

Xavier Duran

sensefronteres

L'artista en el laboratori



Pinzellades sobre art i ciència

1
A LA RECERCA DEL COLOR

Seria absurd que un home intentés explicar la llei de la percepció, d'acord amb la qual es formen els diferents colors, encara que la conegués, ja que no podria oferir un raonament precís, ni tan sols una explicació tolerable o probable.

PLATÓ

Salten electrons entre nivells:
cascades de colors:
pintura.

Ja no natura morta,
paisatge ni figura:
pigments,
fotons.

DAVID JOU

Els colors de les caveres

Un home, un bisó, un rinoceront, un ocell, un cavall... L'anomenada *Escena dels Pous*, de la cova de Lascaux, al Perigord, és un bon mostrari d'animals, tots ells personatges d'una escena de caça amb un simbolisme que es presta a diverses

interpretacions. Va ser pintada durant el Magdalenian, darrera cultura del paleolític superior. L'artista que fa uns 15.000 anys va elaborar aquesta escena és un dels pintors amb l'obra coneguda més perdurable. Al marge de l'acollida que tingués entre els seus contemporanis, hi ha pocs artistes preuats –per bé que en aquest cas anònim– que hagin trigat tant a ser descoberts, ni gaires obres més antigues que mantinguin el favor de crítica i públic.

La cova de Lascaux va ser anomenada «la Capella Sixtina de l'art prehistòric» –cosa que també s'ha dit de les coves d'Altamira, a Cantàbria–. És curiós que en tots dos casos les pintures rupestres fossin descobertes per nens. En el cas d'Altamira, els ulls dels adults havien estat ignorant durant onze anys el tresor que amagava aquella cova descoberta per un caçador el 1868. El propietari de les terres on es trobava, Marcelino Sanz de Sautuola, hi va fer diverses incursions estudiant quins senyals havien deixat els humans que milers d'anys abans hi havien viscut. Però va haver de ser la seva filla María, de vuit anys, qui el 1879 aixequés el cap i anunciés amb un crit al seu pare que al sostre hi havia bous. Com va comprovar de seguida aquell aristòcrata i estudiós, en realitat eren bisons, dibuixats amb traços fermes i pintats després d'ocre i negre.

Pel que fa a Lascaux, van ser tres nens que buscaven refugi d'una tempesta els que la varen descobrir el 1940. Així obriren la porta a una de les galeries d'art més preuades del món. I més vulnerables, perquè cap als anys seixanta es va constatar que les pintures de Lascaux es degradaven amb rapidesa, a causa del diòxid de carboni expirat pels nombrosos visitants i del llum elèctric que permetia contemplar les

pintures. Allò que s'havia mantingut durant milers d'anys s'anava desfent en un parell de dècades. L'art prehistòric és perdurable mentre n'ignorem l'existència. I, malauradament, un cop descobert s'ha de preservar de les mirades! Per sort, la tècnica ha permès crear una rèplica de les coves, obertes a uns visitants que s'han de conformar amb el succedani.

El sud de França, molt a prop del Pirineu, amagava encara una sorpresa més impactant. El 1994 Jean-Marie Chauvet va descobrir la cova que porta el seu nom. La cova de Chauvet té unes pintures amb 30.000 anys d'antiguitat, amb un immens fris ple d'animals –lleons, rinoceronts, bisons, mamuts i un cérvol.

Les pintures de Lascaux ens il·lustren sobre la traça d'aquells artistes primitius, que amb mitjans limitats feren obres impressionants. Però també ens alligonen sobre una mena de química rudimentària i senzilla, que tenia com a objectiu obtenir colors per pintar damunt les parets.

La datació de les pintures prehistòriques es pot fer de maneres diverses. La majoria de mètodes són indirectes: no es data la pintura, sinó el seu entorn. Es poden recollir objectes que s'associen amb el moment en què es devia pintar l'obra. Poden ser utensilis casolans, eines, objectes simbòlics o restes animals o humanes. Aquestes darreres, com que són orgàniques, poden datar-se pel mètode del carboni 14. I molts utensilis, si estan fets de matèria orgànica –com ara fusta– o en contenen restes –si han servit per cuinar, per exemple– també són susceptibles que se'ls apliqui aquest mètode.

El mètode del carboni 14 és molt popular, si més no, de nom. Però, en què consisteix? El mètode pren el nom d'un dels isòtops del carboni. I com que els isòtops seran

personatges recurrents en aquesta història dels colors, millor que ens hi entretinguem. Cada element químic té, en el seu nucli atòmic, un nombre determinat de protons –partícules elèctricament positives–. La quantitat que en té és el que s’anomena nombre atòmic i és característic de cada element: l’hidrogen té un protó, l’heli dos, el liti tres... És una mena de número de carnet d’identitat químic, personal i intransferible. No hi ha hidrogen amb dos protons ni heli amb un o amb tres.

Però en el mateix nucli hi ha unes partícules elèctricament neutres anomenades, lògicament, neutrons. La suma de protons i neutrons dóna el que coneixem com a pes atòmic. De neutrons, els elements en poden tenir una quantitat variable i aquí sí que hi pot haver coincidències. I això és el que dóna lloc als isòtops. Així, l’hidrogen, normalment, no té cap neutró. Però quan en té un, cosa que també és possible, l’anomenem deuteri. I si en té dos, triti. El nombre atòmic –l’element químic– és el mateix, però el pes atòmic varia. No deixa de ser hidrogen, per bé que en formes una mica més pesants i amb algunes propietats lleugerament diferents. Tanmateix, sempre ocuparan el primer lloc de la taula periòdica dels elements, el reservat per a l’hidrogen. I per això, perquè estan en el mateix lloc, s’anomenen isòtops –del grec, *ísos*, ‘mateix’, i *tópos*, ‘lloc’.

El carboni, l’element en què es basa la vida a la Terra, té tres isòtops. Un és el carboni 12 –la xifra indica el pes atòmic–, que té sis protons i sis neutrons. Un altre tipus de carboni té set neutrons: és el carboni 13. I un tercer té vuit neutrons i s’anomena carboni 14. Aquest darrer és radioactiu i, per això, es va desintegrant lentament. La seva vida mit-

jana –el temps que la seva concentració triga a reduir-se a la meitat– és de 5.730 anys.

El carboni de l'atmosfera terrestre és una barreja que té una quantitat constant dels tres isòtops. Per tant, tots els éssers vius que participen del cicle del carboni –és a dir, absolutament tots– incorporen aquest element en una proporció exactament igual. En altres paraules: tots els éssers vius del planeta tenim la mateixa quantitat de carboni 14 amb relació al carboni 12 i al carboni 13.

Quan un ésser viu mor, deixa d'assimilar carboni de l'entorn. I, per tant, ja no assimila més carboni 14. Tampoc, evidentment, carboni 12 ni 13. Però mentre aquests dos són isòtops estables, el carboni 14 es va desintegrant, al seu ritme lent. El resultat és que cada vegada la matèria orgànica morta conté menys proporció de carboni 14. A algú se li va acudir que, coneixent el ritme de desintegració, el percentatge de carboni 14 podria servir de calendari. Qualsevol resta orgànica tindrà menys carboni 14 –amb relació als altres dos isòtops– com més temps faci que hagi mort l'organisme d'on procedeix. Per tant, un estri de fusta tindrà una proporció de carboni 14 que va començar a minvar el dia que varen tallar l'arbre d'on l'obtingueren. I un teixit vegetal també va començar a perdre carboni 14 quan es va matar la planta o l'animal de què es va obtenir.

La datació pel carboni 14, doncs, serveix per a establir l'edat de certs elements que acompanyen les pintures i, per extensió, l'edat d'aquestes. Això implica, en primer lloc, raonar molt bé que aquells estris i les pintures són de la mateixa època. I, de l'altra, aplicar amb cura la datació pel mètode del carboni 14. És cert que en determinades circumstàncies

algunes restes poden haver assimilat encara una certa quantitat d'aquest isòtop radioactiu. I que el ritme de desintegració pot presentar cert desajust respecte als anys naturals. Per això, com més antigues són les restes més marge d'error hi pot haver. Però després de cinc dècades d'aplicació, aquestes desviacions han estat ben estudiades i establertes. Avui el mètode del carboni 14, ben aplicat, té en compte les correccions necessàries i un marge d'error petit. Una altra cosa és que certes datacions no agradin a determinades persones perquè no concorden amb les seves teories o creences. I, naturalment, la ciència sempre està oberta a millores en els seus mètodes de treball i a considerar els dubtes raonables.

Altres mètodes indirectes de datació de les pintures es poden basar en troballes arqueològiques o paleontològiques. Els objectes associats amb les pintures poden ser datats d'acord amb el seu estil o material i els arqueòlegs poden atribuir-los una antiguitat determinada.

Un exemple de l'associació basada en la paleontologia el tenim a la cova Fosca, a Ares del Maestrat, on hi ha unes pintures de gran valor que indiquen l'inici de l'art prehistòric al País Valencià. Fins ara es creia que tenien 6.000 anys d'antiguitat. Però un equip de la Universitat Jaume I de Castelló, dirigit per Carme Olària, hi va trobar, el juliol del 2003, l'esquelet d'un nen que tenia entre vuit i deu anys i que varen batejar com a Anuc. D'entrada, Anuc podia haver mort fa uns 9.000 anys, ja que els sediments on s'havien trobat les restes tenien aquesta antiguitat. Però l'anàlisi pel mètode del carboni 14 va fer-lo més antic: havia mort fa uns 12.000 anys, en el període conegut com a epipaleolític inicial. D'aquesta forma, s'endarreria la data en què va començar a habitar-se aquesta

zona i, lògicament, també la data en què l'home primitiu va començar a decorar les coves amb sentit artístic.

Però les datacions també poden fer-se de manera directa. Bàsicament, les pintures s'obtenien a partir de minerals. Per tal que s'agafessin millor a la paret algú devia descobrir que es podien utilitzar greixos o extractes vegetals. L'extracció d'aquesta fracció orgànica es pot datar també amb el sistema del carboni 14. Evidentment, ha calgut esperar a mètodes que permetien fer les anàlisis amb quantitats minúscules de matèria. Unes quantitats que també ens permeten conèixer-ne la composició i saber així d'on treien les pintures aquests homes primitius. S'han descobert aglutinants com la clara d'ou, la cera d'abella o el greix animal.

Això darrer ha permès un pas més en la sofisticació dels estudis. L'anàlisi de l'ADN –la substància portadora del missatge genètic– ha permès identificar de quins animals s'extreia aquest greix. El procés consisteix a comparar aquest ADN amb el d'animals que poguessin haver estat utilitzats per a obtenir el greix. Encara que no hi hagi una coincidència absoluta, això ens pot permetre tenir una bona aproximació. Així s'ha sabut que en la pintura que hi ha al dolmen de Pedra Coberta, a Galícia, s'hi va utilitzar un aglutinant orgànic procedent d'un mamífer de l'ordre artiodàctils –al qual pertanyen, entre altres, els bòvids–. Totes aquestes dades ajuden a conèixer millor no només les pintures i el seu procés de realització, sinó també la cultura dels pobles o les espècies animals que hi havia en aquell lloc i en aquella època.

La paleta dels artistes prehistòrics era limitada. Hi veiem una gran utilització del negre, potser perquè el carbó era fàcil d'obtenir. També hi ha vermell, potser buscat amb afany pel

simbolisme de la seva identificació amb la sang. I també hi ha grocs. Tots els colors provenien de compostos que es trobaven a l'abast, si bé alguns revelaven certa inventiva. Així, el blanc provenia d'una argila blanca, com el caolí, però també d'ossos calcinats i macerats. El vermell provenia de l'hematita, que és triòxid de ferro (Fe_2O_3). Si aquest mateix compost està hidratat ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), s'anomena goethita i dona color groc. L'òxid de manganès (MnO_2) donava negre. Alguns minerals, com els que tenen silicat d'alumini (AlSiO_4) donaven verds. En algun moment es van començar a fer barreges, per assolir altres tonalitats. I juntament amb el líquid o greix necessari per a estendre i mantenir el pigment, l'ús de l'aigua de les caveres per a dissoldre els materials va afavorir la fixació a les parets. Aquesta aigua és rica en carbonat de calci, que hauria format uns cristalls que potenciaven l'adherència de les pintures. Els pigments eren molt valorats i les excavacions fetes a Lascaux mostren que aquelles persones eren capaces de recórrer fins a quaranta quilòmetres per anar a buscar les matèries primeres necessàries per a obtenir-los.

Aquests homes primitius era enginyosos i tenien sentit artístic, però al principi encara no feien transformacions químiques. Trituraven materials, els barrejaven, provaven nous productes. Passats uns milers d'anys, els pintors varen aprendre processos senzills però que significaven un gran pas endavant. Així ho demostra l'estudi de les pintures de la cova de Troubal, novament al sud de França. Els materials són els mateixos que a les altres coves, però les anàlisis mostren que varen ser escalfats per obtenir un color diferent. Així, la goethita, si s'escalfa a uns 250 o 300 graus, es deshidrata i es transforma en hematita. Per tant, en compte de groc proporciona vermell.

És una tècnica que més endavant utilitzarien els romans, que amb la goethita obtindrien una variada gamma de colors.

Cap al sisè mil·lenni abans de Crist, es van decorar obres ceràmiques amb argiles vermelles –contenien ferro– que havien estat escalfades per transformar-les en negres. Aquí sí que hi ha una reacció química. L'hematita, de fórmula Fe_2O_3 , es transformava en magnetita fosca, de fórmula $\text{FeO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$, o en hercinita ($\text{FeO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$).

L'estudi dels pigments també serveix per a conèixer detalls sobre la creació de les pintures. Així, a la ja citada *Escena dels Pous*, a Lascaux, s'ha observat que les capes del color són de gruixos diferents en el cas del rinoceront i en el dels de la resta d'animals –home inclòs–. Les diferències són de poc més d'una dècima de mil·límetre. També hi ha alguna diferència estructural si els pigments es miren al microscopi. Això indica que la pintura amb què es va dibuixar el rinoceront no va ser preparada ni aplicada al mateix temps que la de la resta del conjunt i que aquest animal hi va ser incorporat més tard.

El pas dels segles havia proporcionat una paleta més àmplia, que s'aniria fent més gran i diversa. Les obres s'enriquien amb nous colors. Però, què és exactament el color? Què fa que uns objectes siguin grocs i uns altres verds o vermells? I que tinguin diverses tonalitats?

Els secrets de l'arc de Sant Martí

Com diu l'investigador i assagista Robert Ornstein: «No existeix el color a la natura, ni el so ni l'olor; només hi ha moviments d'ones i molècules». Potser la frase desencisarà

molts romàntics. Potser faran com el poeta John Keats (1795-1821), que el 1819 es planyia que Isaac Newton (1642-1727) hagués eliminat una certa màgia en explicar el fenomen de l'arc de Sant Martí –per bé que això ja havia estat descrit abans per René Descartes (1596-1650)–. En tot cas, el lament del poeta serveix per a il·lustrar que les explicacions científiques no sempre són ben rebudes pels qui prefereixen apreciar simplement els efectes, sense conèixer-ne les causes. Escrivia Keats a «Lamia»:

No s'esvaeixen tots els encants
al simple contacte amb la freda filosofia?
Abans hi havia un imponent arc de Sant Martí
[en el cel:
coneixem la seva trama i textura; apareix
en l'insípid catàleg de les coses vulgars.
La Filosofia tallarà les ales als àngels,
conquerirà tots els misteris amb el regle i la línia,
buidarà l'aire d'encants i la mina de nans...
desteixirà l'arc de Sant Martí.

Ben diferent era el que havia escrit el 1744 el poeta anglès Mark Akenside (1721-1770) en el seu poema didàctic «Els plaers de la imaginació», on comença dient:

Mai
Els matisos tenyits de primavera de l'arc de Sant Martí
[fos
Per a mi brillaren tan plaents com quan per primer
[cop

la mà de la ciència assenyalà el camí
pel qual els raigs de sol que fulguren des de l'oest
cauen sobre el núvol aquós, l'ombrívol vel del qual
envolta l'orient, i aquest xàfec gotejant,
perforant les cristal·lines convexitats
de les gotes de rosada que s'agrupen i li barren el
[pas...

I que prossegueix descrivint de manera poètica el fenomen físic que es produeix en incidir la llum en les gotes de la pluja.

Tornem a Keats. El 28 de desembre del 1817, el pintor d'escenes heroiques Benjamin Robert Haydon (1786-1846) va oferir un sopar a Keats i als també poetes William Wordsworth (1770-1850) i Charles Lamb (1775-1834) –aquest darrer també era assagista i crític–. El pintor explica que Lamb es va posar molt alegre i enginyós i que, en cert moment, començà «a llençar injúries contra mi per haver inclòs Newton en el meu quadre» –es refereix a *L'entrada de Crist a Jerusalem*–. Segons Lamb, Newton era «un tipus que no creu en res que no estigui tan clar com els tres costats d'un triangle».

La pèrdua de bellesa per culpa del coneixement científic ha estat un tema recurrent. L'escriptor anglès John Ruskin (1819-1900), una figura cabdal en la teoria i crítica de l'art del segle XIX, va escriure a *Modern Painters*: «Em pregunto constantment si els que saben d'òptica, encara que siguin molt religiosos, experimenten el mateix grau de plaer i manifesten la mateixa reverència que un pagès analfabet quan contemplen l'arc de Sant Martí». Una pregunta ben curiosa,

ja que saber les causes no impedeix gaudir dels efectes. Probablement, Ruskin no es devia preguntar si un metge o una metgessa aprecien la bellesa d'una persona, sabent que al darrere s'hi amaguen ossos, carn i teixits poc atractius. O si un químic pot assaborir un plat coneixent les reaccions que s'han produït en cuinar-lo.

Sigui com sigui, i per més que alguns es lamentin, és cert que el color és simplement una percepció. I que no és igual per a tots els éssers vius. Alguns no els distingeixen, d'altres ho fan, però dintre d'un registre molt limitat. Els éssers humans tenim la sort de poder apreciar un espectre força ampli, que va des del vermell fins al violat. Però aquests colors no existeixen si no hi ha ningú per a percebre'ls. És com preguntar-se si es produeix un so quan no hi ha ningú que l'escolti. No, no es produeix. El so és allò que percebem quan l'aire vibra en certes condicions. Aquestes vibracions són capaces d'excitar els nostres receptors auditius, que transmeten un senyal al cervell. Si no hi som per a sentir-lo, el so es queda en les simples vibracions.

El mateix passa amb el color. Potser és difícil acceptar que un element tan ubic i vistós, tan característic i útil només existeixi en els nostres sentits. Però ni tan sols la visió, el nostre sistema de percepció directa dels objectes, està present en totes les espècies. Algunes tenen sistemes molt diferents. Els ratpenats utilitzen els ultrasons. Ho fan a la manera del radar, que envia unes ones que amb el seu rebot permeten conèixer els cossos o els relleus. Els ratpenats no hi veuen com nosaltres, però es poden moure perfectament sense xocar amb res. I hi ha sistemes tan peculiars com els de certs peixos que envien constantment petites descàrregues elèctriques. No les

utilitzen per defensar-se, perquè són massa febles per a això. Les descàrregues modifiquen el camp elèctric dels voltants i la percepció d'aquests canvis els permet *veure* l'entorn –fins i tot en forma tridimensional.

La base del color és la llum. Fins al principi del segle XIX es discutia si la llum era una ona o si estava formada per partícules. Va ser Thomas Young (1773-1829) qui el 1801, en un famós experiment, va demostrar que la llum era una ona. Les coses, però, no són tan simples. El 1905, Albert Einstein (1879-1955) va explicar l'efecte fotoelèctric –que es produeix quan un raig de llum incideix en un metall i n'arrenca electrons–. Einstein va considerar que el raig de llum estava format per partícules, que després serien anomenades fotons. En realitat, totes dues coses són certes, ja que una partícula porta associada una ona i una ona pot comportar-se com a partícula. És el que en mecànica quàntica s'anomena *dualitat ona-corpúscle*.

Limitem-nos a la qualitat d'ona de la llum. Així podem descriure-la a partir de la seva longitud d'ona, la distància que separa dues crestes. Com en les onades del mar, que de vegades estan més juntes i altres més separades, les ones també poden presentar-se amb més o menys separació. Estirem una corda entre dues persones i agitem-la. Es formaran unes ones, que, segons la força amb què movem la corda, estaran més juntes o més separades. Si estan més juntes, la longitud d'ona és menor, i la freqüència amb què es produeixen, més gran. Com més separades, més longitud d'ona tenen –i menor freqüència–. La longitud d'ona de la llum és tan petita que es mesura en nanòmetres –milionèsimes de mil·límetre–. Els humans podem distingir la llum que té una longitud d'ona compresa,

aproximadament, entre els 400 i els 700 nanòmetres. Per sota d'aquesta longitud tenim l'ultraviolat, mentre que més enllà dels 700 nanòmetres entrem en l'infraroig –com es pot veure, els prefixs *ultra* i *infra* es refereixen a la freqüència i no a la longitud.

Newton va realitzar un famós experiment: en una habitació fosca, va fer passar per un prisma un raig de llum que entrava per un forat de la finestra. I va observar que el prisma descomponia la llum, com produint un arc de Sant Martí. Després, va fer passar la llum descomposta per un altre prisma i es va tornar a produir la llum blanca. Aquesta era, doncs, la síntesi de tots els colors. Newton va voler veure set colors en aquesta descomposició. És per això que parlem dels set colors de l'arc de Sant Martí. En realitat, seria més correcte parlar de només sis colors. I amb una gradació de tonalitats que tampoc no és molt fàcil de distingir. Però set era una mena de nombre màgic, set eren les notes musicals. I Newton no deixava de ser una mica místic, en una època en què ciència –o filosofia natural, com se l'anomenava–, màgia i religió encara no estaven ben separades.

La llum arriba als objectes i ens permet veure'n el color. Això dependrà de l'estructura interna de cada cos. Per què uns objectes es veuen vermells i altres grocs? La llum que arriba conté totes les longituds d'ona. I algunes d'aquestes podran penetrar dintre de l'objecte, mentre d'altres seran rebutjades. És, si fa no fa, amb un exemple groller, com intentar fer passar certs objectes per una reixeta. Aquells que són més petits poden penetrar-hi, mentre que altres rebotaran. La realitat és molt més complexa, perquè el pas de determinades ones depèn de l'estructura atòmica de l'objec-

te. Els nuclis atòmics que abans descrivíem estan voltats per una mena de núvol format per un nombre variable d'electrons –partícules amb càrrega elèctrica negativa–. Nuclis i electrons, conjuntament, constitueixen els àtoms. I els àtoms que formen l'objecte absorbeixen unes longituds d'ona i en reflecteixen unes altres.

Per això, una part de la llum que hi incideix entra en l'objecte, mentre que una altra part rebota. El color que veiem és, curiosament, el que l'objecte ha rebutjat. En comptes de caracteritzar-se per allò que ha absorbit, distingim els colors dels objectes per aquelles ones lluminoses que no han acceptat i que retornen enfora. Un objecte vermell no accepta el vermell i un de verd no accepta el verd.

Quan un objecte no absorbeix cap part de l'espectre, el veiem blanc. I si els accepta tots, el veiem negre. Així, el blanc que veiem està format per tot l'espectre lluminós, que rebota enfora. I el negre és l'absència d'ona lluminosa, que ha quedat absorbida totalment. Podem experimentar-ho: un objecte blanc absorbeix molt menys la calor que un de negre. El blanc ha rebutjat l'energia que li arribava en forma de llum.

El fet que el blanc sigui la suma de tots els colors i el negre la seva absència no concorda molt bé amb la nostra lògica immediata. Si barregem pigments, com podrem mai obtenir el color blanc? Però aquesta forma de trobar nous colors s'anomena barreja subtractiva. El que fem amb els pigments és posar noves barreres a la llum. En canvi, si utilitzen feixos de llum pura d'una determinada longitud d'ona, estem fent una mescla additiva. La suma dels feixos ens donarà un altre color, que en el cas de vermell, verd i blau serà el blanc.