio (como el aire) a otro (como el agua o el cristal) su dirección cambia. Este fenómeno se llama **refracción**. Si el medio es más denso disminuye su velocidad.

Isaac Newton descubrió en 1666 –y lo publicaría más tarde en su *Optiks* en 1704– que si un rayo de luz blanca incide sobre un prisma transparente la refracción inicial de la luz y su reflexión en la otra cara del prisma descomponen la luz en los distintos colores del espectro.



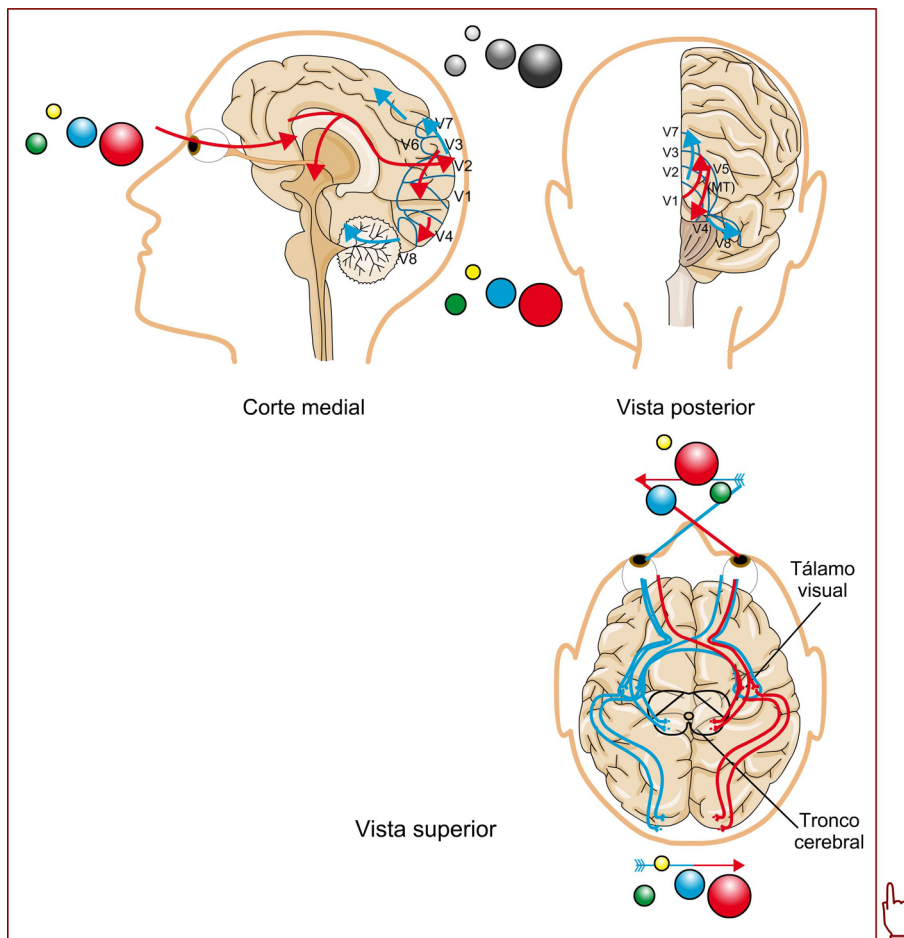
Refracción de la luz en un cristal y descomposición al incidir sobre un prisma

Si el cuerpo es sólo semitransparente, o sea, está coloreado con algún tipo de pigmento; éste absorbe parte de la luz y no todas las longitudes de onda llegan a traspasarlo. El cuerpo semitransparente está actuando como **filtro**. A continuación podéis experimentar en una simulación qué ocurre con la luz con combinaciones de filtros distintos.

| Amarillo | Cyan | Magenta |
|---|------|---------|
| | | |
| <p>Sin filtro (cuerpo completamente transparente): todas las longitudes de onda llegan al ojo, el observador percibe color "blanco".</p> | | |

Probad qué pasa con distintas combinaciones de filtros. Clicando los botones-pestaña podéis añadir o quitar un filtro amarillo, cyan o magenta y combinarlos entre sí.

6.4. ¿Qué es el color?



En este esquema se observa la primera parte del proceso de percepción del color. Las áreas del córtex visual relacionadas con el color son V2 y V4.

La luz estimula la retina pero es importante constatar que de hecho **el color no es luz**. Los distintos colores son conceptos perceptuales que usa nuestro cerebro para distinguir entre los diferentes estímulos recibidos. Los objetos, y otros cuerpos materiales, no tienen un color propio, sino solamente la capacidad de sus superficies de absorber o reflejar determinadas longitudes de las ondas electromagnéticas de la luz visible.

En la retina empieza un primer proceso de codificación de la información luminosa. El proceso sigue la ruta que ya se ha explicado anteriormente: a través de los axones del nervio óptico hacia el tálamo y de ahí al córtex visual. En el córtex visual se han identificado dos áreas que intervienen principalmente en la percepción de los colores: V2 y V4. Se considera que en V2 se procesa la información sobre los cambios de intensidad luminosa en los cuerpos y nos permite tener una idea sobre su volumen. En V4 se procesa la distinción entre tonos de color.

Todo este sistema no es tan mecánico como podría parecer. En la percepción del color es muy importante el contexto. Cambiar de contexto un objeto sin que cambie la incidencia de la luz en él puede provocar que lo percibamos de un color distinto, y al revés, un cambio en las condiciones de iluminación pero manteniendo el contexto puede ser que modifique poco nuestra percepción del color de un determinado objeto. En ello tiene un papel importante el área de asociación visual que ha evolucionado para que percibamos un entorno estable. Estos fenómenos son importantes en la práctica del trabajo gráfico, se tratará el tema más adelante cuando hablemos de interacción del color.

La **percepción del color** no se puede separar de la percepción de la forma y el movimiento. Las tres se basan en los estímulos luminosos y "colaboran" en el cerebro para crear **conceptos perceptuales** que nos sirvan para reconocer e interpretar el entorno. Como ya se ha apuntado, en la composición gráfica el color puede llegar a ocupar la máxima jerarquía en la diferenciación o agrupamiento de elementos gráficos y en el establecimiento de pesos visuales.

Ved también

Para entendernos hablamos del "color" como la capacidad humana para distinguir diferencias en las longitudes de onda de la luz visible recibidas como estímulo. Pero desde la antropología se ha cuestionado que la misma categoría cultural de "color" sea universal entre los humanos. Por lo que sí que somos capaces de percibir "colores" distintos, pero dependiendo de nuestra cultura esta distinción puede ser relevante o no en la construcción de significado o en nuestra comunicación mediante el lenguaje. Sobre ello, podéis ver el apartado "El concepto de color cuestionado" en la sección "Color y lenguaje verbal", dentro del módulo sobre "Cultura y color" de los materiales de Imagen y lenguaje visual.

7. Percepción del movimiento

7.1. Una cuestión de supervivencia





Los primeros tiempos de la fotografía estuvieron muy relacionados con los estudios del movimiento. Esta secuencia ha sido creada a partir de las fotografías realizadas por Eadweard Muybridge en 1884. Obras bajo dominio público.

Por razones elementales de supervivencia física, el ojo se desarrolló como un órgano destinado a detectar el movimiento o, más precisamente, para analizar los cambios de flujo luminoso a lo largo del tiempo, mutaciones que constituyen la traducción óptica del movimiento visible. Desde el punto de vista de la óptica fisiológica, el movimiento se define como el desplazamiento de la proyección de un estímulo sobre la retina, no provocado por el movimiento del ojo.

Romà Gubern (1987). *La mirada opulenta; exploración de la iconosfera contemporánea*. Barcelona: Gustavo Gili.

La **percepción de movimiento** es una parte esencial de la percepción del entorno y tiene un papel importante en la identificación de formas. Algunos animales son más sensibles al movimiento que a cualquier otro aspecto visual. En ausencia de movimiento no ven o no diferencian un cuerpo de otro.

7.2. Qué es el movimiento






Habéis elegido el cuadrado: **azul**


En realidad podría ser tanto uno como otro, pero la mayoría de las personas perciben que la bola A termina en el recuadro azul. Es así porque la trayectoria es más coherente y no tiene que cambiar abruptamente de dirección y retroceder como pasaría con la otra opción.

Comparad la trayectoria de las bolas diferenciadas de color con las dos soluciones (clicad en los botones correspondientes para activarlas).

En la solución 2 puede parecer incluso que la bola A cambia de color en el punto de intersección y sigue con su trayectoria coherente hasta el recuadro azul. La coherencia de la trayectoria tiene mucha fuerza.

 **Solución 1:** La bola A termina en recuadro **azul**

 **Solución 2:** La bola A termina en recuadro **verde**





Clicad el botón para activar la animación. En esta animación la bola "A" sale del cuadrado rojo y la "B" del amarillo. ¿En qué cuadrado creéis que termina la trayectoria de la bola "A", en el **verde** o en el **azul**? Pensadlo y clicad sobre el cuadrado que hayáis decidido. No intentéis hacer deducciones; éste es un test de percepción.

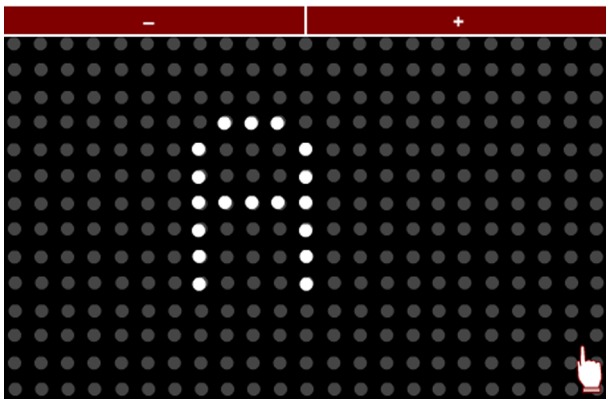
El **movimiento**, como el color, no es un fenómeno que se produce en el ojo, sino un **concepto perceptivo** que se produce en nuestro cerebro, mediante el procesamiento de las neuronas como consecuencia de una serie de estímulos en la retina.

En esta interpretación mental actúan leyes perceptivas parecidas a las que se comentaron para la forma. Así, reconocemos que un objeto se desplaza si su trayectoria es coherente y en cierta forma previsible; si cambia abruptamente de dirección, dependiendo del contexto podemos tener dificultades por seguirle la pista o para reconocer que se trata del mismo objeto.

Por otro lado existen **leyes de agrupación de los elementos visuales en función del movimiento** igual que los hemos visto en función de la forma, el tamaño, el color y la ubicación u orientación en el espacio. Agrupamos como formando parte de un mismo conjunto aquellos elementos que siguen la misma dirección y/o que llevan la misma velocidad.

Es obvio que este proceso es importantísimo para una buena interpretación de un entorno complejo y dinámico que asegure nuestra supervivencia.

7.3. La falsa persistencia retiniana



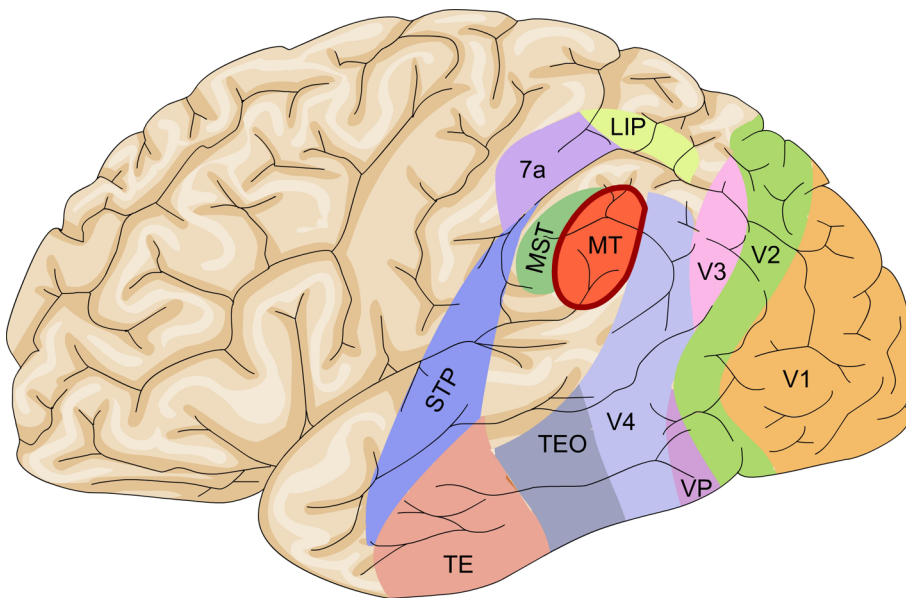
No es desconocido que la estimulación del ojo con secuencias de imágenes estáticas produce la **percepción de movimiento**. Esta técnica es usada entre otros medios por el cine, los dibujos animados o los anuncios luminosos que encienden o apagan bombillas simulando un desplazamiento de la imagen o del texto.

Durante muchos años se ha explicado que este fenómeno se daba por la llamada **persistencia retiniana** según la cual los estímulos visuales dejan una huella en la retina que persiste después de desaparecido el estímulo. Su fusión con el estímulo posterior produciría la impresión de continuidad óptica perfecta a pesar del carácter discontinuo de las estimulaciones. Aún encontramos esta explicación, formulada por el médico británico Peter Mark Roget en 1824, en innumerables libros dedicados al cine y la animación (algunos de ellos recientes).

La teoría actual deriva de la llamada **teoría del movimiento aparente** formulada en 1912 por Max Wetheimer. Según ella, si aumentamos la frecuencia de las imágenes hasta llegar a la llamada **frecuencia de fusión**, el procesamiento neural de la información en el cerebro transforma el estímulo discontinuo en percepción de luz continua y estable.

El movimiento como concepto perceptivo puede ser el resultado de la estimulación de la retina producida por la luz reflejada en un cuerpo que está realmente en movimiento o por la proyección de una secuencia de imágenes lo suficientemente rápidas para ser percibidas como tal. En todo caso la "construcción" del movimiento es siempre cerebral.

7.4. Un área del cerebro



El córtex visual primario tiene un área específica que es la principal para la detección del movimiento. Los investigadores la llaman **V5/MT** y parece ser que es compartida con otros primates. Se encuentra en el interior del cerebro, en la zona occipito-temporal.

Las personas que tienen una lesión en esa área no perciben el movimiento; para ellas un objeto en movimiento es percibido como un objeto que está en una posición distinta cada cierto tiempo.

Bibliografía

Bibliografía básica

Acarín, N. (2001). *El cerebro del rey. Vida, sexo, conducta, envejecimiento y muerte*. Barcelona: RBA Libros.

Arnheim, R. (2001). *Arte y percepción visual* (versión revisada de la ed. original 1954). Madrid: Alianza Editorial.

Carter, R. (2002). *El nuevo mapa del cerebro*. Barcelona: Integral/RBA.

Bibliografía recomendada

Aicher, O. (2001). *Analógico y digital*. Barcelona: Gustavo Gili.

Delamare, F.; Guineau, B. (2000). *Los materiales del color* (ed. original 1999). Barcelona: Ediciones B.

Referencias

Acarín, N. (2001). *El cerebro del rey. Vida, sexo, conducta, envejecimiento y muerte*. Barcelona: RBA Libros.

Arnheim, R. (2001). *Arte y percepción visual* (versión revisada de la ed. original 1954). Madrid: Alianza Editorial.

Arnheim, R. (1998). *El pensamiento visual*. Barcelona: Editorial Paidós.

Carter, R. (2002). *El nuevo mapa del cerebro*. Barcelona: Integral/RBA.

Dondis, D. (1998). *La sintaxis de la imagen. Introducción al alfabeto visual* (ed. original 1973). Barcelona: Gustavo Gili.

Gubern, R. (1987). *La mirada opulenta; exploración de la iconosfera contemporánea*. Barcelona: Gustavo Gili.

Guyton, A. C. (1997). *Tratado de fisiología médica*. Madrid: Mc Graw Hill.

Katz, D. (1967). *Psicología de la forma*. Madrid: Espasa-Calpe.

Kirk, G. S.; Raven, J. E.; Schofield, M. (1987). *Los filósofos presocráticos*. Madrid: Gredos.

Köhler, W. (1996). *Psicología de la forma* (ed. original 1929) Madrid: Biblioteca Nueva.

Lindsay, P. H.; Norman, D. A. (1977). *Procesamiento de la información humana*. Madrid: Tecnos.

Lindsay, P. H.; Norman, D. A. (1977). *Human Information Processing: An Introduction to Psychology*. Nueva York: Academic Press.

Marbot, B. (1988). "El camino hacia el descubrimiento". *Historia de la fotografía*. Madrid: Alcor.

Sacks, O. (1996). *La isla de los ciegos al color*. Barcelona: Anagrama.

Sanz, J. C. (1993). *El libro del color*. Madrid: Alianza Editorial.

Sausmarez, M. de (1998). *Diseño básico. Dinámica de la forma visual en las artes plásticas* (ed. original 1973). Barcelona: Gustavo Gili.

