

Percepció visual

Jordi Alberich
David Gómez Fontanills
Alba Ferrer Franquesa

PID_00191324



Els textos i imatges publicats en aquesta obra estan subjectes –llevat que s'indiqui el contrari– a una llicència de Reconeixement-Compartir igual (BY-SA) v.3.0 Espanya de Creative Commons. Podeu modificar l'obra, reproduir-la, distribuir-la o comunicar-la públicament sempre que en citeu l'autor i la font (FUOC. Fundació per a la Universitat Oberta de Catalunya), i sempre que l'obra derivada quedi subjecta a la mateixa llicència que el material original. La llicència completa es pot consultar a <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/es/legalcode.ca>

Índex

1. Teories de la visió.....	5
1.1. Visió i pensament	5
1.2. Teories antigues de la visió	6
1.2.1. Introducció	6
1.2.2. Models actiu i passiu de la visió	6
1.3. Teories modernes de la visió	8
1.3.1. Introducció	8
1.3.2. El model de la cambra obscura	8
1.3.3. Vers un model científic	9
2. Fisiologia i percepció visual.....	11
2.1. Fisiologia de l'ull humà	11
2.1.1. Introducció	11
2.1.2. Serveix el model de la càmera fotogràfica?	11
2.1.3. Parts de l'ull	12
2.2. Neurofisiologia de la visió	12
2.2.1. El sistema nerviós humà	12
2.2.2. El cervell	13
2.2.3. El procés de percepció visual	14
2.2.4. Àrees del còrtex visual	15
3. Psicologia de la percepció.....	18
3.1. Lleis de la visió de la Gestalt	18
3.1.1. Psicologia de la Gestalt	18
3.1.2. Principis que descriu el procés perceptiu	19
3.1.3. Lleis de la visió	22
3.1.4. Llei de la proximitat	23
3.1.5. Llei de la semblança	24
3.1.6. Llei de tancament	25
3.1.7. Llei de bona continuïtat	26
3.1.8. Llei de moviment comú	28
3.1.9. Llei de la pregnància o de la "bona forma"	29
3.1.10. Llei de l'experiència	30
3.1.11. El pensament visual	31
3.1.12. Percepció visual i creació gràfica	32
4. Percepció de la forma.....	34
4.1. La forma percebuda	34
4.2. Complexitat i simplificació perceptiva	36
4.2.1. Introducció	36
4.2.2. Nivells de complexitat	36
4.2.3. Semblança i diferència	38

4.2.4.	Anivellament i agudització	38
4.3.	L'esquelet estructural	39
4.3.1.	Introducció	39
4.3.2.	Estructura i subdivisió	40
5.	Percepció i composició visual	42
5.1.	Esquelet visual de la imatge	42
5.2.	Forces perceptuals	43
5.2.1.	Camp visual i marc d'imatge	43
5.2.2.	Camp de forces	44
5.3.	Pes visual: equilibri i tensió	46
5.3.1.	Aproximació al pes visual	46
5.3.2.	Equilibri i tensió	46
5.3.3.	Fletxa visual: direcció	49
6.	Percepció del color	51
6.1.	La llum	51
6.1.1.	Ones electromagnètiques	51
6.1.2.	L'espectre electromagnètic	52
6.2.	La retina, receptor de llum	53
6.2.1.	Cèl·lules fotoreceptores: bastons i cons	53
6.2.2.	Cons i color	54
6.2.3.	Cecs al color	55
6.2.4.	Visió del color i evolució de les espècies	55
6.3.	El color dels objectes	56
6.3.1.	Els pigments	56
6.3.2.	Miralls i altres superfícies reflectores	57
6.4.	Què és el color?	59
7.	Percepció del moviment	61
7.1.	Una qüestió de supervivència	61
7.2.	Què és el moviment	61
7.3.	La falsa persistència retiniana	62
7.4.	Una àrea del cervell	63
Bibliografia		65

1. Teories de la visió

1.1. Visió i pensament



Ull del déu falcó Horus, antic Egipte. Cap al 900-800 a.C.
Font: David Liam Moran 2007 # Creative Commons
Reconeixement Compartir Igual 3.0

Encara que l'intuïtiu seria creure que veiem pels nostres ulls, és molt més correcte dir que el que veu és el nostre cervell. La major part del procés de visió es produeix en aquest i els ulls, que es poden considerar com a mers receptors d'estímuls lluminosos o, en tot cas, com la primera fase del procés de percepció visual.

Una de les característiques bàsiques del coneixement humà consisteix en el caràcter representacional. El coneixement dels objectes, de la realitat exterior, consisteix en la capacitat de modelar conceptes adequats. No hem d'acceptar l'escissió habitual de raó i sentits. Tota activitat racional té un fonament en la recepció prèvia de les dades aportades pels nostres sentits i, molt especialment, pel sentit de la vista. Al seu torn, aquesta informació és totalment modelada per processos cerebrals conscients i inconscients.

Estar al corrent dels coneixements bàsics sobre la percepció visual humana és una eina conceptual útil per al creador gràfic i una font de recursos per a l'experimentació i el treball pràctic.

1.2. Teories antigues de la visió

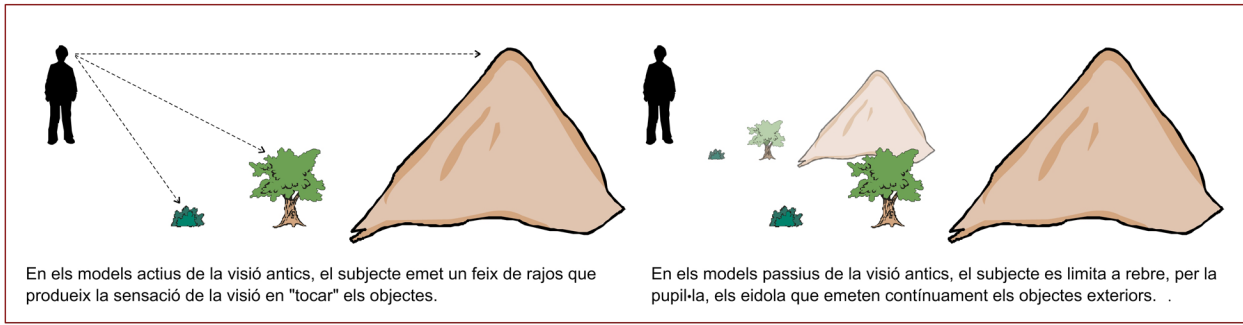
1.2.1. Introducció

L'explicació del procés de la visió ocupa un lloc preferent en la història del pensament occidental. En el mateix naixement del pensament filosòfic a la Grècia antiga (segle VI aC) ja conflueixen dues teories explicatives rivals que pugnen per imposar el seu discurs. Totes dues teories, precientífiques i intuïtives, es constituïran en la font explicativa de la visió del món occidental durant segles, fins a l'arribada del món modern. Reformulades o no, defineixen dos models bàsics sobre el procés de la visió humana, la influència de la qual arriba fins als nostres dies. Els dos models antagonístics són el **model actiu de la visió** i el **model passiu de la visió**, que s'explicaran a continuació.

1.2.2. Models actiu i passiu de la visió

Model actiu de la visió. Adscrit tradicionalment a Pitàgores i, més tard, al seu deixeble Euclides, l'ull humà emet un feix de rajos que, viatjant per l'espai, arriba a tocar els objectes. El contacte entre aquest feix de rajos i els diferents objectes de la realitat era el que produïa i assegurava la sensació de la visió. En aquest primer model actiu d'emissió, veure consisteix a tocar la realitat: de la mateixa manera en què un cec avança pel seu món fosc tocant els objectes amb les mans o ajudat d'un bastó, també l'ull humà es desplaçaria i reconeixeria el món tocant la realitat. L'ull es converteix així en el vèrtex d'una gàbia cònica i piramidal de rajos dirigits a captar els objectes exteriors (camp visual).

Model passiu de la visió. És antagonístic a l'anterior: on Pitàgores i Euclides presentaven un model actiu, tàctil i emissor, Demòcrit i Lucreci, representants inicials de la segona opció, presentaran un model de recepció passiva. Mitjançant les seves obres poètiques, Lucreci afirmava que són els mateixos objectes de la realitat els que envien contínuament imatges de si mateixos cap a l'espai natural que els envolta. Aquestes imatges, denominades *eidola*, s'introduïen a l'ull humà, després de viatjar a través de l'espai, i així produïen la visió. Davant la metàfora del cec que toca la realitat, Lucreci concebia els objectes com a serps que es desprenien contínuament de "capes", de "fantasmes", de si mateixos (*eidolas*) rebuts de manera passiva per l'ull humà. Així, l'aire estaria ple d'imatges immaterials que volen, es desplacen i s'entrecreuen en totes direccions, irradiades contínuament pels mateixos objectes.



Compareu els models actius i els models passius de la visió. Si premeu els botons veureu les demostracions animades d'aquests conceptes.

Encara que no d'una manera literal, elements conceptuals dels dos models persisteixen en les teories actuals sobre la visió humana. En la taula adjunta es comparen les nocions antigues amb els seus "equivalents" moderns.

Models antics de la visió

	Model	
	Actiu	Passiu
Autors	Pitàgores, Euclides.	Demòcrit, Lucreci.
Característica bàsica	Comprensió tàctil de la visió.	Densificació de l'espai visual.
Metàfora explicativa	"Hi veiem com el cec que toca amb el bastó la realitat."	"Com una serp que muda la pell, els objectes es desprenen contínuament de pells (imatges) de si mateixos."
Nocions intuïtives modernes introduïdes	Camp visual.	Fotó (partícula elemental de les radiacions electromagnètiques, que inclouen la llum visible).

Comparació dels models antics de la visió activa i passiva

Fragments originals sobre Demòcrit i la visió

Autors posteriors formularan així les concepcions de Demòcrit sobre el sentit 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."

Teofrast, *De sensu*

G. S. Kirk; J. E. Raven; M. Schofield (1987). *Los filósofos presocráticos* (pàg. 595). Madrid: Editorial Gredos.

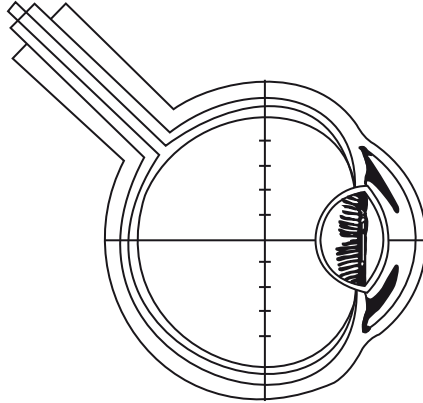
"Demócrito explica la visión mediante la imagen visual, que describe de un modo particular; ésta no surge directamente en la pupila, sino que el aire que hay entre el ojo y el objeto de la visión es comprimido y queda marcado por el objeto visto y por el vidente, pues todas las cosas emiten siempre alguna clase de efluvió. 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."

Alexandre, *De sensu*

G. S. Kirk; J. E. Raven; M. Schofield (1987). *Los filósofos presocráticos* (pàg. 595). Madrid: Editorial Gredos.

1.3. Teories modernes de la visió

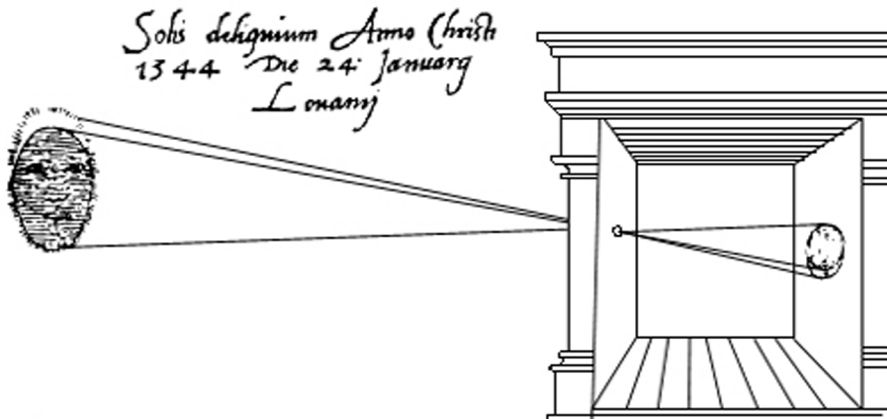
1.3.1. Introducció



Primera representació gràfica moderna de l'interior de l'ull humà (1619) de Scheiner. Obra sota domini públic.

El naixement del món modern (segles XV-XVI) comporta una revisió completa de les teories de la visió antigues. Una revisió que dibuixa el camí cap als estudis fisiològics i psicològics de la visió en els nostres dies.

1.3.2. El model de la cambra obscura

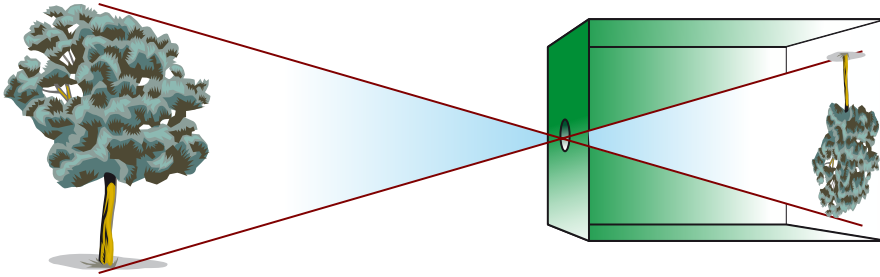


Eclipsi solar observat a Lovaina amb una cambra obscura, 1544. Obra sota domini públic.

Un dels primers models moderns de la visió és el de la **cambra obscura**. Es basa en un principi astronòmic conegut des de l'antiguitat que servirà d'explicació del funcionament de la visió humana al llarg del Renaixement. Formulada ja per Aristòtil, i d'àmplia acceptació en el pensament àrab antic, aquest principi explica com "la llum que penetra per un forat minúscul, des de la paret d'una habitació fosca, forma a la paret oposada una imatge invertida del que hi hagi a l'exterior".

Al llarg del Renaixement, i més tard als segles XVII i XVIII, el principi de la cambra obscura va servir per a explicar la visió de l'ull humà i, al seu torn, per a fabricar els estris més diversos i màquines de dibuixar, fins a arribar a la in-

venció, el 1839, de la fotografia. El model de la cambra obscura s'aplica a l'ull: la llum (rebotada dels objectes) entra per un petit forat –la pupil·la– dins de l'ull i les imatges invertides de l'exterior es projecten sobre el fons –la retina. Es tractava d'un model encara massa simple per a explicar la complexitat del procés de visió. Un dels problemes que plantejava aleshores és l'anomenada *paradoxa de la imatge invertida*. La formació invertida de les imatges a l'interior de la cambra obscura –ull o màquina de fotografiar– planteja un nou interrogant: ¿per què veiem les imatges correctament si, com es demostra, aquestes es projecten invertides?



Secció interior d'una càmera fotogràfica moderna, basada en el principi de la cambra obscura

De la cambra obscura a la invenció de la fotografia

"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 da 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". A: *Historia de la Fotografía* (pàg. 12-13). Madrid: Alcor.

1.3.3. Vers un model científic

Johannes Kepler (1572-1630), físic i astrònom alemany, va ser l'autor de l'*Astronomiae Pars Óptica* (Kepler, 1604), el tractat d'òptica més important previ a Newton. En aquest assenyala que la posició de la imatge respecte a la retina no té cap significat particular. La imatge, malgrat ser invertida físicament, és redreçada per l'intel·lecte. D'aquesta manera, s'eliminen ja tots els compo-

nents metafísics i misteriosos del procés de la visió humana per a plantejar un nou territori d'exploració científica i fisiològica de les relacions entre cervell i ull, i del seu funcionament conjunt.

Els models actuals de la visió humana es basen en un estudi interdisciplinari de la **percepció visual** que com a mínim té en compte els aspectes següents:

- fisiològic
- neurològic
- psicològic

En aquests l'ull actua com a receptor i el procés perceptiu és principalment neurològic i de l'intel·lecte.

2. Fisiologia i percepció visual

2.1. Fisiologia de l'ull humà

2.1.1. Introducció

Al llarg de l'últim segle, la medicina i la psicologia modernes són responsables del coneixement i anàlisi detallada del funcionament de l'ull humà, i així del procés fisiològic de la visió.

L'ull humà és un òrgan de forma esfèrica d'uns 25 mil·límetres de diàmetre, i està format per tres membranes: l'**escleròtica**, la **coroide** i la **retina**. L'escleròtica conté la **còrnia**, part frontal transparent que permet el pas de la llum a l'interior. La coroide s'encarrega de nodrir la **retina**, que és la membrana interna fotosensible sobre la qual es formen les imatges a partir de la llum rebuda a través de l'obertura variable de la **pupila**. A aquests elements se suma el paper actiu del **crystal·lí**, lent dilatant i refringent responsable de l'acomodació de la visió a distància; l'**iris**, que actua com un diafragma regulador del pas de llum admesa; els **músculs oculars**, encarregats de la mobilitat del conjunt de l'aparell, i el **nervi òptic**, receptor del conjunt d'estímuls de la retina i transmissor al cervell de tota la informació.

Més informació sobre la retina

Trobareu més informació sobre el funcionament de la retina i les cèl·lules que la componen en l'apartat "La retina: receptor de llum" de l'apartat "Percepció del color".

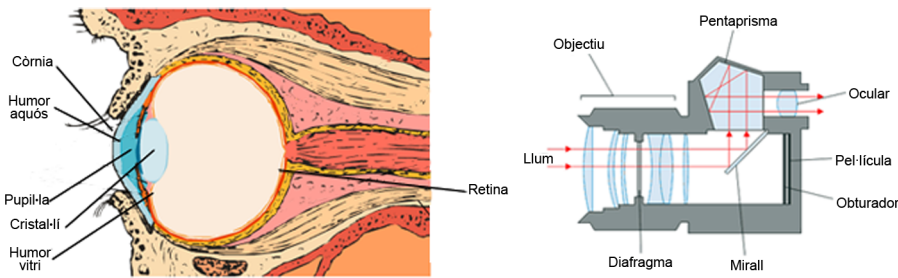
2.1.2. Serveix el model de la càmera fotogràfica?

El desenvolupament tècnic de la càmera fotogràfica ha arribat a un resultat equiparable; de manera que l'òptica i la mecànica de la càmera ens poden servir com a model per a entendre, en part, el funcionament de l'ull. Aquest tipus de metàfora és la que proposa Guyton en el seu *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* (pàg. 867-868). Madrid: McGraw-Hill.

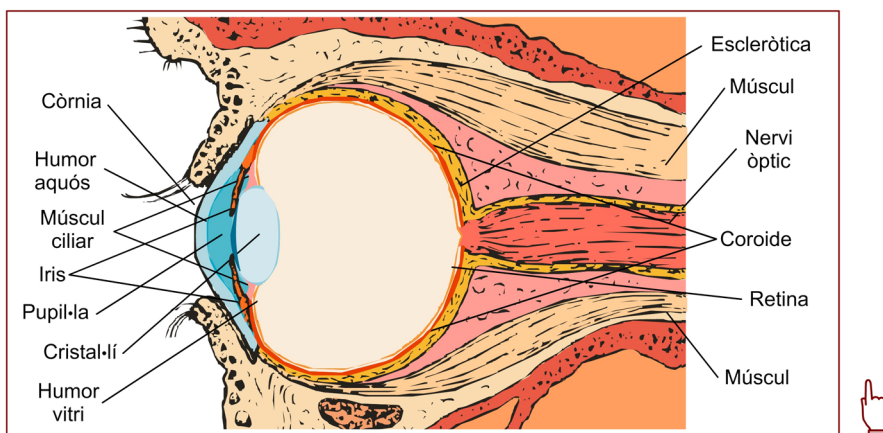
El símil no es pot prendre literalment, ja que la càmera és un objecte optico-mecànic (actualment també electrònic). En canvi, l'ull humà és un element orgànic que ha evolucionat al llarg de la selecció natural i la interacció amb l'entorn.



Comparació entre l'ull humà i l'objectiu d'una càmera fotogràfica

2.1.3. Parts de l'ull

En l'esquema següent es mostren les diferents parts de l'ull.

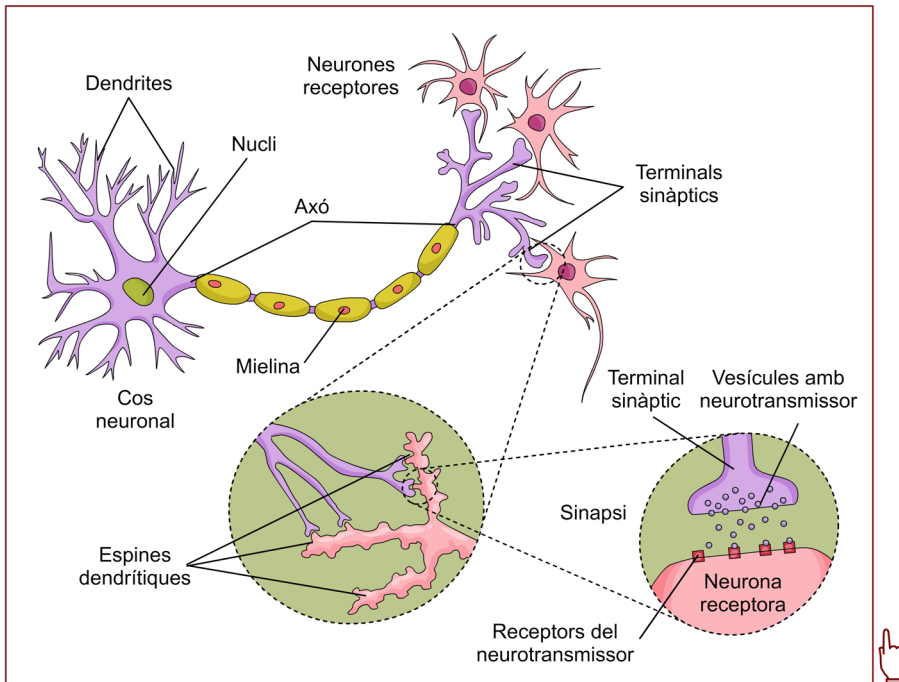


Il·lustració dinàmica de l'interior de l'ull humà

2.2. Neurofisiologia de la visió

2.2.1. El sistema nerviós humà

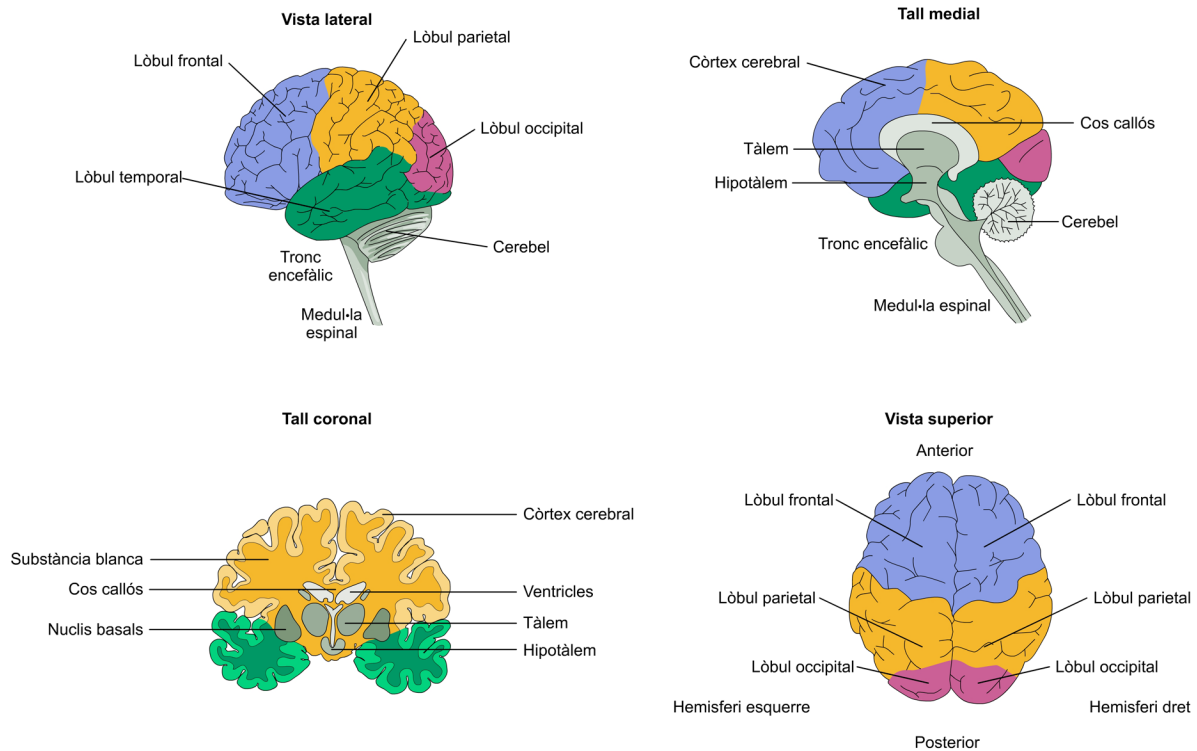
El sistema nerviós, del qual forma part el cervell, està format principalment per dos tipus de cèl·lules: les **neurons** i les **cèl·lules glia**. Les primeres són les responsables de la comunicació, i les segones, molt més nombroses, de la regulació de les condicions que la fan possible. Les neurones transmeten informació pel sistema mitjançant **impulsos elèctrics**. Les parts principals d'una neurona són el **cos neuronal**, les **dendrites** i l'**axó**. L'impuls elèctric es transmet a través de l'axó (que és únic però es pot ramificar en la part final), que s'adhereix a les **espines dendrítiques** d'una altra neurona per mitjà d'un **acabament sinàptic** que actua com una ventosa. En aquest punt és on es produeix la **sinapsi**, el procés pel qual l'impuls elèctric passa d'una neurona una altra. Això és possible per l'alliberament dels anomenats **neurotransmissors** (petites molècules que actuen com a missatgers químics).



Font: Acarín, 2001

2.2.2. El cervell

El cervell humà està format per **dos hemisferis** (esquerre i dret) dividits a la superfície per una fissura longitudinal i connectats a l'interior per un feix d'axons (anomenat **cos callós**). La part externa, formada per un mantell arrugat d'agrupacions neuronals, és l'anomenat **còrtex** (o **escorça**) **cerebral**. En la part interna trobem el **tàlem**, els **nuclis basals**, l'**hipotàlem**, l'**hipocamp** i l'**amígdala**. El tàlem és una mena de centre de control i distribució que rep informació sensorial (visió, oïda i sensacions somàtiques) i motora que després envia a la zona corresponent del còrtex. El còrtex cerebral és la part més gran del cervell humà (és la part que més va augmentar proporcionalment en el procés evolutiu). Segons la seva posició el dividim en **quatre lòbuls** (frontal, parietal, occipital i temporal), i segons la funció en diverses àrees. A cada sentit (vista, oïda, gust, olfacte i tacte) correspon una àrea de l'escorça diferent. Hi ha la **zona sensitiva primària**, on es rep la informació procedent del tàlem i té lloc la primera etapa de processament, i les **àrees d'associació**, on té lloc la part més complexa del processament, en la qual intervé l'experiència, el raonament, la identitat, la presa de decisions, etc.



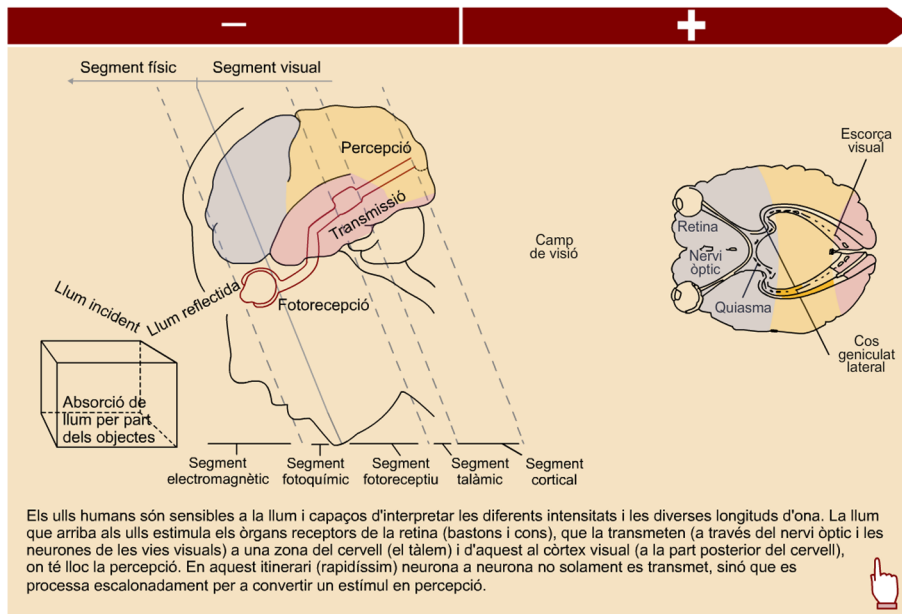
Font: Acarín, 2001

2.2.3. El procés de percepció visual

En el cas de la **percepció visual** el procés comença als ulls. La llum que hi arriba estimula els òrgans receptors de la **retina** que converteixen l'estímul lluminós en impuls elèctric i el transmeten, a través dels axons del **nervi òptic**, cap al cervell. La informació es troba en la connexió cerebral anomenada **quiasma** i continua fins a arribar a una zona específica del **tàlem** (els nuclis geniculats laterals) des d'on és enviada al **còrtex visual**, situat al lòbul occipital. La informació procedent de l'ull dret és enviada al còrtex visual de l'hemisferi esquerre i al revés.

Podem dividir aquest procés en tres etapes principals:

- 1) **Fotorecepció:** la llum que arriba a l'ull estimula en el fons de la retina les cèl·lules fotoreceptores que transmeten el senyal al nervi òptic.
- 2) **Transmissió i processament:** a la retina comença un primer nivell de processament que s'anirà fent complex fins a arribar al tàlem i d'aquest al còrtex cerebral.
- 3) **Percepció:** al lòbul occipital (a la zona visual primària i a la zona d'associació visual) es completa el procés de percepció i podem parlar de consciència de la imatge vista.



Procés de transmissió neural de la visió

Vegeu també

Trobareu més informació sobre la recepció de la llum a la retina en l'apartat "Percepció del color".

2.2.4. Àrees del còrtex visual

La informació d'impulsos electroquímics simples transmesa inicialment pel nervi òptic es diversifica en formes més complexes en assolir el còrtex cerebral. En aquest, es produeix un fraccionament de la detecció inicial en estímuls simples que s'associen, posteriorment, en estructures superiors mitjançades pel conjunt de l'activitat mental. Més enllà dels estímuls exteriors, de la mera recepció física, veure implica una activitat intel·lectual, la relació i estructuració de les dades perceptuals amb estructures mentals, la capacitat d'organitzar i configurar l'escenificació estable de l'espai circumdant.

Cada pas representa un nivell de "conceptualització visual".

A partir de l'experimentació s'han descrit sis àrees diferents del **còrtex visual primari** que intervenen en la detecció visual d'un objecte:

- **V1:** es rep i processa una visió general de l'objecte.
- **V2:** es rep i processa una visió estereoscòpica de l'objecte.
- **V3:** es rep i processa la profunditat i distància de l'objecte.
- **V4:** es rep i processa el color de l'objecte.
- **V5:** es rep i processa el moviment de l'objecte.
- **V6:** s'acaba de perfilar la posició absoluta de l'objecte.

Aquestes sis àrees envien informació al **còrtex d'associació visual**, on s'associa amb informació subjectiva i emocional i s'obté una percepció conscient de l'objecte i s'hi dóna significat.

L'àrea V1 és la primera a rebre l'estímul que després es distribueix. Aquesta àrea també és una de les més estudiades. S'ha vist que a cada punt del camp visual extern correspon un punt (un grup de neurones) d'aquesta àrea del còrtex visual. D'alguna manera és com si l'estímul originat a la retina acabés formant un mapa del que hi ha en el camp visual en l'àrea V1 del cervell. En aquesta hi ha més neurones corresponents a l'àrea central del camp visual que les dedicades a l'àrea perifèrica.

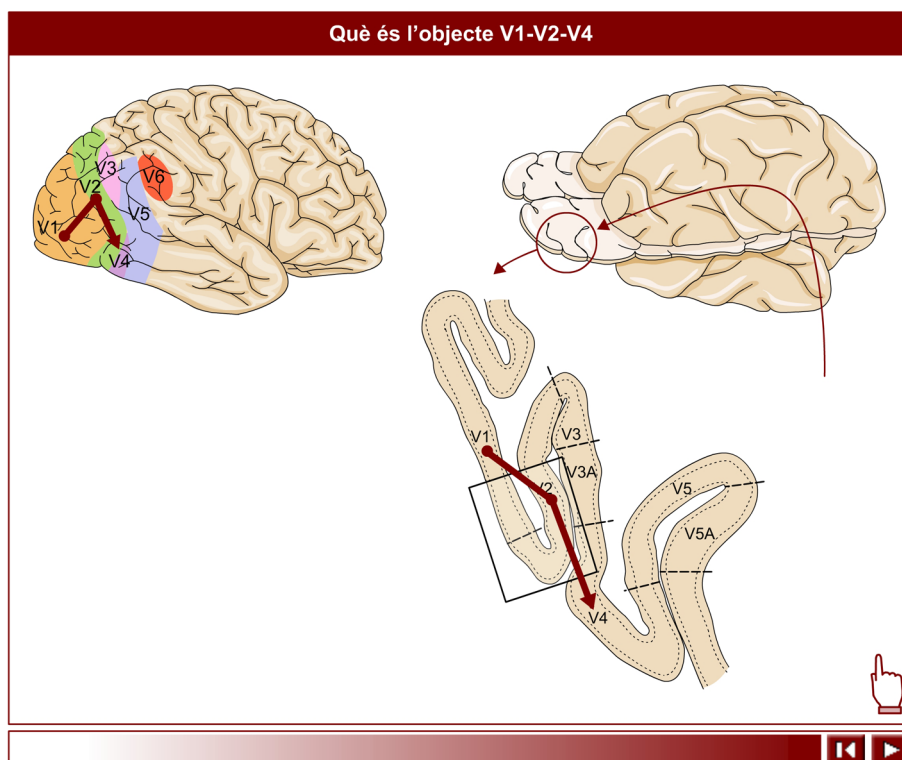
El reconeixement de l'escena visual

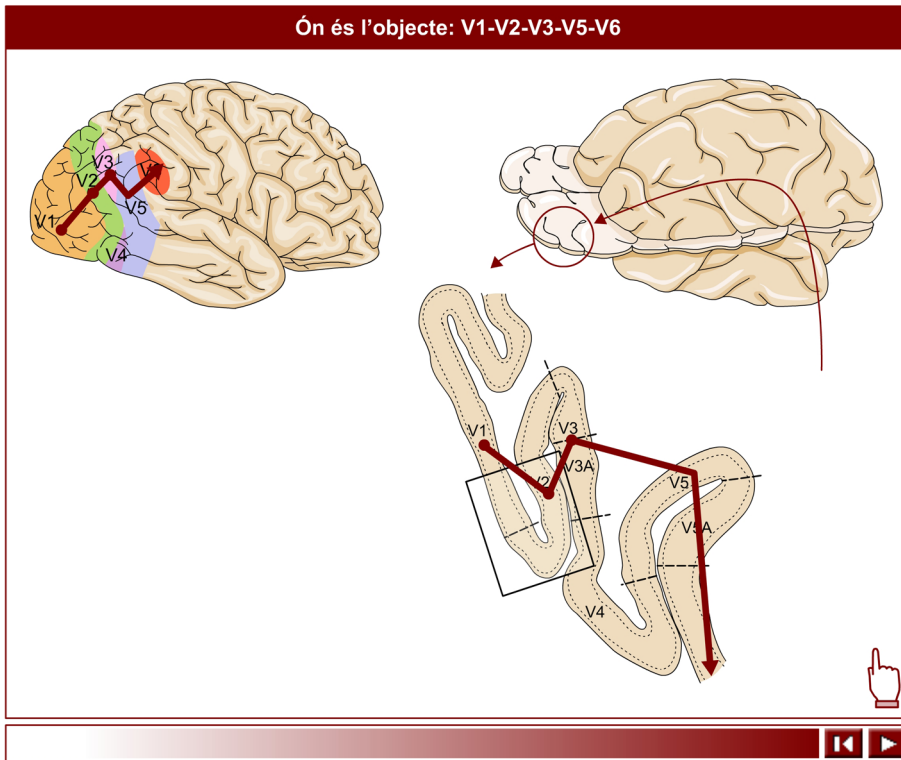
La capacitat del sistema visual per a descobrir l'organització de l'escena visual –és a dir, descobrir la forma dels objectes, la brillantor de parts diferents de cada un, les ombres, etc.– depèn de l'escorça visual primària.

Quan una persona mira una paret blanca, només estimula unes quantes neurones de l'escorça visual primària, independentment de la il·luminació de la paret. En cada punt de l'escena visual on hi ha un canvi del fosc al clar, o del clar al fosc, s'estimula la zona corresponent a l'àrea V1 de l'escorça visual primària. La intensitat de l'estimulació depèn del gradient de contrast: com més neta sigui la vora del contrast, i més gran la diferència d'intensitat entre les zones clares i fosques, més alt serà el grau d'estimulació.

Així, a l'escorça visual, les neurones aconseguixen una orientació espacial aproximadament igual a la de la imatge retiniana.

També s'han estudiat les vies que segueix la identificació de l'objecte. Per a saber on és l'objecte la ruta és V1-V2-V3-V5-V6. Per a saber què és l'objecte la ruta és V1-V2-V4.





3. Psicologia de la percepció



Dàlmata de Lindsay i Norman. Autor: R.C. James. Usat experimentalment per D. Marr (1982); Lindsay&Norman (1977) i R.L. Gregory (1979)

3.1. Lleis de la visió de la Gestalt

3.1.1. Psicologia de la Gestalt

Dins de l'àmbit de la psicologia, l'anàlisi de la percepció visual humana ocupa un lloc rellevant. Les teories i lleis exposades per l'escola de la Gestalt, encara que **no expliquen** el perquè del procés perceptiu, continuen essent un referent important en tant que **descriuen i prediuen** alguns principis del seu funcionament.

La psicologia de la Gestalt és un moviment experimental que comença just abans de la Primera Guerra Mundial. La seva psicologia se centra en l'estudi del coneixement, la percepció i els processos mentals. És a dir, en com la nostra percepció determina i condiona el nostre pensament i, fonamentalment, en l'estudi del grau de coneixement ja present en el simple acte de percebre.

Per als psicòlegs de la Gestalt, la visió consisteix en un procés de percepció activa en el qual, més enllà de la recepció passiva dels rajos lluminosos, apareix implicada una sèrie bàsica de processos actius d'organització i estructuració dels estímuls.

La psicologia de la Gestalt parteix d'una concepció sintètica de la visió, expressada en una premissa bàsica:

Les formes exteriors es perceben com a totalitats o conjunts superiors a la suma de les seves parts, el subjecte s'encarrega de soldar les relacions entre les parts, o entre les parts dels estímuls rebuts.

L'escola de la Gestalt

Els representants principals de l'escola de la Gestalt són Max Wertheimer, Wolfgang Köhler i Kurt Koffka:

- **Max Wertheimer** (1880-1943) va ser el més gran i el més original i influent de l'escola, autor de l'article que inicia el moviment el 1912. El 1910, va concebre una nova manera de tractar el problema de la percepció del moviment. Davant posicions institucionalitzades anteriors, Wertheimer es preguntava com es podia explicar una sensació de moviment a partir de l'addició de dues estimulacions estàtiques. D'acord amb el que seria l'enfocament general de l'escola gestaltista, Wertheimer va concloure que, de fet, el fenomen del moviment no necessita explicació en si mateix. Es tracta de comprendre com la percepció del fenomen només consisteix en les relacions concretes entre els estímuls en què aquest es divideix, no en el mateix fenomen.
- **Kurt Koffka** (1866-1941) va ser l'autor més productiu del grup i qui va intentar sistematitzar el conjunt de les aportacions realitzades pels diferents membres de l'escola. El 1910 va viatjar a Frankfurt, on va començar la relació amb Wertheimer i Köhler. L'any següent va començar la docència a Giessen, on va realitzar alguns estudis experimentals que després es van publicar. Ja el 1920, va publicar un article sobre la nova escola en una revista de psicologia americana, la qual cosa representaria la introducció del gestaltisme als EUA. El 1935 va publicar la seva obra principal, *Principis de psicologia de la forma*, l'obra considerada fins avui central sobre l'escola.
- **Wolfgang Köhler** (1887-1967) va publicar el 1917 el llibre *Proves d'intel·ligència en els ximpanzés*, en el qual aplica els principis de Wertheimer a l'aprenentatge i solució de problemes. En aquest llibre, Köhler mostra que el que **emergeix** en les formes o *gestalten* (totalitats) són les relacions; els ximpanzés no perceben només els estímuls aïllats, sinó les relacions entre ells. També es va fixar que la percepció de les relacions és un senyal d'intel·ligència, i va anomenar la percepció sobtada de les relacions adequades *Einsicht* (penetrar a l'interior d'alguna cosa, albirar o descobrir). El 1920 va publicar *Les formes físiques en repòs i en estat estacionari* i, el 1929, la seva *Psicologia de la forma* (Köhler, 1996), obra de síntesi i recopilació de les tesis i teories mantingudes anteriorment.

En definitiva, la premissa bàsica segons la qual el tot percebut sempre és superior a la suma de les seves parts.

Des de la perspectiva d'altres escoles psicològiques alternatives, com la **psicologia cognitiva** o la **neurociència computacional**, s'ha criticat la teoria gestaltista perquè no ofereix un model del procés de percepció. Per aquest motiu, s'ha considerat com una teoria **redundant** o **no-informativa**, com a **descriptiva** i **no explicativa**. Però és justament el seu caràcter descriptiu el que resulta útil per a la seva aplicació en la pràctica gràfica, especialment en el disseny d'interfícies. Si sabem el que passa en el procés perceptiu, ho podem tenir en compte en dissenyar, encara que no tinguem una explicació de **per què** passa.

3.1.2. Principis que descriu el procés perceptiu

Els teòrics de la Gestalt i els seus seguidors han usat quatre principis clau per a descriure els processos de percepció visual. Aquests principis són:

- **Emergència.** Reconeixement global d'objectes, emergint formes percebudes anteriorment de manera simultània, no per la suma de les seves parts constitutives.
- **Reificació.** Construcció de noves formes partint de les existents gràcies a la pròpia experiència visual.
- **Multiestabilitat.** Percepció ambigua entre fons i figura que es dona en algunes imatges.
- **Invariància.** Prioritat en el reconeixement i percepció de les formes i contorns dels elements per sobre d'altres qualitats: color, textura, estil, etc.

No els hem d'entendre com a mecanismes que funcionen separatament sinó com a aspectes diferents d'un mateix sistema perceptiu dinàmic. A continuació s'expliquen els quatre principis a partir de gràfics experimentals que serveixen de demostració.

1) El **principi de l'emergència** es pot demostrar per la percepció de la imatge del gos que representa un gos dàlmata ensumant el terra sota l'ombra dels arbres.

No reconeixem el gos a partir de la identificació prèvia de les seves parts (potes, nas, orelles, cua, etc.). Quan reconeixem el gos ho fem globalment, d'una vegada. La percepció del gos emergeix en la nostra ment.

La teoria de la Gestalt constata aquest fenomen, encara que no expliqui per què es produeix.



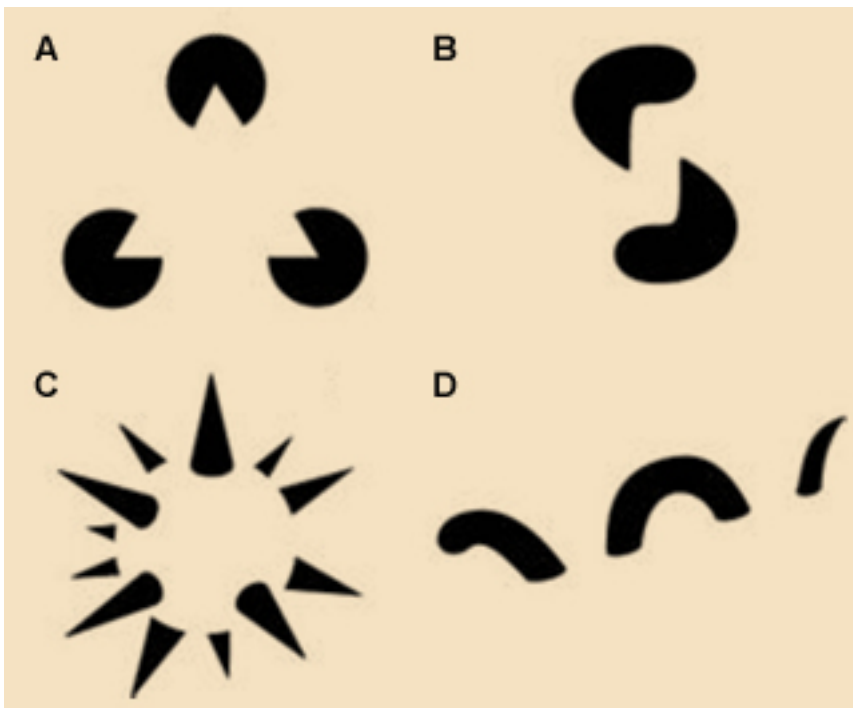
Imatge experimental per a mostrar el fenomen de l'emergència perceptiva.

Autor: R. C. James. Utilitzat experimentalment per D. Marr (1982), Lindsay i Norman (1977) i R. L. Gregory (1970) (1977) i R. L. Gregory (1970)

2) La **reificació** és un aspecte constructiu o generatiu de la percepció per mitjà del qual allò que es percep per l'experiència visual conté més informació espacial explícita que l'estímul sensitiu en què es basa.

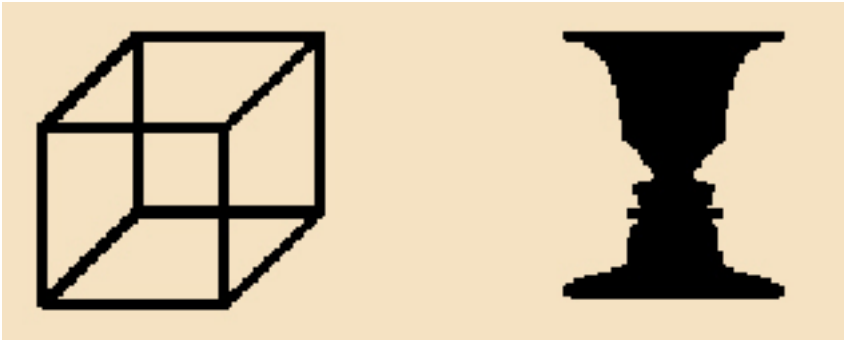
Per exemple, en la figura A podem percebre un triangle i, tanmateix, no hi ha cap triangle dibuixat. En les imatges B i D, la ment reconeix formes separades com a parts d'una forma simple. En la imatge C veiem una forma tridimensional completa, quan en realitat no ha estat completament dibuixada.

La reificació es pot explicar per l'estudi dels contorns il·lusoris, que són tractats pel sistema de percepció visual com a contorns reals.



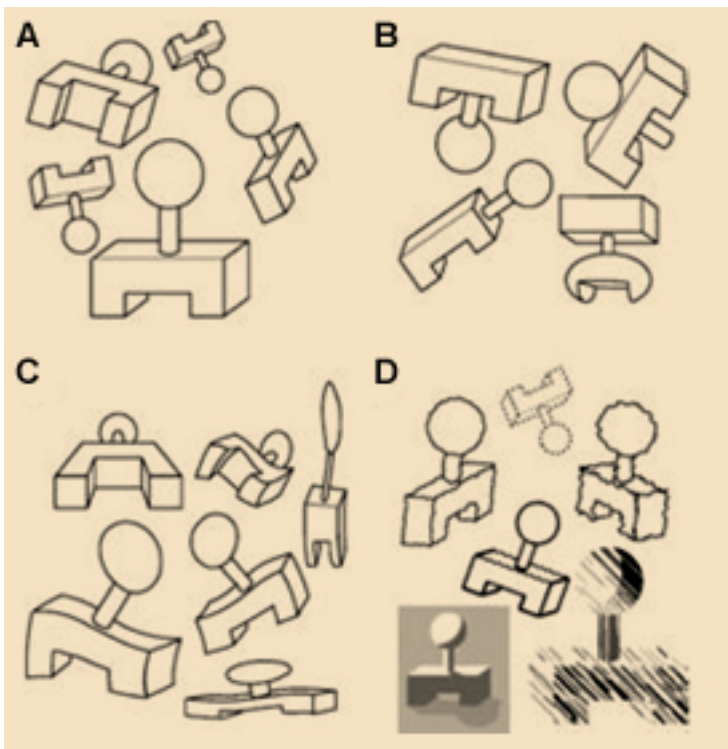
Exemples de reificació en el procés perceptiu.
Representació feta per Steven Lehar que agrupa el següent: (A) el triangle de Kanizsa, (B) el cuc volumètric de Peter Tse's, (C) l'esfera punxeguda d'Ideawa i (D) el monstre marí de Peter Tse's.
Imatge sota domini públic. Steven Lehar (2003).

3) La **multiestabilitat** (o també **percepció multiestable**) és la tendència que es dóna en les experiències de percepció ambigua a saltar endavant i enrere de manera inestable entre dues o més interpretacions alternatives. Podem veure aquesta situació, per exemple, en el cub de Necker i el vas de Rubin, que es mostren en la imatge de l'esquerra. De nou la Gestalt no explica per què aquestes imatges són multiestables, només diu que el fenomen passa.



Exemple de percepció multiestable.
Representació d'Alan de Smet basada en el cub de Necker i en el vas de Rubin.
Imatge sota domini públic. Alan de Smet (2007).

4) La **invariància** és una propietat de la percepció segons la qual els objectes geomètricament simples són reconeguts independentment de la seva rotació, translació i escala. Fins i tot amb un altre tipus de variacions com les deformacions elàstiques, diferències d'il·luminació i canvis en les característiques de les parts que els componen. Per exemple, els objectes de la figura A són reconeguts immediatament com la mateixa forma bàsica, i també els podem distingir de manera immediata de les formes que hi ha en B. També les reconeixem malgrat la perspectiva i les deformacions elàstiques en C i fins i tot quan es representen usant tractaments gràfics diferents com en D.



Exemple d'invariància en la percepció d'un objecte malgrat les variacions i distorsions.
Demostració gràfica de Steven Lehar.
Imatge sota domini públic. Steven Lehar (2003).

3.1.3. Lles de la visió

Mitjançant estudis experimentals, els autors de la Gestalt van arribar a determinar una sèrie limitada de **lles de la visió**, un conjunt de principis descriptius sobre el procés de la percepció visual coherents amb la premissa bàsica

segons la qual tota la nostra experiència perceptiva està estructurada i té una **tendència a unir i a relacionar en grups** els estímuls percebuts. Tal com estan formulades les lleis de la visió volen predir com agruparem els diferents estímuls en unitats en funció de les seves característiques i relacions.

La taula següent presenta les lleis principals que governen l'estructuració dels estímuls visuals segons els autors esmentats.

Lleis principals de la visió segons els autors de la Gestalt

1	Llei de la proximitat	En igualtat de condicions tendim a percebre junts els elements més pròxims en l'espai o en el temps.
2	Llei de la semblança	En igualtat de condicions tendim a percebre els elements semblants com a part d'una mateixa estructura o objecte.
3	Llei del tancament	En igualtat de condicions les línies que delimiten una superfície es perceben més fàcilment com a unitat que les que no s'arriben a tancar.
4	Llei de la bona continuïtat	En igualtat de condicions tendim a percebre com a part d'una mateixa figura els estímuls que mantenen entre ells una continuïtat de forma.
5	Llei del moviment comú	En igualtat de condicions tendim a percebre com a grup o conjunt els elements que es mouen de la mateixa manera.
6	Llei de la pregnància	En igualtat de condicions tendim a percebre com a unitat els elements que presenten el grau més alt de simplicitat, simetria i regularitat.
7	Llei de l'experiència	L'experiència prèvia del subjecte receptor intervé juntament amb els aspectes esmentats anteriorment en la construcció de les formes percebudes.

En els apartats següents es repassen cada una de les lleis de la visió, amb definicions formalitzades i amb exemples gràfics per a una comprensió millor.

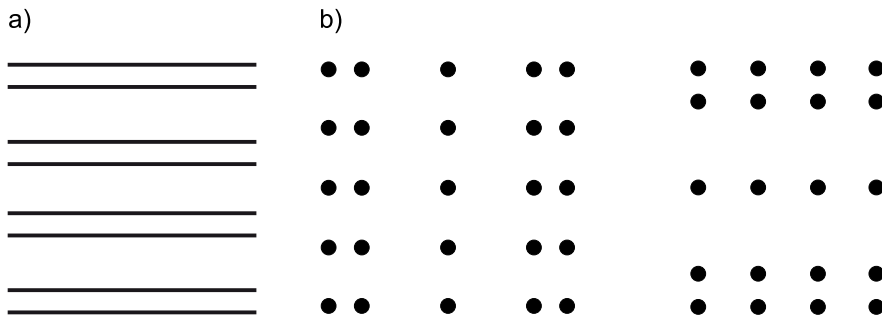
3.1.4. Llei de la proximitat

Vegem dues maneres de formular la llei de proximitat:

En igualtat de les altres condicions, tendim a percebre com a junts (o com un mateix objecte) els elements més pròxims en l'espai o en el temps.

Si un estímulo visible està constituït per una multitud d'elements diversos, es manifesta en el subjecte receptor la tendència a agrupar els elements més pròxims entre ells.

Vegem ara dos gràfics experimentals que demostrin el que la llei prediu:

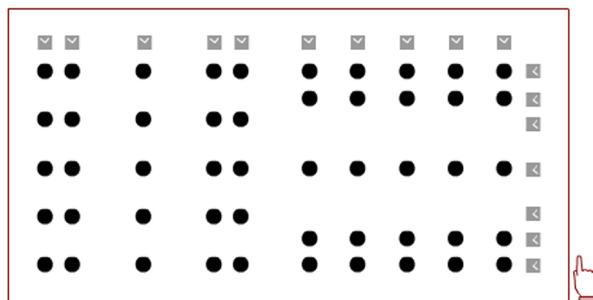


a) En aquest primer gràfic, tenim una tendència dominant a veure quatre barres horitzontals, agrupant de dos en dos les línies properes entre elles. b) Passa el mateix en el segon gràfic, en el qual els elements més propers són percebuts com a unitats, davant els elements més distants.

Activitat

A continuació podeu experimentar i descobrir com actua la llei de proximitat.

Oculceu part dels punts i observeu com el sistema perceptiu els agrupa en diferents elements en funció de la proximitat. Podeu ocultar o mostrar els punts un per un clicant-hi a sobre o bé ocultar files o columnes senceres clicant sobre els botons que trobareu en el gràfic.



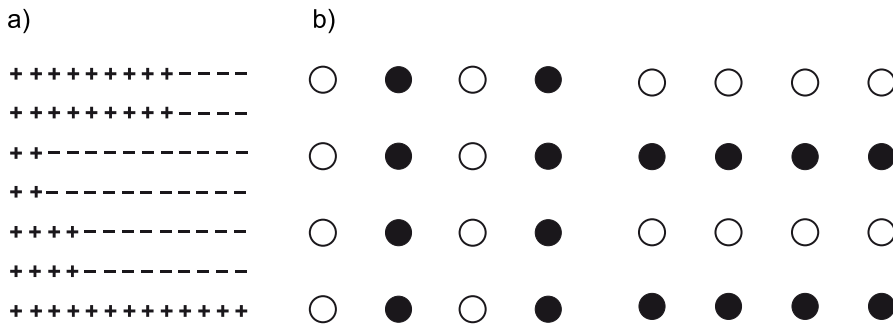
3.1.5. Llei de la semblança

Vegem dues maneres de formular la llei de semblança:

En igualtat de les altres condicions, tendim a percebre els elements semblants com a part d'una mateixa estructura o objecte.

Si un estímul visible està constituït per una multitud d'elements diversos, en el subjecte receptor es manifesta la tendència a agrupar els elements més semblants.

Vegem ara dos gràfics experimentals que demostren el que la llei prediu:

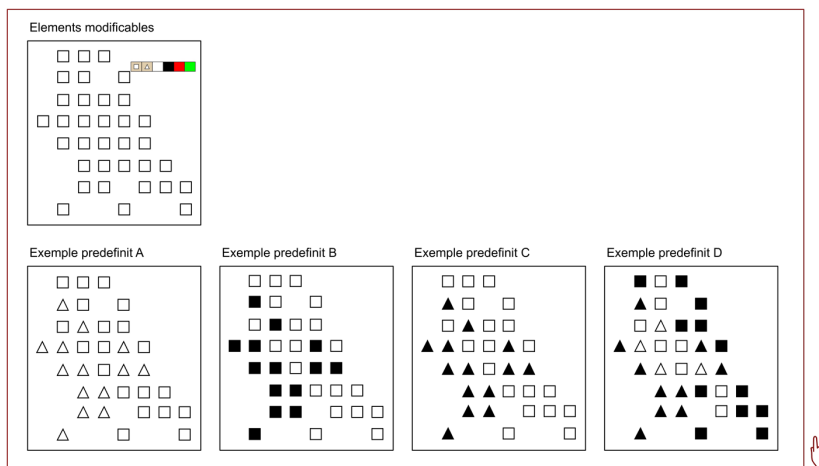


a) Davant d'aquest primer gràfic tenim tendència a agrupar com a conjunt els signes negatius davant els signes positius, encara que tots dos són a la mateixa distància entre ells. b) Novament, a partir de la llei de la semblança, els elements més similars es perceben fàcilment com a integrants d'un mateix conjunt davant els elements dissimilars.

En parlar de **semblança** ens referim a les propietats visuals de l'objecte.

Activitat

Experimenteu a continuació amb la **semblança de forma** i la **semblança de color**. Actuen conjuntament o competeixen entre elles?



Per a estudiar com actuen les propietats visuals en l'agrupament per semblança podeu clicar als botons d'exemples predefinits i llegir els comentaris. També podeu experimentar canviant la forma o el color dels elements. Per fer-ho feu clic a un i amb un menú desplegable podreu canviar-ne les propietats.

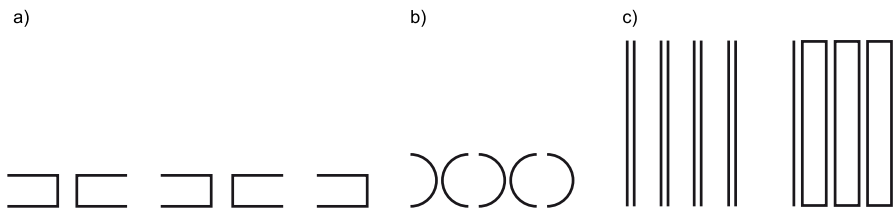
3.1.6. Llei de tancament

Vegem dues maneres de formular la llei de tancament:

En igualtat de les altres circumstàncies, tendim a clausurar les bretxes existents en una possible figura amb línies incompletes [...]. Mentre l'activitat sigui incompleta, tota situació nova que se'n derivi serà, per a l'organisme, una situació passatgera i de transició. Assolida la meta, l'organisme haurà arribat a una situació final.

Les línies que delimiten una superfície són percebudes més fàcilment com a unitat que les que no s'arriben a tancar.

Vegem ara tres gràfics experimentals que demostrin el que la llei prediu:



a) Percebem com a unitat dos rectangles (i mig), ja que el nostre sistema perceptiu té la tendència a completar la bretxa entre les dues línies encarades. Es fa difícil entendre aquest gràfic com a cinc elements independents. **b)** El mateix cas que en el gràfic anterior però amb elements corbs en comptes de rectilinis. En aquest cas tendim a percebre dos cercles i mig. I ho veiem d'una manera encara més clara que en l'exemple anterior, ja que la tendència d'aquests elements a clausurar-se és més gran. **c)** Els elements que es clausuren entre ells formen unitats perceptives amb molta més facilitat que els que no ho fan, encara que siguin més propers entre ells. En la primera part d'aquest gràfic, les vuit línies verticals s'agrupen en quatre elements molt clars per la proximitat entre parells de línies. En la segona part, les línies verticals distants s'han unit amb línies horitzontals. El resultat és que percebem més clarament tres rectangles tancats. Una conclusió d'això és que la llei de tancament domina sobre la llei de proximitat. O, el que és el mateix, percebem més clarament com a unitat els elements tancats o que tendeixen a tancar-se que els elements pròxims entre ells. Il·lustració basada en la demostració de David Katz (Katz, 1967).

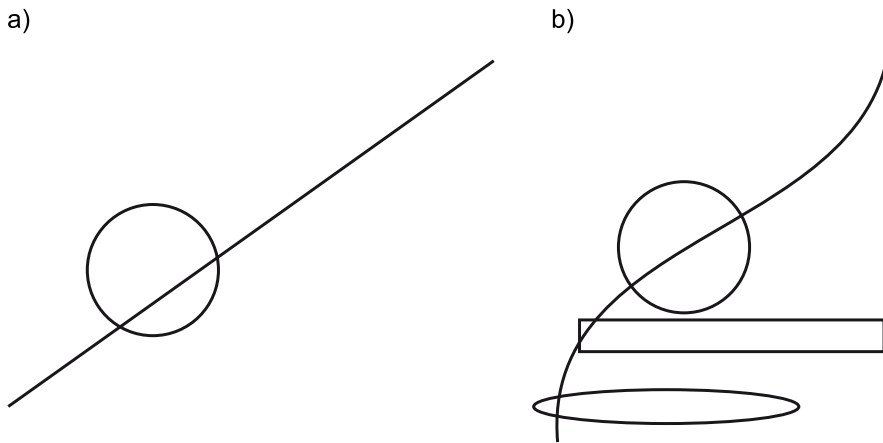
3.1.7. Llei de bona continuïtat

Vegem dues maneres de formular la llei de bona continuïtat:

En igualtat de circumstàncies, tendim a percebre com a part d'una mateixa figura els estímuls que mantenen entre ells una continuïtat de forma.

Les parts d'una figura que tinguin una destinació comuna es constitueixen en unitat amb més facilitat que les altres.

Vegem ara dos gràfics experimentals que demostrin el que la llei prediu:



a) En aquest primer gràfic, malgrat les diferents combinacions possibles, el tram de línia recta tendeix a continuar com a línia recta, i una part del cercle com a cercle. b) Al seu torn, en el segon gràfic exemplificador, la línia ondulada imposa la seva continuïtat per mitjà de les formes circulars i quadrades per la seva "bona continuïtat".

Exemples de bona continuïtat en objectes del món físic

Com reconeixem la continuïtat de les branques d'un arbre?

El nostre cervell està preparat per a fer-ho amb una combinació d'**estratègies perceptives**. L'estratègia principal que utilitza és la que explica la llei de bona continuïtat, encara que una línia o contorn es creui o quedi parcialment oculta som capaços d'entendre que forma part d'una mateixa estructura.

Una imatge simplificada ens pot servir per a entendre aquest fenomen. En una imatge més complexa els fenòmens perceptius s'acumulen i és més difícil extreure'n una llei. Vegem-ho amb un exemple.



Fins i tot en aquesta imatge tan contrastada som capaços de veure la continuïtat de les branques que s'entrecreen i no les confonem.



En aquesta imatge esquemàtica s'intenta simular com som capaços d'interpretar l'estructura de les branques gràcies a la seva bona continuïtat.

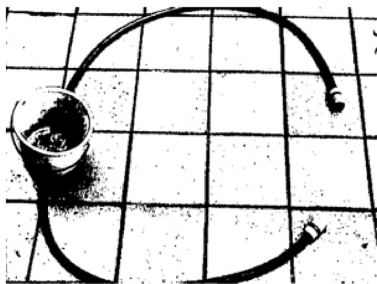


Si el que veiem és una imatge com aquesta, la bona continuïtat de les branques es complementa amb un altre tipus d'informació visual: els canvis en la textura, el volum que es percep gràcies al clarobscur de les ombres, etc. Tot i així, us adonareu que en absència d'aquesta informació addicional ja éreu capaços d'identificar l'estructura de branques.

Font: David Gómez (2003). Creative Commons Reconocimiento Compartirlqual 3.0.es

Com reconeixem com a unitari un objecte parcialment ocult?

Per la mateixa raó, si l'estructura té una **bona continuïtat** ho interpretem com una unitat.



En aquesta imatge veiem diverses estructures que som capaços d'identificar perfectament gràcies a la seva bona continuïtat. Tenim una estructura molt clara **de fons**, una estructura reticular ortogonal (encara que deformada per la perspectiva) que queda oculta en diverses zones però que som perfectament capaços de reconstruir. També tenim una línia corba (semicircular) que contrasta amb les línies rectes esmentades. Aquesta línia corba es talla amb aquestes en diversos punts, queda oculta parcialment per una altra forma i està tallada pel límit de la imatge; tot i així, som capaços de percebre-la com un objecte unitari. Igualment som capaços de veure la forma circular (el cub) malgrat que es tapi una part de la imatge; aquí més aviat actua la llei de tancament.



A la bona continuïtat s'afegeix nova informació, principalment informació de color, i també de textura. A més reconeixem un cub i una mànega sobre un terra. Les lleis de bona continuïtat, semblança i experiència estan actuant sinèrgicament. L'actuació solidària de diversos processos identificats per les lleis de la Gestalt és el que més ens ajuda a reconèixer el món que ens envolta.

Font: David Gómez (2003). Creative Commons Reconocimiento Compartirlqual 3.0.es

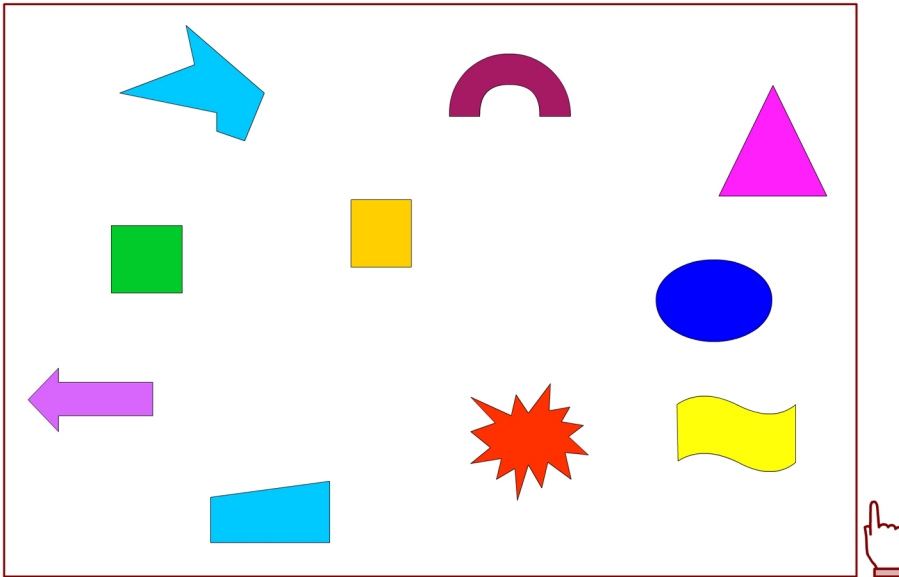
3.1.8. Llei de moviment comú

Vegem dues maneres de formular la llei del moviment comú:

En igualtat de circumstàncies, tendim a percebre com a grup o conjunt els elements que es mouen conjuntament o es mouen de la mateixa manera, o que es mouen reposadament respecte a d'altres.

Es constitueixen en unitat els elements que es mouen junts de manera similar, o en oposició a altres que estiguin quietes o estàtics.

Vegem ara una animació amb què es pot entendre de manera pràctica el que la llei prediu:



En aquesta animació, els elements amb moviment circular (quadrat verd i mig cercle morat) s'imposen com a grup o unitat comuna davant els que no mantenen un moviment idèntic. Malgrat la disparitat de formes i colors, el manteniment d'un moviment comú agrupa elements tan dissimilars que semblen estar units per una estructura invisible.

Exemple de llei de moviment comú

Un exemple per a entendre aquesta llei pot ser el dels fars de cotxe en la foscor. Percebem com a conjunt agrupat els fars d'un mateix cotxe perquè tenen un moviment comú. I sense dubte els diferenciem dels d'un altre vehicle, encara que estigui pròxim, perquè no tenen exactament el mateix moviment.



3.1.9. Llei de la pregnància o de la "bona forma"

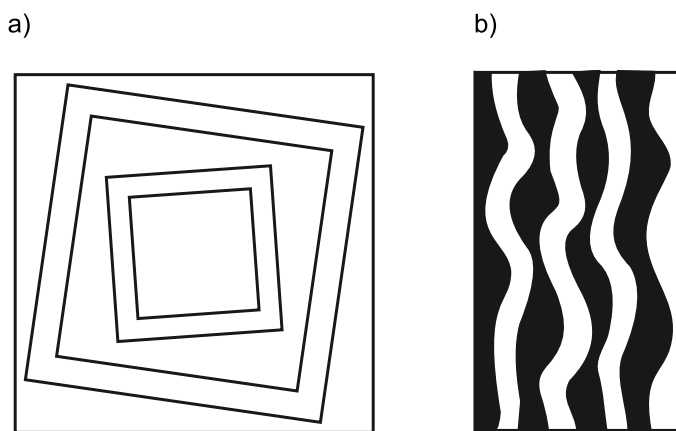
L'expressió alemanya *prägnanz* es podria traduir com a *consistència* o *regularitat*. La regularitat o les relacions de regularitat entre els estímuls visuals és una cosa que ens indueix a percebre'ls com a unitat o conjunt. Algunes de les lleis que hem descrit també presenten aquest component.

Però vegem dues maneres de formular específicament la llei de pregnància:

En igualtat de circumstàncies, tendim a percebre com a unitat els elements que presenten el grau més alt de simplicitat, simetria, regularitat i estabilitat (bones formes).

Es constitueixen en unitat amb més facilitat els elements de més regularitat, connexió, simetria, equilibri, homogeneïtat, i de màxima simplicitat i concisió.

Vegem ara dos gràfics experimentals que demostrin el que la llei prediu:



a) En aquest gràfic, s'estableixen com a figura les línies paral·leles (interdistància regular), mentre que els dos quadrants més externs difícilment s'establiran com a figura comuna a causa de la interdistància irregular. b) Igualment, i de nou a partir de la llei de la pregnància, en aquest segon gràfic proposat, fan el paper de figura les franges blanques (de forma més regular), davant les negres, que fan el paper de fons (de forma més irregular).

3.1.10. Llei de l'experiència

La llei de l'experiència s'ha formulat de la manera següent:

L'experiència prèvia del subjecte receptor intervé, juntament amb els aspectes esmentats anteriorment, en la constitució de les formes percebudes.

És a dir, els factors culturals, l'experiència prèvia del subjecte i la seva educació o definició en el si d'una cultura ajuden a determinar, juntament amb les sis lleis deterministes anteriors, l'organització de les nostres percepcions. L'experiència prèvia, i també el context, influeixen en la percepció d'una forma quan la "reconeixem" en una imatge o conjunt d'estímul visual.

Per exemple, la imatge del gos dàlmata que hem usat per a demostrar el principi d'emergència també serveix per a demostrar el reconeixement d'una forma que coneixem per endavant.



Imatge experimental per a mostrar el fenomen de l'emergència perceptiva atribuïda a R. C. James. Usada experimentalment per D. Marr (1982), Lindsay i Norman (1977) i R. L. Gregory (1970).

Aquesta imatge no és un experiment original del moviment gestaltista però il·lustra molt bé la llei de l'experiència i el fenomen de l'emergència en el nostre sistema visual. En ella hi ha una sèrie de punts dispersos, però quan hi reconeixem un dàlmata ja no el podem deixar de veure. La nostra experiència prèvia (en la percepció d'aquesta forma com el reconeixement d'un gos dàlmata) actua potentment en la nostra percepció conscient.

3.1.11. El pensament visual

El que el pensament dels investigadors de la Gestalt ens ha deixat com a llegat és una comprensió millor de la percepció visual com a **activitat cognitiva**. És a dir, com una activitat que implica un grau d'intel·ligència i pensament. Tot pensament és de naturalesa perceptual, i la vella dicotomia entre percepció i pensament resulta falsa.

Els processos bàsics de la visió impliquen mecanismes típics del raonament. La visió, lluny de constituir una funció inferior, resulta el mitjà fonamental pel qual estructuram els esdeveniments de què deriven les idees i el llenguatge. En definitiva, els factors visuals determinen la formació de conceptes i, així, el material del nostre pensament. Els estudis dels límits de la visió –itineraris oculars, retentiva visual, agudeses visual i preferències o perversions de la mirada– assenyalen, al seu torn, la possibilitat o impossibilitat de determinats actes de pensament:

- **Retentiva visual.** No veiem tot el que entra pels nostres ulls. La capacitat de retentiva visual està en 1/15 part de segon. És a dir, el cervell només veu com a independents tots els estímuls que apareixen davant dels ulls a una

velocitat igual o inferior. A velocitats superiors, el cervell els fon produint la sensació de moviment.

- **Agudesa visual.** Igual que en el cas anterior, el de la velocitat, també hi ha un llindar de la percepció referent a la mida. Per sota d'un llindar determinat, el cervell fon els estímuls rebuts.
- **Preferències de la mirada.** Més enllà de les diferents lleis bàsiques de la Gestalt, la visió humana presenta unes preferències que determinen jerarquies visuals. Així, en igualtat de circumstàncies, per exemple, hi ha una preferència per la claredat davant la foscor, pels colors de més intensitat davant els més apagats, o per les figures simples davant les complexes.
- **Perversions de la mirada.** Hi ha, a més, un conjunt d'anomalies en la visió que, al seu torn, es poden caracteritzar com a trastorns del reconeixement visual. Entre d'altres, destacarem la il·lusió de Müller-Lyer o el cub de Necker. En tots dos casos, el subjecte que mira sofreix una discrepància entre el percepte i la realitat objectiva que l'ha suscitat, és a dir, una distorsió subjectiva (percepte) d'un estímul objectivament present (realitat).

Cal tenir en compte que algunes de les característiques del nostre sistema perceptiu, que posen en relleu les lleis de la visió de la Gestalt i altres experiments de la psicologia de la percepció, han estat modelades per l'evolució al llarg de la selecció natural. Són característiques que permeten l'adaptació del sistema perceptiu, i per tant la nostra adaptació, a l'entorn. Tanmateix hi ha altres característiques que no són innates, sinó que es donen per la influència dels factors culturals propis de les societats dotades d'un pensament abstracte. Aquesta possibilitat és la que posa en dubte les lleis de la Gestalt com a lleis de caràcter universal (Gubern, 1987).

3.1.12. Percepció visual i creació gràfica

La **percepció** no és més que un subsistema d'un sistema cognitiu més complex que inclou percepció sensorial, memòria, atenció, coneixement, reconeixement, enteniment, consciència, representació, interpretació, etc.

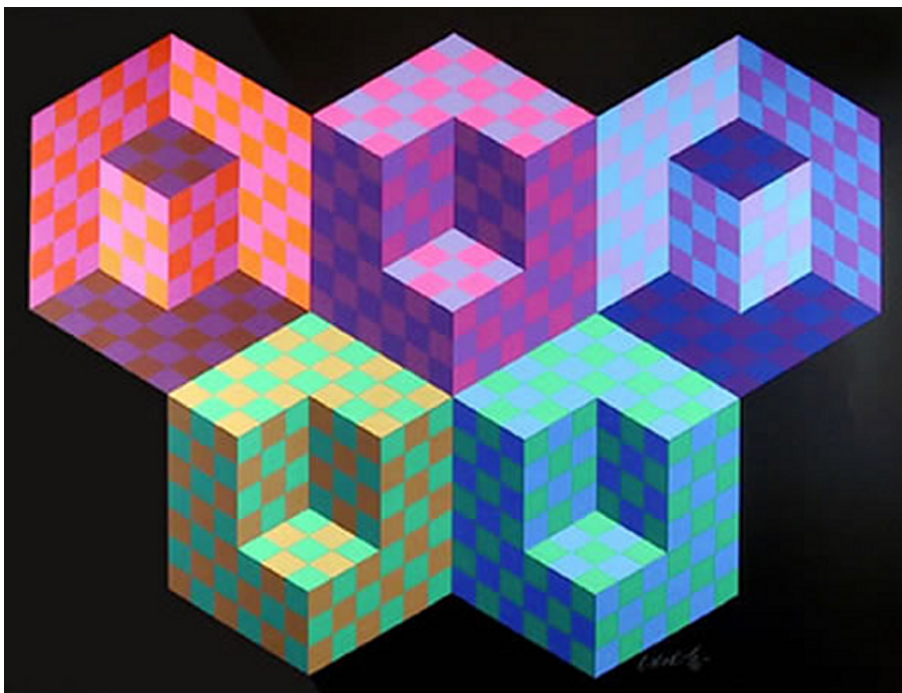
El que anomenem **veure** no és solament un procés perceptiu que es desencadena a partir dels sentits. El que arriba al nostre còrtex visual primari després passa al còrtex d'associació visual i es difon a altres parts del cervell. En molts casos passarà al sistema límbic, que el revestirà de càrrega emocional i a través de diverses rutes arribarà també als lòbuls frontals i altres àrees cerebrals.

Quan es parla de procés cognitiu relatiu al visual es vol posar èmfasi en el paper que té l'experiència prèvia, el substrat cultural i els prejudicis del nostre cervell respecte a la informació visual.

Els que s'impliquen en la creació gràfica en trauran partit en cas que tinguin clars els conceptes clau sobre la percepció visual. Però és recomanable que el sumin a un coneixement de la tradició gràfica, els codis visuals compartits i els corrents d'expressió gràfica. No es tracta només d'un coneixement teòric. És necessària una experimentació gràfica continuada per a adquirir certa facilitat de comunicació per mitjà del llenguatge visual.

4. Percepció de la forma

4.1. La forma percebuda



© Victor Vasarely, VEGAP 2000. Aquesta imatge es reproduïx acollint-se al dret de citació o ressenya (art. 32 LPI), i està exclosa de la llicència per defecte d'aquests materials. Algunes formes visuals ambigües es poden percebre de diferents maneres. Aquesta obra de Víctor Vasarely juga amb la profunditat i el volum suggerit per les formes cúbiques.

No és el mateix la forma material d'un objecte (que només incumbeix l'objecte i les seves propietats) que la forma que percebem per mitjà dels nostres sentits (en què intervé la informació parcial que ens arriba de l'objecte, els nostres sistemes receptius, el procés de percepció i d'interpretació).

La forma que percep la vista és orientació espacial, límits, context i esquelet de forces visuals. Percebem tot això com un esquema total, no com una suma analítica de parts. Percebem sobretot els trets sortints d'una forma (rodona, angular, simètrica, vermella, apaïxada, etc.).

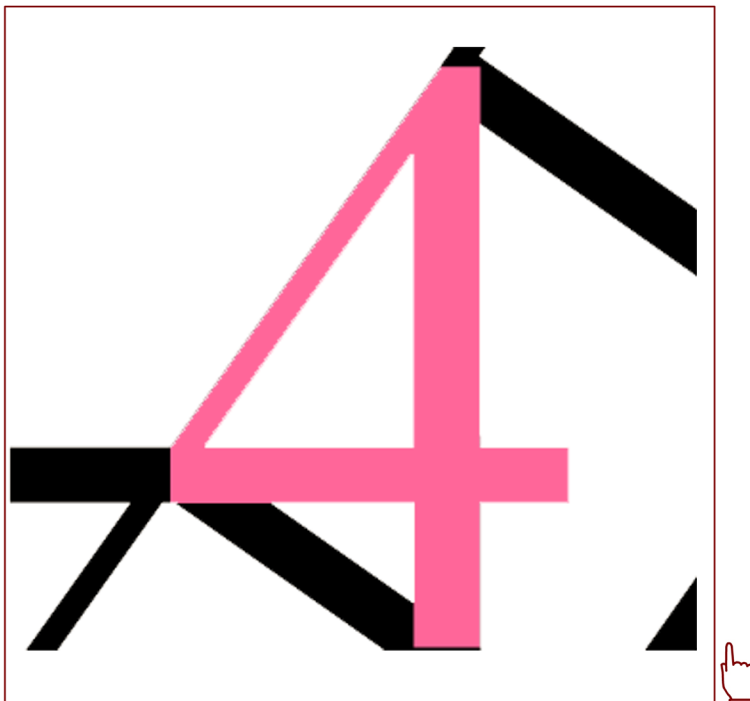
La percepció és una activitat activa i organitzadora: no esperem passivament que un estímul arribi a l'ull, el busquem i el processem. A partir de l'experiència visual, el nostre cervell construeix ràpidament conceptes perceptuals que ens permeten aprehendre –arribar a reconèixer, formar-nos un model propi– el que veiem.

Rudolf Arnheim (1995-2007) ha descrit amb detall els processos i fenòmens que intervenen en la percepció visual i la seva vinculació amb la percepció de l'art. Segons ell (Arnheim, 1995) la forma perceptual és el resultat del joc recíproc entre:

- l'objecte material,
- el medi lluminós transmissor d'informació i
- les condicions del sistema nerviós de l'observador.

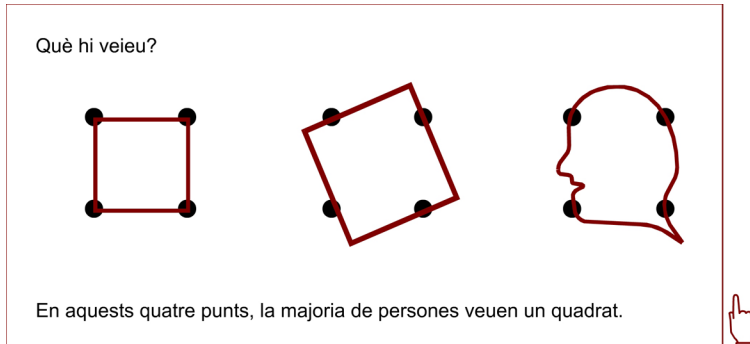
La captació de la forma és un procés cerebral específic (relacionat principalment amb les àrees V1, V2 i V5 del còrtex cerebral). Si no hi ha aquest procés ens podem trobar en un món visual sense formes tal com les solem entendre. Hi ha una patologia, dins de les anomenades *agnòsies visuals*, que impedeix reconèixer les coses com a esquema total. Qui la pateix pot resseguir els contorns i els detalls de les coses (per exemple, d'una finestra quadrada), però no percep la forma com a tal (no percep el quadrat). En comptes de percebre el conjunt percep els detalls o les parts. La investigació i anàlisi dels casos d'agnòsia visual està aportant una comprensió millor del paper que fa el cervell en la visió humana.

La percepció de la forma també està influïda pel context i pel moviment de l'objecte.



4.2. Complexitat i simplificació perceptiva

4.2.1. Introducció



Situeu el cursor sobre cada una de les respostes.
Aquesta demostració es basa en un experiment esmentat per Rudolf Arnheim (Arnheim, 2001).

En els quatre punts de la imatge superior, la majoria de les persones percep un quadrat en comptes d'un rombe o una cara. És així perquè el quadrat és la forma més simple de les tres i la que s'ajusta als eixos vertical i horitzontal dominants. L'efecte perceptiu es pot explicar per mitjà de les lleis de la Gestalt: visualment, els quatre punts s'agrupen (Llei de proximitat) i es perceben com la forma més simple possible (Llei de pregnància).

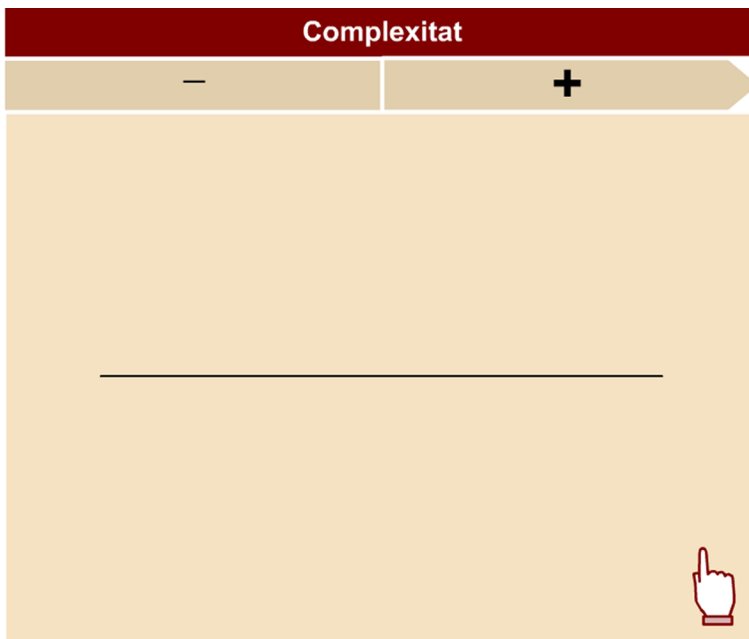
Percebem un entorn, habitualment complex, i l'interpretem com un conjunt de formes el més simples possibles. Això ens permet reconèixer, diferenciar i comprendre el que ens envolta. Les formes visuals simples són les que es perceben com a esquemes senzills.

4.2.2. Nivells de complexitat

El nivell de simplicitat d'una forma es basa en els seus trets estructurals que es poden definir per distància, angle i relació entre les parts. A continuació podeu comparar formes de menys a més complexitat perceptiva.

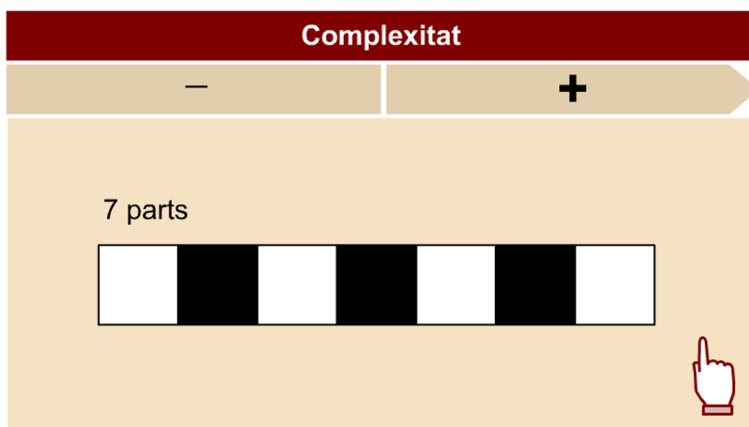
Vegeu també

Trobareu informació sobre la llei de la proximitat i de la pregnància en l'apartat "Psicologia de la percepció".

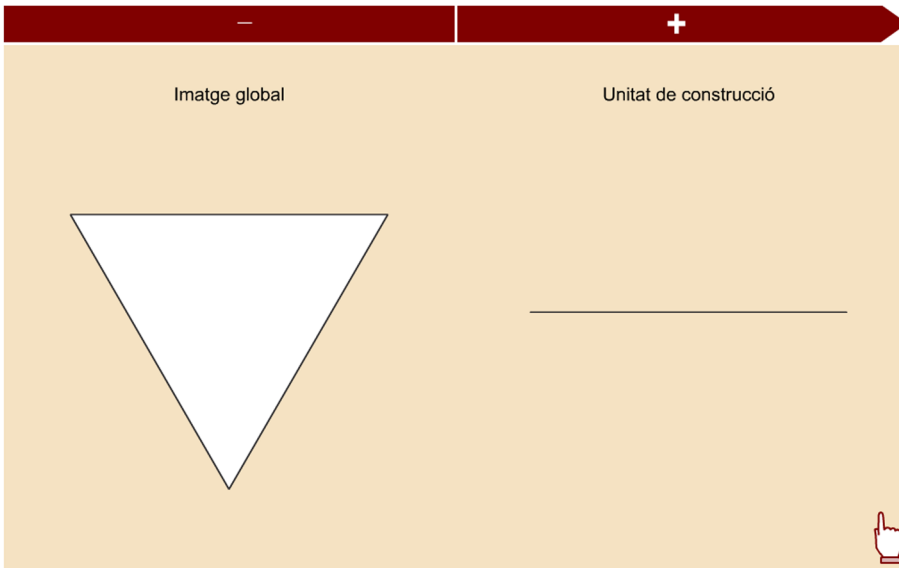


Els canvis en distància, angle i relació entre les parts augmenten o disminueixen la simplicitat perceptiva de les formes. Polseu + per veure formes cada vegada més complexes i – per tornar a formes més simples.

En canvi, hem de desmentir que un nombre més alt de parts sempre impliqui més complexitat, o que la simplicitat de les parts tingui relació amb la simplicitat del conjunt. A continuació es demostra experimentalment que això no és així.



Un nombre més alt de parts no significa més complexitat. La regularitat de la forma que té set parts la fa més simple que la que en té dues. Aquesta demostració es basa en un experiment de Christopher Alexander i Susan Carey citat per Rudolf Arnheim (Arnheim, 2001).



La simplicitat d'una part pot repercutir en més complexitat del conjunt. És el cas dels gràfics fractals com l'anomenada *corba de Koch* (ideada per Helge von Koch el 1904). En el centre de cada costat d'un triangle equilàter s'insereix un altre triangle a menor escala. El procés es repeteix consecutivament fins a l'infinit (en aquesta demostració ens aturem a la sisena transformació). La forma és cada vegada més complexa (i més "orgànica", menys "geomètrica") encara que les parts que la componen continuen essent molt simples.

4.2.3. Semblança i diferència

La possibilitat de subdividir una estructura global es pot veure de manera diferent com la possibilitat d'agrupar elements per la seva semblança. En la taula dinàmica següent es mostra com la semblança de mida, forma, color, ubicació espacial o orientació espacial poden agrupar perceptivament els elements visuals.

La comparació entre semblança de forma i color demostra que el nostre sistema cognitiu té jerarquies en aquest agrupament i, per exemple, preval l'agrupació per color a l'agrupació per forma.

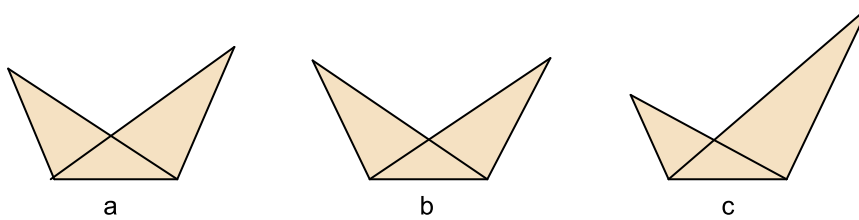
Semblança	
Semblança de mida	
Semblança de forma	
Semblança de color	
Semblança d'ubicació espacial	
Semblança d'orientació espacial	
Semblança de direcció	
Semblança de velocitat	
Semblança de forma enfront de color	

A hand cursor icon is visible in the bottom right corner of the table area.

4.2.4. Anivellament i agudització

Una altra "estratègia" de simplificació de la forma que fa servir el nostre cervell és **anivellar** o que **aguditzar** (caricaturitzar) els trets sortints.

Un triangle equilàter és percebut (i recordat) com a equilàter. Una forma lleugerament punxeguda és percebuda (i recordada) com a punxeguda o molt punxeguda. Una forma lleugerament asimètrica pot ser recordada per persones diferents com a simètrica o com a totalment asimètrica; en alguns casos el sistema perceptiu ha anivellat imposant la simetria i en d'altres s'ha aguditzat la asimetria.



Alguns observadors tendeixen a veure la imatge *a* com la *b* (l'anivellen imposant la simetria), i d'altres com la *c* (n'aguditzen la asimetria)

4.3. L'esquelet estructural

4.3.1. Introducció

Ocultar eixos	Mostrar eixos
<p>Aquest triangle es caracteritza per un eix principal vertical i un altre de secundari horitzontal, que es troben en angle recte. El seu equilibri és inestable. L'ortogonalitat (horitzontal-vertical) organitza la percepció perquè subministra l'esquema més simple.</p>	



Experiment perceptiu

Aquest experiment perceptiu està basat en una demostració de Rudolf Arnheim a partir de les observacions de Ludwig Wittgenstein. Podeu canviar la forma d'aquest rectangle canviant la posició d'un dels seus vèrtexs. Poseu-vos a sobre del vèrtex superior dret i desplaçeu-lo cap amunt o cap avall. Fixeu-vos que el vèrtex no es mou horitzontalment i que el catet esquerre no canvia d'orientació ni de mida. Si voleu llegir una anàlisi sobre l'equilibri i els eixos visuals en cada variant del triangle, mantingueu activada l'opció de "Mostrar eixos".

En la demostració anterior apreciem els importants canvis que es donen en l'**esquelet estructural** d'un triangle, en modificar només la posició d'un dels vèrtexs. També veiem que algunes vegades l'**ortogonalitat** (horitzontal-vertical) organitza l'esquema, i d'altres ho fa la **simetria**.

La base per a l'organització de la percepció sempre és la que subministra l'esquema més simple.

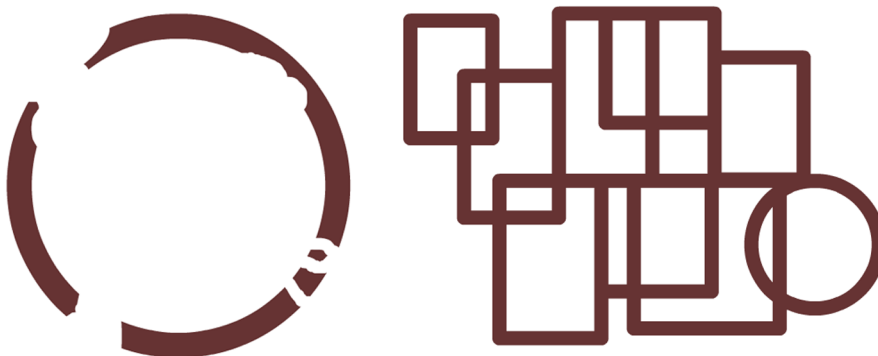
La majoria de les formes que percebem són més complexes que un triangle, i la imposició perceptiva d'esquelets estructurals també hi és més complexa. A una mateixa forma pot correspondre més d'un esquelet estructural, i a diferents formes els pot correspondre el mateix esquelet. Per tant, l'esquelet estructural incideix en la forma percebuda però no és l'únic ingredient de la seva percepció. Podem concloure que la forma percebuda és:

- 1) Els límits reals de la forma material (perceptibles gràcies als processos de percepció).
- 2) L'esquelet estructural creat per la percepció (bàsicament per mitjà d'eixos visuals).

Vegeu també

Els processos de percepció es veuen en l'apartat "Psicologia de la percepció".

4.3.2. Estructura i subdivisió



La subdivisió és necessària perquè el sistema perceptiu pugui discernir els objectes materials. Una forma (o un entorn) se subdividirà perceptivament en funció de la **solució** més simple. Encara que en alguns casos també pot portar confusió, ja que actua amb les seves pròpies lleis, es pot donar la paradoxa que les estratègies perceptives que han evolucionat per a entendre l'entorn ens portin a mal interpretar alguns contextos visuals.

En tot cas, alguns dels **criteris perceptius** per a decidir-se entre conjunt i subdivisió són els següents:

- La totalitat d'una forma es manté, encara que la mutilem, si la forma és la més simple. En la il·lustració superior veiem un cercle encara que no estigui complet.
- La figura se subdivideix si el resultat de la subdivisió són conceptes perceptuals més simples (menys trets estructurals). En la segona il·lustració, malgrat la superposició, som capaços d'identificar les diferents formes geomètriques simples que la constitueixen (quadrats, rectangles i un cercle).
- La subdivisió depèn de la simplicitat del tot en comparació amb les parts. En la segona il·lustració les parts són més simples que el conjunt. En la primera, el cercle és un concepte perceptiu més simple que les parts que componen la imatge.
- La possibilitat de subdividir una estructura global és una manera diferent de veure la possibilitat d'agrupar elements per la seva semblança.

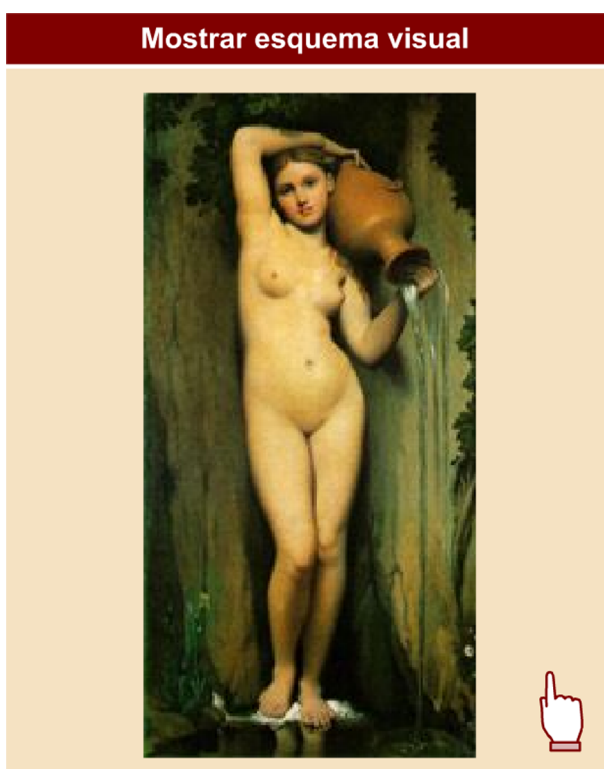
5. Percepció i composició visual

5.1. Esquelet visual de la imatge

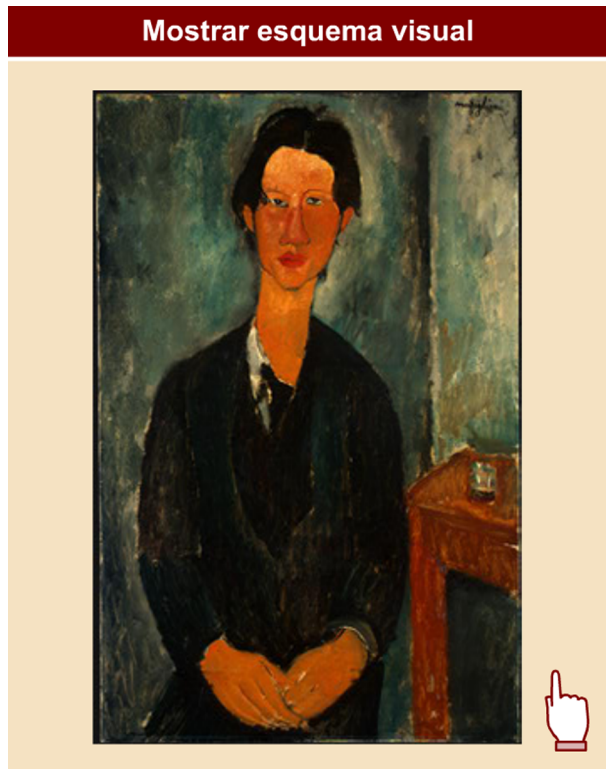
La qüestió de l'esquelet estructural ens introdueix en el concepte de **composició visual**. El nostre camp visual determina el que veiem. Els eixos principals per a estructurar-ho són el vertical i l'horitzontal, relacionats amb la nostra manera de ser al món.

Qualsevol conjunt visual té perceptivament l'esquelet mateix. Alguns objectes o formes que en contenen d'altres les aïllen de la resta actuant com a marcs. El seu esquelet estructural i les forces creades pels elements visuals creen l'esquelet visual de la imatge.

L'anàlisi de l'esquelet visual d'una imatge pot ser un mètode útil per a descobrir les relacions d'equilibri, les direccions i altres forces perceptuals que hi actuen. A continuació es mostren dos exemples d'això.



Dominique Ingres: *La Source* (1856). Obra sota domini públic. Prem el botó per mostrar l'anàlisi visual d'aquesta obra feta per Rudolf Arnheim (Arnheim, 2001).

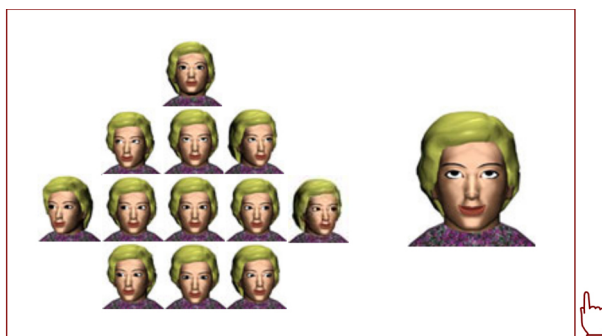


Amedeo Modigliani: *Chaim Soutine* (1917). Obra sota domini públic. Prem el botó per mostrar l'anàlisi visual d'aquesta obra.

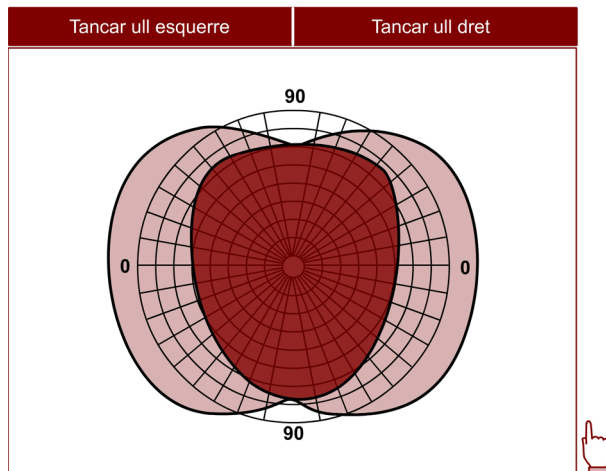
Les relacions entre les formes dels elements, la seva posició en l'espai i el seu color configuren una estructura de la imatge dominada per **forces perceptuals** i relacions d'equilibri i desequilibri.

5.2. Forces perceptuals

5.2.1. Camp visual i marc d'imatge



El camp visual humà té una forma ovalada d'uns 170° en la seva horitzontal i uns 150° en la seva vertical, on només es veu nítida la zona central. La nostra percepció no desenfocada de la realitat respon al moviment de l'ull i a la composició que el nostre cervell es fa de la informació rebuda. Si realment fixéssim la vista en un punt i la deixéssim quieta, la resta la veuríem desenfocada.



Els camps visuals de cada ull humà i el camp binocular en la seva intersecció segons James J. Gibson. Podeu ocultar qualsevol dels dos camps utilitzant els botons.

A més, el nostre coll pot girar gairebé 180°; la qual cosa unida al moviment de l'ull i al camp visual ens permet tenir una visió nítida d'uns 240° i percebre els trets bàsics de les formes, colors i moviments en gairebé 360°. No cal dir que podem moure el nostre cos i girar-nos o ajupir-nos amb gran rapidesa.

Tot el que rep i processa el nostre sistema perceptiu ho interpreta la consciència i obté un coneixement visual del nostre entorn. Per a això, sovint s'apliquen les seves pròpies lleis, com l'aplicació d'eixos sobre les formes, la divisió o agrupament de les parts, etc. La percepció visual es manifesta al cervell a partir de la informació recollida de l'entorn amb els ulls, però no com un registre fidel i mecànic d'aquesta. El nostre cervell està preparat per a trobar (o inventar) regularitats que ens serveixin per a comprendre i recordar (amb l'objectiu primigeni de sobreviure).

Malgrat que el nostre camp visual és ovalat, la majoria de creacions gràfiques que fem i observem estan realitzades dins d'un marc. És especialment així en els gràfics creats per a sistemes multimèdia que s'han de visualitzar dins del marc, segurament rectangular, d'una pantalla i al seu torn dins del marc d'una finestra de sistema o del navegador.

5.2.2. Camp de forces

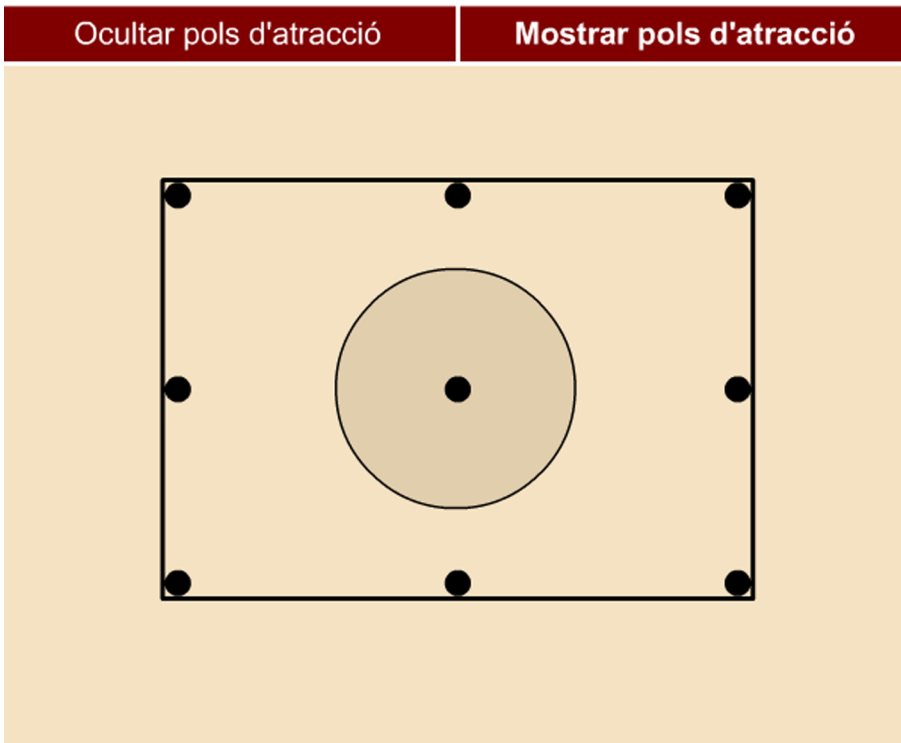
Fins i tot en les composicions més simples, el nostre sistema perceptiu crea **forces perceptuals** que semblen atreure o repel·lir els elements visuals entre ells i respecte al marc.

Les **forces visuals** no són forces físiques que actuen entre els objectes que veiem, però tenen una direcció, un punt d'aplicació i una intensitat. Són forces que es donen en l'experiència visual de l'espectador, creades per la interacció entre elements visuals en el procés de percepció. En la demostració següent intentem fer visibles algunes d'aquestes forces, els **punts d'atracció** que el nostre sistema perceptiu crea en una composició.

Citació

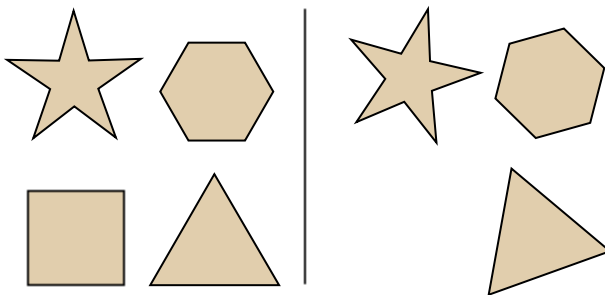
"És virtualment impossible percebre unitats aïllades i no afectades pel context. La relació és inevitable i això provoca que l'acte de la visió sigui una experiència dinàmica."

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



Canvieu el cercle de posició (arrossegant-lo amb el cursor), dediqueu uns moments a observar-lo i decidir cap a on sembla atret, després activeu el botó i cliqueu sobre un dels nou punts. Experimenteu amb diferents posicions. Proveu sobretot posicions ambigües.

El **percepte** (el resultat de la percepció) és un camp de forces continu i variant. Fins i tot les imatges que percebem com "en repòs" són el resultat de forces actives en diferents direccions que es contraresten fins a equilibrar-se. Només hem de canviar un element per a posar en marxa la imatge.



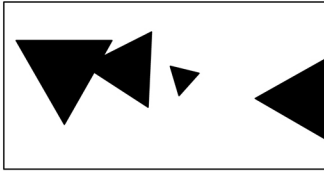
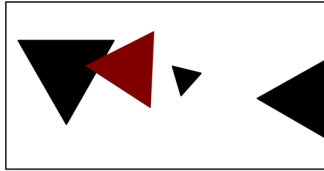
La primera imatge es percep equilibrada i en repòs. La segona no.

5.3. Pes visual: equilibri i tensió

5.3.1. Aproximació al pes visual

A continuació, com a d'aproximació al concepte d'**equilibri visual**, es proposa experimentar les sensacions d'equilibri o desequilibri que produeixen diferents composicions visuals. L'objectiu és extreure de l'experiència orientacions per a la pròpia creació. Per a això serà convenient contrastar els resultats propis amb els d'altres persones.

Test d'equilibri visual

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

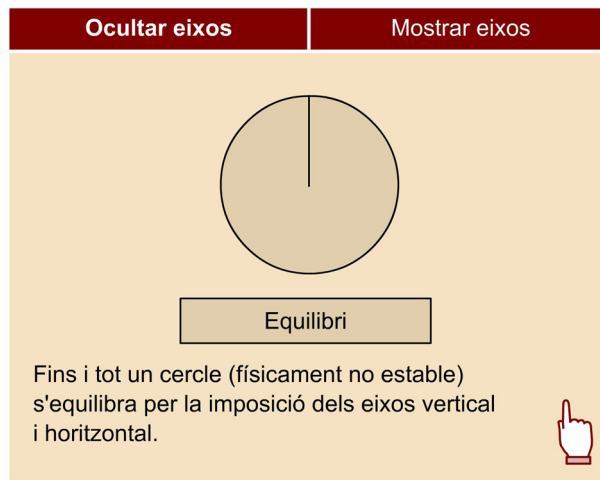
Valoreu en una escala de l'1 al 7 les imatges següents segons considereu que estan en "equilibri" o que hi ha "tensió".

Fixeu-vos que no hi ha respostes "correctes" o "incorrectes" a aquest test. Aquesta és una activitat d'aproximació sobre percepció visual en què l'interessant és comparar els resultats amb altres persones. Convideu altres persones a fer el test. Si voleu podeu enviar els resultats al fòrum de l'aula i comentar-los allà.

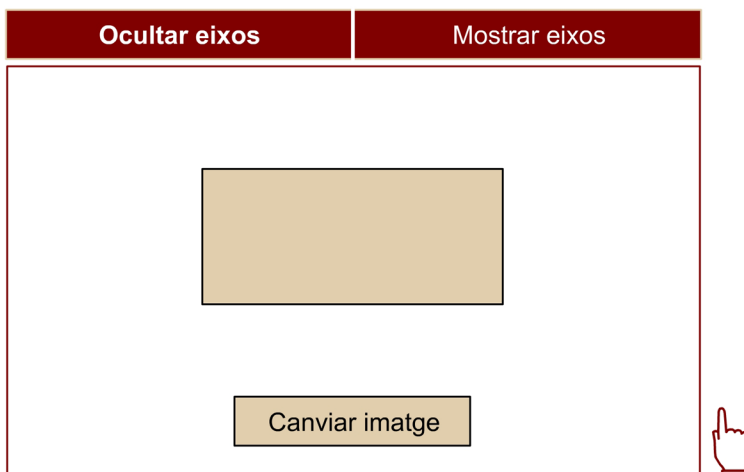
5.3.2. Equilibri i tensió

La **necessitat d'equilibri** és una de les influències més fortes del món físic sobre la percepció visual humana. Com a primats bípedes, la sensació de màxim equilibri la tenim amb els dos peus a terra i en posició vertical. Aquesta experiència sobre l'equilibri del propi cos l'apliquem a la resta de les coses, la majoria de vegades (però no sempre) amb èxit. Intuïm un pes determinat per als objectes (segons el volum, textura, etc.) i a partir d'aquest i de la seva orientació en l'espai els percebem com equilibrats o no equilibrats.

Imposem a les coses vistes un eix vertical amb un referent secundari horitzontal. La sensació d'equilibri o desequilibri està determinada per la relació entre aquests eixos. A continuació es pot visualitzar com un cercle (físicament no estable) s'equilibra perceptivament per la imposició dels eixos vertical i horitzontal. També es pot apreciar que quan el radi de la circumferència no coincideix amb l'eix vertical la imatge es percep en tensió, no equilibrada.

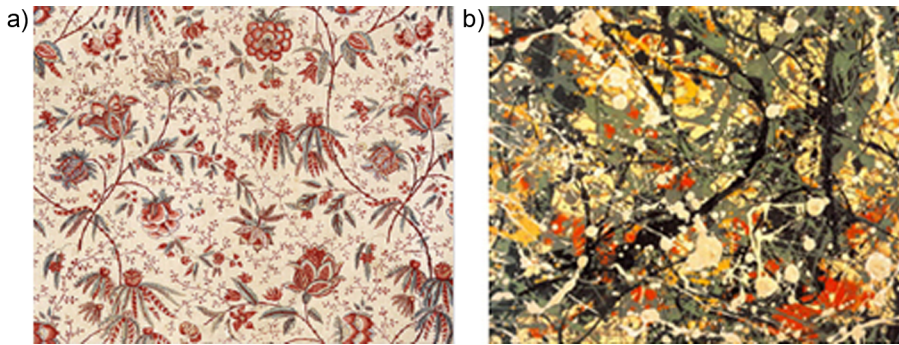


Inconscientment desplaçem aquest eix vertical dominant en funció del punt d'equilibri que percebem. Podem veure un exemple d'això en la demostració següent amb diferents elements visuals.



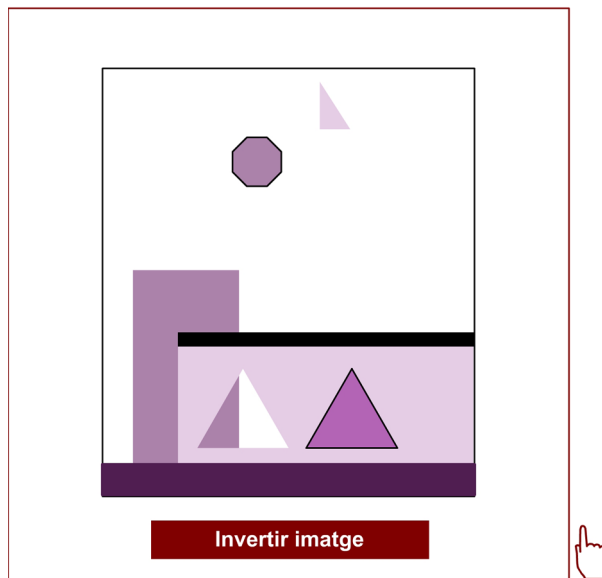
El **pes relatiu** d'un element visual en la composició depèn de la mida, color, textura i posició en l'espai respecte a la resta d'elements.

A continuació es pot veure com tant en el quadre de Jackson Pollock com en un estampat continu, el pes dels elements visuals és equivalent en tota la composició, es distribueix igual. Són imatges que estan en equilibri per la seva homogeneïtat.



a) Manufactura Oberkampf (Jouy) 1785. Estampació "indiana". Impressió de planxa de fusta sobre cotó. Actualment en el Musée de l'Impression sur Etoffes (Mulhaus, França).
 b) © Jackson Pollock, VEGAP 2000.
 Aquestes imatges es reproduïxen acollint-se al dret de citació o ressenya (art. 32 LPI), i estan excloses de la llicència per defecte d'aquests materials.

L'atracció cap al terra de la força de la gravetat també té una forta influència en la nostra percepció visual. Percebem més equilibrades les imatges amb més pes visual en la base que en la part superior i veiem més llarga una distància si és en la part superior de la imatge que la mateixa distància en la part inferior.



Proveu de canviar l'orientació de la imatge. Quina de les dues percebeu més equilibrada? On és la zona més "pesada"?

La mateixa imatge invertida es percep de manera completament diferent. La primera és una imatge equilibrada en la qual el pes s'acumula en la base, la segona és una imatge en desequilibri amb tot el pes en la part superior.

En la creació gràfica i en les arts visuals, tant l'equilibri com la tensió poden ser un objectiu del creador en funció de l'efecte buscat. Respecte a la cerca de l'equilibri, Rudolf Arnheim escriu:

"¿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."

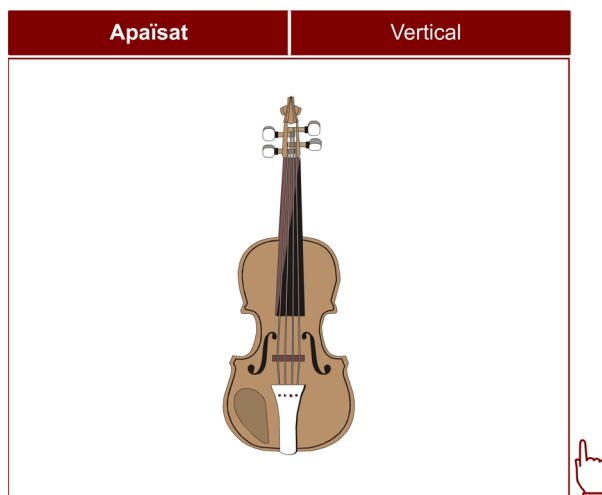
Rudolf Arnheim (2001). *Arte y percepción visual* (versió revisada, ed. original 1954). Alianza Editorial.

Al contrari, Donis A. Dondis escriu en relació amb l'ús intencionat de la tensió en la creació 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."

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

5.3.3. Fletxa visual: direcció



Fragment del fresc de la Capella Sixtina del Vaticà, pintat per Miquel Àngel Buonarroti el 1510 (segle XVI), en què apareix el profeta Ezequiel. Obra sota domini públic.

La imatge del violí en posició vertical és simètrica. I la imatge del violí apaïsat? Sí, també. Però detectem millor la simetria bilateral d'un objecte si l'eix de simetria coincideix amb l'eix vertical. Malgrat això, no es percep igual un quadre que la seva imatge especular, com s'ha vist amb la pintura de Miquel Àngel.

"L'home i l'animal són éssers prou bilaterals per a tenir dificultats a l'hora de distingir la dreta de l'esquerra."

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

D'aquesta constatació es pot deduir que hi ha forces visuals que actuen en l'eix horitzontal i influeixen en la nostra percepció de la imatge. L'ús d'eines o l'ordre de lectura des de l'aparició de l'escriptura hi poden haver influït.

Exemple aplicat: *Equilibri inestable* (Paul Klee, 1922)



En aquesta aquarel·la, Paul Klee ha fet visibles per mitjà de fletxes algunes de les forces visuals que actuen en la composició. Les fletxes visibles se sumen a l'efecte visual de la resta d'elements i aguditzen la dinàmica del quadre. El resultat és efectivament un equilibri inestable.

Paul Klee, VEGAP. Aquesta imatge es reproduïx acollint-se al dret de citació o ressenya (art. 32 LPI), i està exclosa de la llicència per defecte d'aquests materials.

En la cultura occidental preval el sentit d'esquerra a dreta. Sembla que hi ha un **moviment natural** cap al costat dret inferior de la imatge. Els elements compositius poden actuar contrarestant aquesta tendència per a aconseguir l'equilibri. En aquest terreny no podem universalitzar, perquè és un fet fortament subjecte a variables culturals i que pot ser diferent per a persones esquerres i dretanes.

6. Percepció del color

6.1. La llum

6.1.1. Ones electromagnètiques



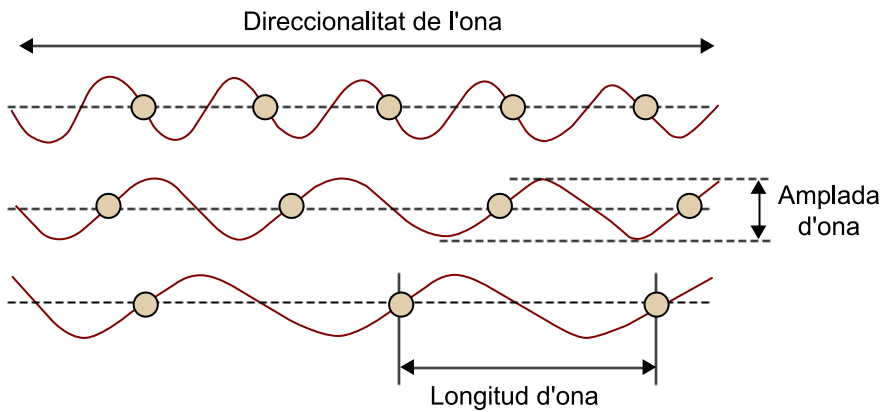
El que anomenem **llum** són **ones electromagnètiques**. Si tirem una pedra en un recipient amb aigua es formen ones que es propaguen fins als seus límits. Aquestes ones formen crestes i valls respecte a la superfície de l'aigua. Les ones electromagnètiques són una cosa semblant. Un camp electrostàtic dinàmic induïx un camp magnètic dinàmic que alhora induïx un altre camp electrostàtic dinàmic i forma una seqüència que s'autopropaga en ones que s'allunyen de la font.

En la naturalesa hi ha diversos fenòmens que generen ones electromagnètiques. La llum visible pot procedir del sol o d'un altre cos autolluminós. El sol transforma la seva energia nuclear en radiacions hertzianes, calorífiques, de llum blanca (visible), ultraviolada, rajos X, etc. Una fusta encesa transforma certes reaccions químiques en radiació lluminosa (i calorífica). Les bombetes transformen energia elèctrica en radiació lluminosa.

Classifiquem les ones electromagnètiques segons:

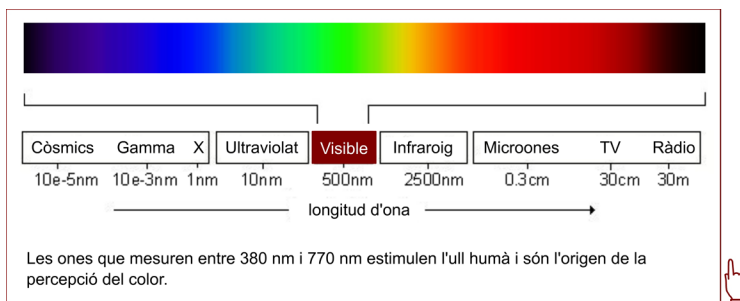
- l'amplitud (que determina la intensitat),
- la longitud (que defineix el tipus d'ona),
- la direccionalitat (que determina cap a on es propaga).

A continuació, aquestes propietats es poden comparar en un esquema:



Ones electromagnètiques

6.1.2. L'espectre electromagnètic

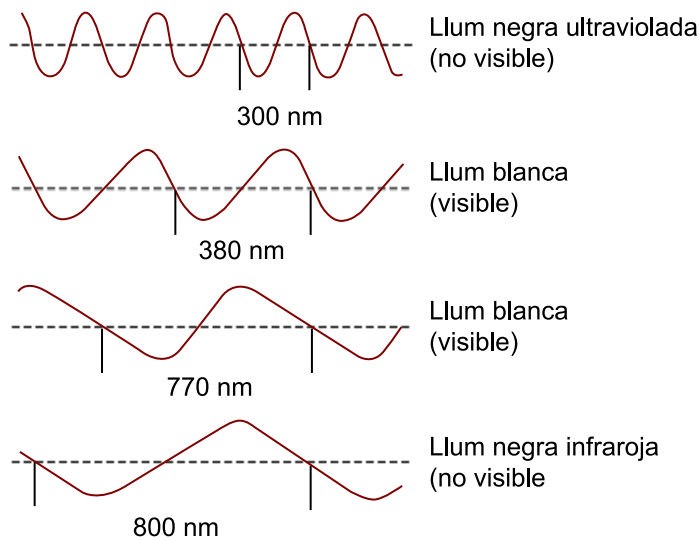


De tot l'espectre electromagnètic, l'ull humà només és estimulat per unes quantes longituds d'ona. Passeu el cursor per sobre de Visible per ampliar aquest segment.

De tot l'**espectre electromagnètic** (de menor a major longitud d'ona) només una petita part estimula la retina humana i provoca una **sensació lluminosa**. Altres espècies animals poden veure longituds d'ona, com les ultraviolades, que els humans no podem percebre per mitjà de la vista.

La **llum blanca** (part de l'espectre que estimula la retina humana) inclou les longituds d'ona que estan entre 380 i 770 nanòmetres (milionèsimes de mil·límetre). Les ones curtes de radi arriben a mesurar metres, i les ones mitjanes de radi quilòmetres. Quan totes les ones de la llum visible estimulen la retina es percep llum blanca. Però si l'ull només rep una part d'aquestes radiacions es percep un **color**. El que percebem com a vermell correspon a l'estimulació de l'ull per l'ona llarga (620 nanòmetres) de la llum visible; el verd per l'ona mitjana (540 nanòmetres), i el blau per l'ona curta (436 nanòmetres).

En l'esquema següent comparem les longituds d'ona extremes del segment visible amb les longituds més pròximes en l'espectre electromagnètic però ja no visibles, la comunament anomenada **llum negra** (perquè no és visible) que correspon, d'una banda, a la llum ultraviolada i, de l'altra, a la llum infraroja.



6.2. La retina, receptor de llum

6.2.1. Cèl·lules fotoreceptores: bastons i cons

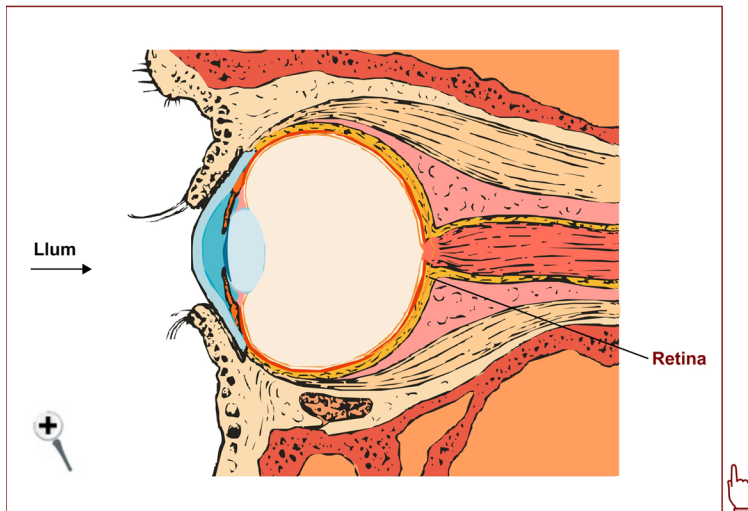
A la retina humana hi ha dos tipus de cèl·lules fotoreceptores: els **bastons** i els **cons**.

El fons de la retina està enrajolat amb cons i bastons. Els dos tipus de cèl·lula estan recoberts d'un pigment anomenat **rodopsina** o **porprat visual**. Aquest pigment reacciona químicament a la incidència de la llum; aquesta reacció es traduirà en una descàrrega elèctrica de la cèl·lula fotoreptora (con o bastó), que inicia el desplaçament de l'impuls cap al cervell.

Els bastons reaccionen a la baixa intensitat de llum, i els cons a la intensitat mitjana i alta, distingint entre longituds d'ona. En la visió nocturna (amb llum molt escassa) els bastons es converteixen en protagonistes, distingint intensitats de llum que ens permeten reconèixer ombres i volums. En la visió diürna la sensibilitat selectiva dels diferents tipus de cons a diferents longituds d'ona es converteix en el cervell en distinció entre colors. La teoria actual (teoria Helmholtz-Hering) sosté que l'estímul rebut pels cons es transmet a través de les cèl·lules bipolars fins a les cèl·lules ganglionars, on són processats en funció de tres canals oposats: vermell-verd, blau-groc i negre-blanc. Pel que fa a la informació que es transmet al cervell, es basa en les magnituds relatives dels estímuls rebuts en funció d'aquests pols (Hering, 1964; Chichilnisky i Wandell, 1999).

Referències bibliogràfiques

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



Posició de la retina en l'esquema del globus ocular. Per conèixer les altres parts de l'ull moveu el cursor sobre elles. Cliqueu al botó d'ampliació (lupa) per veure una secció de la retina.

6.2.2. Cons i color

Tots els cons reaccionen a les tres longituds d'ona de la llum visible, però uns reaccionen amb més intensitat a una determinada longitud que d'altres. Aquesta distinció és la que ens permet "veure" els colors.

Hi ha tres tipus de cons segons si reaccionen més intensament a l'ona curta, mitjana o llarga. La sensibilitat selectiva dels diferents tipus de rodopsina dels cons és la base per a la distinció dels colors. Un cos que rebés totes les longituds d'ona i les reflectís igual es percebria com a blanc (o gris si les reflectís a una intensitat més baixa). Si no en reflectís cap es percebria com a negre. Si reflectís només l'ona curta, es percebria com a blau, si reflectís la mitjana com a verd i si reflectís la llarga com a vermell.

I els altres colors?

L'estimulació simultània i amb la mateixa intensitat de dos tipus de cons (per exemple, els que reaccionen més intensament a l'ona mitjana i els que reaccionen a la llarga) no es percep com dos colors alhora (verd i vermell) sinó com un nou color (en aquest cas, groc).

6.2.3. Cecs al color

Algunes patologies referents a disfuncions a les cèl·lules de la retina permeten entendre'n molt bé el funcionament. Hi ha persones, les anomenades **daltòniques**, que manquen d'un dels tres tipus de con, habitualment dels que reaccionen a l'ona mitjana o llarga (i, en casos molt excepcionals, a la curta). Aquesta manca (que afecta un de cada vint homes i, en menys grau, les dones) es tradueix en una incapacitat per a distingir entre el verd i el vermell. El seu espectre cromàtic es limita a la combinació entre dos tipus d'estímul en comptes de tres.

Cal estar molt atent a l'ús de codis de color si fem un disseny tenint en compte els daltònics.

Visió d'un semàfor per un daltònic

No poden distingir entre els colors dels semàfors! En aquest cas es guien per la posició de la llum, no pel color. La majoria de daltònics no són totalment cecs a la distinció entre vermell i verd, ja que tots els cons reaccionen en més o menys mesura a totes les longituds d'ona. Això els permet distingir-los en segons quins contextos.

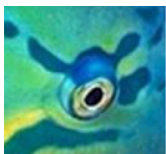
Hi ha un altre cas més extrem. Un nombre molt reduït de persones (una de cada trenta mil o quaranta mil) manca per complet de cons o els seus cons no són operatius. Són els **acromatòpsics**. La seva visió es basa només en l'estímul dels bastons i la seva percepció de l'entorn es basa sobretot en diferències d'intensitat de la llum. Per a ells, el color no existeix en absolut. A més, solen ser hipersensibles a la llum molt intensa.

"La isla de los ciegos al color

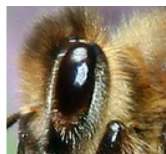
[...] qué significaba ser acromatòpsico en una comunidad acromatòpsica, [...] de tener, quizás, padres y abuelos, vecinos y maestros ciegos al color, de formar parte de una cultura donde el concepto de color no existe en absoluto, pero en la que, en cambio, otras formas de percepción, de conocimiento, 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.

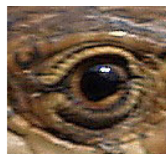
6.2.4. Visió del color i evolució de les espècies



Ull de peix



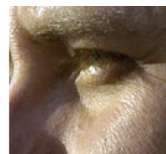
Ull d'abella



Ull de sargantana

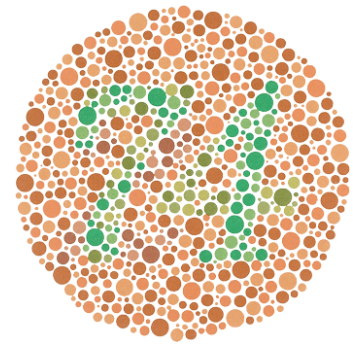


Ull de conill



Ull d'humà

La detecció del color és una cosa que s'ha desenvolupat en el procés evolutiu. En paraules de Juan Carlos Sanz:



En aquest gràfic la persona amb una visió "normal" veu un 74; la persona daltònica veu un 21 i la persona acromatòpsica només veu una textura homogènia de cercles. Obra sota domini públic

Bibliografia

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

La isla de los ciegos al color, en un llibre amb aquest títol, publicat el 1996, el neuròleg Oliver Sacks narra el seu viatge a Pingelap, una illa de la Micronèsia on una proporció molt elevada de persones és completament cega al color. En el seu viatge l'acompanya Knut Nordby, un fisiòleg noruec que també pateix acromatòpsia.

"La adaptació evolutiva de les diferents espècies a els seus respectius mitjans ambientals ha determinat en moltes de elles el desenvolupament de sistemes de detecció de llum. Els aparells visuals de les espècies més evolucionades permeten interpretar les distintes intensitats de llum que les arriba, suggerint imatges amb diferents graus de lluminositat. Altres espècies han evolucionat, també en el curs de milions d'anys, sistemes visuals més sofisticats que els permeten interpretar no només la intensitat de llum, sinó també les distintes longituds de les ones. Aquestes espècies animals veuen el color –suposadament–, a més del esplendor. [...] Els humans pertencem [...] a una de les espècies que posseeixen sistemes visuals sofisticats."

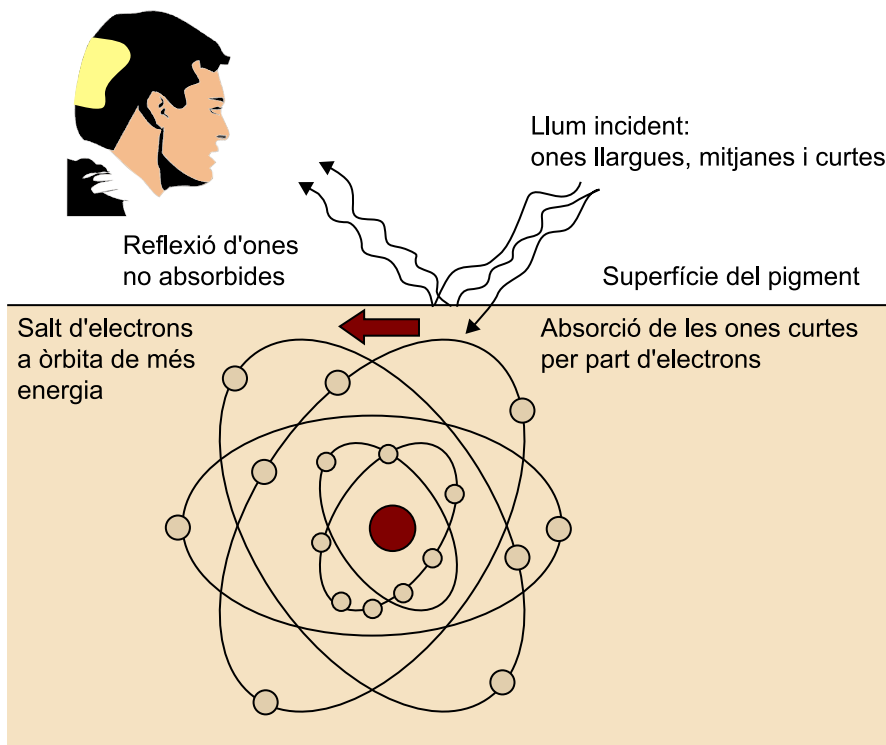
Juan Carlos Sanz (1993). *El llibre del color*. Madrid.

6.3. El color dels objectes

6.3.1. Els pigments

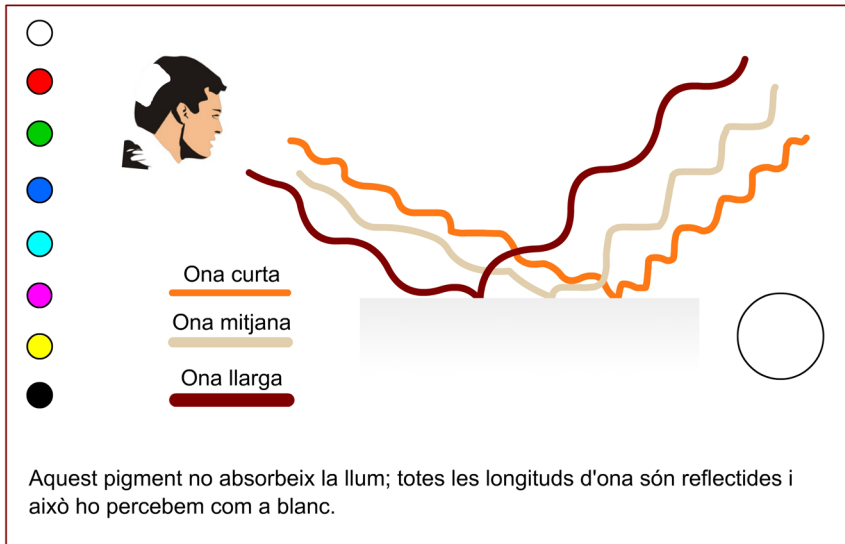
Els cossos absorbeixen una part de la llum que reben, en reflecteixen una altra i, si són transparents o semitransparents, en refracten una altra part. No solem mirar directament sobre una font lluminosa. La major part de llum que arriba als nostres ulls ha estat reflectida o refractada per un cos.

A la superfície dels cossos hi ha substàncies (pigments) que **absorbeixen** una part de la llum que hi incideix i en **reflecteixen** una altra.



Absorció i reflexió a la superfície d'un pigment que seria percebut com a groc. L'energia absorbida provoca una transformació en la configuració dels àtoms.

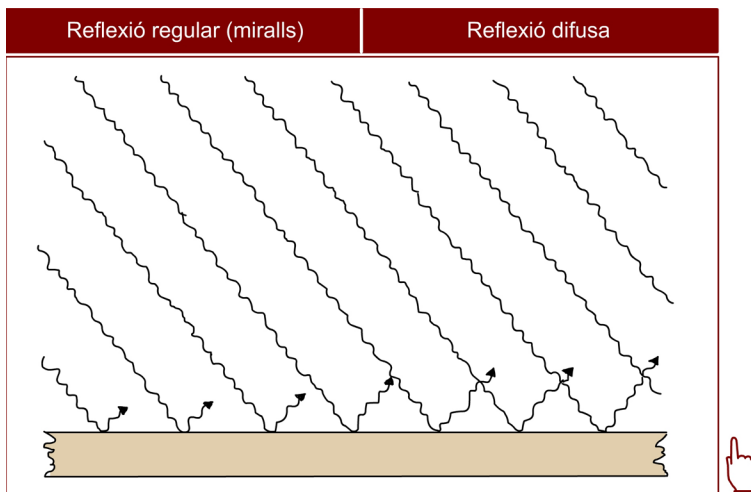
Segons la llum reflectida percebem un color o un altre. Si el pigment absorbeix totes les longituds d'ona es percep com a negre, si les reflecteix totes com a blanc. En la foscor (sense llum) els pigments no tenen ones per reflectir o absorbir, per tant, no es pot percebre cap color.



Cliqueu sobre els cercles dels altres colors per veure com es comporta cada pigment.

6.3.2. Miralls i altres superfícies reflectores

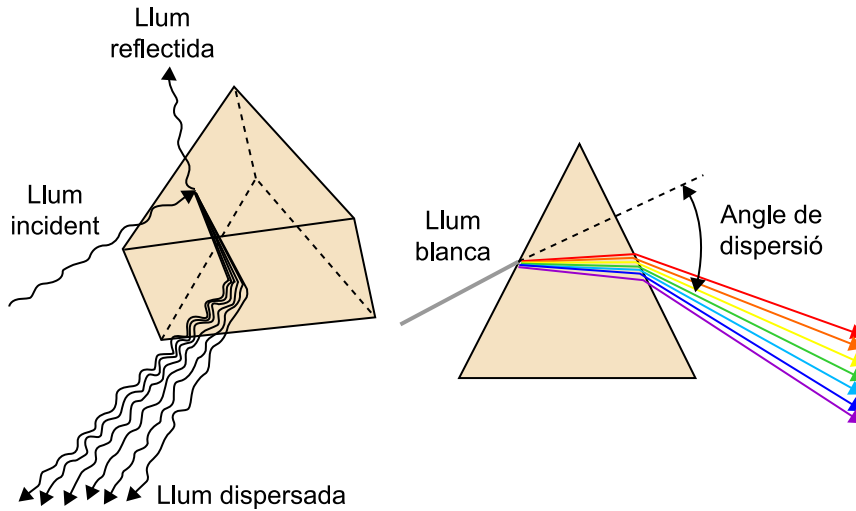
Les superfícies molt polides, com els miralls, reflecteixen tota la llum incident de manera **regular**. Aquest tipus de superfícies no permeten percebre l'aparença de l'objecte sinó una imatge del seu entorn. Per percebre l'objecte físic la superfície ha de ser mínimament rugosa i provocar una **reflexió difusa**. Com més rugosa, més difusa serà la reflexió.



Cossos transparents: refracció i filtre

Els cossos transparents o semitransparents deixen passar la llum (o una part). Quan la llum passa d'un medi (com l'aire) a un altre (com l'aigua o el vidre) la seva direcció canvia. Aquest fenomen es diu **refracció**. Si el medi és més dens disminueix la velocitat.

El 1666, Isaac Newton va descobrir –i ho publicaria més tard, el 1704, en el seu *Optiks*– que, si un raig de llum blanca incideix sobre un prisma transparent, la refracció inicial de la llum i la seva reflexió a l'altra cara del prisma descomponen la llum en els diferents colors de l'espectre.



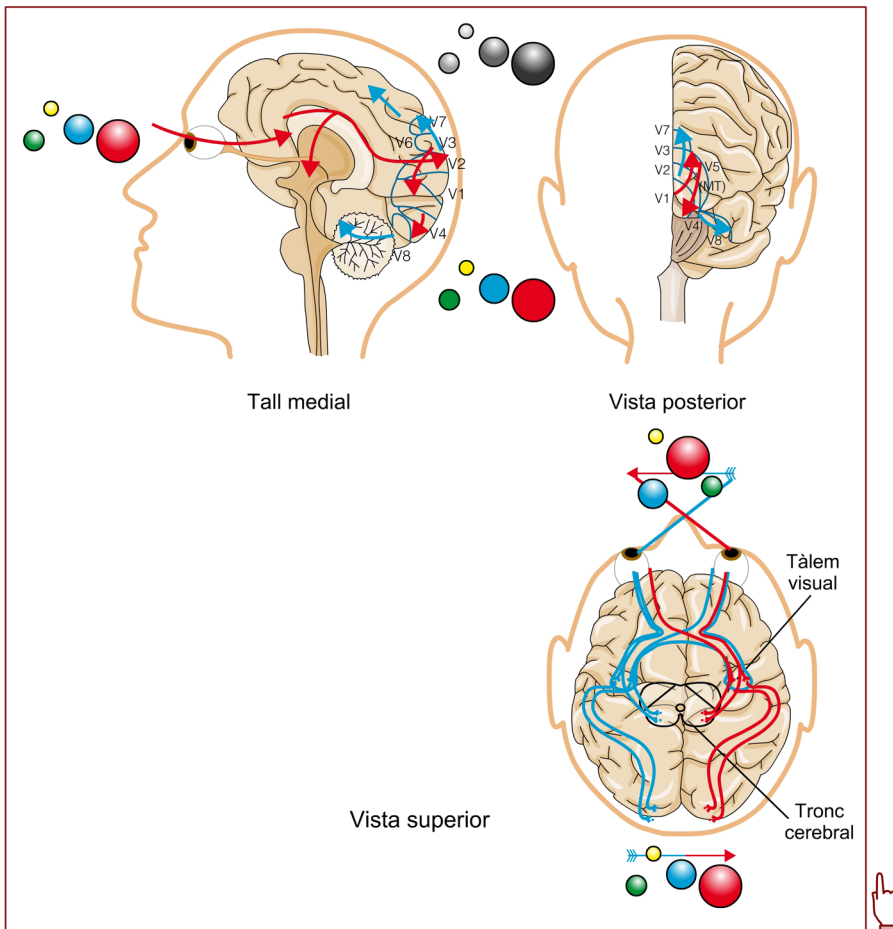
Refracció de la llum en un vidre i descomposició en incidir sobre un prisma

Si el cos és només semitransparent, és a dir, està acolorit amb algun tipus de pigment, aquest absorbeix part de la llum i no totes les longituds d'ona l'arriben a traspasar. El cos semitransparent actua com a **filtre**. A continuació podeu experimentar, en una simulació, què passa amb la llum amb combinacions de filtres diferents.

Groc	Cian	Magenta
<p>Sense filtre (cos completament transparent): totes les longituds d'ona arriben a l'ull, l'observador percep color "blanc".</p>		

Proveu què passa amb diferents combinacions de filtres. Clicant sobre els botons-pestanya podeu afegir o treure un filtre groc, cian o magenta i combinar-los entre ells.

6.4. Què és el color?



En aquest esquema es veu la primera part del procés de percepció del color. Les àrees del còrtex visual relacionades amb el color són V2 i V4.

La llum estimula la retina però és important constatar que, de fet, **el color no és llum**. Els diferents colors són conceptes perceptuals que usa el nostre cervell per a distingir els diferents estímuls rebuts. Els objectes, i altres cossos materials, no tenen un color propi, sinó solament la capacitat de les seves superfícies d'absorbir o reflectir determinades longituds de les ones electromagnètiques de la llum visible.

A la retina comença un primer procés de codificació de la informació lluminosa. El procés segueix la ruta que ja s'ha explicat anteriorment: a través dels axons del nervi òptic cap al tàlem, i d'allà al còrtex visual. Al còrtex visual s'han identificat dues àrees que intervenen principalment en la percepció dels colors: V2 i V4. Es considera que a V2 es processa la informació sobre els canvis d'intensitat lluminosa als cossos i ens permet tenir una idea sobre el seu volum. A V4 es processa la distinció entre tons de color.

Tot aquest sistema no és tan mecànic com podria semblar. En la percepció del color és molt important el context. Canviar de context un objecte sense que canviï la incidència de la llum pot fer que el percebem d'un color diferent, i al revés, un canvi en les condicions d'il·luminació però mantenint el context pot ser que modifiqui poc la nostra percepció del color d'un objecte determinat. En això té un paper important l'àrea d'associació visual que ha evolucionat perquè percebem un entorn estable. Aquests fenòmens són importants a la pràctica del treball gràfic. El tema es tractarà més endavant quan parlem d'interacció del color.

La **percepció del color** no es pot separar de la percepció de la forma i el moviment. Totes tres es basen en els estímuls lluminosos i "col·laboren" al cervell per crear **conceptes perceptuals** que ens serveixin per a reconèixer i interpretar l'entorn. Com ja s'ha apuntat, en la composició gràfica el color pot arribar a ocupar la màxima jerarquia en la diferenciació o agrupament d'elements gràfics i en l'establiment de pesos visuals.

Vegeu també

Per entendre'ns, parlem del "color" com la capacitat humana per a distingir diferències en les longituds d'ona de la llum visible rebudes com a estímuls, però des de l'antropologia s'ha qüestionat que la mateixa categoria cultural de "color" sigui universal entre els humans. Sí que som capaços de percebre "colors" diferents, però depenent de la nostra cultura aquesta distinció pot ser rellevant o no en la construcció de significat o en la nostra comunicació mitjançant el llenguatge. Sobre això, podeu veure l'apartat "El concepte de color qüestionat" en la secció "Color i llenguatge verbal", dins del mòdul "Cultura i color" dels materials d'*Imatge i llenguatge visual*.

7. Percepció del moviment

7.1. Una qüestió de supervivència





Els primers temps de la fotografia van estar molt relacionats amb els estudis del moviment. Aquesta seqüència s'ha creat a partir de les fotografies realitzades per Eadweard Muybridge el 1884. Obres sota domini públic.

"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 **percepció de moviment** és una part essencial de la percepció de l'entorn i té un paper important en la identificació de formes. Alguns animals són més sensibles al moviment que a qualsevol altre aspecte visual. En absència de moviment no veuen o no diferencien un cos de l'altre.

7.2. Què és el moviment





Heu triat el quadrat: **verd**

En realitat podria ser tant l'un com l'altre, però la majoria de les persones perceben que la bola A acaba en el requadre blau. És així perquè la trajectòria és més coherent i no ha de canviar abruptament de direcció i retrocedir com passaria amb l'altra opció.

Compareu la trajectòria de les boles diferenciades de color amb les dues solucions (clicqueu als botons corresponents per activar-les).

En la solució 2 pot semblar fins i tot que la bola A canvia de color en el punt d'intersecció i segueix amb la seva trajectòria coherent fins al requadre blau. La coherència de la trajectòria té molta força.



A B

Solució 1: La bola A acaba en el requadre **blau**

Solució 2: La bola A acaba en el requadre **verd**



Clicqueu amb el ratolí per activar l'animació. En aquesta animació la bola A surt del quadrat vermell i la B del groc. En quin quadrat creieu que acaba la trajectòria de la bola A, en el **verd** o en el **blau**? Penseu-ho i clicqueu al quadrat que hàgiu decidit. No intenteu fer deduccions, aquest és un test de percepció.

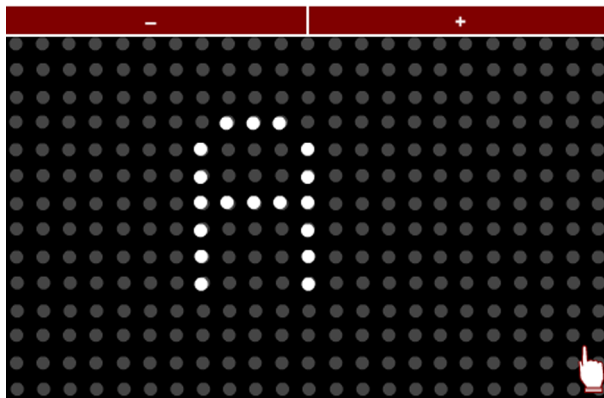
El **moviment**, com el color, no és un fenomen que es produeix a l'ull, sinó un **concepte perceptiu** que es produeix al nostre cervell, mitjançant el processament de les neurones com a conseqüència d'una sèrie d'estímuls a la retina.

En aquesta interpretació mental actuen lleis perceptives semblants a les que s'han comentat per a la forma. Així, reconeixem que un objecte es desplaça si la seva trajectòria és coherent i en certa manera previsible; si canvia abruptament de direcció depenent del context podem tenir dificultats per a seguir-li la pista o per a reconèixer que es tracta del mateix objecte.

D'altra banda, hi ha **lleis d'agrupació dels elements visuals en funció del moviment** igual que els hem vist en funció de la forma, la mida, el color i la ubicació o orientació en l'espai. Agrupem com formant part d'un mateix conjunt els elements que segueixen la mateixa direcció o que porten la mateixa velocitat.

És obvi que aquest procés és importantíssim per a una bona interpretació d'un entorn complex i dinàmic que asseguri la nostra supervivència.

7.3. La falsa persistència retiniana



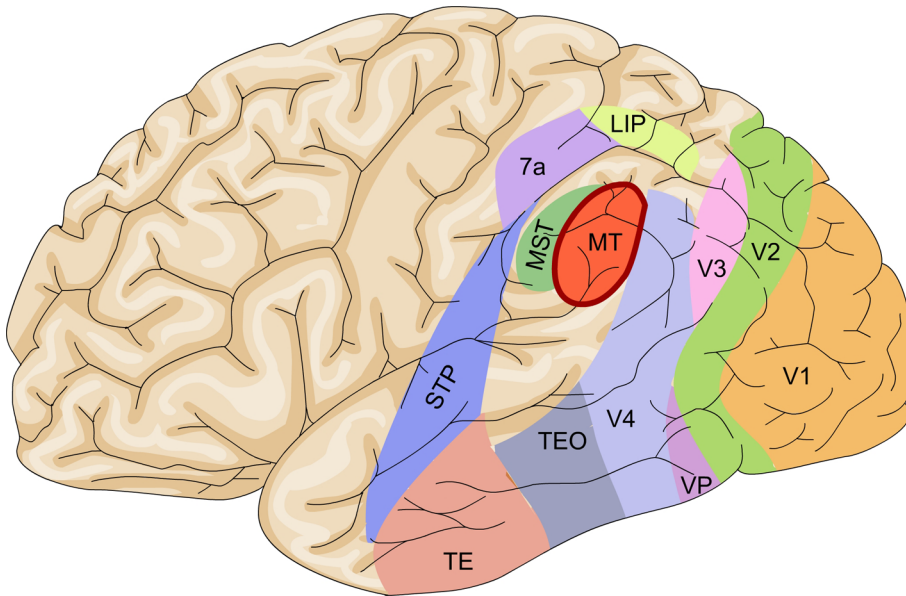
No és desconegut que l'estimulació de l'ull amb seqüències d'imatges estàtiques produeix la **percepció de moviment**. Aquesta tècnica és usada entre altres mitjans pel cinema, els dibuixos animats o els anuncis lluminosos que encenen o apaguen bombetes simulant un desplaçament de la imatge o del text.

Durant molts anys s'ha explicat que aquest fenomen es donava per l'anomenada **persistència retiniana**, segons la qual els estímuls visuals deixen una empremta a la retina que persisteix quan l'estímul ja ha desaparegut. La seva fusió amb l'estímul posterior produiria la impressió de continuïtat òptica perfecta malgrat el caràcter discontinu de les estimulacions. Encara trobem aquesta explicació, formulada pel metge britànic Peter Mark Roget el 1824, en innombrables llibres dedicats al cinema i l'animació (alguns, recents).

La teoria actual deriva de l'anomenada **teoria del moviment aparent** formulada el 1912 per Max Wertheimer. Segons aquesta, si augmentem la freqüència de les imatges fins a arribar a l'anomenada **freqüència de fusió**, el processament neural de la informació al cervell transforma l'estímul discontinu en percepció de llum contínua i estable.

El moviment com a concepte perceptiu pot ser el resultat de l'estimulació de la retina produïda per la llum reflectida en un cos que està realment en moviment o per la projecció d'una seqüència d'imatges prou ràpides per a ser percebudes com a tal. En tot cas, la "construcció" del moviment sempre és cerebral.

7.4. Una àrea del cervell



El còrtex visual primari té una àrea específica que és la principal per a la detecció del moviment. Els investigadors l'anomenen V5/MT i sembla que és compartida amb altres primats. Es troba a l'interior del cervell, a la zona temporooccipital.

Les persones que tenen una lesió en aquesta àrea no perceben el moviment; per a elles un objecte en moviment és percebut com un objecte que està en una posició diferent cada cert temps.

Bibliografia

Bibliografia bàsica

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

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

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

Bibliografia recomanada

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

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

Referències

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

Arnheim, R. (2001). *Arte y percepción visual* (versió revisada de l'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*. Nova York: Academic Press.

Marbot, B. (1988). "El camino hacia el descubrimiento". A: *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.

