

Veure (no és beure)

Vicent Botella
Doctor en Física

Oliver Sacks posava una èmfasi especial quan deia allò de “veiem amb els ulls però també amb la ment”. És a dir, l'acte de percebre visualment el món no és passiu, objectiu, no ens entra el món pels ulls i basta. Veure no és que ens passe la llum per dins com un riu. La percepció visual és un acte constructiu del cervell, amb uns mecanismes, protocols i preferències cisellats per l'evolució, un acte de processament i creació, complex i fascinant. Veure no és beure.

Entendre com la ment, el cervell, manipulen el senyal de llum original per segmentar-la apropiadament, compondre l'escena tridimensional, identificar cares, objectes, perills, ens il·lumina sobre la naturalesa de la nostra experiència sensorial i ens parla de les exigències evolutives que hem hagut de solucionar. Així mateix, una millor comprensió dels circuits visuals per on circula i es transforma la informació en el cervell, ens ajuda a entendre què passa quan algun element de la cadena falla (un ric repertori de patologies que Sacks explora amb bellesa en el seu llibre *L'ull de la ment*).

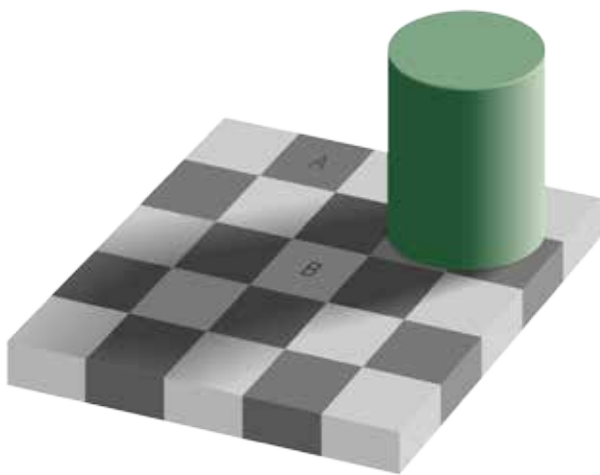


Figura 1. Il·l·lusió òptica del tauler d'escacs dissenyada per Edward H. Adelson l'any 1995. Les caselles A i B són exactament del mateix color. Per comprovar-ho, proveu a aïllar-les tapant la resta de l'escena.

Per il·lustrar com el cervell construeix activament la nostra percepció visual, és habitual fer ús d'il·lusions òptiques, exemples pràctics, aparentment paradoxals, dissenyats per fer palesos els protocols de processament ocults en el cervell. En la Figura 1 en mostro una de les meues il·lusions òptiques preferides, dissenya-

El codi que empra la retina per transmetre la informació visual al cervell és encara, en la major part, un secret.

La retina fa dues coses amb la informació visual: comprimeix la informació i la converteix en un senyal “digital”.

da pel professor del MIT **Edward H. Adelson** l'any 1995. En aquesta il·lusió òptica veiem un tauler d'escacs amb un estructura cilíndrica que fa ombra sobre el tauler, i s'han marcat amb lletres, A i B, dues de les caselles del tauler. El quid de la qüestió és aquest: tot i que no ho sembla, les caselles A i B són exactament del mateix color. És a dir, si tapeu la resta de la figura veureu que els dos rombes impresos sobre el paper (les caselles A i B) s'han imprès amb la mateixa tinta, amb exactament la mateixa tonalitat de gris. Tanmateix, en veure l'escena completa, el cervell interpreta la figura bidimensional dibuixada al paper com una escena tridimensional amb llums i ombres i ens fa percebre la casella B com si fos molt més clara que la casella A. He vist aquesta il·lusió centenars de vegades i sé, perquè ho he comprovat un mateix nombre de vegades, que A i B són del mateix color. Però tot i aquest coneixement o aprenentatge, aquesta familiaritat d'anys amb l'escena, no puc deixar de percebre A i B de distint color quan observe la imatge completa novament!

En són moltíssims els fenòmens descrits al voltant de la percepció visual que, per curiosos o fascinants, fan un material de primera classe per a una peça de divulgació com aquesta. Els experiments psicofísics (com les il·lusions òptiques) són ben interessants i en els últims 50 anys hem après moltíssim i en detall de la neu-



rociència del sistema visual. Però com tot alhora no pot ser i cal començar en algun lloc, començarem pel principi: per la retina.

La retina és l'estructura neuronal que cobreix la part posterior del glòbul ocular i té com a funció detectar la llum que entra a l'ull, processar la imatge i enviar aquesta informació al cervell per ser interpretada i processada en més profunditat. Hi ha desenes de tipus i subtipus diferents de neurones a la retina que s'organitzen, aproximadament en 3 capes: els fotoreceptors, les neurones bipolars i les cèl·lules ganglionars de la retina. Cadascuna d'aquestes capes recull informació i la transmet a la capa següent: els fotoreceptors són capaços de detectar els fotons de llum, s'exciten i aquesta excitació (canvis en el potencial elèctric de la membrana cel·lular) és llegida per les neurones bipolars que a la seua vegada exciten les cèl·lules ganglionars de la retina que envien la informació en amunt cap al cervell. A banda de la comunicació vertical entre capes de la retina, també hi ha altres neurones, com les cèl·lules horitzontals o les amacrines, que modulen la informació que es transmet entre capa i capa. En la figura 2 es mostra un dibuix de Santiago Ramón y Cajal de la retina on s'aprecia l'estructura en capes des dels fotoreceptors (dalt de tot) passant per les cèl·lules bipolars (en roig) fins a les ganglionars (a sota, enviant els seus axons cap a la part dreta inferior de la imatge).

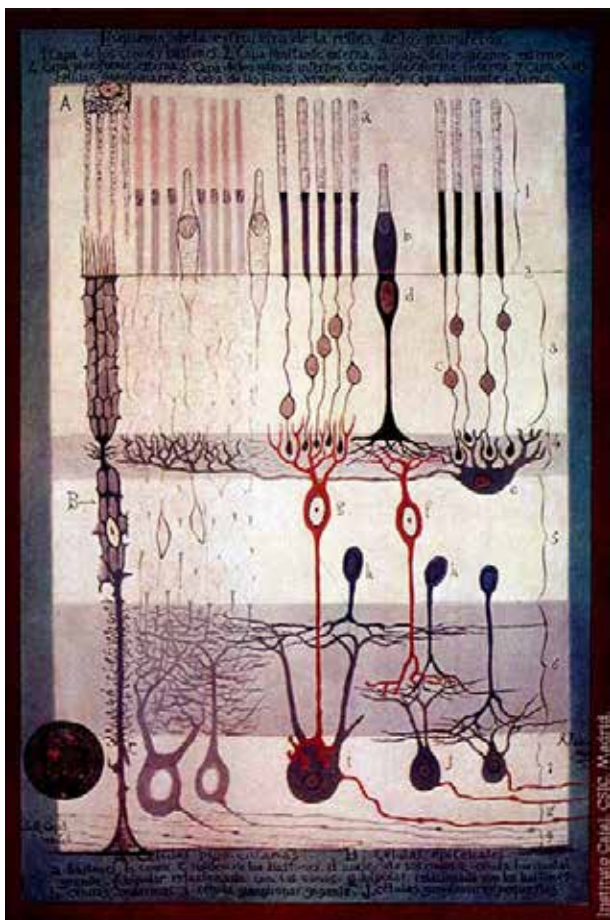


Figura 2. "Esquema de la estructura de la retina de los mamíferos" (1900) Santiago Ramón y Cajal.

Fins fa poques dècades, tothom pensava que la retina era poc més que una càmera, un aparell de detecció que enviava la informació "crua" al cervell – és a dir, com si el patró de llum que excita la retina passés en amunt sense ser manipulat. Res més lluny de la realitat. Ara sabem que la retina, amb la seua intrincada estructura, és la primera estació de la percepció visual, el primer jutge, el primer filtre de la nostra visió.

Per començar la retina fa dues coses amb la informació visual que a qualsevol enginyer o informàtic li resultaran familiars: comprimeix la informació i la converteix en un senyal "digital". A mesura que passem d'una capa de neurones de la retina a l'altra, el nombre de neurones es redueix. De fet, en la retina humana passem d'uns 10^8 fotoreceptors a sols 10^6 cèl·lules ganglionars: dos ordres de magnitud de diferència! És a dir, les neurones de cada capa llegeixen la informació de centenars o milers de neurones de la capa anterior, resumint o comprimint la informació.

Per altra banda, la resposta o excitació dels fotoreceptors i les neurones bipolars és gradual, el seu potencial de membrana varia de manera suau i continua, com si fos un senyal "analògic". Però no així les cèl·lules ganglionars, que com les neurones del còrtex, es comuniquen mitjançant potencials d'acció, canvis sobtats del potencial de membrana que es transmeten com a impulsos elèctrics per l'axó de la neurona (l'equivalent d'un senyal digital binari de 0 s i 1 s). Així, ens arriba un senyal analògic en forma de llum i la retina fa la feina de comprimir-la, codificar-la i traduir-la al llenguatge digital de potencials d'acció que entén el cervell.

El codi que empra la retina per transmetre la informació visual al cervell és encara, en la major part, un secret. Però hem après que les cèl·lules ganglionars són unes neurones d'allò més sofisticat i hi exhibeixen una varietat de funcions i preferències sorprenent. Les cèl·lules ganglionars s'organitzen en la retina poc més o menys com les manises d'un mosaic i cadascuna té accés a la informació d'una petita regió del camp visual que anomenem el seu camp de recepció. Doncs bé, hi ha cèl·lules ganglionars que responen quan augmenta o disminueix la lluminositat en el seu camp de recepció, n'hi ha d'altres que responen sols si detecten moviment en una direcció particular, n'hi ha cèl·lules ganglionars que sols responen si el moviment que detecten és d'aproximació i altres que sols desapareixen els seus potencials d'acció si detecten un objecte que es mou respecte del fons de la imatge. També sabem que hi ha cèl·lules ganglionars capaces de reconèixer patrons regulars en el temps i anticipar-se a aquests, com en el curiós fenomen de Resposta a l'estímul omès que es descriu a la figura 3. Aquests són sols uns exemples de les característiques i informacions rellevants que la retina és capaç d'extreure de la informació visual, i tot abans de transmetre-la al cervell!

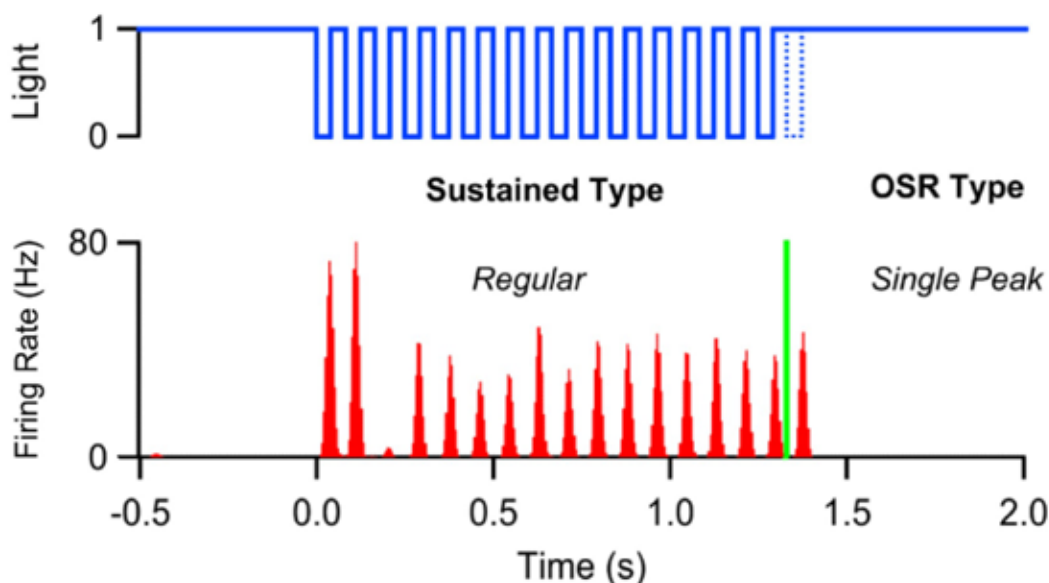


Figura 3. Il·lustració del fenomen de Resposta a l'estímul omès (OSR en les seues sigles en anglès) en una cèl·lula ganglionar de la retina. La línia blava representa l'estímul, en aquest cas una llum que s'encén i s'apaga a intervals regulars. A la banda de baix es mostra la resposta de la cèl·lula en unitats de potencials d'acció per segon. S'aprecia que la resposta de la cèl·lula es correspon als canvis en l'estímul. Després d'estimular la cèl·lula repetidament durant més d'un segon amb l'estímul canviant, la cèl·lula s'ha adaptat a la regularitat dels canvis i quan aquests acaben, en el primer període on s'omet l'estímul (línia de punts), la cèl·lula encara respon com si el canvi en l'estímul s'hagués donat. (Figura extreta i adaptada de Schwartz, G., Berry 2nd, M.J. *Sophisticated Temporal Pattern Recognition in Retinal Ganglion Cells*, J. Neurophysiol. 99(4) 2008.)

En un article clàssic de l'any 59 amb l'atractiu títol *What the frog's eye tells the frog's brain* ("Allò que l'ull de la granota li diu al cervell de la granota"), **Lettvin, Maturana, McCulloch i Pitts** descriuen una cèl·lula ganglionar a la retina de la granota a la que anomenen la "detectora d'insectes". En faig una traducció lliure del final del seu article: «aquesta [cèl·lula] respon millor quan un objecte fosc, més petit que el camp

de recepció, entra en aquest camp, s'atura, i després es mou de manera intermitent. Aquesta resposta no es veu afectada per canvis en la il·luminació o si el fons (una imatge d'herbes i flors, per exemple) es mou, i no apareix [resposta] si sols el fons, en moviment o parat, està en el camp de recepció. Podria algú descriure un millor sistema per a detectar un insecte al seu abast?».

amjasa
aigües municipals de xàbia, s.a.

Camí Cabanes, 88
Tel. 96 579 01 62 / Fax 96 579 38 81
Apart Postal, 56 · 03730 **Xàbia** (Alacant)
amjasa@amjasa.com

