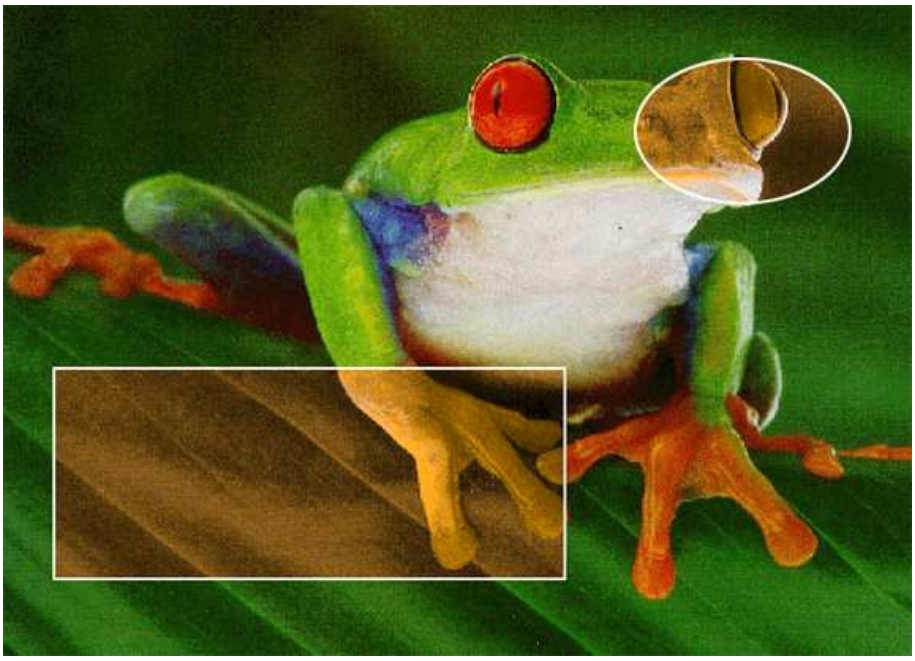
EL DALTONISME: INFORMACIÓ SOBRE L'ANOMALIA

Document complementari al treball de recerca *Daltonisme a l'escola*



Autora: Olívia Tort i Regàs
2n de Batxillerat

ÍNDEX

Pàg.

1. EL DALTONISME **3**

1.1. ETIMOLOGIA **3**

1.2. DEFINICIÓ **4**

1.3. LA PERCEPCIÓ DALTÒNICA DELS COLORS **5**
1.3.1. La llum visible 5
1.3.2. L'objecte 5
1.3.3. L'observador 6
1.3.3.1. L'ull i la retina 7
1.3.3.2. Cèl·lules receptores. Estructura i funcionament 7
1.3.4. La sensació de color. Síntesi additiva 9

1.4. TIPUS DE DISCROMATÒPSIES **10**
1.4.1. Dicromats 11
1.4.1.1. Protanopia 11
1.4.1.2. Deuteranopia 12
1.4.2. Tricromatòpsies anòmales 16
1.4.2.1. Protanomalia i deuteranomalia 16
1.4.3. Altres anomalies congènites 16
1.4.3.1. Tritanopia 17
1.4.3.2. Monocromatòpsia 17
1.4.3.3. Acromatòpsia 18

1.5. ELS AFECTATS **19**
1.5.1. Xifres i ètnies 19
1.5.2. El gen afectat 20
1.5.2.1. Origen evolutiu de la visió tricromàtica. 20
1.5.3. Al·lel recessiu. Portadors i afectats 22
Home: visió cromàtica normal 22
1.5.4. Tractaments 23

1.6. MÈTODES DE DETECCIÓ **23**
1.6.1. Test d'Ishihara 24
1.6.2. Anomaloscopi 26
1.6.3. Altres testos 27
1.6.4. Testos infantils 28

1.7. LA REALITAT SOBRE LA DETECCIÓ **30**
1.7.1. En l'àmbit pediàtric 30
1.7.2. En l'àmbit oftalmològic 31
1.7.3. Importància de la detecció 32

ANNEXOS **34**

INTRODUCCIÓ ALS ANNEXOS **35**

ANNEX I: CONSULTA LINGÜÍSTICA **37**

ANNEX II: ESPECIALISTES RELACIONATS AMB LA VISIÓ **38**

Aurora Torrents **38**

Sílvia Sanz **41**

Joe Carroll **44**

Donald Kline **46**

Knut Nordby **47**

Hisao Ueyama **51**

ANNEX III: DALTONISME I AERONÀUTICA **52**

Un pilot daltònic **52**

Olivier Roumajon **53**

ANNEX IV: CONSULTES I CAS DELS BESSONS **54**

Joel Pokorny **54**

ANNEX V: TESTOS PEDIÀTRICS **64**

Terrace L. Waggoner **64**

ANNEX VI: EL DALTONISME EN LA REALITAT **66**

Clifford Lo. **66**

Mario Miranda **66**

Jean Leid **67**

Rubén Cuadrado **67**

Rosalia Leiro **68**

Miguel Angel Bernabé **68**

ANNEX VII: ENTREVISTES ALS AFECTATS **69**

ANNEX VIII: L'APRENENTATGE DEL COLOR **91**

Teresa Pardos **91**

1. EL DALTONISME

1.1. ETIMOLOGIA

La paraula *daltonisme* s'ha creat afegint el sufix *–isme* al nom propi Dalton, el qual fa referència al físic i químic anglès John Dalton (1766-1844). El cognom d'aquest científic, descobridor i afectat de ceguera per als colors vermell i verd, s'ha emprat popularment per denominar aquesta alteració visual. El mot daltonisme, per tant, ha d'haver sorgit després de l'any 1794. En aquesta data Dalton publicà *Extraordinary Facts Relating to the Vision of Colours*, llibre en què donà a conèixer aquest defecte visual. L'obra conté la primera descripció del daltonisme, conegut científicament per discromatòpsia.

Com a químic, Dalton investigà en el camp de la meteorologia i va ser el primer a donar una base quantitativa a la teoria atòmica, cosa que permeté el ràpid desenvolupament que experimentà la química a partir de llavors. Malgrat les innegables aportacions en el terreny científic, John Dalton és conegut, sobretot, per la seva anomalia visual, la qual compartia amb el seu germà. Aquesta condició visual representava un gran inconvenient per a un químic, fet que contribuirà a què esdevingui millor teòric que no pas experimentador de laboratori. I és que, per a un daltònic, diferenciar certes tonalitats i canvis de color en les reaccions químiques pot esdevenir un problema.

Dalton va constatar que la seva sensació dels colors no coincidia amb la majoritària –la visió considerada normal entre els humans. Aquest fet no només s'evidenciava en el laboratori, sinó també en el color de la roba, entre altres. Dalton sempre vestia senzill i de color fosc. Sabent això, tothom es va sorprendre quan, per ser presentat davant el rei Guillem IV l'any 1832, lluïa una vestimenta acadèmica escarlata. A ell, en canvi, li semblava més aviat un color gris fosc i la va portar sense preocupació.

Però no va ser aquest vestit vermell la base sobre la qual Dalton s'autodiagnosticà l'anomalia visual, sinó un *Pelargonium zonale* (gerani). El 1792, es va adonar que, mentre a la llum del dia la majoria de gent veia la flor del gerani rosa, ell la veia d'un color blau clar, i a la llum d'una espelma, la veia més aviat groguenca. Dos anys després va publicar *Extraordinary Facts Relating to the Vision of Colours*, on Dalton suggeria que el líquid que banyava els ulls de la majoria era incolor, però en el seu cas era blau i aquest absorbia el vermell.

Flors d'un "Pelargonium zonale" (gerani)

Flors d'un "Pelargonium zonale" vista per un deuteranop. Dalton veia una flor semblant a aquesta.

Veient que no podria constatar aquesta teoria, el químic va fer constar en el testament que dissequessin un dels seus ulls per confirmar el que deia quan es disposés de més mitjans, i així es va fer quan va morir, el 1844. L'any 1995, un equip de científics britànics (John Hurily i John Molton) van analitzar l'ADN de l'ull del químic i van descobrir que Dalton presentava un tipus de discromatòpsia anomenada deuteranopia i no pas protanopia com es pensava fins aleshores.

Així doncs, si es té en compte l'etimologia i la història del personatge del qual deriva, la paraula daltonisme podria analitzar-se de dues maneres. La primera, amb el significat general i originari, que es referiria a qualsevol anomalia visual igual o semblant al de Dalton (cal tenir present que en aquella època s'ignoraven els diferents tipus de discromatòpsies). La segona, seguint un criteri més estricte i recent, faria referència al tipus concret d'anomalia visual que manifestava el químic anglès, és a dir, la deuteranopia (tot i que aquest segon significat només s'ha pogut aplicar a partir del 1995 per la raó esmentada abans).

1.2. DEFINICIÓ

El daltonisme s'ha definit de diverses maneres: cada diccionari ofereix la seva descripció sobre el terme daltonisme. En la majoria dels casos les definicions no coincideixen i, a més, sovint es proporciona una informació parcialment errònia o incompleta sobre el terme. Aquest és el cas del Diccionari de l'Institut d'Estudis Catalans i el Diccionario de la Lengua Española, que proposen, respectivament, les següents entrades:

> **Daltonisme** *m. Malaltia de la vista que impedeix de distingir certs colors l'un de l'altre.* [DIEC]

> **Daltonismo**. *(De J. Dalton, 1776-1844, físico y químico inglés que padecía esta enfermedad). 1. m. Defecto de la vista, que consiste en no percibir determinados colores o en confundir algunos de los que se perciben.* [DRAE]

Després d'analitzar ambdues definicions i haver consultat diferents fonts d'informació, s'ha proposat als respectius diccionaris que les revisessin, ja que presenten alguna incongruència. L'error principal que cometen la majoria de diccionaris és referir-se al daltonisme com si es tractés d'una malaltia. El DIEC el defineix directament com a malaltia; el DRAE presenta una contradicció: tracta el daltonisme com a malaltia quan explica que Dalton n'estava afectat i tot seguit el defineix com a defecte –terme més apropiat a la realitat del daltonisme-.

El terme daltonisme s'empra popularment per a designar el que els científics anomenen *discromatòpsia*, mot general per a referir-se a qualsevol defecte o alteració en la visió dels colors. Aquest terme inclou diversos tipus d'anomalies que es classifiquen en funció dels cons (cèl·lules de la retina) o els colors que es veuen afectats. Un altre mot també d'ús habitual per designar el daltonisme és *ceguera per als colors*, on cal especificar per a quins colors, per exemple *ceguera per al vermell i el verd* –en els cas que s'està tractant-. Aquesta nomenclatura és un calc del terme anglès *red-green colourblindness*, que sovint apareix simplificat com a *colourblind*.

Tanmateix, el terme més popular, com s'ha dit en l'apartat anterior, és *daltonisme* i aquest pot emprar-se en dos sentits: un de més estricte i un altre de més general. Amb un sentit estricte correspondria al tipus d'anomalia visual que presentava Dalton: la deuteranopia. És a dir, daltonisme, en sentit estricte, es defineix com aquella condició visual relativa o pertanyent a Dalton.

Amb un significat més general, s'utilitza, per extensió del primer, amb la finalitat de referir-se a un grup de defectes en la visió dels colors amb efectes molt similars (discromatòpsies dels tipus protan i deutan), descrits a l'apartat 1.3. Aquesta última accepció és l'originària i la més difosa, ja que en l'època de Dalton no es coneixia l'existència dels diferents tipus de discromatòpsies i segurament la paraula daltonisme es va anar estenent per a referir-se a qualsevol mena d'alteració en la visió cromàtica.

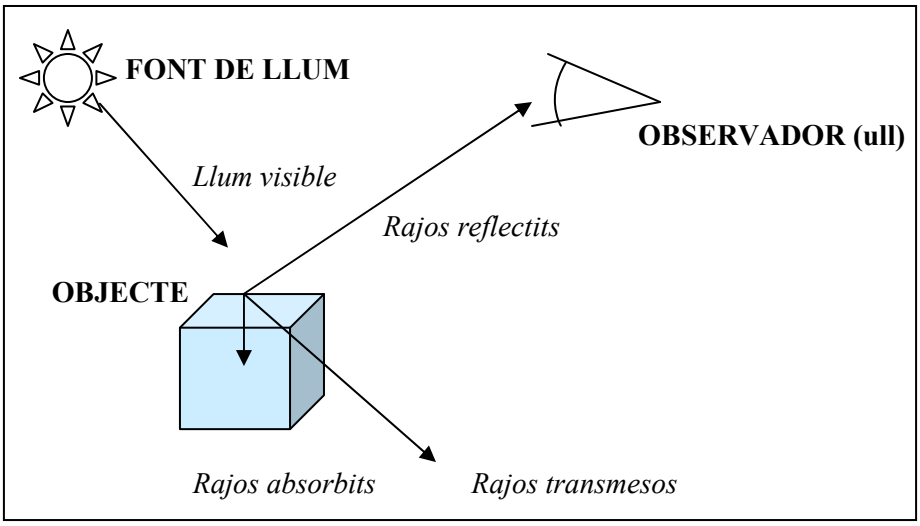
S'empri en un sentit o en l'altre, cal aclarir que el daltonisme no pot qualificar-se de malaltia, ja que no interromp ni pertorba cap funció vital, així com tampoc provoca alteracions de la salut. Per tant, en comptes de descriure'l o referir-s'hi com si es tractés d'una malaltia (creença errònia), seria aconsellable emprar els termes: anomalia, defecte o condició genètica.

S'ha recomanat a l'Intitut d'Estudis Catalans i a la Real Academia Española de la Lengua una revisió lingüística en aquest sentit[1]. Esperant que aquesta s'efectuï, a l'apartat de propostes (3.2), proposaré una definició de daltonisme tenint en compte, com s'ha descrit, que no es tracta d'una malaltia.

[1] Vegeu annex I: Consulta lingüística.

1.3. LA PERCEPCIÓ DALTÒNICA DELS COLORS

Existeixen diversos tipus de discromatòpsies (daltonisme). Per entendre-les convé conèixer la manera com el sistema visual humà percep els colors i observar les diferències anatòmiques i funcionals entre ortocromats (els que perceben els colors de manera normal) i discromatops. La percepció dels colors requereix tres elements: llum, un objecte i un observador. Si en falta un dels tres no es percebrà el color.



1.3.1. La llum visible

Les fonts de llum o cossos lluminosos (el Sol, bombetes, espelmes, fogueres o altres) emeten llum. La llum visible o llum blanca que rep el planeta prové majoritàriament del Sol i presenta un comportament dual, com a ona i corpuscle alhora. Aquesta es pot transmetre pel buit, i ho fa a una velocitat d'uns 300.000 Km/s, en línia recta i en totes les direccions de l'espai. La llum visible és constituïda per ones electromagnètiques de longituds compreses entre 380 nm i 780 nm: abasten una fracció molt reduïda de l'espectre electromagnètic, el qual consta de longituds d'ona entre 1 pm i 10 Km. La llum blanca, però, és formada per un conjunt de radiacions superposades, condició rellevant en la percepció dels colors.

1.3.2. L'objecte

Quan la llum blanca topa amb algun element material, es descompon en tres tipus de raigs: els transmesos (travessen l'objecte), els absorbits (l'objecte els reté) i els reflectits (topen contra l'objecte i reboten). Els transmesos estan relacionat amb el grau d'opacitat de l'objecte Els materials opacs permeten que passi poca llum a través; en canvi, els transparents es caracteritzen per un grau de transmitància elevat; i els translúcids se situen en un terme mig. Els raigs absorbits són mesurats amb una magnitud anomenada absorbància, que determina la quantitat de radiació que el material absorbeix o reté. La radiació reflectida, que no passa a través de l'objecte ni és absorbida per aquest, es mesura amb el coeficient de reflectància, que indica el percentatge de radiació reflectida pel material en qüestió.

De la radiació lluminosa que rep l'objecte, només aquesta darrera part, els raigs reflectits, incideix als ulls de l'observador i li permetran experimentar la sensació dels colors. En conseqüència, els objectes en si no posseeixen cap color i encara menys el que se'ls atribueix –que s'obtindrà precisament de la radiació rebutjada pel cos-. A més, els objectes canvien de color en funció de la lluminositat que reben. Així, el color es crea en el cervell a partir de la radiació reflectida pels objectes, quan aquesta ha estat incorporada en forma d'estímuls elèctrics pel sistema visual de l'observador.

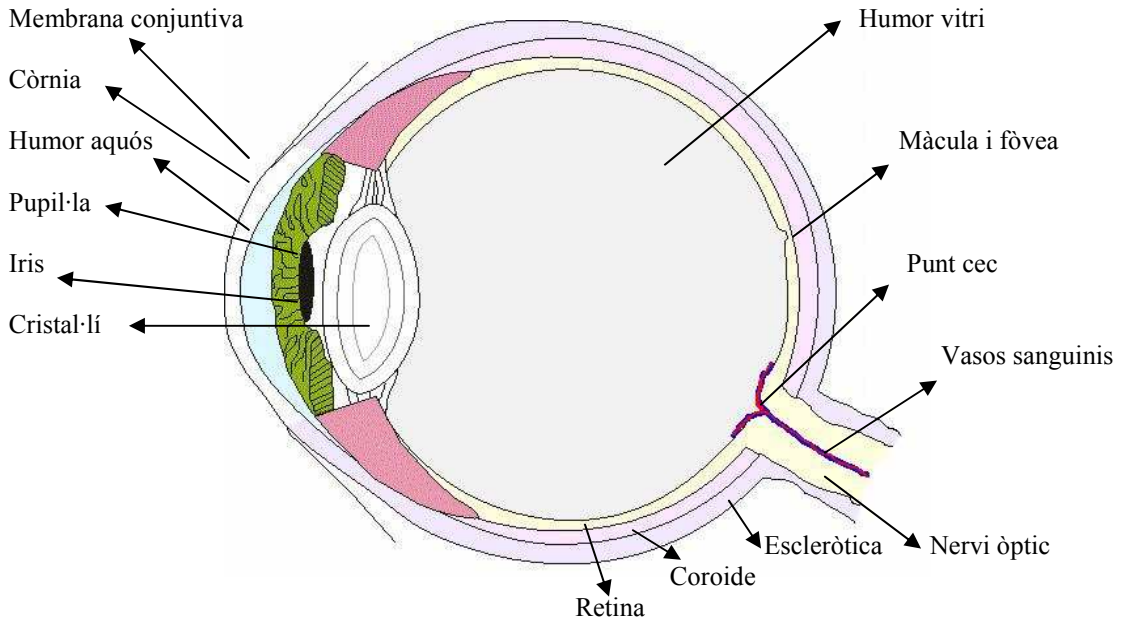
1.3.3. L'observador

L'observador -en aquest cas l'espècie humana- disposa de diversos sistemes molt especialitzats per captar les diverses classes d'estímuls del món que l'envolta: els sentits. D'entre els cinc sentits (l'oïda, l'olfacte, la vista, el tacte i el gust), la vista és considerada el més important de l'ésser humà. El sistema visual s'encarrega de percebre els estímuls lluminosos de l'entorn. De fet, es tracta del sentit més desenvolupat i perfeccionat de què disposa la persona, ja que per mitjà de la vista s'obté el 80% de la informació del medi.

El sistema visual humà es compon de dos òrgans receptors, els ulls. Cada ull conté un estrat de cèl·lules fotoreceptores, un sistema de lents per enfocar-hi la llum i un sistema de fibres nervioses i nervis per dirigir els impulsos generats pels receptors fins a la zona occipital de l'escorça cerebral. En aquesta regió s'elabora la informació i les imatges visuals -el color, entre altres com la forma, el volum, les textures, etc.- esdevenen conscients: es pot començar a parlar de color.

Els estímuls que han propiciat la sensació del color es trobaven primer -abans de topar amb la retina- en forma d'ones electromagnètiques. Després -quan els fotons han excitat els cons de la retina- es transformen en impulsos nerviosos. Aquests impulsos són transportats fins al cervell on seran interpretats i és llavors quan l'observador experimenta la sensació de percebre colors[2].

ANATOMIA DE L'ULL HUMÀ



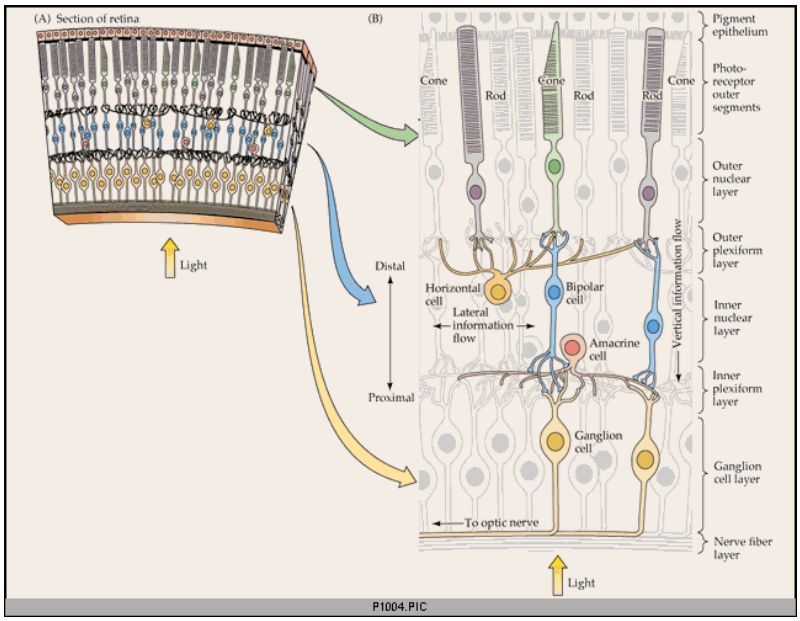
Tall transversal d'un ull humà on es detallen les principals parts que el formen. **(Dibuix: Olívia T.R.)**

[2] Vegeu annex II: Especialistes en la visió. Aurora Torrents

1.3.3.1. L'ull i la retina

De les radiacions lluminoses que reflecteixen els objectes de l'entorn, només algunes penetren dins els ulls (per la pupil·la). D'aquestes radiacions, tan sols les que incideixin sobre els cons i excitin aquestes cèl·lules de la retina, seran traduïdes pel cervell i se'ns presentaran sota la sensació de tots els colors de l'aspectre.

Secció de la retina humana



Tall transversal de la retina humana on s'observen les diferents cèl·lules que la formen, les connexions que s'estableixen entre elles i la seva localització en la retina.

Extret de**: http://www.arts.uwaterloo.ca/~bfleming/psych101/lec5%202001.htm**

Els ulls estan recoberts externament per una membrana transparent, la còrnia, que deixa passar la llum a través de la pupil·la cap al cristal·lí. Aquesta lent bicòncava enfoca els raigs lluminosos al fons de l'ull, a la retina, travessant l'humor vitri, substància gelatinosa que omple el globus ocular.

La part principal de l'ull és la retina, una capa que recobreix el globus ocular per dins. La retina és una làmina prima, formada per 10 capes que s'agrupen en cèl·lules nervioses, cèl·lules de sosteniment i cèl·lules sensorials. Tanmateix, del conjunt, es diferencien dos blocs funcionals de capes: un d'intern conegut com a retina neural i un altre d'extern, la retina sensorial o retina pigmentària.

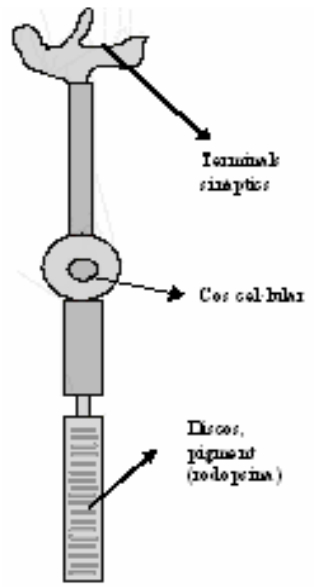
Les capes que formen la retina neural són transparents, ja que han de permetre el pas dels raigs lluminosos per tal que aquests puguin estimular els fotoreceptors de la capa més externa. La unitat funcional interna es compon per diverses cèl·lules nervioses connectades amb els fotoreceptors i entre si: les cèl·lules bipolars i les ganglionars. Les prolongacions d'aquestes darreres constitueixen les fibres nervioses del nervi òptic.

L'altra bloc funcional, la retina pigmentària, inclou les cèl·lules fotoreceptores (receptores dels rajos lumínics de l'entorn): els cons i els bastons. Els fotoreceptors reben els estímuls lluminosos i els transformen en estímuls nerviosos.

1.3.3.2. Cèl·lules receptores. Estructura i funcionament

Tant el nombre de cons com el de bastons poden variar d'una persona a una altra, com també succeeix entre subjectes sense anomalies visuals. En alguns discromatops, però, s'observen diferències considerables: ja sigui pel que fa a la quantitat (mancança d'un terç dels cons o bé tots) o a la qualitat (substitució d'un tipus de cons per uns altres. Pel que fa als bastons, cal remarcar que són presents en tots els tipus de discromatòpsies.

Els bastonets



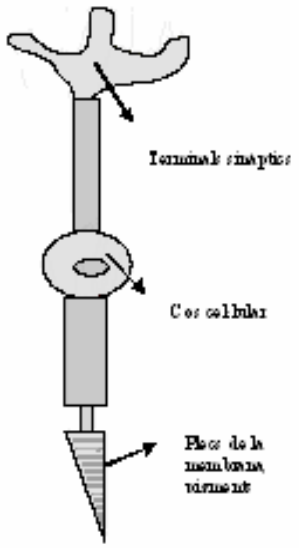
Representació esquemàtica de la morfologia d'un bastó. **(Dibuix: Olívia T.R.)**

Els bastonets són unes cèl·lules fotosensibles de forma allargada -que recorda a un bastó- responsables de la visió en condicions de baixa intensitat. S'encarreguen, doncs, de la visió nocturna o escotòpica: de poca precisió i baixa agudesa. Els bastonets presenten la màxima sensibilitat per a les longituds d'ona de 507 nm, que són ones mitges. Només els bastonets estan dotats de la suficient sensibilitat per reaccionar a baixos nivells d'il·luminació (els cons no), per això a la nit la nostra visió esdevé monocromàtica.

La retina humana disposa d'entre 110 i 125 milions de bastonets, concentrats a la perifèria de la retina. La presència de bastons va disminuint a mesura que s'acosten a la fòvea (zona de la retina que rep la major part de llum), punt on no n'hi ha. Això explica el fet que, quan de nit s'observen els estels i un pretén fixar-se en una estrella concreta, com que es fa incidir la llum sobre la fòvea i en aquesta zona no hi ha bastonets, l'estel s'esvaeix.

Tots els bastons presenten els mateixos trets morfològics i funcionals. S'hi diferencien tres parts: el cos cel·lular, els terminals sinàptics i uns discos membranosos separats de la membrana plasmàtica, on es troben els pigments fotosensibles. El pigment que caracteritza els bastons, la rodopsina, està format per una proteïna, l'opsina, i el retinal, una molècula derivada de la vitamina A.

Els cons



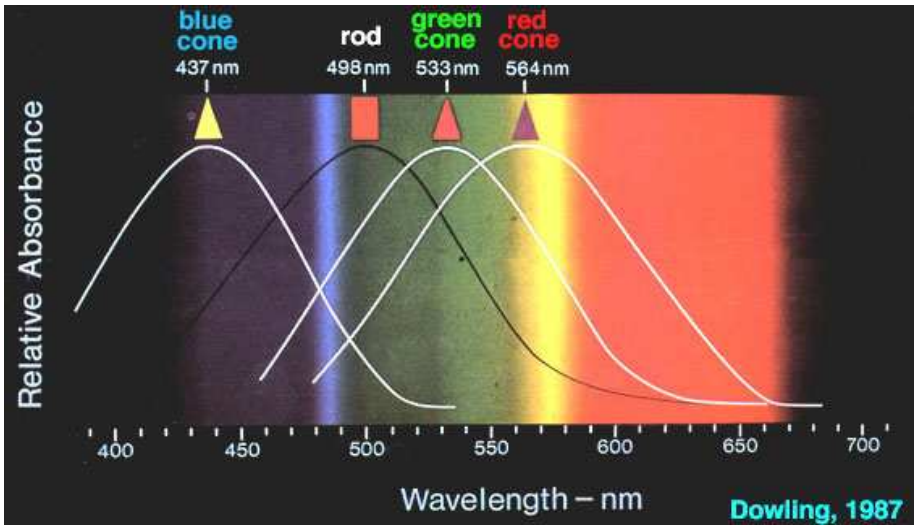
Representació esquemàtica de la morfologia d'un con. **(Dibuix: Olívia T.R.)**

La base de la percepció dels colors són els cons, de morfologia més cònica que els bastons. Els cons requereixen altes intensitats de llum per ser estimulats, per això s'encarreguen de la visió diürna o fotòpica: la percepció del color. La majoria d'éssers humans disposen d'uns 6'4 milions de cons a cada retina. Es troben concentrats majoritàriament a la fòvea i disminueixen a mesura que se n'allunyen (al contrari que els bastonets). Com que bona part de la llum incideix sobre la fòvea, la visió en aquesta zona és més precisa i permetrà la policromia.

Els cons consten de tres parts, com els bastons: el cos cel·lular, els terminals sinàptics i un extrem amb múltiples replecs de la membrana citoplasmàtica on es localitzen els pigments fotosensibles. Entre els cons, existeixen tres tipus de pigments: el cyanolabe, amb màxima sensibilitat a longituds d'ona curtes (420 nm); el chlorolabe, amb un màxim de sensibilitat per a les ones mitges (531 nm); i l'erythrolabe, amb la màxima a les longituds d'ona llarga (558 nm). Així, els que presenten una visió cromàtica normal disposen de tres tipus de cons amb pigments i funcions ben diferenciades. Aquests es designen amb les inicials angleses de les longituds d'ona corresponents: cons S (*short wave length*), M (*medium wave length*) i L (*long wave length*).

Tant els fotopigments dels cons com el dels bastonets estan constituïts per una proteïna, l'opsina, i un aldehid derivat de la vitamina A, el retinal. Existeixen quatre tipus d'opsines: una per a cadascun dels tres cons i una per als bastons. Les senyals elèctriques que arribaran al cervell i permetran la sensació del color s'originen a la retina per mitjà de reaccions químiques.

La llum de la longitud d'ona adequada pot trencar una quantitat determinada de molècules dels fotopigments específics separant l'opsina (qualsevol dels quatre tipus) del retinal. El trencament o *lisi* de la molècula genera un canvi elèctric en la membrana del fotoreceptor que influeix sobre les cèl·lules bipolars. Aquestes estan connectades amb un altre tipus de neurones, les cèl·lules ganglionars, que constitueixen el tercer nivell de processament de la llum. Mitjançant els seus axons, la informació visual surt de la retina pel nervi òptic i es dirigeix cap al cervell.



Punts de màxima absorbància dels tres tipus de cons i els bastons.

1.3.4. La sensació de color. Síntesi additiva

Els cons i els bastons transmeten els senyals a altres cèl·lules: bipolars, amacrines i ganglionars. La complexa interacció entre receptores i ganglionars permet analitzar, per separat, diferents paràmetres: el color, la intensitat de la llum, el moviment, etc. A continuació, les cèl·lules ganglionars envien, per separat, les diverses dades al cervell. I, malgrat que nombroses regions de l'encèfal governen funcions relacionades amb la visió, la interpretació del color té lloc a la zona occipital (a la part posterior del crani).

En aquesta regió cerebral s'elaboren els estímuls nerviosos tot configurant el que denominem color. Així, la imatge que el subjecte es forma del color és una impressió subjectiva, perquè depèn dels atributs que cada individu assigna a les diferents longituds d'ona, primer a la retina i després al cervell. La percepció dels colors divergeix en cada individu i a part de ser regulada per les característiques fisiològiques, també hi influeixen els factors psicològic, social i cultural.

El color porta associat uns factors psicològics o afectius, ja que produeix efectes en les emocions. Per exemple, el verd pot suggerir salut, natura, alegria, vegetació; el vermell, urgència, passió, cor, amor, sang; el blanc, puresa, netedat, llum, buidor. També cal considerar els significats culturals que s'han atribuït als colors. Així, el color associat a la mort difereix entre cultures (negre, blanc, etc.). També són importants els significats compartits per un grup social. En les societats industrialitzades, s'han introduït colors amb significats arbitraris que ja poden integrar-se dins l'apartat cultural o social. Només cal pensar en els semàfors i altres senyals de trànsit: s'associa el vermell a la idea de perill, el taronja i el groc a la prudència i el verd a la seguretat.

Els factors fisiològics fan referència als mecanismes de l'ull i al funcionament de la visió, és a dir, el procés que té lloc a partir que la llum incideix a la retina i fins que la informació visual arriba al cervell. Els raigs de llum, quan entren en contacte amb el subjecte, topen amb lents, receptors, transmissors i

altres filtres. Com que els trets d'aquests elements no coincideixen en cap individu, ningú percep els colors de la mateixa manera. Per exemple, les ones de 420 nm són definides com a blau. Però el blau, com qualsevol altre color, no existeix en el medi; només existeix una radiació amb una determinada longitud d'ona a la qual l'ésser humà atribueix la qualitat de blau.

L'espectre de la llum visible vist per l'ésser humà està format per: vermell, taronja, groc, verd, blau i violeta. Tots els colors de l'espectre i, per tant, tots els colors que l'individu sol percebre, s'originen a la retina. Cada longitud d'ona estimula els tres tipus de cons amb diferents proporcions. Mitjançant totes les combinacions possibles dels cons vermell, verd i blau s'aconsegueixen tots els colors de l'espectre de la llum visible, perquè vermell, verd i blau són els colors llum primaris.

A partir dels tres cons que *contenen* els colors primaris –o, millor dit, els estímuls nerviosos que seran interpretats com aquests colors- se n'obtindrà la resta. La correspondència entre les longituds d'ona de la radiació que estimula els cons i la sensació qualitativa que aquesta origina en les persones és la següent:

Colors que configuren l'espectre visible amb la longitud d'ona corresponent a les diferents sensacions cromàtiques.

Extret de: **www.ugr.es/~geoptica/imagenes/spectrac.jpg**

1.4. TIPUS DE DISCROMATÒPSIES

En l'àmbit científic s'anomenen discromatòpsies les deficiències en la visió dels colors. La percepció de la majoria de persones -la considerada normal en l'espècie humana- s'explica com a tricromàtica o hipòtesi Young-Helmhotlz. Segons la teoria tricromàtica, a la retina existeixen tres tipus de cons amb pigments sensibles a diferents longituds d'ona (L, M i S[3]). Amb la combinació d'aquests tres cons es poden aconseguir tots els colors de l'espectre visible. Tanmateix, els discromatops no veuen els colors igual que els ortocromats (els que hi veuen bé); així com tampoc entre diferents tipus de discromatops hi veuen igual.

Les discromatòpsies es classifiquen en congènites i adquirides. Les primeres es transmeten per mitjà de l'ADN i, per tant, s'hereten. Dins d'aquest grup, es tractarà principalment la protanopia, la deuteranopia, protanomalia i deuteranomalia, ja que la resta són casos poc freqüents. A més, s'ha tingut en compte que el daltonisme inclou exclusivament les quatre formes de discromatòpsies congènites que s'acaben de citar.

A part de les anomalies hereditàries, n'existeix un segon grup d'adquirides. Les discromatòpsies o pèrdues de visió dels colors adquirides solen ser símptoma d'algun problema en la via òptica, per tant no estan relacionades amb la genètica. Les discromatòpsies congènites i les adquirides provoquen un efecte semblant –alteració de la percepció cromàtica- però tenen causes diferents. Les deficiències adquirides, però, no es tindran en compte en el treball, només les que s'hereten.

[3] Les inicials angleses L (*long wavelength* o longitud d'ona llarga), M (*medium wavelength* o longitud d'ona mitja) i S (*short wavelength* o longitud d'ona curta) corresponen a les longituds d'ona per a les quals cada un dels cons presenta un màxim d'absorció. A vegades s'anomenen els tres tipus de cons com a vermell (L), verd (M) i blau (S). Aquesta nomenclatura és errònia ja que un pigment és sensible a diverses longituds d'ona (*colors*) de l'espectre, malgrat que el punt màxim d'absorció es trobi respectivament en el vermell, verd i groc (no pas vermell).

I. Discromatòpsies congènites:

- *Tricromatòpsies anòmales* (tres tipus de cons: un d'ells anòmal)
  - Protanomalia (SM*L* o SM*M*[4])
  - Deuteranomalia (S*M*L o S*L*L)
  - Tritanomalia (*S*ML)
- *Dicromatòpsia* (absència d'un tipus de con)
  - Protanopia (SM)
  - Deuteranopia (SL)
  - Tritanopia (ML)
- *Monocromia* (un sol tipus de con: S)
- *Acromatòpsia* (cap tipus de con; només bastons)

II. Deficiències adquirides de la visió cromàtica[5]

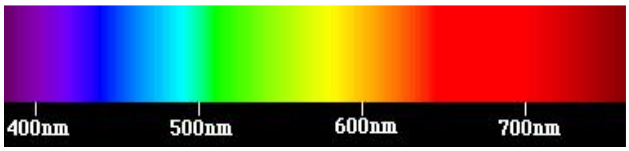
- *Cromatòpsies* (percepció dels objectes amb colors que no existeixen a causa d'una hemorràgia vítria o d'intoxicacions per CO, bolets, alcohol, amfetamines o medicaments)
- *Discromatòpsies* (patologies de la retina, la màcula, el nervi òptic o el quiasma)
  - De l'eix vermell-verd (visió semblant a la d'un protanop o deuteranop)
  - De l'eix blau-groc (visió semblant a la d'un tritanop)
  - Sense eix aparent o acromatòpsies (visió sense color)

1.4.1. Dicromats

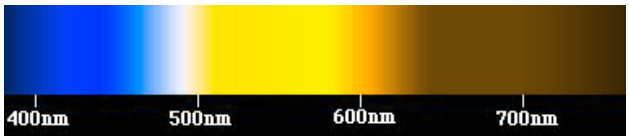
Els dicromats més freqüents manifesten deuteranopia o protanopia i els dos presenten una visió cromàtica similar. Existeix també un tercer cas de discromatòpsia congènita, molt excepcional, anomenat tritanopia. Cada tipus de dicromat es caracteritza pel dèficit funcional d'un dels tipus de cons a la retina.

1.4.1.1. Protanopia

Una persona amb protanopia rep el nom de protanop o dicromat de tipus protan. Aquest es caracteritza per l'absència dels fotopigments amb màxima sensibilitat a les ones de longitud llarga o bé perquè aquests cons han estat substituïts pels anomenats cons M. En ambdós casos, però, es disposa del pigment sensible a les ones de longitud mitja (M), així com del pigment S. Els pigments M són poc sensibles a les ones de longitud llarga (colors vermells). Per conseqüent, els tons que els ortocromats anomenen vermells semblen més foscos per als protanops.



Visió normal del colors de l'espectre visible.



Colors de l'espectre visible vistos per un protan.

Els colors susceptibles a major confusió per a qualsevol tipus de daltònic són els pàl·lids. Els resulta menys complicat discriminar els colors molt saturats. Els protanops veuen gairebé iguals –si no idèntiques- nombroses parelles de colors. Destaquen les parelles citades a continuació:

[4] Cada lletra representa la inicial d'un tipus de cons dels tres que existeixen. Així la retina d'una persona amb visió normal es representa: SML (conté els tres tipus de cons, sensibles a longituds d'ona S, M i L). La lletra en cursiva, com ara *L*, indica que els cons L (que capten grocs i vermells) és anòmal, és a dir, defectuós, i per tant no actua com ho faria el con L o M sinó com una barreja dels dos (no capta bé els vermells, però tampoc els verds).

[5] Vegeu annex II: Especialistes en la visió. Sílvia Sanz

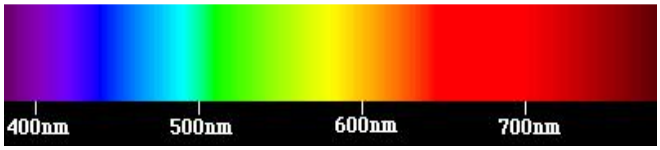
- Taronja i verd
- Color carn i verd clar
- Color teula i verd fosc
- Lila i blau
- Marró i vermell/ Marró-negrós i vermell saturat

Això significa que per a un protanop no resulta cap disbarat pintar cares de color verd clar, o un cavall verd fosc; veure flors blaves quan la majoria les veu liles; ser incapaç de trobar pinencs entre la molsa o anar a un enterrament amb un conjunt escarlata pensant que va vestit de dol. Situacions com aquestes i moltes d'altres succeeixen a la vida quotidiana dels protanops i potser també dels deuteranops.

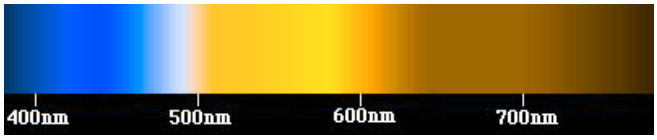
1.4.1.2. Deuteranopia

A diferència dels protans, als dicromats de tipus deutan o deuteranops, els manquen els fotopigments de longitud d'ona mitja o bé aquests han estat substituïts per pigments L[6]. La sensació de color que experimenten tant els protans com els deutans resulta similar, des del punt de vista d'un tricromat normal, amb l'única observació que, per als deutans, els vermells no enfosqueixen. Això, que semblaria una diferència inapreciable, determinarà els matisos –per als daltònics- o colors –per als ortocromats- que confondran per una banda els protans i per l'altra els deutans.

La gamma de colors que percep un deutan ve determinada pels cons S i L. A partir de la combinació de longituds d'ona que captin s'obtenen tots els tons. En els deuteranops, els colors relacionats amb les longituds d'ona llarga (vermell, taronja, verd i groc) es perceben com a groguenques i les longituds d'ona curtes (blau, violeta), com a blaves. Aquestes tonalitats es van debilitant des dels extrems al centre fins arribar a un punt neutre sense color. Per tant, els dicromats de tipus deutan i també protan només veuen la gamma blau-groc.



Visió normal del colors de l'espectre visible.



Colors de l'espectre visible vistos per un deutan.

Els deutans acostumen a tenir la mateixa sensació de color davant una àmplia llista de tons i matisos, destaquen les següents parelles:

- Vermell (o marró) i verd
- Marró clar i groc
- Taronja i verd clar
- Lila i blau
- Gris i rosa
- Marró i verd fosc

Per aquesta raó no hauria de considerar-se estrany que un deuteranop –i potser també algun protanop- presentés seriosos problemes per collir les maduixes madures en un maduixer; pintés un periquito de color marró assegurant que el de casa seva n'és (quan en realitat és groc); no distingís els préssecs madurs dels verds sense tocar-los o fins i tot se saltés algun semàfor a la nit. Aquestes anècdotes representen tan sols una pinzellada de les nombroses situacions que origina el fet que dos tipus de visions –una d'elles minoritària- comparteixin una mateixa realitat.

[6] Una recent investigació dirigida per Joe Carroll ha posat de manifest que existeixen dues classes de deuteranopia. Un tipus es caracteritza per l'absència total dels cons M (verds): la retina conté clapes sense cons. El segon tipus presenta una substitució dels cons M per cons L: el nombre de cons és l'habitual però els L doblen la proporció normal. Sorprenentment, la percepció dels colors no varia d'un cas a l'altre. Es creu que en la protanopia succeeix el mateix.

Vegeu annex II: Especialistes en la visió. Joe Carroll i Donald Kline

Fulles a principis de la tardor. **(Foto: Olívia T.R.)**

Reproducció de la imatge anterior tal com la veu un protanop. S'evidencien diferències entre el color verd i el vermell.

Reproducció de la imatge anterior tal com la veu un deuteranop. S'evidencia una lleugera diferència entre el color verd i el vermell.

Parada de fruites confitades i llaminadures. **(Foto: Olívia T.R.)**

Reproducció de la imatge anterior tal com la veu un protanop. S'evidencia la similitud entre el color vermell i el negre (en la caixa que es troba en primer pla).

Reproducció de la imatge original tal com la veu un deuteranop. S'observa una diferència més clara entre el vermell i el negre.

1.4.2. Tricromatòpsies anòmales

Si bé les dues discromatòpsies anteriors formaven el grup més sever de deficiències per al vermell i el verd, també existeixen anomalies més lleus. El daltonisme es pot manifestar en diferents graus: cap daltònic -com tampoc entre els tricromats- veu els colors de la mateixa manera. Els tricromats anòmals es distingeixen dels dicromats pel fet que presenten els tres cons, malgrat que un d'ells sigui anòmal. El pigment afectat no és del tot defectuós, sinó que causa un desplaçament del punt de màxima absorció respecte les persones amb visió cromàtica normal.

Els tricromats anòmals són un grup molt heterogeni: alguns perceben els colors de manera lleugerament diferent respecte els ortocromats; altres, manifesten gairebé els mateixos problemes que els dicromats; i la resta se situen entremig. Es distingeixen dos tipus de tricromats anòmals en funció del con defectuós: els protanòmals, que tenen el con L (vermell) alterat; i els deuteranòmals, amb el con M (verd) que tampoc desenrotlla la funció normal. La variant anòmala de la tritanopia s'anomenaria tritanomalia però no se n'ha trobat casos que en confirmin l'existència.

1.4.2.1. Protanomalia i deuteranomalia

L'anomalia protanòmala de la visió és originada per una forma mutant del pigment L i presenta molts símils amb la protanopia. Els protanòmals, però, són capaços de discriminar certes tonalitats de verds i vermells que un protanop no podria distingir. Malgrat que es tracti d'un grau menys accentuat de discromatòpsia, els colors susceptibles a confusió es continuen assemblant als que veuria un protanop. També perceben el vermell més fosc.

Com en el cas anterior, la deuteranomalia pot considerar-se com una deuteranopia lleu i s'explica per la presència d'un pigment mutant: el sensible a les ones de longitud mitja. La visió deuteranòmala permet una millor distinció entre verds i vermells i la resta de parelles de colors que els deuteranops veuen iguals. Així i tot, els colors que veuen difereixin considerablement dels que veuen els tricromats no anòmals.

Cada daltònic presenta una anomalia concreta i la majoria pertanyen al grup dels tricromats anòmals, però amb diferents graus d'alteració. De totes maneres, tots els daltònics -tant de dicromats com de tricromats de tipus protan i deutan- presenten efectes força semblants pel que fa a les confusions que cometen davant de certs matisos i colors. Per això i per simplificar a l'hora de tenir en compte els colors en el disseny de llibres de text, pàgines web i altres materials, els colors implicats en el daltonisme es podrien resumir en:

- Taronja, vermell i marró / verd clar, verd i verd fosc
- Blau i lila
- Gris i rosa
- Marró negrós i vermell saturat
- Colors pàl·lids entre ells (verd, taronja, groc, marró, vermell...)

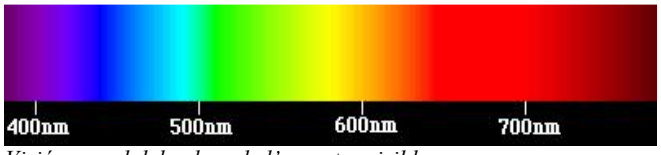
1.4.3. Altres anomalies congènites

Si bé pot considerar-se que el terme daltonisme inclou quatre tipus diferents de discromatòpsies congènites, -protanopia, deuteranopia i les respectives condicions anòmales- existeixen altres anomalies, també hereditàries, però menys freqüents. És el cas de la tritanopia, la monocromatòpsia i l'acromatòpsia.

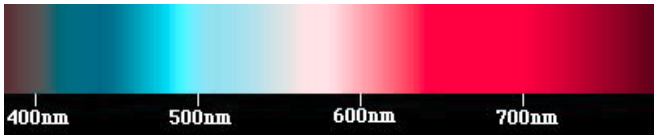
1.4.3.1. Tritanopia

Malgrat que les bases d'aquesta anomalia no siguin clares, es creu que ha de ser causada per l'absència del pigment sensible a les longituds d'ona curtes (cyanolabe), és a dir, el con S. La tritanopia és una anomalia visual hereditària i no lligada al sexe, sinó al cromosoma número 7. La seva localització cromosòmica explica que es trobi distribuïda per igual en homes i dones. Tot i així, els casos de tritanopia hereditària tan sols representen un 0'0001% de la població (percentatge igual en els dos sexes). Per contra, l'adquirida, causada per malalties com ara la diabetis, resulta més freqüent.

Els tritanops o discromatops de tipus tritan no són sensibles a les longituds d'ona curta, per tant, habitualment confonen -entre altres- tons de blau amb tons de verd. La percepció del color per als tritans divergeix considerablement respecte a la dels daltònics.



Visió normal del colors de l'espectre visible.



Colors de l'espectre visible vistos per un tritan.

Per analogia amb la protanopia i la deuteranopia, s'intueix l'existència de la condició anòmala de la tritanopia congènita. Tanmateix, i encara que resulta teòricament possible, es desconeixen situacions reals que constatin aquesta hipòtesi: no s'han detectat tirtanòmals congènits. Tanmateix, algunes malalties, com la glaucoma, afecten els cons blaus provocant tritanomalies adquirides.

1.4.3.2. Monocromatòpsia

La monocromatòpsia del con blau, també coneguda per acromatòpsia incompleta, es caracteritza per la presència d'un sol tipus de con funcional a la retina, el sensible a les longituds d'ona curta, a part dels bastons per a la visió escotòpica. Els monocromats no distingeixen els colors i a més manifesten molts problemes en la visió, com ara una baixa agudesa visual i nystagmus.

El nystagmus és un moviment oscil·latori involuntari de l'ull mitjançant el qual l'organisme pretén dirigir els raigs lluminosos a una zona circular que envolta la fòvea, on se situa la màxima concentració de bastons. Com que el monocromatop només disposa d'un terç dels cons, la zona de la fòvea i proximitats, capta una part molt reduïda dels raigs que incideixen a la retina causant una agudesa visual molt baixa –ratllant a la ceguesa-.

Aquesta poca visió en condicions d'intensitats normals i altes de llum (visió fotòpica), obliga l'organisme a cercar mecanismes per tal d'estimular més receptors i així veure-hi millor. Com que la major part de les cèl·lules receptores es troben a la perifèria de la fòvea (encara que siguin bastons) i els raigs no hi incideixen directament, és necessari que el globus ocular es desplaci seguint aquest moviment pendular anomenat nystagmus.

Els monocromats viuen en un món gairebé monocrom ja que, encara que posseeixin dos tipus de fotoreceptors -cons i bastons- la rodopsina (pigment dels bastons) i el pigment S dels cons són actius en diferents ambients espectrals. Els bastons per a la visió escotòpica i els cons per la fotòpica. Així, els afectats només són capaços de distingir variacions de brillantor i d'intensitat, interpretades com a blancs, negres i l'escala de grisos. Tot i que gairebé hi veuen en blanc i negre, alguns autors asseguren que a vegades poden distingir petits objectes blaus sobre un fons groc i viceversa.

1.4.3.3. Acromatòpsia

L'acromatòpsia, altrament anomenada ceguera total pels colors o maskun, normalment es manifesta en un nombre reduït d'individus: un de cada trenta o quaranta mil, variant segons les societats. Existeixen però, unes illes al Pacífic, Pohnpei i Pingelap, on la proporció augmenta a un de cada dotze habitats.

L'acromatòpsia congènita ve determinada per l'absència de cons (funcionals) a la retina; només els bastons actuen com a receptors d'estímuls. En altres paraules, als acromatops els manquen tots els receptors especialitzats en la visió fotòpica. Aquest fet justifica la incapacitat de distingir cap color diferent a l'escala de grisos i explica que la visió diürna (en color) dels acromatops, en intesitats lumíniques normals o altes, esdevingui notablement limitada. Els bastons són més sensibles a la llum que els cons, per això se saturen amb intensitats normals (diürnes) i deixen de funcionar correctament.

Aquesta anomalia bastant excepcional es manifesta acompanyada de nystagmus, fotofòbia i miopia o altres alteracions visuals. El nystagmus és, per als acromatops, una manera d'evitar la ceguera absoluta. Si els raigs de llum no els incidissin en els bastons, situats al voltant de la fòvea, serien cecs completament. Sense cons, la visió diürna (en intensitats altes de llum) és gairebé nul·la.

A dalt: visió normal d'un jardí. A sota: el mateix jardí vist per un acromatop. **(Fotos: Hagemann, Ort: Bundesgartenschau Potsdam)**
Extretes de: ***www.achromatopsie.de***

Si bé el nystagmus (moviment oscil·latori de l'ull) sembla la solució, cal tenir present que els bastons només funcionen correctament amb nivells de baixa intensitat lumínica: permeten la visió escotòpica (de nit). La llum del dia és massa intensa per als bastons i, en conseqüència, els acromatops pateixen fotofòbia. La fotofòbia consisteix en la intolerància a la llum (la llum els fa mal als ulls). Els acromatops es troben en un enlluernament constant, durant tot el dia, fins que es fa fosc. Per pal·liar la fotofòbia acostumen a utilitzar ulleres fosques i eviten les activitats exteriors durant el dia. Tot i així, de dia són gairebé cecs.

Les imatges de l'esquerra permeten fer-se una idea de com percep la realitat una persona acròmata en comparació a la visió normal. Pot observar-se que, pels acromatops, el color queda limitat a l'escala de grisos: no disposen de cons, per tant, no perceben els colors. A part del color, s'observa que les formes dels elements queden poc definides; els límits de les diferents formes es barregen.

Referent a les esmentades illes del pacífic, Knut Nordby, un especialista de la visió i afectat d'acromatòpsia que ha estudiat la seva pròpia anomalia i l'ha comparada amb la dels nadius de Pompei i Pingelap (Oceania), explica que:

> *La gent a Pingelap i Ponpei viu sota unes condicions lumíniques elevades. Durant el dia prefereixen quedar-se a casa en habitacions fosques. Quan surten a la llum del sol s'han de fer ombra als ulls* (...) *Quan es fa fosc surten i porten una vida més o menys com la de la gent amb visió normal. Puc remarcar que generalment presentaven desavantatges socials (menys feina i menys educació).*[7]

[7] NORDBY, Knut. *Achromatopsia* [en línia] [ref. de dijous 23 de setembre de 2004; 15:17]. Comunicació personal.

Vegeu annex II: Especialistes en la visió. Knut Nordby

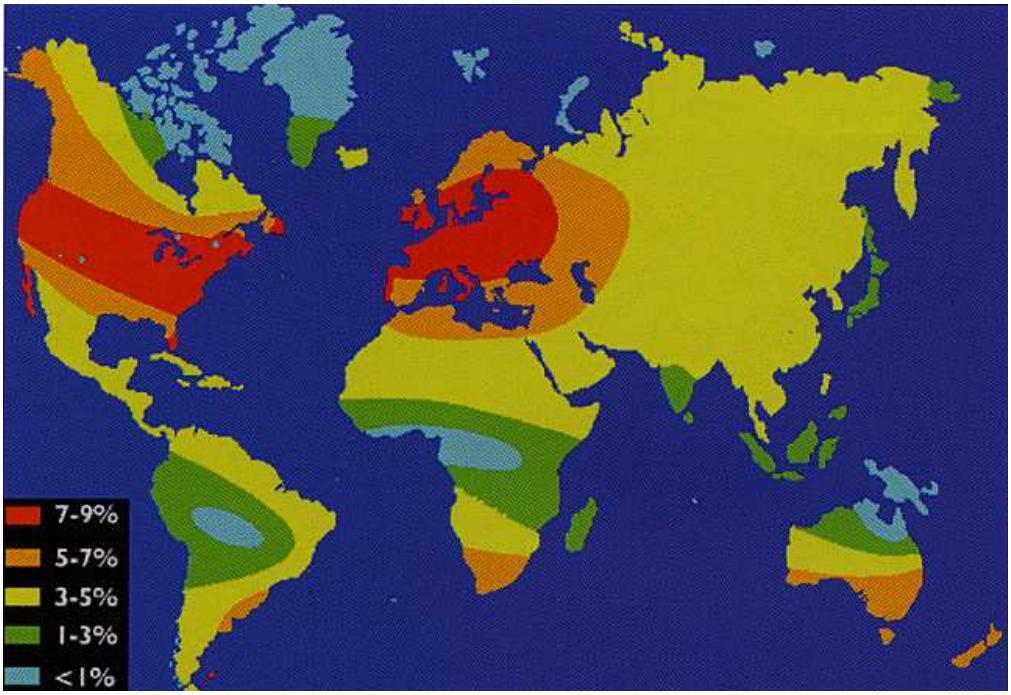
1.5. ELS AFECTATS

La visió daltònica es manifesta en certes persones i no en unes altres seguint el determinisme genètic: s'hereta i es pot transmetre de generació en generació. El cas és que l'anomalia presenta unes causes, el gen que la causa està localitzat, existeixen uns mecanismes de transmissió o herència i s'ha intentat de buscar-hi solucions o maneres per evitar de confondre's.

1.5.1. Xifres i ètnies

La causa de les discromatòpsies congènites es troba en l'ADN. Les característiques dels pigments fotosensibles dels cons vénen determinats genèticament, s'hereten. Pels mecanismes de l'herència i potser per selecció natural al llarg del temps, el daltonisme varia en funció del sexe i dels grups socials.

Les discromatòpsies congènites afecten a un percentatge molt elevat de població en les societats occidentals. Segons estudis nord-americans, un 8% dels homes i un 0'4% de les dones presenten aquesta condició visual, cosa que representa una proporció de 20 homes afectats per a cada dona[8]. A més, el nombre de discromatops canvia en funció dels grups socials i les zones geogràfiques del planeta, tal com mostra el mapa d'afectació elaborat per Sharpe i Jägle el 2001:



Mapa on s'indica la distribució de les discromatòpsies en les diferents regions del món. Europa és un dels països amb un percentatge més elevat de daltonisme. **(Mapa: Sharpe & Jägle, 2001)**

En el mapa s'observa que una àmplia zona d'Europa i Estats Units presenta un 7-9% d'afectació, essent les regions amb un percentatge de població daltònica més elevat. La major part d'Àsia, dues franges del continent africà, Amèrica central i el vessant atlàntic d'Amèrica del Sud constitueixen el grau mitjà d'afectació amb un 3-5%. Però existeixen unes regions al vessant pacífic d'Amèrica del Sud, al centre d'Àfrica, a la meitat nord d'Oceania, al nord de Canadà i a Grenlàndia, on només es troba un 1-3% de daltònics. I, en aquestes zones, fins i tot s'han detectat xifres inferiors a l'1%. Per tant, les diferències entre les àrees geogràfiques corresponents a diferents societats oscil·la entre menys d'un 1% fins a un 7-9%. Europa, juntament amb els Estats Units, constitueix un dels dos nuclis on el daltonisme afecta a un percentatge més elevat de població.

---

[8] Per cada 20 homes afectats, es troba una dona afectada: 8/0'4 =20/1

Els tipus de discromatòpsies tampoc es manifesten amb la mateixa proporció: algunes anomalies són molt freqüents, mentre que altres representen casos excepcionals:

Tipus de discromatòpsia	Con afectat	Homes (%)	Dones (%)
Protanopia	L (vermell)	1.0%	0.02%
Deuteranopia	M (verd)	1.1%	0.01%
Protanomalia	L (vermell)	1.0%	0.02%
Deuteranomalia	M (verd)	4.9%	0.38%

1.5.2. El gen afectat

La causa per la qual les discromatòpsies congènites afecten majoritàriament als homes es deu a la genètica. En l'espècie humana, els efectes de l'alteració genètica vénen donats per la part proteica dels pigments visuals: les opsines L i M.

Els gens que codifiquen el daltonisme estan situats en el cromosoma X, concretament en el braç llarg d'aquest cromosoma, a la regió anomenada Xq28 (prop del telòmer). Els gens responsables de les alteracions als pigments sensibles a longituds d'ona llarga i mitja es troben consecutius i se simbolitzen: OPN1LW (opsina 1, sensible a LW) i OPN1MW (opsina 1, sensible a MW), respectivament[9]. Pel que fa a l'opsina atribuïda al con blau, es troba codificada per un gen situat en un autosoma[10], concretament al cromosoma 7. L'opsina dels bastonets també és codificada per un autosoma, el cromosoma 3.

Les opsines M i L, per contra, vénen determinades pel cromosoma sexual X que, juntament amb l'Y, contenen codificat el sexe de l'individu. Per aquest motiu el daltonisme es qualifica de caràcter lligat al sexe. També s'atribueix a un al·lel recessiu: això significa que, si el subjecte conté la informació normal per a la visió cromàtica en el seu mapa genètic, aquesta dominarà sobre la defectuosa.

1.5.2.1. Origen evolutiu de la visió tricromàtica.

Planta amb les fulles tendres vermelles segons la visió normal (a dalt) i daltònica (a baix). **(Foto: Olívia T. R.)**

A excepció dels primats, pocs animals disposen d'una visió tricromàtica: tan sols alguns peixos, els amfibis i algunes aus. Els primats, per tant, són els únics mamífers amb visió tricromàtica; tot i que anomalies com el daltonisme demostren que hi ha casos de dicromats.

Es creu que la visió en tres colors té origen en les necessitats nutritives dels primats ancestrals, els avantpassats dels primats. Els científics Nathaniel Dominy i Peter Lucas, de la Universitat de Hong

[9] Vegeu annex II: Especialistes en la visió. Hisao Ueyama

[10] Qualsevol cromosoma diferent als cromosomes sexuals.

Kong, han demostrat que la visió tricromàtica no és imprescindible per distingir els fruits entre el fullatge verd dels arbres. L'únic aliment que un dicromat no podria distingir són les fulles tendres, sovint vermelles, de les plantes tropicals. Les fulles joves són més tendres, millor digeribles i més riques en proteïnes. A més, la meitat del fullatge jove de les plantes d'Àfrica –on van viure els avantpassats dels homínids- són de color vermellós.

Planta amb les fulles tendres vermelles segons la visió normal (a dalt) i daltònica de tipus deutan (a baix). **(Foto: Olívia T. R.)**

Foto vista per un protanop.

Foto vista per un deuteranop.

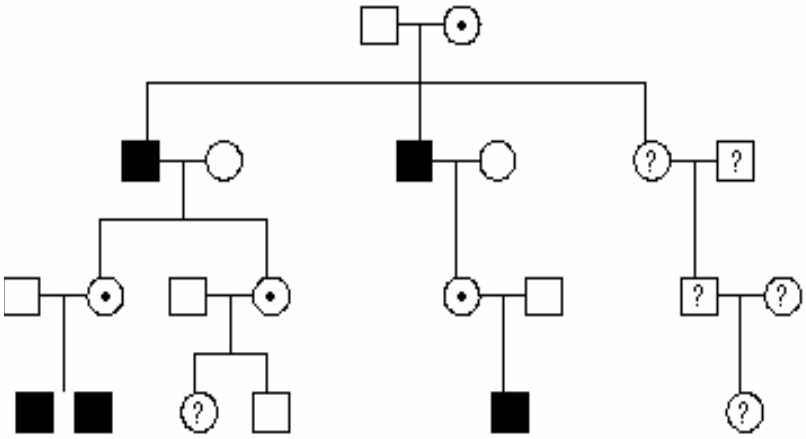
Existeixen pocs primats que s'alimentin únicament de fulles. Tanmateix, tots recorren a aquesta dieta quan l'altre aliment escasseja. En conclusió, sembla que menjar les fulles més nutritives i digeribles representava un avantatge considerable, per això és possible que aquells primats ancestrals que eren capaços de distingir el vermell del verd podien alimentar-se millor i esdevenien més forts. Això afavoria la seva reproducció i, per selecció natural, la visió tricromàtica hauria acabat essent predominant en els primats.

1.5.3. Al·lel recessiu. Portadors i afectats

Els cromosomes sexuals per als individus de sexe masculí són XY i per als de sexe femení, XX. Tenint en compte això i que la informació per al daltonisme és un al·lel recessiu, resulta evident que el daltonisme afectarà majoritàriament els individus mascles, mentre que se'n trobaran menys casos entre les femelles. Per tal que una dona desenvolupi l'anomalia, cal que els dos cromosomes sexuals (XX) continguin el gen mutant. Quan, com és habitual, només una de les X es troba afectada, la dona esdevé portadora del gen afectat, però no daltònica. Així, existeix un 50% de probabilitats que els descendents de la dona portadora no rebin el cromosoma defectuós i l'altre 50% que els sigui transmès.

Tots els fills mascles que heretin la X amb l'al·lel defectuós desenvoluparan l'anomalia, ja que en els homes l'herència de la visió per al vermell i el verd depèn íntegrament del cromosoma X matern. Per contra, el genotip de les filles conté una X de cada progenitor. Per tant, desenvoluparan la condició de daltòniques si el pare n'és i la mare li ha transmès la X afectada (ja sigui com a portadora o com a daltònica). Observant l'arbre genealògic d'una família afectada de daltonisme, es pot apreciar com l'anomalia visual es manifesta en els homes de generacions alternes (dels avis se salta als néts).

Família afectada de discromatòpsia (deuteranopia)



Home: visió cromàtica normal

Dona: visió cromàtica normal

Home: possible discromatop o no testat

Dona: possible portadora o no testada

Dona portadora

Discromatop (deuteranop)

1.5.4. Tractaments

L'origen de les discromatòpsies congènites es troba en el material genètic i, en conseqüència, no existeix cap tractament efectiu que permeti a un afectat de daltonisme de veure els mateixos colors que percep una persona amb visió cromàtica normal. En tot cas caldria modificar els gens del zigot abans que l'individu es desenvolupés.

Existeixen, però, unes lents per a daltònics que dissimulen les confusions de colors –i en creen d'altres. Es tracta d'unes lents de contacte (*ColorMax*), normalment monoculars, de color magenta. En realitat, la seva eficàcia és dubtosa, tal com afirma Aurora Torrents, psicòloga i professora d'òptica fisiològica:

> *En un estudi en què vaig participar, realitzat a nens daltònics en diverses escoles catalanes, es va concloure que aquestes lents no solucionen les confusions en els llibres de text. És cert que amb les lents podien diferenciar colors que abans no veien, però també en deixaven de veure altres que abans sí que veien.*

Pel fet de ser magenta alteren tots els colors que l'individu percep sense la lent, per tant, es pot arribar a distingir dos colors que abans semblaven iguals. Això permetria passar els testos de despistatge sense ser detectat com a discromatop. Un pilot d'avionetes afirma que:

> *Amb aquesta lentilla, diversos companys "daltònics" han passat totes les proves de color que fan al CIMA com a persones "normals" i alguns ja son pilots que tu et trobaràs al Pont Aeri.*[11]

Les lents, a diferència del que alguns afectats pensen, no permeten veure els colors com un tricromat. El mateix pilot explica el següent: *hi ha una "lentilla" de color vermell que, posada en un dels nostres ulls, ja veiem els colors igual que els "no daltònics"*. La lentilla, tot i solucionar les confusions pròpies del daltonisme, cosa que permet superar els testos, en crea de noves, per la qual cosa resulta poc efectiva en la vida quotidiana (a l'escola, a la feina i en altres àmbits). En conclusió, ara per ara no existeix cap solució eficaç i definitiva per al daltonisme: els afectats hi han de conviure i adaptar-s'hi.

Algunes discromatòpsies adquirides, en canvi, poden solucionar-se, sobretot si es detecten aviat. El tractament dependrà de la malaltia que hagi causat la discromatòpsia, és a dir, curant la malaltia es pot recuperar la visió normal per als colors. En altres casos no és curable, però es pot evitar que s'agreugi la ceguera o la pèrdua de visió cromàtica.

1.6. MÈTODES DE DETECCIÓ

Les discromatòpsies congènites, malgrat l'absència de curació, poden ser detectades i, a més, cal que siguin detectades al més aviat possible. La detecció precoç permetrà als pares i educadors d'actuar en conseqüència i evitarà la incomprensió del nen o nena –i també dels companys i adults- davant de situacions en què confongui colors.

Però, per comprendre l'afectat i evitar problemes en el món laboral, cal –a més de detectar l'anomalia- estar informat sobre el daltonisme, i sobre com es pot ajudar al nen o nena. Pares, mestres o professors i el personal sanitari que ha de detectar l'anomalia han de saber què comporta ser daltònic i com es pot ajudar als afectats.

---

[11] VINYET, Joaquim. *Daltonisme* [en línia] [ref. de dimarts 7 de setembre de 2004; 21:03]. Comunicació personal.

Vegeu annex III: Daltonisme i aeronàutica. Un pilot daltònic i Olivier Roumajon

Actualment es disposa de diversos mètodes per detectar el daltonisme en un individu: testos i altres aparells més complexos. Temps enrere, però, l'única manera per saber que una persona percebia els colors diferent a la resta era comparar les dues visions. De fet, la majoria d'afectats que han estat entrevistats per aquest treball van descobrir la seva condició de daltònics per mitjà de la comparació amb el que altres persones (els companys de classe, de feina o familiars) descrivien. Per tant, abans d'entrar en els testos moderns, l'elaboració dels quals requereix molta precisió tècnica, cal mencionar aquest mètode tradicional i fàcil: la comparació.

1.6.1. Test d'Ishihara

D'entre els testos per detectar el daltonisme destaca el test Ishihara: unes làmines pseudoisocromades inventades el 1917 per Shinobu Ishihara. Aquest test està format per un conjunt de 38 làmines que permeten detectar els discromatops de tipus protan i deutan –però no els tritanops. A part del llibre sencer amb les 38 làmines, existeixen també sèries més reduïdes per agilitar la detecció, per exemple de 14 làmines o bé se'n pot seleccionar algunes i prou, sense utilitzar-les totes.

Aquest test és exclusivament qualitatiu i no quantitatiu, així, un daltònic afectat d'una anomalia lleu (tricromatisme anòmal) sovint obtindrà els mateixos resultats en el test que un dicromat complet. Tanmateix, resulta molt representatiu per detectar les discromatòpsies de tipus protan i deutan, amb una fiabilitat del 98%. I permet també diferenciar entre aquests dos tipus amb un marge d'error del 17%.

Les làmines d'aquest test són compostes d'un mosaic de punts de colors i mides diferents disposades de manera aparentment aleatòria. Sobre aquest fons, un ortocromat hi distingeix clarament la forma d'un número, una part del número o unes línies formades amb el mateix tipus de punts que el fons però amb els tons exactes que un daltònic percep iguals que el fons. Per tant, els discroamtops veuran en la làmina un cercle ple de punts, sense cap número; o bé un nombre diferent; o no trobaran el camí dibuixat.

Làmines del Test Ishihara. Molts daltònics no veuen el 6 ni 23 ni el camí verd. **(Fotos: Olívia T.R.)**

Aquest test ha estat dissenyat per utilitzar-se en una habitació il·luminada amb llum solar, sense que aquesta incideixi directament sobre les làmines. Cal situar la làmina a 75 cm del subjecte de manera que formi un angle recte amb la línia de la visió; i s'ha de respondre en menys de 3 segons. En el cas que varïin les condicions d'ús, poden sorgir discrepàncies en els resultats.

D'altra banda, com que els colors utilitzats són molt concrets, qualsevol fotografia o imatge obtinguda amb una impressora convencional altera els tons i causa variacions en els resultats del test[12]. I el llibre s'ha de guardar tancat per evitar que el sol desgasti els tons. També per tal de no alterar els colors cal evitar de tocar la part acolorida amb els dits.

[12] Les imatges que il·lustren els diferents tipus de testos descrits a continuació no s'han d'utilitzar per diagnosticar cap daltònic; només pretenen representar visualment les característiques descrites en cada cas. Els testos originals requereixen uns tons molt concrets de color: no serveix qualsevol verd o qualsevol vermell, calen combinacions de colors molt precises, bons aparells d'impressió i calibrats correctament. Per tant, la detecció s'ha de fer amb els testos originals (i seguint les normes d'ús esmentades); en cas contrari, els resultats poden portar a conclusions errònies.

La variació dels resultats utilitzant el test original i una còpia queda reflectida en la següent taula:

Comparació entre el Test Ishihara original i una còpia

Afectats:	**Test**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**Resultats**
		12	8	5	29	74	35	96	Rosa i vermell	Tricromat normal
1 (A. B.)	Original	12	3	5	2	21	9X	9X	Vermell	Deuteranop
	Còpia	*12*	*3*	***2***	***20***	*21*	***3X***	*9X*	*Vermell*	*Deuteranop*
2 (N. B.)	Original	12	X	8	X	21	3X	9X	Vermell	Deuteranop
	Còpia	*12*	*X*	*8*	*X*	*21*	*3X*	*9X*	*Vermell*	*Deuteranop*
3 (F. B.)	Original	12	2	X	X	21	XX	XX	Vermell	Deuteranop
	Còpia	*12*	***3/8***	***2***	***21***	***X***	*XX*	*XX*	***X***	*?*
4 (M. A.)	Original	12	3	2	90	21	(3)X	XX	Vermell	Deuteranop
	Còpia	*12*	*3*	*X*	***(2)***	*X*	***35***	***86***	*Rosa i vermell*	*Protan-deutan anòmal?*

La taula conté les respostes donades per quatre persones diferents davant una selecció de vuit làmines del test Ishihara. A cada subjecte li corresponen dues files: la primera fa referència a les respostes donades davant les làmines originals; la segona (en cursiva) correspon a les respostes donades davant una fotocòpia en color de les mateixes làmines. Les diferències cromàtiques entre les làmines originals i les còpies no semblen gaire significatives, però suficients per alterar algunes respostes (en negreta).

En el cas del segon subjecte, les respostes no han variat i per tant la conclusió a la qual s'arriba és la mateixa tant utilitzant la còpia com l'original. En el primer subjecte, malgrat que alguns resultats canviïn en la còpia respecte de l'original, no s'altera el resultat final: deuteranop. A diferència d'aquests, els subjectes 3 i 4 presenten variacions significatives davant la còpia en comparació amb l'original. A més, la informació obtinguda de les fotocòpies porta a incongruències en la interpretació dels resultats.

Deixant les fotocòpies, s'ha utilitzat una selecció de làmines del test Ishihara original per explorar la visió de diverses persones amb discromatòpsia. Els resultats obtinguts s'han classificat a la taula de més avall. S'han passat un total de vuit làmines pseudoisocromàtiques. La làmina 1 serveix per explicar als subjectes el funcionament de la prova: tothom hi identifica un 12, fins i tot els monocromats. De la segona làmina a la cinquena (ambdues incloses) serveixen per detectar els individus que presenten alteracions en la visió cromàtica (sense determinar el tipus). Les tres darreres (6, 7 i 8) permeten concretar el tipus d'anomalia i distingir entre grau sever o lleu (dicromats o tricromats anòmals).

Afectats:	Selecció de làmines del Test Ishihara								**Resultats**
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	
Tricromat normal	12	8	5	29	74	35	96	Rosa i vermell	Tricromat normal
1 (A. B.)	12	**3**	**5**	**2**	21	**9**X	9X	Vermell	Deuteranop
2 (N. B.)	12	**X**	**8**	**X**	21	**3**X	9X	Vermell	Deuteranop
3 (S. P.)	12	3	X	X	21	5X	9X	Vermell	Deuteranop
4 (F. B.)	12	2	X	X	21	XX	XX	Vermell	Deuteranop (?)
5 (M. A.)	12	3	2	90	21	(3)X	XX	Vermell	Deuteranop

Tots els afectats explorats presenten el mateix tipus d'anomalia (són dicromats i de tipus deutan). No obstant això, ningú percep els colors exactament de la mateixa manera, cosa que s'evidencia també en les diferents respostes dels subjectes a estudi. Fins i tot entre membres d'una mateixa família –que comparteixen l'anomalia- com és el cas dels subjectes 1, 2 i 3, néts i avi respectivament. Les variacions s'evidencien també en els subjectes 1 i 2, que són bessons univitelins: comparteixin un mateix genotip[13] –provenen d'un mateix zigot-. Això demostra que les respostes no només varien en funció de la informació genètica sinó també de l'aprenentatge que ha rebut cadascú. Pel que fa al subjecte 4: semblaria deuteranop, però el test d'Ishihara no ha permès determinar-ho amb certesa.

1.6.2. Anomaloscopi

Els anomaloscopis són instruments òptics, és a dir, aparells basats en colors llum, no pas en colors pigment com els tests més coneguts. El subjecte no es limita a dir el que veu en un suport amb colors fixos i invariables com és una làmina pseudoisocromàtica. En l'anomaloscopi, l'examinador modifica els colors en funció de la visió de la persona que se sotmet al test.

L'anomaloscopi és l'instrument estàndard per diagnosticar, amb exactitud, defectes en la visió dels colors. Quan s'utilitza com a suplement, després de passar un altre test, com l'Ishihara, els resultats de l'anomaloscopi permeten una classificació acurada de qualsevol anomalia. Existeixen diversos tipus d'aparells: l'anomaloscopi de Nagel, el de Neitz, el de Pickford-Nicolson i temps enrere se'n podien trobar d'altres però ara ja no es comercialitzen. D'entre els tres que se citen –tots tres instruments òptics-, el més conegut és l'anomaloscopi de Nagel. Actualment existeixen altres anomaloscopis, més moderns, com ara el que s'ha obtingut per a realitzar aquest treball, que és electrònic.

Descripció i funcionament

L'aparell electrònic emprat es basa en principis semblants al de Nagel. Consta d'una pantalla circular, dividida en dues meitats: la part dreta es manté sempre de color groc; la meitat esquerra, en canvi, pot adquirir tons entre verd i vermell. El color d'aquesta darrera part es controla a través dels botons UP i DOWN. D'aquesta manera, si es prem UP (pujar), la meitat esquerra tendirà progressivament cap al color verd fins arribar al verd pur; i si es pitja DOWN (baixar), s'anirà tornant vermell fins arribar al vermell pur. Pel que fa a la meitat dreta (grogosa), no se'n pot modificar el color però sí la lluminositat: el groc es pot graduar de més fosc a més lluminós.

Anomaloscopi electrònic DAVICO.
(Foto: Olívia T.R.)

L'objectiu que es pretén aconseguir de les persones que se sotmeten a aquesta prova és d'igualar les dues meitats de manera que el subjecte observi els mateixos colors en les dues meitats de la pantalla. Per tant, caldrà graduar la meitat vermella-verda (de l'esquerra) fins a obtenir el mateix groc que el de referència (del qual no es pot modificar el to). Un discromatop i una persona amb visió normal manifestaran diferències en aquesta graduació, és a dir, necessitaran diferents proporcions de verd i de vermell per a aconseguir igualar les dues meitats. Aquest fet s'aprofita per detectar els diversos graus de les anomalies.

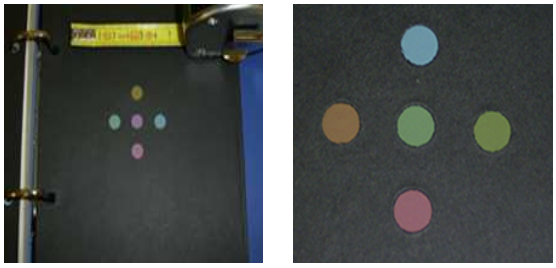
De tots els testos destinats a la detecció de problemes en la visió dels colors, l'anomaloscopi és el més difícil d'utilitzar (a més, és poc pràctic en consultes mèdiques). Per això l'ús d'aquest instrument es limita als àmbits de recerca científica. L'instrument requereix condicions molt precises. Per exemple, la prova s'ha de realitzar en una habitació fosca; l'observador s'ha de situar a una distància de 30 vegades la mesura del diàmetre de la pantalla; aquesta no es pot mirar fixament més d'uns pocs segons; i cal que l'observador estigui motivat per respondre amb precisió el que se li demana.

[13] **Genotip**: conjunt de gens heretats (una meitat de la mare i l'altra, del pare). **Fenotip**: manifestació externa del genotip (depèn del genotip però pot ser influït per l'ambient).

S'ha comprovat el cas dels cinc subjectes –els de la taula del test Ishihara anterior- per comprovar el grau i el tipus d'anomalia. Com a resultat s'ha obtingut que en els cinc casos es tracta de dicromats[14]. Els cinc subjectes veuen sempre les dues meitats de la pantalla iguals amb petites modificacions de la lluminositat. Quant al tipus de discromatòpsia sembla que tots siguin de tipus deutan malgrat que en els subjectes 4 i 5 no es pugui determinar del cert amb l'anomaloscopi de què s'ha disposat.

1.6.3. Altres testos

El test Ishihara no és l'únic mètode de detecció mitjançant làmines pseudoisocromades: destaquen en menor grau que aquest el City&University Colour Vision Test, el Test d'Ohkuma i el Test d'Ichikawa. Existeix també un altre grup de proves que no es basen en làmines pseudoisocromades sinó que el subjecte ha de classificar uns elements o peces de diferents colors seguint un ordre cromàtic establert. El test de classificació més conegut s'anomena Farnsworth-Munsell 100-hue (n'hi ha d'altres com ara el d'Holmgren). Tot seguit s'explicarà breument en què consisteix cada un.



Làmines del CUCVT. A la dreta s'observa un detall dels punts de colors. **(Fotos: Olívia T. R.)**

El City&University Colour Vision Test (CUCVT) consta de 10 làmines, amb un fons negre i es divideix en dues parts. La primera consta de sis làmines i cada una conté quatre punts de diferents tonalitats que envolten un punt central. El subjecte ha d'escollir quin dels quatre punts s'assembla més al del centre. En la segona part, la mida d'aquests punts es redueix però el mecanisme és el mateix (habitualment als discromatops els resulta més difícil discriminar el color de superfícies reduïdes).

El CUCVT, tot i analitzar tots els tipus de deficiències cromàtiques, en alguns casos la distinció entre protans i deutans resulta poc precisa, per això, una vegada s'ha detectat cal passar altres tests per determinar el tipus d'anomalia. Aquest test sol aplicar-se a persones adultes. La capacitat dels nens per entendre la tasca que se'ls demana en presentar-los el test determina si aquest podrà ser aplicat al pacient pediàtric en qüestió. En el cas del CUCVT, alguns infants poden trobar massa complexa la tasca de relacionar colors semblants perquè encara no els han assolit prou bé o per altres raons.

Làmines del test d'Ohkuma. **(Fotos: Olívia T. R.)**

Tant el test d'Ohkuma com el test d'Ishihara estan formats per punts de diferents mides i tons. En el d'Ohkuma, el conjunt de punts forma un cercle dins el qual els otrocromats veuen un anell obert per un punt o una lletra C. El subjecte ha de determinar on es troba l'obertura o, el que és el mateix, com està orientada la lletra C. Les làmines d'Ohkuma permeten detectar defectes per al vermell i el verd; és ràpid i fàcil d'aplicar. Es recomana per a nens majors de 3 anys.

Làmines del test d'Ichikawa. Es pot apreciar la forma digital dels números i la grandària de les làmines. **(Fotos: Olívia T. R.)**

El test d'Ichikawa és molt similar al d'Ishihara: també es basa en nombres però, a diferència d'aquest, el format és quadrangular, més gran i els

s bessons univitelins. S'ha realitzat un seguiment del cas (Universitat de Chicago) i Aurora Torrents (Universitat de C&U) i, sobretot, de l'anomaloscopi, s'ha considerat que la r tant, no presenten graus de daltonisme diferents.

orny

punt són tots de la mateixa mida. La forma dels nombres permet que els nens i nenes que encara no saben llegir-los puguin seguir fàcilment el número amb el dit assenyalant el camí o les línies que formen el número.

Quant als testos fonamentats en la classificació d'elements, destaca el Farnsworth-Munsell 100-hue. El test està format per quatre estoigs de fusta allargats i estrets que contenen 100 fitxes negres -25 per caixa-. Cada peça consta d'una pastilla d'un color determinat. Les peces es treuen de l'estoig i es barregen, llavors el subjecte ha de classificar les fitxes seguint un ordre de matisos que varií progressivament d'un to a un altre, és a dir, seguint una gradació. Cal discriminar el color i classificar-lo segons els criteris que es demanen (de verd a marró, per exemple).
El Farnsworth-Munsell 100-hue ha estat utilitzat per a la selecció de treballadors a la indústria americana i es pot aplicar fàcilment als nens o nenes. Tanmateix, els resultats no es consideren vàlids en infants menors de 9 anys -en general-. Aquest test permet una bona gradació de protanops, deuteranops i també dicromats de tipus tritan[15]. No obstant això, els defectes de la visió cromàtica i les anomalies no sempre són detectats correctament i individus deuteranòmals o protanòmals poden passar com a ortocromats. El test no distingeix els dicromats dels tricromats anòmals.

Es recomana l'ús del Farnsworth-Munsell 100-hue com a test d'exploració quan s'intueix algun defecte en la visió dels colors. Però, en cas de confirmar que el subjecte manifesta alguna anomalia, es recomana d'utilitzar altres proves per tal de precisar el defecte, com ara l'anomaloscopi. Com s'ha dit anteriorment, aquest instrument proporciona resultats bastant fiables sobre el grau de daltonisme i també del tipus.

Test Farnsworth-Munsell D-100 complet. Consta de quatre estoigs amb 25 peces de diferents tons a cadascun. **(Foto: Olívia T. R.)**

1.6.4. Testos infantils

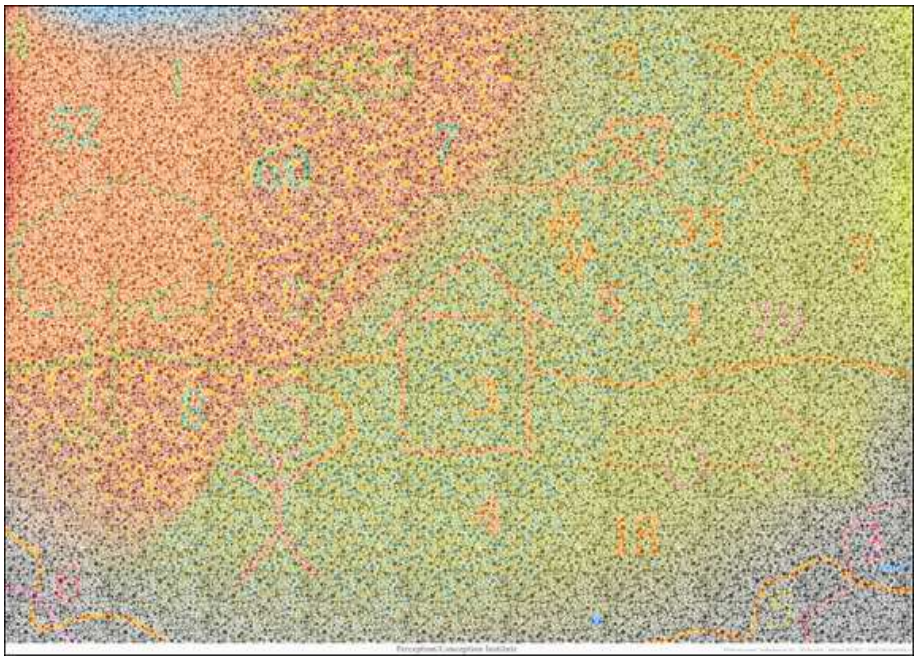
Per als nens i nenes d'entre 3 i 6 anys, la majoria dels testos anteriors no aconseguirien bons resultats (nens amb visió normal per als colors fallen el test). En vista de la importància d'una detecció precoç del daltonisme, s'han creat alguns testos adaptats a edats infantils. Els testos pediàtrics resulten més fàcils i ràpids d'administrar i són més econòmics que la majoria de testos convencionals. Aquestes característiques afavoreixen que els pediatres obtinguin i utilitzin el test i així es dugui a terme una exploració de la visió cromàtica en els infants. A més, com que el test s'ha adequat als coneixements i capacitats dels nens i nenes en edats pre-escolars, els resultats són més fiables que en els testos convencionals.

Els testos infantils substitueixen els nombres (com és el cas del test d'Ishihara) per objectes de fàcil identificació fins i tot per a infants de 3 i 4 anys: una estrella, un quadrat, un vaixell, un cercle, un

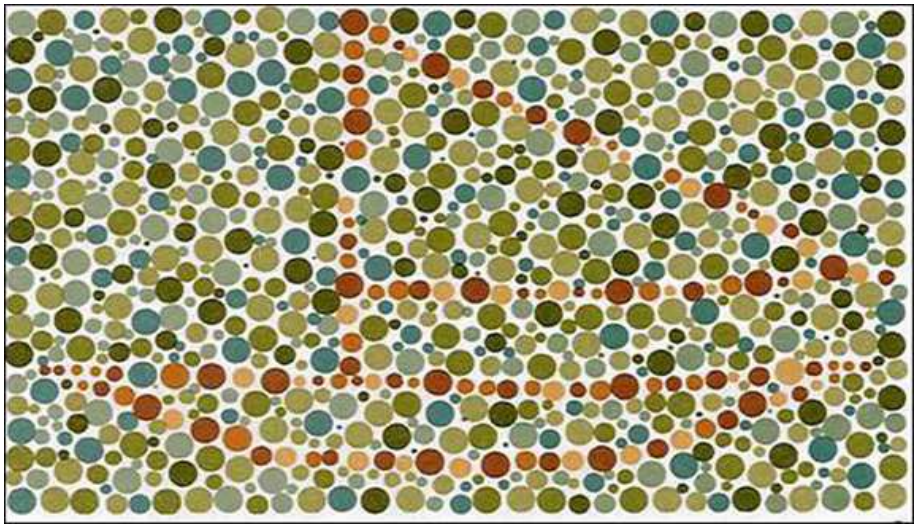
[15] La tritanopia acostuma a ser una anomalia adquirida, però també n'existeix d'hereditària. Cal tenir en compte que els testos emprats per detectar les discromatòpsies hereditàries i adquirides són els mateixos. En l'exploració, resulta interessant que quedi clar si es tracta d'una anomalia hereditària o adquirida ja que en aquest segon cas s'haurà d'iniciar un tractament per curar la malaltia causant de la pèrdua de visió cromàtica. En el primer cas, no s'iniciarà cap tractament, però caldrà informar-se sobre l'anomalia.

globus, un gos. Un d'aquests testos, el *Color Vision Testing Made Easy* ha estat dissenyat pel Dr. T.L. Waggoner, el qual afirma que:

> *Per utilitzar l'Ishihara, els infants necessiten conèixer els números que conté. Amb el "Color Vision Testing Made Easy", no necessiten conèixer els números. Recomano utilitzar Color Vision Testing Made Easy en pacients pediàtrics.*[16]



Làmina del Color Vision Testing Made Easy **(Imatge: T.L. Waggoner)**



Làmina pseudoisocromàtica especial per a infants.
Extreta de: **<www.carlomasci.it/ OP/test_daltonismo1.jpg>**

[16] WAGGONER, Terrace L. *About your evaluation website* [en línia] [ref. de dijous 10 de juny de 2004; 18:19]. Comunicació personal.

Vegeu annex V: Testos pediàtrics. Terrace L. Waggoner

1.7. LA REALITAT SOBRE LA DETECCIÓ

Si bé existeixen diversos mètodes per detectar les discromatòpsies, aquests s'apliquen poc sovint en l'àmbit sanitari. Aquesta realitat ha estat constatada per la majoria de persones entrevistades i fins i tot alguns especialistes (pediatres, infermeres i oftalmòlegs) ho reconeixen. De fet, no existeix cap protocol o sistemàtica on consti a quin àmbit pertoca la detecció de les discromatòpsies (oftalmologia, pediatria, òptica...) i tampoc s'ha establert una normativa que determini quins especialistes han de detectar aquestes anomalies d'importància menor, en quines ocasions, quins mètodes cal utilitzar, etc.

1.7.1. En l'àmbit pediàtric

El personal de pediatria, pel fet de tractar amb pacients en edat infantil, semblen ser els facultatius més indicats per dur a terme la detecció de possibles discromatòpsies[17]. A més, els pediatres són els que porten l'evolució dels infants i els realitzen revisions periòdiques de l'estat de salut i desenvolupament generals. Tenint en compte això, sembla evident que, a la pràctica, la detecció més efectiva del daltonisme seria l'aplicada a nivell de pediatria.

Actualment, en l'àmbit pediàtric, existeix el Programa del nen sa, en què hi consta la necessitat d'una revisió bàsica de tipus visual als 4 anys. Segons els Protocols de medicina preventiva a l'edat pediàtrica del Programa del nen sa, aquesta revisió ha d'incloure un examen general de la visió cromàtica. Un d'aquests protocols fa referència, per tant, a l'exploració de la visió dels colors en els infants de 4 anys:

> ***Anomalies en la visió cromàtica***
>
> *Aproximadament el 8% dels nens i el 0,5-1% de les nenes pateixen deficiències parcials del vermell-verd (protanopia i deuteranopia), mentre que tan sols el 0.0001% dels individus pateixen deficiències del blau-groc (tritanopia).*
>
> *La detecció precoç d'aquestes anomalies té menor importància, ja que el desenvolupament de la visió dels colors no és del tot coneguda i, d'altra banda, aquestes anomalies no tenen tractament.*
>
> *Tot i això, té interès detectar-los per tal de poder informar l'infant i la seva família de l'existència de l'anomalia, si no és que ja era coneguda, per tal de poder fer una correcta orientació professional. L'infant no hauria de dirigir els seus estudis cap a professions en les quals la visió cromàtica tingui molta importància.*
>
> Mètode d'exploració:
> *La detecció es farà mitjançant la utilització de la prova d'Ishihara i es considerarà anomalia qualsevol alteració de la visió cromàtica.*
>
> Criteri de derivació:
> *Les anomalies de la visió cromàtica no es derivaran a l'especialista, només es proporcionarà la informació i l'orientació professional a l'infant i la seva família.*

En teoria, seguint aquest protocol, als 4 anys s'hauria de practicar en els nens i nenes una revisió pediàtrica en què s'examinés la visió cromàtica. A la pràctica, però, els pediatres no solen dur-la a terme. S'ha preguntat a una pediatra i a una infermera del Centre d'Atenció Primària sobre la detecció d'aquestes anomalies i han esmentat que disposen del les proves per detectar-les (el Test Ishihara), però només les utilitzen si algú els ho demana, com a fet anecdòtic.

D'altra banda, Joan Sauleda, que ha estat el cap de pediatria de l'Hospital Vall d'Hebron de Barcelona (actualment visita en una consulta privada), assegura que els pediatres duen a terme una exploració de

[17] Vegeu annex VI: El daltonisme en la realitat. Clifford Lo

la visió cromàtica en les revisions, però no parla del test d'Ishihara com a mètode de detecció. El mètode que utilitza consta de quatre cercles de color negre, blanc, verd i vermell i el nen ha d'anomenar el color de cada cercle.

Tots els daltònics són capaços de distingir el negre del blanc i la majoria d'ells també distingeixen el color verd del vermell i els poden anomenar –sobretot si els tons no s'han escollit de manera acurada o els pacients són tricromats anòmals-. Aquest mètode d'exploració, per tant, no és vàlid. Gairebé tots els daltònics passaran la prova com si no ho fossin. En conseqüència, per explorar la visió cromàtica cal emprar un test fiable i ben calibrat com l'Ishihara o bé un test especial per a pacients en edat pediàtrica.

1.7.2. En l'àmbit oftalmològic

S'ha de realitzar una exploració oftalmològica als nens i nenes d'entre 3 i 6 anys que inclou diversos aspectes de la visió:

- Antecedents patològics
- Exploració de la mobilitat ocular
- Exploració del reflex pupil·lar
- Test Cover
- Test de visió estereoscòpica
- Agudesa visual a cada ull per separat
- Refracció objectiva

A diferència del que succeïa en la revisió pediàtrica del Programa del nen sa, les anomalies congènites de la visió cromàtica no s'han inclòs en aquesta revisió infantil estrictament visual. L'apartat més relacionat amb el daltonisme seria els antecedents patològics, però ja s'ha explicat abans que no es tracta de cap patologia sinó d'una anomalia genètica. A nivell oftalmològic, doncs, no existeix cap protocol ni sistemàtica sobre si és necessària una explorar en la visió dels colors, qui l'ha de dur a terme i en quines ocasions cal aplicar-la[18].

Com que no s'ha establert cap pauta d'actuació general per a tots els oftalmòlegs, cada professional actua segons el que considera més oportú: alguns passen el test d'Ishihara en les revisions, sobretot als individus de sexe masculí, i altres no l'utilitzen a menys que se'ls ho demani o detectin algun indici de discromatòpsia. En qualsevol cas, els oftalmòlegs presten més atenció a les discromatòpsies adquirides que a les congènites ja que la seva especialitat són les patologies de la visió.

A vegades, els pediatres, quan detecten alguna anomalia en la visió, deriven el pacient a l'oftalmòleg. Aquest verifica llavors si es tracta d'una discromatòpsia (hereditària o adquirida) i pot determinar aproximadament el grau i el tipus de d'anomalia que presenta. Seria convenient també que l'especialista informés el pacient i la seva família sobre què és el daltonisme, què el causa i a quines professions no es pot accedir pel fet que exigeixen una funció de la visió dels colors normal. El daltonisme no té tractament patològic, però detectar-lo i informar-se sobre què comporta i com es poden solucionar algunes confusions evita problemes i malestar als afectats.

Molt vinculats al camp de l'oftalmologia hi figuren els òptics optometristes. Aquests realitzen exploracions de la visió cromàtica ja que disposen de coneixement sobre la visió dels colors i dels tests que s'utilitzen per a detectar les discromatòpsies[19]. Els òptics optometristes solen disposar de testos

---

[18] Vegeu annex VI: El daltonisme en la realitat. Mario Miranda i Jean Leid

[19] Tothom pot utilitzar el test d'exploració de la visió cromàtica sempre que segueixi les instruccions d'ús i les condicions que requereix aquesta pràctica. Tot i així, se sol seguir el codi deontològic, pel qual semblaria que oftalmòlegs, òptics i pediatres són els professionals més indicats.

Vegeu annex VI: El daltonisme en la realitat. Rubén Cuadrado

d'aplicació ràpida -com ara un parell d'imatges petites de les làmines del test Ishihara, però no pas el test sencer- per detectar les discromatòpsies de manera general, normalment sense determinar el tipus ni el grau.

L'exploració de la visió cromàtica per part dels òptics no es du a terme en les revisions rutinàries per comprovar la graduació. Quan el client-pacient es visita per primera vegada, aquesta avaluació de la visió dels colors és més freqüent, així com d'altres aspectes de la funció visual. Com en els cas dels oftalmòlegs, però, aquest tipus d'exploració és opcional: per això succeeix que en algunes òptiques la fan i en altres no.

1.7.3. Importància de la detecció

Com que les discromatòpsies hereditàries no tenen tractament i es consideren anomalies poc importants en relació a qualsevol malaltia, no es dóna importància a la seva detecció precoç. Tanmateix, ho és. És important que els afectats i la seva família sàpiguen que el nen o la nena presenta aquesta anomalia. La detecció precoç pot pal·liar molts problemes: dificultats en l'aprenentatge, baix rendiment acadèmic, situacions d'incomprensió per part de l'afectat amb conseqüències en l'estat emocional i una propensió a la inseguretat o desconfiança en un mateix.

Un estudi realitzat entre els anys 1998 i 2000 per Pia Grassivaro Gallo, de la Universitat de Padua (Itàlia), juntament amb altres autors, determina alguns aspectes psicològics dels alumnes daltònics. Aquest estudi va ser realitzat al sud d'Itàlia amb una mostra de 63.933 nois i noies d'entre 11 i 14 anys. I també es va passar un qüestionari a 3.082 mestres per determinar el seu grau de coneixement sobre l'anomalia.

L'estudi demostra que els alumnes daltònics estan menys satisfets pels resultats acadèmics que els ortocromats. A més, es va observar que els alumnes discromatops eren més grans (d'edat) que la resta en el mateix curs: això suggeriria que l'alumne daltònic troba més dificultats del normal al llarg de l'aprenentatge i ha repetit algun curs. Els mestres, per la seva banda, estaven poc informats sobre el daltonisme: el 39% declarava posseir coneixements personals sobre l'anomalia; el 58% en tenia una idea general; i el 3% restant no coneixia el significat exacte del terme *daltonisme*.

Estudis anteriors ja havien constatat que els resultats acadèmics dels alumnes daltònics són, en general, inferiors als dels que perceben els colors normals. Una anàlisi realitzada per Pia Grassivaro Gallo i altres autors entre 1993 i 1994 amb una mostra de 3124 nois (només mascles) de 10 a 15 anys, va posar de manifest que la qualificació mitjana obtinguda pels alumnes amb deficiències en la visió cromàtica era sempre inferior respecte la dels ortocromats. Van sorgir diferències significatives en totes les assignatures excepte educació física i educació visual i plàstica (art).

Alguns autors atribueixen al daltonisme una tendència a la desconfiança en un mateix, la personalitat defensiva en els joves i fins i tot estats depressius –sobretot quan l'afectat no és conscient de ser daltònic-. L'estudi afirma que les diferències entre la percepció normal dels colors i la discròmata no es limiten a un fet biològic: el daltonisme no detectat pot originar un desequilibri entre els factors psicològics i socials. Les conseqüències de les discromatòpsies es poden manifestar, per tant, en la vessant psicològica de la persona i en les seves relacions socials.

P. Grassivaro, M. Panza, P. B. Lantieri i altres autors afirmen en el seu treball que entre un 94% i un 96% dels nens discromatops (a Itàlia) desconeixen el seu defecte. Encara que, tard o d'hora, molts dels daltònics amb un grau sever d'afectació s'acaben adonant que veuen els colors de manera diferent de com els veu la majoria, seria convenient assabentar-se'n al més aviat possible. Els afectats que no han estat detectats se n'adonen amb el temps, després de repetides confusions i situacions en què es posa de manifest la condició de daltònic. Però les discromatòpsies no sempre resulten evidents, sobretot en el cas de les anomalies més lleus. Per aquest motiu és probable que la majoria de deuteranòmals i protanòmals lleus desconeguin la seva condició.

Malgrat que la deficiència sigui lleu i un no se n'hagi adonat –perquè no suposa un problema-, la discromatòpsia pot ser un motiu per ser refusat o refusada de certes professions: pilot d'aviació i naval, policia, mosso d'esquadra, conductor de metro, autobús, etc. En els càrrecs o oficis públics en què per accedir-hi s'ha de passar un concurs, és probable que els daltònics en quedin exclosos a causa de la seva condició. També cal tenir en compte que cada empresa demana uns requisits en els seus treballadors. Així, als daltònics, se'ls poden negar algunes feines que exigeixen distingir bé els colors, com ara en els controls de qualitat, en el camp de l'electricitat i l'electrònica, en empreses químiques, etc.[20]

[20] Vegeu annex VII: Entrevistes als afectats

ANNEXOS

INTRODUCCIÓ ALS ANNEXOS

Les pàgines que segueixen contenen informació complementària o molt vinculada al treball *Daltonisme a l'escola. Quan el color és una dificultat afegida*. Els annexos consten d'entrevistes, documents i e-mails que no s'ha cregut convenient d'incloure en el treball, però que hi estan molt relacionats, ja sigui perquè se n'ha extret informació o, sobretot, perquè s'hi amplien temes que en el treball només s'esmenten de manera molt genèrica. En els annexos que segueixen es presenta només una mostra dels documents que s'han considerat més rellevants i més relacionats amb el treball.

La informació es troba bàsicament en forma d'entrevistes o e-mails. La majoria d'entrevistes s'han realitzat personalment; en cas contrari s'indica que han estat enviades per correu electrònic. Quant als e-mails, cal destacar que s'han reproduït les respostes tal com s'han rebut, sense traduir-les. Així, com que s'ha volgut ser fidel a les respostes donades pels especialistes o afectats, la majoria estan escrits en anglès. També n'hi ha alguna en francès, en castellà i en català, segons la llengua per a la qual hagi optat la persona que respon. Les entrevistes i els e-mails s'han organitzat en apartats seguint un criteri temàtic i l'aparició d'aquests en el treball. En total consta de vuit apartats.

L'*annex I* fa referència a una consulta lingüística realitzada al DIEC sobre la definició del terme *daltonisme* i sobre els adjectius *daltonià* i *daltònic*. A propòsit d'això, es va suggerir una revisió lingüística al DIEC i al DRAE. Fins el moment present, cap dels diccionaris ha modificat la seva definició, però el DIEC va respondre a la consulta.

L'*annex II* inclou un seguit d'entrevistes i e-mails de persones especialitzades en el tema de la visió o del daltonisme. S'ha realitzat dues entrevistes: a una professora d'òptica i a una oftalmòloga. La resta són una mostra molt reduïda dels qüestionaris o consultes a alguns especialistes. Només hi figuren els que han semblat més oportuns pel treball, intentant abastar especialistes d'àmbits diferents per tal de mostrar diferents punts de vista sobre un mateix tema. Amb alguns d'aquests especialistes s'hi ha mantingut contacte amb força regularitat durant la realització del treball.

L'*annex III* està relacionat amb una de les professions conflictives per als daltònics més conegudes: pilot d'avió. Per esdevenir pilot d'aviació es demana, entre altres requisits, una visió normal per als colors. En conseqüència, es nega l'entrada als daltònics (fins i tot als més lleus). Aquest apartat consta d'un escrit en què un pilot que presenta l'anomalia –és daltònic- explica la seva visió del fet que els daltònics no puguin ser pilots. També s'ha inclòs un qüestionari a una persona que ha d'aplicar aquestes normes i controlar que els pilots compleixin els requisits que se'ls demana.

L'*annex IV* és una mostra de les converses per correu electrònic mantingudes amb Joel Pokorny. Al començament es tracten aspectes diversos referents al daltonisme, però el tema de seguida se centra a l'estudi d'un cas concret: uns bessons discromatops. Inicialment va semblar que podien manifestar graus diferents de discromatòpsia i es va realitzar un seguiment rigorós del cas. Finalment, els resultats van descartar la hipòtesis que els bessons presentessin graus diferents. Així doncs, com que els resultats eren els esperats –els normals- en qualsevol parella de bessons univitalins, es va considerar que no era pertinent d'incloure l'estudi al treball; a més aquest estudi sortia del tema de la detecció. Tot i així el procediment emprat en l'exploració visual resulta interessant i s'han inclòs els resultats de l'estudi a l'entrevista realitzada als bessons (*annex VII*).

En l'*annex V*, el dissenyador d'un test d'exploració de la visió cromàtica defensa el seu test. A continuació, a l'*annex VI*, s'han inclòs entrevistes i e-mails que mostren diferents punts de vista sobre la realitat actual del daltonisme. S'ha escollit també una mostra dels que aporten informació més rellevant. A part dels inclosos en l'annex, s'ha consultat a altres especialistes per via telefònica o personalment (en visites). Alguns fragments de les converses telefòniques se citen en el treball; la resta, s'han tingut en compte i han aportat informació i opinions igualment útils i d'interès per al treball, però no s'han transcrit, com ha succeït també amb alguna visita personal.

L'*annex VII* és un dels més rellevants, ja que l'integren diverses entrevistes realitzades a diferents persones amb daltonisme que proporciona una visió subjectiva de l'anomalia: la visió dels mateixos afectats. De les explicacions i vivències d'aquestes persones se n'ha extret molta informació, però, a més, les entrevistes mostren diferents maneres de conviure amb l'anomalia i anècdotes curioses conseqüència de la percepció daltònica dels colors. El fet d'entrevistar-se personalment amb daltònics permet observar la seva postura, les preocupacions i les creences (algunes, errònies) sobre l'anomalia que manifesten i permet també comparar casos. Per l'extensió d'aquestes, s'ha considerat oportú de recollir-les en un annex i no pas dins una secció del mateix treball.

S'han inclòs, entre aquestes entrevistes, alguns estudis realitzats a persones daltòniques per tal de determinar el tipus i grau de la seva anomalia. Els resultats d'aquests estudis s'esmenten en el treball i fins i tot hi apareix una taula, com ara la del test Ishihara. No s'han estudiat tots els casos perquè aquest no era l'objectiu del treball i això requereix disposar del material específic (els testos d'exploració) durant un període llarg de temps. A més, quan finalment s'ha pogut accedir a aquest material, les entrevistes ja estaven fetes .

Per últim, a l'*annex VIII*, es presenta un qüestionari respost per una mestra de Pàrvuls, amb la qual s'ha mantingut diverses visites. D'aquestes se n'ha extret gairebé tota la informació del treball sobre l'Educació Infantil. El qüestionari és una mostra limitada de les explicacions i el material que ha proporcionat per al treball. De fet, els annexos que s'han triat són només el material més representatiu, escollit segons la relació que té amb el treball i l'interès humà –i també científic- que aporta en moltes ocasions.

➢ ANNEX I: Consulta lingüística

[Consulta lingüística[21] a través del correu electrònic a l'Oficina de consultes de l'Institut d'Estudis Catalans. Se'ls preguntava per què l'adjectiu *daltònic* no es troba inclòs en el DIEC i en canvi sí que s'accepta daltonià; si es pensava incloure'l; i se'ls suggeria de revisar la definició de la paraula *daltonisme*.]

EL DIEC RESPON:

Senyora,

En resposta a la vostra consulta us hem de dir que la distribució dels sufixos en la formació de mots presenta punts de confluència entre diferents sufixos. Aquest seria el cas de l'exemple que plantegeu.
L'adjectiu ***daltonià*** *prové del nom propi Dalton i s'ha creat amb el sufix més productiu a l'hora de formar adjectius provinents de noms propis, és a dir el sufix "-ià / -iana" i la seua variant "-à / -ana". Però aquest no és l'únic sufix que es pot emprar en aquest apartat, sinó que també tenim "-esc / esca"; -í / -ina; "-ic / -ica". Això fa que també puguem trobar "daltònic", tot i que, en principi no s'accepta.*

Ara com ara, la forma "daltònic" figura a la Base de dades de les Oficines Lexicogràfiques i està pendent d'estudi per decidir si cal o no donar-la d'alta en el DIEC. Aquesta és l'única informació que us podem donar de moment. Hem demanat si hi havia alguna novetat en aquest sentit. Així, doncs, si hi ha alguna decisió sobre aquest terme, us ho farem saber. Mentrestant, us aconsellem fer servir només "daltonià"

Pel que fa a la definició de "daltonisme", el DIEC ha mantingut la definició del DGLC (el diccionari Fabra) perquè en la revisió feta pels especialistes de l'àrea no es va pas indicar el contrari. Si us sembla que caldria esmenar-la, podeu fer-nos arribar una proposta en aquest sentit, com més documentada i argumentada millor.

Cordialment,

Roser Vernet Anguera
Oficina de Consultes
Institut d'Estudis Catalans
C/ Carme, 47
08001 Barcelona

[21] VERNET ANGUERA, Roser [Oficina de consultes del DIEC]. *Daltonià, daltònic* [en línia] [ref. de dimarts 11 de maig de 2004; 11:45]. Comunicació personal.

➢ ANNEX II: Especialistes relacionats amb la visió

• *Aurora Torrents*

[Reproducció de la informació obtinguda en una visita-entrevista amb Aurora Torrents: diplomada en Òptica i Optometria**,** Psicòloga i professora d'òptica fisiològica a l'Escola Universitària d'Òptica i Optometria de Terrassa.]

La visió

1. **Per què es produeix la sensació de color?**
   Perquè hi hagi sensació de color calen tres elements: llum, un objecte i un observador. Si un dels tres no hi és present, no hi haurà color. Per exemple, encara que hi hagi un objecte i un observador, si no hi ha llum no es podrà parlar de color. Un objecte il·luminat però que no és observat per ningú tampoc no tindrà cap color. Ningú no sap com és la percepció de color d'una altra persona, només sabem que el procés és similar en la majoria de persones perquè ens posem d'acord en donar nom al color de les coses.

   Els raigs de llum, solar o artificial, normalment són emesos en totes les direccions. Una part d'aquests raigs incideixen sobre els objectes. La radiació total que rep l'objecte esdevé: raigs transmesos (travessen l'objecte), raigs absorbits (l'objecte els reté) i raigs reflectits (reboten). Així, segons el grau de transmitància que manifesti l'element en concret, parlarem d'un cos opac o transparent (quanta més transmitància, més transparència). L'absorbància mesura la quantitat de radiació que el material absorbeix o reté a causa de les seves propietats. Per últim, la reflectància mesura el percentatge de radiació que és reflectida pel material en qüestió.

   La radiació reflectida per l'objecte, incidirà a la retina estimulant determinats cons (segons la longitud d'ona que arribi). L'ull humà només és capaç de percebre l'anomenat espectre de la llum visible, les longituds d'ona que es troben entre 380nm i 780nm. L'estímul es transmet fins a la part occipital del cervell, la qual governa la visió; allà el subjecte adquireix consciència del color.

2. **Com funcionen els cons? Què els caracteritza? Canvia el nombre d'aquestes cèl·lules en cada persona?**
   Els cons permeten tenir visió diürna, també anomenada fotòpica. N'hi ha de tres tipus: S (short wave length), M (medium wave length) i L (large wave length). Els pigments que determinen les longituds d'ona per a les quals cadascun dels cons és sensible són *cyanolabe*, *chlorolabe* i *eyithrolabe* respectivament. Cada pigment té un punt màxim d'absorció a una determinada longitud d'ona i abasta una part de l'espectre visible. Antigament s'utilitzava la nomenclatura segons els pigments però avui dia s'opta per les inicials angleses.

   El nombre de cons pot variar en cada persona, ja sigui en quantitat (nombre de cons totals) com en qualitat (en certes anomalies falten algun tipus de cons). D'altra banda, la proporció de cons S és inferior a la resta. Evolutivament, el con S va ser el primer a desenvolupar-se quan els éssers vius es trobaven en medis aquosos i, per tant, necessitaven distingir certes formes dins l'aigua.

3. **Com funcionen els bastons? Què els caracteritza? Canvia el nombre d'aquestes cèl·lules en cada persona?**
   Els bastonets permeten la visió nocturna o escotòpica. Són tots iguals i es caracteritzen per un pigment anomenat rodopsina. La vitamina A té un paper fonamental en el procés de captació de la llum. El nombre de bastonets pot variar segons la persona.

4. **Per què els nervis òptics de cada ull (i molts altres) es creuen per arribar al costat contrari del cervell?**
   Quan mirem un objecte o ens fixem en un punt (punt de fixació) cal moure el cos, el cap i els ulls de manera que els raigs que reflecteix el punt de fixació incideixin en línia recta sobre la fòvea (punt de la retina on es troba la màxima concentració de cons). Però també percebem un camp visual força ampli que envolta el punt de fixació. Això és gràcies al quiasma òptic: zona on la part del nervi òptic corresponent a la retina nasal de l'ull dret i l'esquerre es creuen. Això permet unir les dues informacions parcials d'una imatge, ja que un mateix objecte es projecta sobre la retina temporal d'un ull i la nasal de l'altre. D'aquesta manera, la informació del camp visual que es troba a la dreta del punt de fixació arriba a l'hemisferi dret del cervell (a la zona occipital) i viceversa.

Daltonisme

1. **Mentre estudiava, van dedicar-li gaire temps al tema sobre les dificultats en la percepció dels colors? Era un tema important o més aviat suplementari?**
   Hi vam dedicar temps suficient: se'ns va informar bé sobre aquest tema i era una part important.

2. **Com definiria el *daltonisme*? Expliqui a quin tipus d'anomalia fa referència aquest nom.**
   Daltonisme és el nom vulgar amb què es coneix la deuteranopia, el tipus d'anomalia en la visió cromàtica que presentava Dalton. Popularment s'anomena daltonisme a qualsevol tipus d'anomalia en la visió dels colors. A més, es creu erròniament que és una malaltia; jo ho definiria més aviat com una anomalia.

3. **Com es classifiquen les anomalies en la visió dels colors? Anomeni les més habituals.**
   Es classifiquen segons el nombre de cons que conté la retina. Cal tenir en compte, però, que en cap de les següents anomalies s'observa una manca de bastonets.

   - Acromatòpsia: Absència de cons a la retina, només hi ha bastonets. Aquesta anomalia sol anar acompanyada de nystagmus i fotofòbia. El nystagmus és un moviment oscil·latori del globus ocular que pretén fer arribar la llum reflectida del medi a una zona circular que envolta la fòvea, on hi ha la màxima concentració de bastonets. Com que els acromatops no posseeixen cèl·lules fotoreceptores a la fòvea, han d'utilitzar els bastonets del voltant. La fotofòbia es refereix a la intolerància a la llum: els acromatops solen portar ulleres fosques i són gairebé cecs durant el dia. La visió dels acromatops és en blanc i negre.

   - Monocromatòpsia: Presència d'un sol tipus de cons (con S). Malgrat això, la visió continua essent en blanc i negre.

   - Dicromatòpsia: Presència de dos tipus de cons. S'anomenen protanops aquelles persones amb els cons S i M; deuteranops els que tenen els cons S i L; i tritanops els que presenten M i L (aquest darrer cas és molt poc freqüent).

   - Tricròmatopsia anòmala: Presenten els tres cons que caracteritzen l'espècie humana però un dels tres és anòmal: el punt de màxima absorció es troba desplaçat respecte les persones amb visió cromàtica normal. Es classifiquen en deuteranòmals (SM'L), protanòmals (SML') i tritanòmals (S'ML).

   Les anomenades anomalies vermell-verd solen ser congènites i afecten a un 8% dels homes; en canvi les anomalies groc-blau quasi sempre són adquirides (poc freqüents).

4. **El daltonisme pot ser símptoma d'algunes malalties? Quines?**
   Algunes intoxicacions (alcohol i altres drogues) i malalties com la diabetis i altres patologies degeneratives de la retina cursen amb una aparició de defectes en la percepció de colors. Aquestes malalties sorgeixen a edats molt diverses i afecten als dos sexes. L'ideal és detectar-les al més aviat possible per iniciar els tractaments corresponents.

5. **S'utilitzen els mateixos testos per detectar el daltonisme hereditari de la pèrdua total o parcial de la visió cromàtica?**
   Sí, són les mateixes. N'hi ha diversos: el test d'Ishihara, l'Ohkuma, l'Ichikawa, el City&University, el Farnsworth Munsell. Tots tenen avantatges i inconvenients o estan més encarats a detectar certs aspectes de la visió cromàtica.

6. **Què és més freqüent el daltonisme hereditari o l'*adquirit*?**
   L'hereditari.

7. **Existeix algun protocol per a la detecció del daltonisme?**
   No en conec cap protocol que determini el tipus de test que s'ha d'utilitzar (n'hi ha diversos) ni que concreti l'obligatorietat d'una revisió on s'hagi de dur a terme aquesta prova.

8. **Qui està autoritzat a passar els testos Ishihara o altres?**
   Oftalmòlegs i òptics són els més indicats segons el codi deontològic. No obstant això, tothom que pugui aconseguir els testos pot passar-los, res ho prohibeix.

9. **Quines són exactament les feines que no poden realitzar els daltònics? Els motius són consistents?**
La més coneguda és pilot d'aviació però n'hi ha d'altres. Cada empresa exigeix els requisits que li convenen i una bona visió cromàtica pot ser un factor molt valorat, sobretot en empreses tèxtils i en els controls de qualitat dels aliments i en arts gràfiques. De fet, qualsevol feina que es basi en el color és més dificultosa per un daltònic que per una persona amb visió cromàtica normal.

10. **Existeix alguna solució per mitigar les confusions de colors (llentilles que augmenten el contrast, etc.)?**
Existeixen unes lents de contacte, normalment monoculars, de color magenta, però no solucionen gaire res. Pel fet de ser magenta alteren tots els colors que el daltònic percep sense la lent, per tant, pot arribar a distingir dos colors que abans veia iguals (podria veure el número del test Ishihara, per exemple).

    D'altra banda, també canvien alguns colors que prèviament sí que distingia. He provat aquestes lents en nens daltònics i no solucionen el problema que tenen amb els llibres de text, per exemple.

11. **És casual que el daltonisme afecti més a la "raça" blanca? Ha augmentat el percentatge de daltònics en la població, evolutivament parlant?**
Que el daltonisme afecta més a la "raça" blanca és una realitat, però no conec els motius. Quant al percentatge, ja fa molt temps que es parla del famós 8% dels homes i 0,4% de les dones, tot i que en algun estudi que he realitzat sempre n'hi he trobat molts menys (la meitat, aproximadament). Tinc la impressió que ha disminuït, però no ho afirmo.

12. **Pot ser que els daltònics tinguin problemes de pigmentació (en general a tot el cos) a part dels cons? És a dir, estan relacionats els pigments de tot el cos?**
Els pigments dels cons no estan relacionats amb la resta de pigments del cos (la melanina de l'iris, etc.). Així, no hi hauria cap relació entre el daltonisme i problemes de pigmentació de la pell, ni coincidències en el color dels ulls, etc.

- ***Sílvia Sanz***

[Informació obtinguda d'un qüestionari respost per Sílvia Sanz: oftalmòloga. Exerceix la professió des de fa quatre anys i actualment és metge adjunt de l'Hospital de Bellvitge (Hospitalet).]

1. **Mentre estudiava, van dedicar-li gaire temps al tema sobre les dificultats en la percepció dels colors? Era un tema important o més aviat suplementari?**
   Les discromatòpsies, terme general per anomenar les alteracions en la visió dels colors, és un símptoma ocular que majoritàriament els oftalmòlegs utilitzem en la detecció i seguiment de trastorns adquirits (neuropaties òptiques o maculopaties).

   Els trastorns congènits, per ser majoritàriament asimptomàtics, ens poden passar desapercebuts si no els explorem específicament. Així que és el primer grup de patologia al que dediquem major atenció.

2. **Com definiria el *daltonisme*? Expliqui a quin tipus d'anomalia fa referència aquest nom.**
   el daltonisme és un trastorn únic entre totes les discromatòpsies. Així, crec que és millor referir-se a discromatòpsies congènites i adquirides; el daltonisme entra dintre del primer grup. El daltonisme és una ceguera total als colors. Es tracta d'un trastorn hereditari recessiu lligat al cromosoma X. Per aquesta raó, afecta amb més freqüència als homes, mentre que les dones solen ser portadores del gen.

3. **Com es classifiquen les anomalies en la visió dels colors? Anomeni les més habituals.**
   La visió dels colors en els homes es basa en l'existència a la retina de tres tipus de fotoreceptors (cons) que responen de forma específica a diferents longituds d'ona. Aquestes longituds d'ona són de 552 ó 557 nm pel vermell, 530 nm pel verd i 426nm pel blau. Així, si el tricròmata és aquella persona amb visió normal pels tres pigments, els trastorns de la visió dels colors es pot classificar de forma general :

   A. CONGÈNITS:
   - TRICROMATÒPSIES ANÒMALES: protanomalia, deuteranomalia i tritanomalia.
   - DICROMATÒPSIA: protanopia, deuteranopia i tritanopia.
   - MONOCROMIA
   - ACROMATÒPSIA

   B. ADQUIRITS
   - CROMATÒPSIES
   - DISCROMATÒPSIES: de l'eix vermell-verd, de l'eix blau-groc i sense eix aparent o acromatòpises.

4. **El daltonisme pot ser símptoma d'algunes malalties? Quines?**
   Les discromatòpsies adquirides i les cromatòpsies poden posar de manifest problemes oculars o sistèmics que afectin la via òptica. Els pacients poden percebre els objectes amb un color que no existeix (cromatòpsia), per exemple si pateixen una hemorràgia vítria o en intoxicacions per CO, bolets, alcohol, amfetamines o medicaments (digital, sulfamides, cloramfenicol).

   Les discromatòpsies pròpiament dites poden posar de manifest:

   - Patologia retiniana perifèrica :
     - Retinopatia diabètica
     - Retinosis pigmentaria
     - Miopia patològica
     - Oclusions vasculars retinianes.

   - Patologia macular : Degeneracions macular hereditàries o adquirides.

   - Patologia de nervi òptic i quiasma:
     - Tòxica (metanol, cloranfenicol, etanbutol)
     - Nutricional (per dèficit vitamínic)
     - Inflamatòria i infecciosa (per exemple en l´esclerosi múltiple)
     - Traumàtica
     - Tumoral (per exemple, per un glioma o un tumor a la hipòfisi)

5. **El daltonisme congènit (hereditari) s'explica per la falta de certs fotoreceptors a la retina (un dels tres tipus de cons). Com s'explica la falta de visió dels colors (adquirida)?**
   Els cons contenen pigments sensibles a diferents longituds d'ona. Els gens contenen la informació per sintetitzar el pigment. Si la síntesi es deficitària per una informació genètica anòmala, es produeix una percepció dels colors defectuosa .

6. **A quina edat solen sorgir aquestes malalties? A quin sexe solen afectar?**
   Els trastorns congènits, per ser majoritàriament asimptomàtics, són una troballa casual en una exploració oftalmològica a l'edat pediàtrica o per una consulta de joves o adults que constaten dificultats per identificar colors. Les adquirides es manifesten en el moment que apareix la malaltia que les causa. Les congènites son més freqüents en els homes; en canvi, en les adquirides no hi ha diferencia entre sexes.

7. **Es pot curar o mitigar el "daltonisme adquirit"? Com?**
   Les discromatòpsies congènites no tenen tractament en aquests moments. En el cas de detectar una discromatòpsia adquirida haurem de buscar la causa que la produeix i indicar el seguiment i tractament adequat. .

8. **Quant al daltonisme adquirit, cal detectar-lo en l'etapa infantil? Per què?**
   La detecció precoç de les discromatòpsies congènites no ens modifica l'actitud terapèutica. Per contra, la detecció precoç de la causa de les discromatòpsies adquirides pot condicionar el tractament i el pronòstic del pacient.

9. **S'utilitzen els mateixos testos per detectar el daltonisme hereditari i la pèrdua total o parcial de la visió cromàtica (adquirida)?**
   Sí. El més freqüent és el Test d'Ishihara.

10. **Què és més freqüent el daltonisme hereditari o l'*adquirit*?**
    Són més freqüents les discromatòpsies adquirides.

La detecció

11. **Existeix algun protocol per a la detecció del daltonisme?**
    No existeix un protocol establert. L´ exploració de la visió cromàtica per a la detecció de discromatòpsies congènites és opcional. El test més utilitzat és el d'Ishihara. Pot explorar-se en nens a partir dels 6 anys. La seva detecció precoç permet informar a pares i mestres i pot tenir implicacions professionals futures.

12. **A quina edat es fa (o s'hauria de fer) una revisió de la vista en els nens i nenes?**
    La recomanació general és fer una exploració oftalmològica abans del 4 anys a tots els nens per tal de descartar i prevenir qualsevol possible causa d´ambliopia. Si s'observa qualsevol alteració abans dels 4 anys, cal consultar-ho en el moment en què es detecta.

13. **A aquestes revisions s'ha de passar sempre un test per a detectar el daltonisme o només si els pares o pacients ho demanen? Quan ho fa vostè?**
    L'exploració dels 3 a 6 anys hauria d'incloure:
    - Antecedents patològics.
    - Exploració de la mobilitat ocular
    - Exploració del reflex pupil·lar
    - Test Cover.
    - Test de visió estereoscòpica
    - Agudesa visual a cada ull per separat.
    - Refracció objectiva .

14. **Quins testos utilitza per detectar el daltonisme a l'edat infantil (2-6 anys)? Són els mateixos que passa als nens i nenes a partir de 7 ó 8 anys o als adults?**
    A l'edat infantil, el més utilitzat és el d´Ishihara. Altres tests són altres làmines isocromàtiques com Stilling, Test de Boström i l'Americà de Hardly-Rand-Ritter o el test de Farnswoth-Munsell.

15. **En quines condicions s'han de passar aquests testos?**
    En el cas de làmines isocromàtiques com el test d´Ishihara hauria de fer teòricament amb llum natural, a uns 75cm de distància i formant angle recte amb l'eix visual.

16. **Quantes làmines utilitza quan fa la prova per detectar el daltonisme? Determina el tipus de daltonisme i el grau o només els diu que són "daltònics"?**
    Normalment es passen 20 làmines del Test d´Ishihara que ens permet etiquetar al pacient com a discromatop.

17. **Ha detectat gaires daltònics fins ara? Quants aproximadament? De quines edats? Alguna dona entre ells?**
    Molts pacients ho sol·liciten perquè tenen algun antecedent familiar. També és freqüent la consulta en pacients que volen accedir a una professió amb una alta exigència visual com ser pilot comercial o mosso d'esquadra que requereix una funció visual dels colors normal.

18. **Quines preguntes o comentaris li solen fer quan els fa saber el problema visual que tenen? Com s'ho pren la gent?**
    Les preguntes més freqüents són quina és la causa, si existeix algun tractament efectiu i si té alguna implicació important en la funció visual o pot empitjorar.

19. **Ha observat alguna regularitat (trets comuns) entre els pacients daltònics? Quines?**
    Els pacients amb discromatòpsies congènites no presenten necessàriament altres alteracions oftalmològiques a destacar. Donat que és un trastorn bastant conegut entre la població general, la seva detecció no provoca problemes importants al pacient. És important donar una informació clara de la patologia i en el cas de detectar-se en nens és convenient informar al mestre perquè pugui ensenyar estratègies per minimitzar la confusió.

- ***Joe Carroll***

[Comunicacions personals per mitjà del correu electrònic amb el Professor Joe Carroll: llicenciat (B.S) en Biologia Humana (1997) a la Univertitat de Wisconsin–Green Bay i doctor en Biologia Cel·lular, Neurobiologia i Anatomia (2002) al Medical College of Wisconsin. Joe Carroll és un científic destacat en l'àmbit de la visió cromàtica humana. En una de les investigacions dirigides pel Dr. Carroll, el seu equip científic va observar per primera vegada la composició dels fotoreceptors a la retina humana en discromatops.]

DEFECTES EN ELS CONS[22]:

Dear Olivia,

The traditional way of thinking was indeed that in deuteranomaly (and deuteranopia) M cones were replaced by L cones. In deuteranomaly, the M cones are replaced by a slightly altered L cone, and in deuteranopia the M cones are replaced with a standard L cone. However, there was no real evidence for this, and many people just believed it.

It turns out that based on molecular genetics (see Deeb, Mollon, Nathans, Netiz, among others) that there should be cases where there is no replacement. This is what we found - a deuteranope who is missing his M cones, and they were not replaced by L cones. So behaviourally, he looks no different than any other deuteranope. But microscopically, he is quite different.

The incidence of color blindness has not risen recently, but it does vary greatly among different human populations.

Hope this help.
Joe

DISTRIBUCIÓ DEL DALTONISME AL MÓN:

Dear Mr. Carroll,

Thank you for your e-mail.

In my first e-mail I tried to ask you why there is more "western" (or "white") red-green colorblind people than other ethnic groups. Do you know the proportion of any ethnic group?

Is that possible that in the western world the necessity to distinguish some shades (red anb green) has disappeared? I mean that the red-green colorblind condition isn't an inconvenient for the "natural selection", so there isn't any selective pressure. Otherwise, other ethnic groups that use to recollect fruits (red or orange) and distinguish animals behind the grass need the three cones to survive. May that be an hypothesis?

Moreover, about your investigation, didn't you find two types of deuteranopy (I mean two "phisical" ways of being deuteranope or protanope? Have you named the two types differently or it's called deuteranopy as well?

Best regards.
Olívia

[22] CARROLL, Joe. *A project about red-green colorblind children.* [en línia] [ref. de dilluns 30 d'agost de 2004; 0:51]. Comunicació personal.

RESPOSTA DEL PROF. J. CARROLL[23]:

Dear Olivia,

Yes, the incidence is higher in Western populations. There are a number of good papers which describe the variations across the world - in fact, in Italy there are studies showing regional variation. There is a paper in Color Research & Application, by Ted Sharpe & colleagues which shows a colored map of the world, indicating different incidences of color blindness. It is based on an old book, which I cant remember the autor of. I am currently in Australia, so dont have access to the papers, but I can send you full references when I return from Spain (I go there from here in a week's time).

There are hypotheses like you describe, put forth by Pickford & Post a long time ago, which suggest that industrialized people have a higher incidente because of a relaxation of selective pressures.

Yes, we technically have 2 types of deuteranopia (and we believe there exist 2 types of protanopia). They have no special name, since the red/green defects are still clasically defined by the functional déficit (in the deutan case, it is a loss of function of M cones). Our study revealed physical loss of M cones in one, and replacement in another – yet they are both the same behaviorally.

I hope this helps. Feel free to send further emails if you have additional questions.

Regards,
Joe

REFERÈNCIES DEL MAPA[24]:

Olivia,

The original publication is from Ricardo Cruz-Coke, "Color Blindness - An Evolutionary Approach", 1970.

The map of different incidences of color blindness was reprinted in the journal Color Research & Application by L.T. Sharpe & H. Jagle, p S269-S272, "I used to be color blind" v. 26 year 2001.

Hope this helps with your project.

Joe

[23] ÍBIDEM [ref. de dilluns 30 d'agost de 2004; 4:57]
[24] ÍBIDEM [ref. de dimarts 7 de setembre de 2004; 20:12]

- ***Donald Kline***

[E-mail del Dr. Donald Kline, dels *Departments of Psychology & Surgery (Ophthalmology)* de la Universitat de Calgary.]

QÜESTIONARI SOBRE EL DALTONISME[25]:

Hi Olivia:

I'll try to respond below to each of your questions using a copy of the questions from your e-mail. Hope these help!
Don K.

1. Has the number of color blind people risen, recently? Why?
The prevalence of congenital deficiencies hasn't increased in any marked way, but to some degree the rate of acquired colour deficiencies is rising as the population in the Western world ages. As we grow older, the lens yellows absorbing blue light which reduces to a small degree the ability to discriminate near shades of blue. Ultimately, when the lens is removed to cataract this loss is reversed. Whereas hereditary defects are almost always red-green, acquired deficiencies (e.g., glass blowers cataract, welder's eye) are somewhat more likely to affect blue-yellow.

2. Colour blindness affects mostly occidental people. Is that casual? What do you think?
Although there are apparently differences between racial groups in colour vision rates, I don't have any data regarding the rates for different groups. The majority of red-green defects are inherited on the X chromosome and thus are far more common among men (abut 8%) than women (.4 %).

3. Is there any relationship between how much melanin are in the iris and con's pigment?
The relative rarity of small melanin particles in the iris scatter blue light making the iris appear blue (such Raleigh scattering by particles smaller than a wavelength also make the sky, skim milk and cigarette smoke also appear blue). Greater concentration of melanin makes the iris appear darker (e.g., brown).

4. What's the most important I ought to know about the vision (I'm already quite informed), especially about cells pigment and the perception act?
The visual system is a complex one and there is no way to answer your question about what is most important, I would start with the eye itself and then follow the system through the retina to thalamus to striate cortex to extra-striate functions. A book that you might want to read is Schwartz, S.H. (2004). Visual Perception: A Clinical Orientation (rd Ed.). Norwalk, CT: Appleton Lange.

1. Who are allowed to use Ishihara and other tests? Only doctors? Should teachers also use these tests? Why?
Anyone can use the tests but it is important that they first know what they're doing with them. How should the test be administered and what do the results mean?

2. Is there any protocol to detect colorblindness?
There are many types of pseudisochromatic plates (e.g., Ishihara or Dvorine tests) and they are good for detecting congenital deficiencies. Acquired deficiencies are not likely to be detected unless more desaturated or pastel like colour targets are used such as with the Lanthony Desaturated test (basically the Farnsworth D-15 but with 15 pastel like subtle colour chips to arrange).

3. When should colour blindness be detected? [As a child, it doesn't matter, etc.] Why?
Earlier is better - learning materials are often colour coded and a child's inability to learn a concept may be hindered by poor colour vision. It is also a good idea to make sure that learning materials also differ in luminance (i.e., grey level) luminance so that they don't depend on colour perception alone - that can disadvantage and embarrass kids, especially boys who are far more likely to have a congenital colour deficiency, inherited from their mother on the X chromosome.

[25] KLINE, Donald. *Colour blindness - reply.* [en línia] [ref. de dijous 24 de juny de 2004; 16:20]. Comunicació personal.

- ***Knut Nordby***

[Qüestionari respost a través del correu electrònic a Knut Nordby: llicenciat (B.S) en Biologia Humana (1997) a la Univertitat de Wisconsin–Green Bay i doctor en Biologia Cel·lular, Neurobiologia i Anatomia (2002) el Medical College of Wisconsin. Knut Nordby destaca pels seus treballs sobre l'acromatòpsia, una anomalia visual poc freqüent que ell mateix presenta.]

QÜESTIONARI A UN ACROMATOP[26]:

Dear Olivia,

I am sorry for the late response, but here are my replies to your questions:

Name: Knut Nordby

Professional information: Senior research scientist

About your "case":

1. Could you write a short description of your visual (congenital) anomaly?

This is described in "Night vision", please see link to my chapter: http://www.bpeyes.com/achromat.htm

2. Did your parents know that you were achromatope when you were a baby? If not, who realised it? When (your age)? How?

– see link above

3. Did you go to the ophtalmo? What did he or she say and do?

– see link above

[26] NORDBY, Knut. *Interview to an achromat.* [en línia] [ref. de dijous 23 de setembre de 2004; 14:17]. Comunicació personal. [S'ha mantingut el format original del text. El tamany de les lletres utilitzat és el número 18, tal com el Dr. Nordby va enviar pels motius que ell mateix explica a la pregunta 3.]

About your diary life:

4. Make a list of things that you can do better than a trichromatic person (for exemple, watch the stars).

I think is a common misconception that achromatic people are better at some tasks than fully sighted people. As best they can perform some task as well as fully sighted people e.g. orientate themselves at low light levels, detect stars in the night sky and see through camouflage (achromatic people had been enlisted to detect hidden military objects).

5. Make a list of activities that you can't do at all.

Anything that has to be performed under very bright conditions e.g. reading small print or recognizing people in bright sunlight etc

6. Which are your mechanisms to do these activities that are rather difficult to you (eg. asking other people, doing them at night)?

- See link above

7. How would you describe your life? [I imagine that you prefer going out at night and doing some specific activities]

- see link above

8. Tell me a common day in your life [Specially your timetable).

I prefer not to answer this question

About your travels:

9. When you were in Pingelap and Pohnpei, did you found the acromatope life very different from yours? I mean, what surprised you that were normal to them?

People at Pingelap and Pohnpei live under very bright conditions. During the day they prefer to stay indoors in darkened rooms. When out in the sun they have to shade their eyes and have the same problems as achromatopic people in Europe and other parts of the world. When the sun goes down or when it is very overcast they come out and go about their lives more or less like normally sighted people. I can remark that they were generally socially disadvantaged (more unemployed and less educated).

10. What did you learned from those people? [Especially from children]

It impressed me that they seemed to be content with leading there lifes without much knowledge about what was going on in the rest of the world, but following their own culture and customs. Their children received a simple, rudimentary education, but had to cope with books with small print and had no technical aid, such as magnifiers.

Some of the children of Pingelap went on to secondary school on Pohnpei, but nearly none of the achromatopic children. On Pohnpei is situated a little branch of the medical department of the University of Hawaii. I gave a lecture on achromatopsia there, but there were no achromatopic people among the students.

11. As a curiosity, I read the book (the island of colorblind) and I wondered if everything written in it was true or rally happened... (Is everything true? Specially the problems with the plane, before landing...)

Yes, everything happened as Oliver Sacks described in his book “The Island of the colour-blind”.

About your school days:

12. When you were at school, which were the most difficult subjects to you?

See link above

13. What problems (or difficulties) did you find in school books?

When I went to school there were no books with large print and I had to use a hand-held magnifier.

14. Can you easily work with computers? Is there any difficulty?

I have no trouble in using a computer when I can enlarge the text on the screen.

15. Finally, I'd like that you tell me about colour. How would you describe colour? Which emotions would you relate to colour? How do you differentiate colours? Have you any favourite colour?

Since I cannot experience colour I can not have any favourite colour. Also see link above.

Best regards,

Knut Nordby

- ***Hisao Ueyama***

[Comunicació personal per mitjà del correu electrònic amb el Dr. Hisao Ueyama: genetista de la Shiga University of Medical Science.]

GEN CAUSANT DEL DALTONISME[27]:

Dear Olivia,
The red/green visual pigment genes are on the long arm of human X chromosome (Xq28, near the telomere). The nucleotide sequences including the genes are already known.

Please visit NCBI (http://www.ncbi.nlm.nih.gov/), then Nucleotide, then inquire NT_025965. It is a long stretch of sequences, but you can find OPNLW (red opsin gene) around 800,000 and OPNMW (green opsin gene) downstream.

Best wishes,

Dr. Hisao Ueyama
Shiga University of Medical Science

LOCALITZACIÓ DELS NUCLEÒTIDS AFECTATS:

Thank you very much for your reply. Now I understand quite better. I send you a fragment of the X cromosome nucleotides. Could you underline the gens that keep the information for LW (red) and MW (green) fotopigment of the cones?

"7921 acacaccatg cacaccacac acacaccaca caccatgcac accacacaca caccacacac
7981 accatgcaca ccacgcacac acaccacaca ccatgcacac catgcacact cacacaccac
8041 acacaccacg cacaccacgc acaccacaca cacacacacc acacacaaca tgcacaccac
8101 gcacacacac accacacaca acatgcacac cacgcacact cacacaccac acacaccatg
8161 cacaccacgc acacacacca cacacacacc atgcacacca cgcacacaca ccacacacac
8221 accatgcaca ccacgcacac acacaccaca cacacaccat gcacacacac accacacata
8281 cacaccacac acaccatgca caccacacac actcacacac catgcacacc acgcacacca
8341 tgcacactcg cacaccacac acaccatgca caccacgcac acacacacca cacacaccac
8401 gcacactcac acaccatgca caccatgcac acacacacca cgtacaccat gcacaccaca"

Where I can find the "mutated" gens? I mean the nucleotide sequence that causes "deutan" and "protan". Otherwise, I know that the SW (blue) gen is on 7 cromosome. Where, exactely?

RESPOSTA DEL DR. HISAO UEYAMA[28]:

Dear Olivia,
LW and MW opsin genes are at necleotides 761721-776364 (LW), 800130-813484 (MW), and 837248-850612 (MW) of NT_025965.
I never checked SW gene. Please give me time to search the database for it.

Best wishes,

Dr. Hisao Ueyama
Shiga University of Medical Science

[27] UEYAMA, Hisao. *About colorblindness.* [en línia] [ref. de dimarts 22 de juny de 2004; 0:47]. Comunicació personal.
[28] ÍBIDEM [ref. de dilluns 30 d'agost de 2004; 1:10]

➢ ANNEX III: Daltonisme i aeronàutica

- ***Un pilot daltònic***

El DALTONISME EN L'AVIACIÓ:

Hola Olívia,

Més que contestar-te les preguntes, et tindria de fer algunes aclaracions perquè veig que, tal com les proposes, deus pensar-te que el daltonisme és un defecte claríssim, com pot ser tenir la grip o un os trencat. I en realitat, tal com és el meu cas i la majoria dels amics i altres persones que jo conec, tenim una visió del color una mica diferent, però no tenim cegera al verd o el vermell, ni confusions tan greus com la del semàfor, de tenir de mirar si va el llumet de dalt o el de baix per passar o no passar... Per això m' agradaria més parlar amb tu, perquè canviïs el redactat de les preguntes i més d' acord amb la realitat de la majoria dels daltònics. Encara que la bibliografia descriu casos més radicals, però en un percentatge molt petit, insignificant. (Personalment no en conec cap i no crec que tinguis la sort de trobar-ne un)

Imagina' t que agafem dos pots de pintura, un de verd i un de taronja, per barrejar-los i fer un tercer color. Meitat i meitat. De quin color és la barreja? Tu diràs que és verd i jo diré que és taronja. Tu el veus més tirant a verd i jo el veig més tirant a taronja. Però com jo només n'hi han un 8 % que ens diuen els "daltònics" i com tu n' hi han un 92% que en diuen els "normals". Si el percentatge fos al revés, a vosaltres os dirien els "daltònics" i a nosaltres ens dirien els "normals". I tothom està molt content de tal com veu els colors, però els del grupet del 8% que volíem ser pilots ens hem de fer retratar… perquè, es clar, les tables Isihara que detecten les diferencies…

Encara et diré més, hi ha una "lentilla" de color vermell, que posada en un dels nostres ulls, ja veiem els colors igual que els "no daltònics". Amb aquesta lentilla, varis companys "daltònics" han passat totes les proves de color que fan al CIMA com a persones "normals" i alguns ja son pilots que tu et trobaràs al Pont Aeri.

Hola, Joaquim!

Abans que res et vull donar les gràcies per la informació que m'envies i per totes les aclaracions que fas. Ara t'explicaré una mica el que jo he estat observant (des de fora, evidentment, perquè la meva visió es troba en el paquet de "la majoria", o sigui, el "normal").

Les discromatòpsies congènites per al vermell i verd (les més habituals) es coneixen popularment com a daltonisme. Del 8% d'afectats, la majoria són poc (o no) severs, els tricromats anòmals, i dins d'aquests mateixos hi ha diferents graus perquè de fet, ningú hi veu exactament igual (ni tan sols dins els ortocromats). Tanmateix, un 2'1% dels homes són dicromats i dels anòmals n'hi ha que gairebé també són dicromats (prop d'un 2%). En un poble d'unes 5000 persones, com és Arbúcies, hi deu haver més de 400 persones amb discromatòpsia (percentatge no pas insignificant).

De fet, ja n'he trobat uns quants (no pas un) i ells tampoc tenen problemes a veure els semàfors durant el dia (a la nit, però, diuen que a vegades sí) i no es fixen pas en la posició. Curiosament tots diuen que ells no en són gaires, però que coneixen a en "tal" que sí que ho és molt.

Referent al que comentaves sobre la ceguera pels colors verd i vermell, jo tampoc hi estic d'acord. Els daltònics simplement els veuen diferents que la resta, però els anomenen seguint les "normes" de la majoria, és a dir, encara que la teva imatge del verd i la meva siguin molt diferents, tots dos li direm verd.

És difícil d'explicar... Per a mi, la diferència entre el groc i el blau és comparable al salt cromàtic que existeix entre el verd i el vermell. Però bé, no m'enrotllo més que tens feina. Si et sembla bé et trucaré un dia d'aquests i en parlem.

- ***Olivier Roumajon***

[El senyor Olivier Roumajon té el càrrec d'*Officier* a la *Marine Nationale* (francesa). Pertany al camp de l'aeronàutica i està al corrent de les condicions que s'exigeixen als pilots a la *Marine Nationale*.]

EL DALTONISME EN L'AERONÀUTICA:

1. Résumez votre expérience professionnelle par rapport à l'aviation (et à la navigation si pour être navigateur il faut avoir une vision normale).

J'appartiens à l'aéronautique navale française, j'ai servi à ce titre sur deux porte-avions. Je travaille donc à la fois avec des avions et des bateaux.

2. Comment vous assurez-vous que vos pilots ne sont pas daltoniens?

Les pilotes d'avions comme les chefs de quarts (ceux qui pilotent les bateaux) sur les bâtiments passent toute une batterie de test physique pour s'assurer qu'ils remplissent parfaitement les critères physiques demandées par la Marine Nationale. Une vision parfaite est requise pour ces deux catégories de personnel. Ils ne peuvent donc pas être daltoniens.

3. Qui fait passer ces tests?

Des médecins et des ophtalmologues s'occupent de faire passer ces tests.

4. Qui passe ces tests?

Tout le personnel (féminin et masculin) désirant entrer dans les armées françaises doit passer les tests de vision. Le fait d'être daltonien n'est pénalisant que pour les spécialités exigeant une parfaite condition physique, et en premier lieu pour les pilotes.

5. Pour quoi un daltonien ne peut pas devenir pilote?

Un pilote qu'il soit aux commandes d'un avion ou d'un bateau à la responsabilité de l'avion ou du bateau qu'il pilote, mais surtout des gens qu'il transporte. Le fait de confondre les couleurs peut entraîner des confusions, en particulier au niveau de la signalisation (que ce soit les bouées de navigation et leurs feux ou les lumières d'approche d'une piste d'atterrissage), et poser d'énormes problèmes de sécurité (allant jusqu'à l'accident mortel).

En théorie, ces problèmes devraient être évités grâce au choix des couleurs des éléments de signalisation. Par exemple, les feux de circulation routière sont rouges et verts, deux couleurs opposées. C'est à dire, deux couleurs qu'un daltonien pourrait confondre, alors, on ne peut pas prendre ce type de risque avec un pilote.

6. Quelle est la sorte d'avions qu'un daltonien n'a pas le droit de piloter? Est-ce qu'il peut piloter des avionnettes?

Un daltonien ne peut piloter aucun avion.

7. Information additionnelle que vous considérez importante:

Je n'ai pas le règlement qui défini les critères exacts de sélection. J'ai fait les réponses de ce questionnaire à partir de mon expérience personnelle, à la fois lors de mon entrée dans la Marine Nationale (j'ai passé ces tests) et dans les différentes unités dans lesquelles j'ai servi.

➢ ANNEX IV: Consultes i cas dels bessons

- ***Joel Pokorny***

[Comunicacions personals a través de correu electrònic amb el Professor Joel Pokorny del Departament d'Oftalmologia, Ciència Visual i Psicologia, i del Comitè en Neurociència computacional dels Laboratoris de Ciència Visual de la Universitat de Chicago. Joel Pokorny és un dels científics més rellevants en la visió cromàtica; el seu nom figura en la majoria d'estudis científics sobre el tema.]

QÜESTIONARI SOBRE EL DALTONISME[29]:

Dear Olívia,

You ask good questions, I'll try to answer them as best as I can.

1. Has the number of color blind people risen, recently? Why?
It depends on what you mean by "recently". The red-green color vision defects arose because of genetic mutations at the site on the x-chromosome that encodes for the cone opsins. The gene would have a low frequency in the population if it caused individuals with the gene to be at a disadvantage a disadvantage, such as having trouble gathering food.

So, if by recently you mean the last 100 or 200 years, it is unlikely that the frequency has changed much. If you are talking about 10,000 years, then there has likely been an increase.

2. Colour blindness affects mostly occidental people. Is that casual? What do you think?
The cause of this is unclear; it may be related to differences in the ancestral sources of foods.

3. What's the most important I ought to know about the vision (I'm already quite informed), especially about cells pigment and the perception act?
You seem very well informed. There is a special issue of a journal on color vision defects that you can look at, http://www.optometrists.asn.au/ceo

4. Who are allowed to use Ishihara and other tests? Only doctors? Should teachers also use these tests? Why?
I can o only speak of the United States. There are no regulations on who can administer color vision tests. The important thing is that the administrator follows the test directions on the type of light illuminating the test, the distance the test is from the person being tested and the scoring instructions.

5. Is there any protocol to detect colorblindness?
There is a report available on the web that details how color vision can be tested. http://books.nap.edu/books/POD095/html/R1.html

6. When should colour blindness be detected? Why?
Interestingly, most color vision deficient children do not have problems in school. This is partly due to the colors used in educational materials. There are tests designed specifically for children. Most testing is done on young adults for vocational purposes.

You sound like a very good student! Your email does not mention your age. What level are you in your education?

Hope this information is of help.

Best wishes, Joel Pokorny

[29] POCKONY, Joel. *Interesting project about red-green colorblind children.* [en línia] [ref. de divendres 20 d'agost de 2004; 22:24]. Comunicació personal.

HIPOTESI SOBRE L'ORIGEN DEL DALTONISME:

Dear Mr Pokorny,

I'm Olívia again. First of all, I have been very pleased to receive your well-explained answers. Thank you very much. You asked my age: I'm 17; next school year is my last at High School.

I took a quick look on the webs you said. In the first one I didn't found any key word interesting but I think that in "Visionscience" I'd find enough things. The second one is very interesting. However, you're the fist person that tells me about a protocol (or something like that) to detect colorblindness.

When I asked for this protocol I forgot to say that I didn't want to know how to pass the test (although it's also interesting) but I ought to know if ophthalmologists or podiatrist are obligated to pass the test, when (at all or some or the first revision?). Maybe it's the most important question I did.

I wanted to share with you a hypothesis I did. I think that colorblindness in humans will rise because this anomaly isn't a disadvantage any more to human beings. I mean that the advantage that suposed distinguishing red (young) leaves from green (old) ones that had the ancient chimpanzees doesn't exist now, especially in western countries. I also think that the fact that most nature-related ethnics are less colorblind isn't casual, but trichromacy continues to be an advantage to them (to recollect fruits, see the animals surrounded by grass...). Is that a fantasy? What do you think?

Olívia.

RESPOSTA DEL PROF. J. POKORNY[30]:

Dear Olivia,

I believe the question you are asking in the third paragraph is whether there are color vision requirements for specific occupations. This depends on the country. For example, there are color vision requirements vary for individuals wishing to enter the military, become policemen or become medical doctors. In the US there are no requirements for Medical Doctors but (at least there used to be) a requirement of normal color vision in Korea.

Your hypothesis is interesting but what can you do with it? A hypothesis to be useful needs to be testable. A scientific hypothesis that survives experimental testing then becomes a scientific theory. So, think about how your hypothesis might be tested.

It looks like you are doing a terrific job with your project.

Best wishes,
Joel

DISCUSSIÓ SOBRE CASOS DE DISCROMATÒPSIA[31]:

Dear Olivia,

Many things have happened since I sent you my last e-mail. I have interviewed some dischromats in my small town and... I think I found two quite special cases.

The first one is two twins that I tested and they are both (not surprising) deuteranopes; anyhow, one of them seems more affected than the other one. In fact, their mother said that he have all the defects more serious than his brother.

[30] ÍBIDEM [ref. de dimarts 7 de setembre de 2004; 17:36]

[31] ÍBIDEM [ref. de divendres 17 de setembre de 2004; 21:23]

Lots of questions:
What tests were used? Are the twins identical or fraternal? Did you test the mother? I remember a report from a Japanese ophthalmologist (I think her name was Tanabe) on different color vision in twins, but I can't put my hands on the article.

The second situation is different: I tested a man with Ishihara plates and he didn't saw any number a part from the 12 (the first plate). According to the results he is "blue con" monochromat, but I don't think sot. Ee isn't the only affected in his family there are 4 dischromats. Moreover, he told me that his uncle vision was hardly in black and white (I'll see if that's true). Which test should I use?

The "12" was designed to be seen by all observers and has been used as a test for malingerers. Your observer may have poor visual acuity. Ideally, he should be tested with anomaloscope equations for R-G and B-Y deficiencies but I do not believe this would be available to you. An Ishihara and an AO-HRR (or SPP II) could give some useful information and a D-15 and FM 100-hue test would be informative. I would include a visual acuity chart. What tests do you have available?

The same "possible" monochromat asked me a question that maybe you know: is colorblindness related to sexual disorders?

Not reported in the literature.

About my hypothesis, I'm waiting that J.Carroll will send me a map where are written different ethnics in the world and the number of colorblind people in every social group. I hope he hasn't forgotten me.

I saw the map in your next email. It was originally reported in a book by Ricardo Cruz-Coke, a geneticist from Chile. You have a nice idea; I am interested to see where you go with it.

What are you specialist on? Colour vision, I think. If you have some reliable paper about colorblindness, colour vision, colour on books or webs design, I'll be very pleased to have it. I've found a lot on the Net but most information isn't true or not much so it makes me doubt.

I have specialized in color vision for many years but also have other research interests. Vivianne Smith, my wife and I came to the University of Chicago in 1966 to look at acquired color vision deficiencies in ophthalmology patients. We did this in addition to basic research on people with normal color vision through the 1970s.

More recently we have collaborated with physiologists and anatomists to better understand the physiological basis of the visual function we measured in our laboratory. Vivianne retired at the end of June, I'll retire in 2007. I've got a webpage (http://home.uchicago.edu/~eye1/) that can give you some more information but it is has not been revised this year.

Vivianne and I were co-authors on a book that continues to be widely used. It is old and does not have the modern genetics but continues to be a good place to find accurate information. You may be able to find it in a library: "Pokorny, J., Smith, V.C., Verriest, G., & Pinckers, A.J.L.G. (1979). Congenital and acquired color vision defects. (409 pp). New York: Grune and Stratton."

Something you might be interested in: the International Colour Vision Society (http://orlab.optom.unsw.edu.au/ICVS/) will be meeting in Lyons, France next July (exact dates are not set yet). There will be some money for student travel and, given your passion for color vision, we might be able to offer you travel money. In the past, these funds have been reserved for graduate students presenting papers or posters so there is no assurance the committee making the decision would offer you funds. But, think whether you might wish to attend.

Have to get back to work!

Regards,
Joel

BESSONS DISCROMATOPS[32]:

Dear Olivia,

Apologies for the delay in response, I've been very busy.

The twins are identical; the mother isn't colorblind, I tested her, but the grandfather is. So, the granddad and the twins are all "deuteranopes" (I didn't test the granddad: I'll do it, but he is dischromat, that's sure). You asked me the test I have available: Ishihara's, but if I really need any other test I know someone who would lend me other tests.

With a quick check of the literature I could not find an example of discordant male twins. Two comprehensive ophthalmic genetic books (Waardenburg, P.J., Franceschetti, A., & Klein, D. (1961). Genetics and Ophthalmology. (Assen: Royal van Gorcum, pp 1-1371); Franceschetti, A., François, J., & Babel, J. (1974). Chorioretinal heredodegenerations. (Springfield, IL: Thomas, pp 1-1914) have many pedigrees with male color defective twins but no case of discordance. A Medline search did not turn up any cases in the recent literature (there were some Czech references I did not check).

There are many literature reports of discordant female twins (e.g. Jorgensen, A.L., Philip, J., Raskind, W.H., Matsushita, M., Christensen, B., Dreyer, V., & Motulsky, A.G. (1982). Different patterns of X inactivation in MZ twins discordant for red-green color-vision deficiency. American Journal of Human Genetics, 51, 291-298) that are accounted for by the Lyon's hypothesis (only one of the two X-chromosomes is genetically active in female cells. X inactivation occurs around the 16th day of embryonic development).

So, I believe it could be important to thoroughly work up the twins. What does this involve?

First, the difference in color vision needs to be documented. The Ishihara test is probably not sufficient for this. Ishihara results are dependant on both sensory (number of active photopigments in the long-wavelength region and their spectral sensitivities) and performance variables (Does the observer understand what he (she) is supposed to do? Is the observer paying adequate attention while performing the test?).

The critical thing would be to demonstrate that one twin is deuteranopic and the other deuteranomalous, or that both are deuteranomalous but have demonstrably different defects. This can only be done with an anomaloscope. Do you know of someone who has access to an anomaloscope? If you can locate one it is important that the test be administered correctly.

There are instructions in the Working group Report (http://books.nap.edu/books/POD095/html/) pages 25-26. You need not do the described preadaptation, and don't worry about the complicated scoring instructions that follow the Administration section. If you can't locater an anomaloscope, I have a friend, Susana Marcos, a scientist who works on optics in Madrid. She may be able to help.

Finally, if it can be established that the twins have different color vision, I can probably arrange an analysis of the family's DNA. This is not invasive, a mouth swab is sufficient to obtain DNA for analysis. I will see Maureen Neitz, a molecular geneticist at the Medical College of Milwaukee on December 3rd and, if you wish, I can inquire if Maureen is willing to analyze the DNA of the family. Is this too technical for you? Let me know if you have trouble.

About the other case, what exactly mean poor visual acuity? He doesn't wear grasses. You tell me about an anomaloscope (I have read this name somewhere: isn't it a light test?) I said that he saw the 12 because the instructions of the test I used (Ishihara) said that the person who didn't perceive any plate (except the 12) was a "person with total colorblindness and weakness". Does total colorblind mean achromat or monochromat here?

I guess it means a rod monochromat. Rod monochromats have poor vision, 6/60 (the monochromat sees at 6 meters what a normal observer with good eyesight can see at 60 meters). 6/60 is the legal definition of blindness in many countries.

[32] ÍBIDEM. *The twins case* [ref. de divendres 22 d'octubre de 2004; 22:44]

I think it would be very interesting and I'd like to attend. But I'm not sure I'll be able. This July I'm taking my A-level exams so it depends on the dates. Is it in French or in English? I can understand French but I have more difficulties with oral English.

The meeting will be held on July 8-12. The meeting is in English but I don't think you would have a major problem with this. People are friendly and patient. There is much informal interaction between sessions and at meals. Your written English is really excellent and I would imagine you would benefit from the interactions.

I send you two maps: you can compare the R-G colour-blindness affection in the world with the more industrialized areas. It's quite a lot coincident, isn't it? I'd like to find a better map but this one is already useful.

The map comparison is really interesting. I assume the industrialization map reflects the status in the 20th century. When did this pattern become established? Maureen Neitz has been interested in mutation rates and I can ask what her latest thoughts are.

I think that covers just about everything.

Kind regards,
Joel

SEGUIMENT DELS BESSONS:

Dear Mr. J. Pokorny,

Thank you for your e-mail: I'm extremely interested in the twins' case. I've tried to find someone who lends me an anomaloscope and I've been lucky! There's an Optic's University no far from my home and they have the Negel anomaloscope. Nest Wednesday I'm going to have it.

I also have just got the instructions to use it: I'm going to read them in a minute. As a curiosity, I've been quite nosey in the web you told me and I've read that Dalton was protanope. I think it's false, according to their eye ADN analyse made on 1990s, he was deuteranop. Am I right?

I'll tell you about the twins as soon as I can. I talked to their mother and she agrees to pass the anomaloscope test. Then she told me that one of the twins have more dioptres than the other (they both wear glasses). I think it's not much it doesn't have any relationship with their colorblindness (there're two sister twins in my class who have different eye sight, too)

Otherwise, do you think I could contact by mail with your friend in Madrid?

Best regards,
Olívia

RESPOSTA DEL PROF. J. POKORNY[33]:

Dear Olivia,

Terrific! It would be a good idea to practice using the anomaloscope on your family or friends before testing the twins and their family members. Email me if you have questions about test administration or interpretation of the results.

Dalton was diagnosed as a deuteranope via molecular genetics. Before the genetic results were available, Dalton was thought to be a protanope from his description of the colors of flowers. I'm at home now and don't have access today to John Mollon's more recent sophisticated analysis of Dalton's color naming, but I believe John concluded it was more consistent with deuteranopia than protanopia.

[33] ÍBIDEM [ref. de dissabte 30 d'octubre de 2004; 19:58]

Here is the contact info:

Susana Marcos, PhD,
Instituto de Optica, Consejo Superior de Investigaciones Científicas,
Serrano 121, 28006
Madrid, Spain

Tel: 34.91.5616800 x 2306
Fax: 34.91.5645557
E-mail: susana@io.cfmac.csic.es

If you wish, I can email Susana and alert her that you will be contacting her

Best wishes,
Joel

L'ANOMALOSCOPI:

Dear Mr. Pokorny,

I've just written to Susana Marcos. I hope she would read the e-mail, but it may be a good idea to let her know I'll write to her, if you can.

I've read the instructions, but I think it would be better seeing the anomaloscope before because I've never seen it so it's a bit difficult to understand. If I have problems I'll tell you then.

Shall I also read how to get the results on the website you sent me? Anyhow, the optic's teacher I told you about is willing to explain me how to use it

I have found some volunteers to pass the test before the twins so I'd be hardly an expert when the twins will be tested. I'll tell you as soon as I get the anomaloscope.

Kind wishes,
Olívia

RESPOSTA DEL PROF. J. POKORNY[34]:

Dear Olivia,

I send Susana a note indicating you would be contacting her.

An important part of anomaloscope testing of color blind observers is that the administrator set the R/G ratio (not the patient) and the person being tested has control of the Y brightness. This may not seem important when testing color normal observers, but with anomalous trichromats and dichromats it is essential for the determination of the matching range, the range of R/G settings that the observer finds acceptable matches.

In scoring, write down the observer's response to each R/G ratio presented. Don't bother to calculate the Anomalous Quotient (described in the Working Group Report), this measure is infrequently used these days.

Regards,
Joel

[34] ÍBIDEM [ref. de dilluns 1 de novembre de 2004; 13:55]

FUNCIONAMENT DE L'ANOMALOSCOPI[35]:

Dear Olivia,

I get the anomaloscope, the complete Ishihara plates (38) and the City and University Colour vision test. So I have tree tests available... Not bad. Isn't it? I send you a photo of the anomaloscope I have because I think that it isn't exactly such as that which is described in the paper you sent me (there isn't any brightness numerical screen).

The anomaloscope in your picture of is different from the Nagel. The Nagel is an optical instrument designed about 100 years ago. The pictured instrument looks like it is modern and electronic. There are a number of commercially available anomaloscopes but I do not recognize this one.

I cannot tell from the front panel what the buttons do. "UP" and "DOWN" might be brightness or R/G ratio. The "SCALE" looks like it has two readouts so; hopefully the instrument has adjustments for both. Are there any instructions with the anomaloscope?

Protan and deutan defects are distinguished by the brightness's set to match the different R/G ratios, with the deutans using similar brightness settings for all ratios while protans have bright settings for the green appearing lights and dim settings for the red appearing lights.

Normal observers will make matches near the middle of the R/G ratio scale and most normals will have narrow matching ranges. Anomalous trichromats will make matches significantly displaced for the normal match and may have relatively narrow or wide matching ranges. Deuteranomalous observers require more green than normals in their matches, protanomalous require more red. As you say, dichromats are able to get a match of the green to the yellow or the red to the yellow.

If I correctly understood your last mail, I can't let the observer "touch" the R/G knob. First I've to set it at zero and I ask it it's the match. Secondly, I Started changing graduately the R/G knob (unit by unit or each two unites) and each time I ask if this is the match. I write down the R/G number every time that the observer says "it is the match". If necessary, I repeat the trial many times and I calculate the "medium".

Did I correctly understand? Tell me if I didn't. Tomorrow I'll test some friends (with normal vision), then a protanope and other dichromats and finally the twins. However I have some tests so I can compare the results.

Good; when you start, you can go in fairly coarse steps to get an idea where the observer match may be and then go in smaller steps to get the limits of the matching range. For a dichromat, both ends of the instrument are accepted as matches, so you only have to go in coarse steps to get the intermediate brightness values.

It is good that you sent the picture. Looking at the instrument, I can suggest two things to standardize the measurements for different observers. Color matching gets better for larger fields. The anomaloscope match should be done with size field for all observers. To make the field the same size as for the standard Nagel field, measure the diameter of the circular field and have the observer's eye at 30 times that distance. For example, if the field measures 2 cm have the observer sits so that his eye is 60 cm from the field.

The anomaloscope in your picture allows room light to add to the instrument's fields, so it is important to do the measurements in a darkened room

Sounds like you are doing great!

Best wishes,
Joel

[35] ÍBIDEM [ref. de dilluns 5 de novembre de 2004; 22:19]

PREPARACIÓ PER EXPLORAR ELS BESSONS[36]:

Dear Dr. Pokorny,

I haven't tested them yet. I asked their mother for doing it last weekend but they couldn't. I hope I'll have tested them by the end of this week. As soon as I do it, I'll tell you.

By now, I've tested some "orthochromats" and also one dichromat. I think I told you that I'd test a child who was dischromatope. I have already done it. I used the three tests. With the anomaloscope, I realised he was dichromat (only adding a small proportion of brightness, he saw the two halves identical). Moreover, he is deuteranope. I tested him with the City&University Test, and he answered as a deuteranope most of the plates (although I'm not sure at all he is deutan because lots of them were answered as a protanope).

In fact, I've been working with this child because of my project (he helped me testing many school books) and I'd have said that he were protan (he couldn't identify red words between black ones). I send you the results of the C&U test.

Best regards,
Olívia.

RESPOSTA DEL PROF. J. POKORNY:

Dear Olivia,

It sounds like you are doing very will with anomaloscope testing.

The anomaloscpe is the definitive diagnostic test for red-green color defects. Other tests such as the Ishihara and City University Test (CUT) do not always provide a correct diagnosis. I do not think the CUT is a good test. Here are two evaluations of the test:

Working-Group-41 (1981). Procedures for Testing Color Vision, NAS-NRC Committee on Vision. Washington, DC (also available at: http://books.nap.edu/books/POD095/html/R1.html#pagetop: National Academy Press). Validity. Hill and coworkers (1978) reported data for 20 observers. Qualitative classification was at chance level. Verriest and Caluwaerts (1978) noted that dichromats fail the test with correct classification (96 percent accuracy).

Among anomalous trichromats, however, 31 percent of protanomalous and 51 percent of deuteranomalous trichromats fail the test; classification of those who fail is correct for only 40 percent of the protanomalous and 72 percent of the deuteranomalous trichromats.

"Birch, J. (1997). Clinical use of the City University Test (2nd Edition). Ophthalmic Physiol Opt, 17 (6), 466-472. Abstract: The City University test (TCU test) aims to identify people with significant colour deficiency and to classify the type of defect. 222 people with congenital red-green colour deficiency, diagnosed with the Nagel anomaloscope, were examined with the TCU test (2nd Edition). All deuteranopes and 44% of deuteranomalous trichromats failed the TCU test."

I have not come across the term "orthochromat" in English. Is this a blue-cone monochromat or a rod monochromat?

I hope the twins measurements go well.

Best regards,
Joel

[36] ÍBIDEM [ref. de dimarts 16 de novembre de 2004; 18:56]

MÈTODE D'EXPLORACIÓ I RESULTATS[37]:

I've just tested the twins so I've the results... but I need your interpretation because they aren't much clear. I tell you how I've tested them and the results:

First, I've tested one of the twins (in a separate room from the other), then, the other and, finally, his granddad. Although you recommended me that I don't rely on C&U test, I've used it because I wasn't sure about the anomaloscope results and I've also used the Ishihara's (better three than one, isn't it?)

About the first twin (Nil B.) I first showed him the left half part of the screen red (00) I asked him if the two halves were identical and he said no. Therefore I let him graduate the intensity and he put it very bright (Unfortunately, the Y knob of this anomaloscope hasn't got a numerical graduation so I can't say exactly how much brightness he need). With a small proportion of brightness he saw the two halves identical. I repeat this operation each 10 units and he always could see the two halves identical with a slightly brightness modification. So with small light modifications he saw from red (00) to green (99), the two halves identical.

As a result I believe he is dichromat (deutan). But, is it normal that he should graduate slightly the luminance knob?

The second twin (Arnau B.) did the same. Then, as I couldn't make an accurate comparation of the results (they are both deutans and dichromates) I've thought that I could test them at the same time. I mean, I showed them the red asking one of them to modify the luminance until he saw the two halves identical. When he saw them with the same colour, I asked the other twin if he also saw the same colour. I repeated that with 00 (red), 30, 60 (the same for normal people), 80, 90 and 99 (green). With that I observed some differences: they didn't agree with any of the colour except the 60 (and the 90 but not clear) value on the RG half. However, a little modification (very slight) make that the other twin see the two halves identical.

Otherwise, with the C&U, the results were so different and even with the Ishihara's. I can send you the results of that if you want to. I know they are less reliable that the anomaloscope but I've showed the testes under exactly the same conditions (the same luminance, distance and environment).

What do you think about the case?

About "*I have not come across the term "orthochromat" in English. Is this a blue-cone monochromat or a rod monochromat?"* ***I don't really know it this word is correct buy I've seen it written. I use it referring to people who are trichromat, I mean, with normal colour perception. I think it means "with the correct colour (vision)" [like orthography= the right writing]***

Hope to hear from you soon.
Best regards, Olívia

RESPOSTA DEL PROF. J. POKORNY:

Dear Olivia,

I apologize for not responding more quickly.

You have done a great job with the color vision testing! In your email of Mon, 15 Nov 2004, you said that you tested a friend you diagnosed as a deuteranope as needing to make small adjustments of the Yellow brightness knob. Assuming the adjustments the twins made were similar, I think it safe to conclude that both twins are deuteranopes. The requirement of a small change of the brightness knob may be related to the design of the anomaloscope you are using (wavelengths and energies of the red, yellow and green lights).

Interpretation of results:
A normal trichromat has three types of photopigments. The S-cone (short-wavelength sensitive) is inherited as an autosomal trait. The M-cone (middle-wavelength sensitive) and L-cone (long-wavelength sensitive) photopigments are both inherited on the X-chromosome. The X-chromosome linked color vision defects are related to which cone photopigments are made. Dichromats lack one of the cone types; protanopes the L-

[37] ÍBIDEM [ref. de dilluns 29 de novembre de 2004; 20:47]

cones; and deuteranopes the M-cones. Anomalous trichromats have three cone photopigments but two are closer together in the spectrum than for color normal observers, protanomalous trichromats have two pigments close to the spectral location of the M-cones and S-cones; deuteranomalous trichromats have two pigments close to the spectral location oft the L-cones, and S-cones.

From your measurements we can infer that the twins are expressing the same X-chromosomal genetic defect. This need not have been the case, even for identical twins. There are complicated ways in which they could differ because of differing gene expression.
So, how can their color vision differ even though they have the same genetic color vision defect? The possible retinal causes that come to mind are, a difference in eye-lens transmission, a difference in macular pigment density or a difference in the way rod information is used (rods can serve as an independent color mechanism in dichromats, Smith, V.C., & Pokorny, J. Large-field trichromacy in protanopes and deuteranopes. Journal of the Optical Society of America, 67, 213-220, 1977). The other possibilities are performance related rather and sensory. Were the instructions well understood by both twins? Was one careless? I would be interested in seeing the Ishihara and City University test results for your normals and the twins.

I thought "orthochromat" might be a descriptor for a monochromat because in photography an orthochromatic film is one that is insensitive to red light.

Best regards,
Joel

INTERPRETACIÓ DELS RESULTATS[38]

Dear Olivia

I had a look at the Ishihara and CUT results. The Ishihara results are consistent with both brothers having a deutan defect. On the two diagnostic plates, where a color normal observer reads 35 and 96 both yielded deutan patterns (AB's identification of 9X is not the appropriate numeral but the correct location).

I am not a great fan of the CUT. Color defective observers routinely make color-normal responses because the normal match is also a good match for the color defective observer. The twin's errors were consistently deutan, but the number of errors varied on the retests.
Great workup! It is obvious that you have learned a great deal about color vision and color vision defects.

I wish you and your family a Happy New Year!
Joel

[38] ÍBIDEM [ref. de divendres 31 de desembre de 2004; 19:42]

➢ ANNEX V: Testos pediàtrics

- ***Terrace L. Waggoner***

[E-mail del Dr.Terrace Waggoner del Naval Hospital Pensacola, FL USA. El Dr. Waggoner ha dissenyat un test per a detectar discromatòpsies destina a pacients en edat pediàtrica. El test que ha dissenyat s'anomena Vision Testing Made Easy.]

TEST PER A EXPLORAR LA VISIÓ CROMÀTICA[39]:

Olivia:

Thank you for your inquiry. To answer your question "tell me why Ishihara test isn't apropiate to 2-4 yerar old children", read the articles on the following webpage Evaluating a New Color Vision Test .

I copied the first paragraph from the webpage below. To use the Ishihara, children need to know their numbers. With Color Vision Testing Made Easy, children do not need to know their numbers.

PURPOSE:
Pseudoisochromatic plate tests such as the Ishihara and Dvorine, while very effective in screening for red green color deficiencies in adults, have limited effectiveness for young children. At present, there is no color vision test that is appropriate for children 3-6 years old that has good validity, is inexpensive, allows rapid assessment, and is commercially available. A new pseudoisochromatic color plate test specifically designed for young children, "Color Vision Testing Made Easy" (CVTME) has recently been introduced. Because of our interest in finding a suitable test that can be used to screen young children for color deficiencies, we evaluated this test's validity.

I recommend using Color Vision Testing Made Easy for pediatric patients. It can be purchased from any of the distributors listed on the following webpage: New Pediatric Color Vision Test

Thank you again,

Terrace L. Waggoner

AVANTATGES DEL TEST:

I'm doing a project about colourblind children and their problems at school. I'd like to include a brief argumentation about why your test is the best between children colourblind tests, what age can children be tested (being the test successfully) and which are the disadvantages (if there is any) to test children with your test.

My project may be publicated so your answer may be a way to let many people (paediatricians, ophthalmologists, teachers, parents of red-green colorblind children...) know about this test. Many paediatricians, teachers and parents have already told me that they would be interested in the project.

Hope getting your answer soon.

Thanks,
Olívia

[39] WAGGONER, Terrace L.. *About your evaluation website.* [en línia] [ref. de dijous 10 de juny de 2004; 17:19]. Comunicació personal.

RESPOSTA DEL DR. T.L. WAGGONER[40]:

Thank your for your inquiry. Below are some of the reasons Color Vision Testing Made Easy is the best pediatric color vision tests on the market. The information is taken from my webpage (New Pediatric Color Vision Test):

- *Inexpensive pediatric color vision test that makes testing fun, quick, and easy for "all" age groups - especially 3 to 6 year old pre-school children.*
- *Comprehensive 100% Ishihara compatible with 14 pseudoisochromatic test plates.*
- *Easily identified objects by children as young as three - circle, star, square, boat, dog, and balloon.*
- *Only takes a minute to administer and score - making it invaluable for any size vision screening.*
- *Children do "not" need to know their numbers.*
- *Built-in check confirms children are trying their best - you will be confident with your diagnosis.*

If you are doing an article on problems color deficient children are having in school and how you can help, you may find the following webpage helpful: "How You Can Help a Colorblind Child".
Also feel free to down load and use any of the art work or cards on my webpage. Colorblind Homepage.

Thank you again, Terry.

Terrace L. Waggoner, O.D.
Naval Hospital Pensacola, FL USA

[40] WAGGONER, Terrace L.. *About your evaluation website. Important.* [en línia] [ref. de dimarts 19 d'octubre de 2004; 19:57]. Comunicació personal.

➢ ANNEX VI: El daltonisme en la realitat

• *Clifford Lo.*

[E-mail del Dr. Clifford Lo, professor assistent en el Departament de Nutrició del *Children's Hospital Harvard Medical School.*]

LA DETECCIÓ EN PEDIATRIA[41]:

Olivia:

I'm not sure why you asked me particularly about this subject as my speciality is Pediatric Nutrition. However, I do see some primary care children.

I think the vision screening in most pediatric offices is quite rudimentary and usually is limited to a 5 min. Snellen wall chart screening. I doubt that most pediatricians have red-green charts in their offices or use them regularly, leaving this to optometrists and ophthalmologists. I don't see why teachers couldn't screen just as well. It's probably important at some point in school or just for crossing streets, so school entry (age 5) might be the most appropriate time.

Clifford Lo.

• *Mario Miranda*

[E-mail del Dr.Mario Miranda, oftalmòleg vinculat a la Top Laser Oftalmologia a Perú.]

LA DETECCIÓ EN OFTALMOLOGIA[42]:

Estimada Olivia:

No es mucho lo que la puedo ayudar porque que yo sepa en Perú no tenemos al momento estadísticas sobre la presentación de discromatopsias pero suponemos que están en el mismo orden que las mundiales que son bastante similares de país a país.

En mi ejercicio profesional he detectado únicamente a dos mujeres daltónicas, y eso fue en un despistaje a postulantes a la fuerza aérea, pero es cierto que no hacemos test de Ishihara ni Farnsworth a todos los pacientes así que podrían haber habido bastantes más.

Los pacientes que tienen defectos pequeños insisten en que no tienen problemas y aún cuando se lo demostramos no se van muy convencidos. Los pacientes que tienen discromatopsias medianas a grandes en general ya tienen conciencia de su defecto y son ellos mismos los que dicen que tienen "Daltonismo".

Las discromatopsias no son realmente "enfermedades" sino condiciones de una retina que no tiene un tipo de cono pero por lo demás está completamente sana.

Mario Miranda

[41] LO, Chifford. *Important project about children difficulties.* [en línia] [ref. de dimarts 24 d'agost de 2004; 20:09]. Comunicació personal.
[42] MIRANDA, Mario. *Consulta a Top Laser Oftalmología.* [en línia] [ref. de dijous 2 de setembre de 2004; 16:35]. Comunicació personal.

- ***Jean Leid***

[E-mail del Dr. Jean Leid, oftalmòleg especialitzat en la visió dels colors.]

LA DETECCIÓ DE DISCROMATÒPSIES[43]:

Désolé de ne pas connaître votre belle langue. Je réponds donc en français.

Il n'existe pas de détection systématique en France du daltonisme. Cependant, cette anomalie est souvent recherchée chez les enfants par les médecins scolaires et chez les adultes par les médecins du travail. En cas de doute ces médecins demandent une confirmation à un médecin ophtalmologiste qui peut porter un diagnostic quantitatif et qualitatif du daltonisme en cause.

Bien à vous.

Dr Jean Leid
Ophtalmologiste spécialiste en vision des couleurs

- ***Rubén Cuadrado***

[E-mail de Rubén Cuadrado, òptic optometrista IOBA de la Universitat de Valladolid.]

LA DETECCIÓ EN L'ÒPTICA I OPTOMETRIA[44]

Estimada Olivia,

Los ópticos sí realizan exploraciones de la visión cromática ya que disponen de conocimiento sobre la visión de los colores y los tests que se utilizan. Suelen disponer de tests rápidos o reducidos para screening. La evaluación en profundidad requiere de pruebas más largas y tests más complejos que hace que sea menos frecuente la disponibilidad de estos por parte de los ópticos optometristas. Por lo general no se suele explorar la visión de los colores en una revisión rutinaria de comprobación de la graduación. Cuando el cliente/paciente acude por primera vez es más frecuente esta evaluación de la visión de los colores, así como de otros aspectos de la función visual, máxime si durante la realización de la historia clínica o la exploración el paciente/cliente indica que tiene deficiencia o dificultad con los colores o se percibe alguna alteración en esa visión cromática.

Para tener más información sobre la visión de los colores: clasificación, evaluación (tests), patologías, referencias bibliográficas y de internet, etc. puedes leer la monografía de la Gaceta Óptica "Guía Clínica para la Exploración de la Visión de los Colores" cuyo autor es Raúl Martín Herranz y está editado por el Colegio Nacional de Ópticos Optometristas. Tiene 50 págs aprox. Para consultarlo puedes acudir a la delegación del Colegio de Ópticos Optometristas de tu provincia. También puedes preguntarle a tu óptico optometrista ya que quizá la tenga.

Te envío un articulo es español aunque un poco antiguo sobre un estudio epidemiologico. Te lo mando en un PDF. También te envío la dirección de una página con información sobre problemas de visión de los colores. Es: http://www.hon.ch/Library/Theme/VisionFaq/section7.html También una página con la trascripción de un artículo del Profesor Pastor donde trata este tema. La dirección es:http://galeon.com/optometria/color/disscromat.htm

Si necesitas más información, estoy a tu disposición

Un saludo.

[43] LEID, Jean. *Daltonisme.* [en línia] [ref. de dilluns 27 de setembre de 2004; 22:32]. Comunicació personal.
[44] CUADRADO, Rubén. *Discromatopsias rojo-verde.* [en línia] [ref. de dijous 30 de desembre de 2004; 21:28]. Comunicació personal.

- ***Rosalia Leiro***

[E-mail de Rosalia Leiro, encarregada de la secció Llibre de text i materials curriculars del Departament d'Educació de la Generalitat de Catalunya.]

LIMITACIONS EN L'ÚS DE COLOR PER LES EDITORIALS[45]:

Benvolguda,

En referència al vostre-mail de dies enrere, s'ha de dir, que en aquest tema no hi ha cap normativa al respecte, les editorials fan allò que creuen adient i correcte.

Potser seria convenient que miris de posar-te en contacte amb alguna organització o associació de daltònics, per si tenen alguna cosa prevista.

Cordialment, Rosalia Leiro
LLibre de text i materials curriculars.

- ***Miguel Angel Bernabé***

[E-mail de Miguel Angel Bernabé, director del Departament d'Enginyeria Topogràfica i Cartografia de la Universitat Politècnica de Madrid.]

L'ÚS DE COLOR EN ELS MAPES[46]:

Hola Oiívia,

La verdad es que no se tienen en cuenta los problemas de los daltónicos al hacer los mapas.
En el capítulo que has leído, se expone el problema para que los futuros profesionales los tengan en cuenta, pero sabiendo que es un problema de difícil solución. Tiene difícil solución por el hecho de que los pacientes que tengan limitaciones cromáticas del eje Rojo-Verde (que corresponde a un 4-5% de la población) significa que sólo ven la gama de los azules-amarillos. Con esos dos tonos es muy limitada la cantidad de colores que pueden conseguirse. Siendo los mapas herramientas de comunicación visual, pierden su potencia al limitarle los colores.

Fíjate también que los mapas son utilizados cada día más para enviar información sobre cualquier tipo de cosas (de hecho se dice que más del 80% de la información almacenada en las Bases de Datos de los gobiernos es geo-referenciables, esto, es susceptible de mostrarse en mapas).

Si limitas los colores limitarás su poder de comunicar. Los mapas además, son herramientas de comunicación verbal lo que significa que lo pueden leer cualquier persona que hable (o no hable) cualquier idioma. Los mapas utilizan la estandarización de la comunicación en base a los colores y por lo tanto, quitarles colores sería como arrancarle la lengua al político!

No creo que las empresas editoriales estén por hacer algún esfuerzo en esa dirección.

Un saludo y espero que te valga.
Miguel

[45] LEIRO, Rosalia. *Llibres de text.* [en línia] [ref. de martes 21 de setembre de 2004; 12:17]. Comunicació personal
[46] BERNABÉ, Miguel Angel. *Color y discromatopsia.* [en línia] [ref. de martes 17 de agosto de 2004; 13:17]. Comunicació personal

➢ ANNEX VII: Entrevistes als afectats

Nom: **Salvador P.**	Sexe: **Masculí**
Data de naixement: 5-3-1932	**Edat:** 72 anys
Tipus de daltonisme: [No ho sap]	

1. **Quan es va adonar que tenia dificultats a distingir certs colors?**
No me'n vaig adonar mai. Si em deien que dos colors no combinaven i me'ls feien canviar, els canviava.

2. **Quines proves o situacions evidenciaven que confonia certs colors?**
Tota la vida he treballat de tapisser. A vegades se'm queixaven que no combinava bé el fil amb la roba o dues robes. Em deien que m'hi fixés més. El cas més extrem potser va ser el d'un sofà amb uns colors que es veu que no eren gaire encertats: la dona que me l'havia encarregat em va dir de tot...

3. **Quina és la primera referència que va tenir sobre el daltonisme?**
La meva filla, tornant d'escola. [La filla explica que un dia, a classe, li van parlar del daltonisme i va pensar que era exactament allò el que li passava al meu pare. En arribar a casa li vaig dir que era daltònic, que confonia els colors i que els seus néts també ho podrien ser. I així ha estat.]

4. **Quan va saber, finalment, que era daltònic?**
Quan m'ho va dir la meva filla, però tampoc li vaig prestar gaire atenció.

5. **Se'n va adonar tot sol, l'hi va insinuar algun conegut, etc.?**
La meva filla.

6. **Qui li va confirmar?**
Ningú. [La filla diu que no n'ha volgut saber mai res.]

7. **Descrigui el tipus de proves amb què l'hi van detectar.**
Cap

8. **Com s'ho va prendre vostè? Per què?**
[La filla: Malament, no ho ha volgut acceptar mai: és molt fet a la seva.]

9. **Creu que ha desenvolupat algun mecanisme que substitueixi la discriminació entre colors?**
Preguntar si lliguen o no.

10. **En quines situacions troba obstacles?**
La meva feina ja ho és tot un obstacle: he fet de tapisser des dels 13 anys. Treballo amb combinacions de teixits i roba de diferents colors (per a butaques, cortines, etc.). El problema es troba a combinar bé les robes i sobretot a encertar la tonalitat dels fils.

Anècdotes
Ara ja fa uns quants anys, una clienta es va queixar perquè no li agradaven els colors d' un sofà que m'havia encarregat. [La filla explica que la combinació de colors del sofà que li van encarregar resultava realment poc estètica.]

11. **Quins són els seus colors preferits?**
No ho sé... No en tinc cap de preferit.

Aspectes a destacar:
Assegura no tenir problemes amb els semàfors perquè distingeix els tres colors. És aficionat a buscar bolets des de petit i no troba dificultats per veure'ls. Se li pregunta si sabria trobar un rovelló entre la molsa i assegura que sí. Uns instants després, em demana de quin color són els rovellons.

ESTUDI DEL TIPUS I GRAU DE DISCROMATÒPSIA

Resultats de l'anomaloscopi

Lluminositat	Núm. atribuït a la quantitat de color	Veu les dues meitats iguals?
S'ha permès al subjecte modificar la intensitat lluminosa per igualar els dos camps de la pantalla.	00 (vermell)	Sí
	10	Sí
	20	Sí
	30	Sí
Les modificacions són lleus i oscil·len entre valors alts de lluminositat.	40	Sí
	50	Sí
	60	Sí
	70	Sí
	80	Sí
	90	Sí
	99 (verd)	Sí

Resultats del Test Ishihara

	Selecció de làmines del Test Ishihara								
Afectat:	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**12**	**13**	**14**	**Resultats**
	12	8	5	29	74	35	96	Rosa i vermell	Tricromat normal
(S. P.)	12	3	X	X	21	5X	9X	Vermell	Deuteranop

Resultats del Test City&University

Subjecte: S.P. (avi dels bessons)

	Pàg.	Ambdós ulls	normal		**protan**	**deutan**	tritan
Chroma four	1		Baix	⇩	D	E	S
	2		Dret	⇨	B	E	S
	3		Esquerre	⇦	D	S	B
	4		Dret	⇨	E	B	S
	5		Esquerre	⇦	S	B	D
	6		Baix	⇩	E	S	D

Chroma two	7		Esquerre	⇦	S	D	B
	8		Dret	⇨	E	B	S
	9		Baix	⇩	E	S	D
	10		Sobre	⇧	B	E	D
Resultats		Al *Chroma four*	/6		/6	6/6	/6
		Al *Chroma two*	/4		/4	4/4	/4
		Total:		/10	/10	10/10	/10

Nom: **Francesc P.**	Sexe: **Masculí**
Data de naixement: 7-7-1934	**Edat:** 70 anys
Tipus de daltonisme: [No ho sap]	

1. **Quan es va adonar que tenia dificultats a distingir certs colors?**
De gran, me'n va parlar la meva filla.

2. **Quines proves o situacions evidenciaven que confonia certs colors?**
No m'ha suposat mai cap problema però de jove quan la dona em parlava del color d'algun vestit a vegades em confonia.

3. **Quina és la primera referència que va tenir sobre el daltonisme?**
Va ser la meva filla; jo no ho hauria dit mai. De fet, els colors ja els veig.

4. **Quan va saber, finalment, que era daltònic?**
De gran, però no recordo l'edat: ja estava casat i amb fills.

5. **Qui li va confirmar?**
Ningú, tot i que recordo que quan em vaig presentar com a candidat per entrar a una fàbrica tèxtil, em van fer una revisió mèdica i en aquesta em van ensenyar uns números [Test Ishihara] *per si els veia o no.*

6. **Descrigui el tipus de proves amb què l'hi van detectar.**
Cap

7. **Com s'ho va prendre vostè? Per què?**
Indiferent: ja sabia que no era una malaltia... A vegades em fa riure i tot.

8. **Creu que ha desenvolupat algun mecanisme que substitueixi la discriminació entre colors?**
Saber els colors és un aprenentatge. De petit, a l'escola, tenia una capsa de 12 colors i pintava dibuixos o làmines, però mai em van ensenyar els colors. M'agradava molt dibuixar amb carbonet (sombrejar, etc.). Ara fa uns 15 anys vaig fer un curset de pintura artística i actualment pinto, sobretot figures de guix o talles. En el curset havia de barrejar colors en determinades proporcions i bé que me'n sortia.

Per aconseguir tons concrets vaig provant diferents barreges fins que trobo el color adequat. Si tinc un model comparo el color que he obtingut amb aquest. Així, per aconseguir aquest color [taronja vermellós] *barrejaria groc i negre segurament. Per aquest gris perla* [rosa fosc]*... Ah! És rosa? Doncs... Així, vermell i blanc.*

9. **En quines situacions troba obstacles?**
Per combinar el vestuari cap problema, la dona em prepara la roba i, de fet, tampoc m'interessa gaire la roba. Els semàfors, els distingeixo bé durant el dia; de nit no condueixo mai, no m'agrada (els llums enlluernen i em desorienten), intento evitar conduir de nit, però no pas pels colors.

Anècdotes
A l'escola no havia notat mai res estrany però els llibres eren en blanc i negre, el color només l'utilitzava per pintar. En aquella època hi havia pocs llibres de color impresos. Ara que faig servir molt el color, distingeixo molt bé les mescles de pintura. Sé fer les barreges, segurament perquè n'he après i ho he estudiat. Però abans ja havia treballat amb el color, de viatjant en una empresa d'arts gràfiques. Allà havia de passar comandes amb mostres de colors però, com que cada color té la seva referència, no em suposava cap problema.

10. **Quins són els seus colors preferits?**
Abans, el groc, perquè és cridaner i alegre. Ara, el blau i el grana (els colors del Barça). El blau cel, el trobo tranquil·litzant.

Aspectes a destacar:
Assegura que té un grau baix de daltonisme perquè, els colors, ja els veu i, quan pinta, les combinacions no desentonen. En la figura d'una pastora que ha pintat, però, se li pregunta el color dels pantalons que porta sota la faldilla i diu: *La meva intenció era pintar-los de color gris perla tirant a rosat.* Tanmateix, la majoria de la gent (els que no són daltònics) els qualificaria de verds.

Nom: **Joan B.**	Sexe: **Masculí**
Data de naixement: 30-8-1936	**Edat:** 67 anys
Tipus de daltonisme: [No ho sap]	

1. **Quan es va adonar que tenia dificultats a distingir certs colors?**
A l'escola, perquè em demanaven un llapis vermell i si comptava amb tres del mateix to no sabia per quin decidir-me. Només distingia els colors intensos. Els altres veien moltes gammes de verds i jo apreciava els que destacaven més. Llavors encara no sabia què em passava.

2. **Quines proves o situacions evidenciaven que confonia certs colors?**
No gaires, com a mínim rellevants. Tan sols en moments concrets. A l'examen de conduir, com que els semàfors van ordenats verticalment, no passa res. A l'escola, me'n recordo ja que sempre utilitzava els mateixos llapis, els que pintaven de forma més cridanera.

3. **Quina és la primera referència que va tenir sobre el daltonisme?**
Encara ara no ho sé del tot. En tinc una imatge vaga. Sé que es tracta de confondre colors però no he avançat en aquest camp. Ignoro si a tothom li passa el mateix que a mi, si n'hi ha de diversos tipus, si tots confonen els mateixos colors. I tinc 67 anys! Abans n'havia sentit a parlar, però no massa, la veritat.

4. **Quan va saber, finalment, que era daltònic?**
Als 6 ó 7 anys. Vaig trigar temps a confirmar els primers símptomes. Devia ser a partir de comentaris de la gent. De tota manera, sí que és veritat que notava certa diferència, sense que em resultés traumàtica.

5. **Se'n va adonar tot sol, l'hi va insinuar algun conegut, etc.?**
Van ser companys, sobretot per comparació. Encara que ells no m'ho haguessin dit mai, ja m'ho deia jo. Aleshores, s'estilava de fer les llibretes amb dibuixos o pintar lletres i jo optava sempre pels mateixos colors.

6. **Qui li va confirmar?**
No m'ho va confirmar mai ningú. Mai he acudit a cap professional. De fet, poca importància li vaig donar. Potser si m'hagués encaminat cap a un ofici en què fossin necessaris... Per exemple, vaig treballar en una fàbrica de mitjons i duien les mostres cromàtiques, els catàlegs amb totes les bandes acolorides, però a la meva secció podies passar sense distingir-les. Jo estava al despatx i m'ho mirava per curiositat i prou. De vegades em preguntaven la meva opinió, sempre extraoficialment i d'aquí que fos una anècdota no diferenciar-los.

7. **Descrigui el tipus de proves amb què l'hi van detectar.**
Cap. Ni sabia que se'n poguessin fer.

8. **Com s'ho va prendre vostè? Per què?**
En certa manera, em va tocar, cohibir, em vaig sentir estrany. Cada cop que en alguna situació el fet de saber diferenciar era important, aleshores m'angoixava. Suposo que no massa perquè, si no, potser ho recordaria. De vegades m'amoïnava per l'ofici que triés en el futur, si em limitaria o no.

9. **Creu que ha desenvolupat algun mecanisme que substitueixi la discriminació entre colors?**
Molt senzill. Per exemple, en els semàfors, ho sabia per la posició, l'alçada, si s'encenia o no. També, en el menjar trobava altres sistemes, com usar el tacte. Ara bé, ja és difícil que la limitació pugui tenir conseqüències perquè entre un tomàquet vermell i un de verd hi ha massa distància.

10. **En quines situacions troba obstacles?**
A l'hora de comprar segur; sobretot en això. Els grisos, posem per cas, ja els veig i, potser per comoditat, vario poc de colors. Els més llampants, pel meu caràcter, ja no els portaria.

Anècdotes
A l'escola, el primer record que conservo és que si em demanaven un color concret em veia incapaç de donar-los-el, sobretot si n'hi havia diversos de semblants per escollir. Jo, per la meva banda, demanava el que m'agradés.

11. **Quins són els seus colors preferits?**
No són colors i prou. Ets més conscient de les reaccions perquè hi ha moments de dubte que te'n fan adonar. De vegades escullo els més forts perquè no em confonen. Però també m'agraden els discrets si els he de dur. És una espècie de contrasentit. Per una banda duria roba pàl·lida però en d'altres facetes trio colors més intensos.

Nom: **Francesc B.**	Sexe: **Masculí**
Data de naixement: 4-4-1938	**Edat:** 66 anys
Tipus de daltonisme: [No ho sap]	

1. **Quan es va adonar que tenia dificultats a distingir certs colors?**
No ho sé... entre els 8 i 10 anys, més o menys..

2. **Quines proves o situacions evidenciaven que confonia certs colors?**
Durant els anys que vaig anar a l'escola, per jugar, ens fèiem pilotes amb draps de colors. Quan els meus companys em demanaven d'anar a buscar la pilota groga o vermella... jo les veia totes iguals. En general, quan parlaven dels colors de determinades coses que jo no diferenciava. És a dir, me'n vaig adonar comparant "els meus colors" amb els de la resta.

3. **Quina és la primera referència que va tenir sobre el daltonisme?**
En el futbol: un jugador (molt bo) que havia de fitxar pel Tenerife era daltònic. Al final no el van fitxar perquè camp (d'herba) tenia problemes a distingir el color de les samarretes del seu equip de la dels contraris.

4. **Quan va saber, finalment, que era daltònic?**
Cap als 15 anys, amb l'anècdota del jugador de futbol.

5. **Se'n va adonar tot sol, l'hi va insinuar algun conegut, etc.?**
No he anat mai a cap metge que m'ho confirmés. Me'n vaig adonar sol, comparant el que jo veia amb el que veia l'altra gent.

6. **Com s'ho va prendre vostè? Per què?**
No em sap greu perquè no m'ha perjudicat. Ja m'agradaria veure-hi normal, però pitjor és ser guenyo o esguerrat. [Familiars de l'afectat asseguren que evita parlar-ne i no li agrada que es preocupin del seu daltonisme.]

7. **Creu que ha desenvolupat algun mecanisme que substitueixi la discriminació entre colors?**
Em fixo en la posició, per exemple en els semàfors, si em canviessin les posicions tindria problemes. Quan vaig a caçar, si no veig els animals, el que faig és fixar-me en el moviment i el soroll.

8. **En quines situacions troba obstacles?**
A la feina: jo treballava en galvanotècnia, la meva feina consistia a donar color a superfícies de ferro. Una làmpada, per exemple, està formada per diferents peces i totes han de ser de la mateixa tonalitat o formant uns degradats determinats. Per sort, jo no havia d'assignar el color final: no ho hauria pogut fer.

Al camp: des de lluny, tinc problemes per identificar un cirerer amb les cireres ben vermelles; només les identifico si m'hi acosto. Tampoc sóc capaç de distingir quan els préssecs són verds o madurs. Quan vaig a cacera, no reconec els animals d'entre la vegetació si aquests estan quiets; he d'esperar que es moguin.

La televisió: una de les que tinc es pot graduar el contrast dels colors; l'altra no i a vegades noto els colors força pàl·lids. Els programes amb més dificultats són el tenis (per veure la pilota), el futbol (per distingir els equips) i les pel·lícules de la selva (tot és del mateix color).

Anècdotes
Una vegada vaig anar a pescar amb un company, però ja no era l'hora en què es podia pescar, per això vigilàvem que no ens veiés la policia marítima (porta una franja verda). De sobte vam veure una llanxa que s'anava apropant i el meu company em va demanar que mirés qui era (em va estranyar perquè ho podia mirar ell mateix). Jo li vaig dir que no se'n fiés perquè confonia els colors. Llavors va confessar que ell també els confonia, per això m'ho havia preguntat. Per sort, no era la policia.

Parlant amb un company, em va dir: *Quin vent per allà dalt a Montfulleda!*. Jo em vaig posar a riure i li vaig etzibar que com podia veure el vent. Ell em respon: *Home, no el veig pas el vent, sinó les fulles dels arbres que es mouen!*. És clar, vosaltres veieu el sobre i el sota de les fulles diferents... Jo m'he de fixar en com es mouen.

9. **Quins són els seus colors preferits?**
Vermell, groc... en definitiva, colors vius. Però tot depèn de com estiguin combinats i, si es tracta de roba, hi ha gent que li queda bé un vermell i altra a qui no.

Nom: **Jaume C.**	Sexe: **Masculí**
Data de naixement: 19-11-1955	**Edat:** 49 anys
Tipus de daltonisme: [No ho sap] Resultat del test: protanop.	

1. **Quan es va adonar que tenia dificultats a distingir certs colors?**
No ho sé... Suposo que a l'escola, quan vaig començar a utilitzar els colors.

2. **Quines proves o situacions evidenciaven que confonia certs colors?**
Quan demanava els llapis de colors, moltes vegades em confonia. Si havia d'anomenar els colors d'algun objecte també m'equivocava.

3. **Quina és la primera referència que va tenir sobre el daltonisme?**
La meva dona em va dir que d'aquells que confonien els colors se'n deien daltònics. Jo devia tenir uns 20 anys. Ara sé el mateix que abans (que sóc daltònic) i també que no podria ser pilot d'avions.

4. **Quan va saber, finalment, que era daltònic?**
Als 18 ó 20 anys.

5. **Se'n va adonar tot sol, l'hi va insinuar algun conegut, etc.?**
M'ho va dir la meva dona. Jo ja sabia que confonia colors, però no coneixia la paraula "daltonisme".

6. **Qui li va confirmar?**
El metge, durant la revisió mèdica a l'empresa. Em va ensenyar unes rodones amb números, però jo no els hi veia pas els números. Posteriorment vaig anar al metge de capçalera i aquest només va dir-me que no podria ser pilot d'avions.

7. **Descrigui també les circumstàncies amb què l'hi van detectar.**
Em vaig posar davant d'una pantalla on anaven passant làmines amb lletres grans, petites i finalment les rodones amb números.

8. **Com s'ho va prendre vostè? Per què?**
Me n'avergonyia. Intentava amagar-ho perquè ho veia com una deficiència, com si ser daltònic signifiqués ser ruc. Després, quan vaig saber que n'hi havia molts com jo, ja ho vaig acceptar. Ara no em molesta parlar-ne.

9. **Creu que ha desenvolupat algun mecanisme que substitueixi la discriminació entre colors?**
De petit, ordenava els colors dins la caixa corresponent i així sabia el que era cadascun. A l'hora de pintar resultava força pràctic. Ara treballo en estampació de teixits i tracto amb colors. A cada tonalitat li'n correspon un número i em guio per això. Així, en comptes de parlar de colors, parlo de números:. Pals semàfors, em fixo en la posició o bé miro el que fan els cotxes de davant. Tot i així, a vegades els passo en vermell.

10. **En quines situacions troba obstacles?**
A la feina, ja que treballo en la secció d'estampats d'una fàbrica tèxtil. La meva feina consisteix a estampar sobre el teixit un mateix dibuix amb diferents combinacions de colors. Hi tinc problemes, però ja he anat trobant mecanismes per evitar les confusions. A vegades, si confonc dues teles, demano la quantitat que hi havia de "la rosa", per exemple, i com que tinc anotades les quantitats de cada tela, puc saber quina és l'una i quina l'altra.

A la botiga de roba on treballa la dona, em costa distingir els colors de les peces. Per contra, puc dir sense problemes si dues peces combinen o no (potser per l'experiència a la feina). De totes maneres, les combinacions de roba per vestir-se, me les fa la dona.

Anècdotes
Amb cotxe, un dia que anava tard i estava a punt de passar un semàfor perquè m'havia semblat verd quan de sobte el meu fill em diu: "Està vermell!". Jo vaig frenar en sec i resulta que era verd: m'havia gastat una broma. També en un joc de rol que consistia a associar colors amb objectes o elements d'aquell color. Jugava amb gent amb qui no hi havia massa confiança i ho vaig passar molt malament.

11. **Quins són els seus colors preferits?**
El color preferit és el blau. Els colors potents per a mi són el blau, el vermell i el groc; aquests mateixos colors em tranquil·litzen perquè sé que no els confondré, els veig *nítids*. D'altra banda, el gris i el rosa els trobo relaxants.

Nom: **Salvador M.**	Sexe: **Masculí**
Data de naixement: 1966	**Edat:** 38 anys
Tipus de daltonisme: [No ho sap]	

1. **Quan es va adonar que tenia dificultats a distingir certs colors?**

Cap als 10 *anys. Vaig comença a anar a l'escola als 8 anys però no recordo que mai m'ensenyessin els colors.*

2. **Quines proves o situacions evidenciaven que confonia certs colors?**

A l'escola: sobretot en els mapes de geografia. Sempre els feia la meva mare perquè jo n'era incapaç. A més, a casa la llum sempre era molt tènue i això també m'influïa. Ara sempre intento que hi hagi una bona il·luminació: és una mania. Per a les combinacions de roba també necessitava ajuda. Curiosament, ara distingeixo millor els colors de la roba.

3. **Quina és la primera referència que va tenir sobre el daltonisme?**

A nivell familiar, de petit. Devia sentir a parlar-ne, ja que el meu germà gran i el meu oncle també són daltònics. L'únic que sabia era que confonia alguns colors.

4. **Quan va saber, finalment, que era daltònic?**

Als 26 anys, quan un òptic (a Girona). Però em sona que, abans, a l'institut també li haguessin fet alguna prova.

5. **Se'n va adonar tot sol, l'hi va insinuar algun conegut, etc.?**

Crec que la mare; suposo que perquè el meu germà gran també ho és. M'és endavant m'ho va confirmar un òptic. Em va ensenyar un dibuix com aquest que portes [El test Ishihara].

6. **Com s'ho va prendre vostè? Per què?**

Ja ho intuïa i ara ja ho he assumit: tampoc és tan greu...

7. **Creu que ha desenvolupat algun mecanisme que substitueixi la discriminació entre colors?**

La posició, en els semàfors. De fet, suposo que el color tampoc és qüestió de supervivència i un es pot fixar en altres trets com la forma. Ara bé, si poso més atenció del compte en altres aspectes no en sóc conscient.

8. **En quines situacions troba obstacles?**

A l'escola, amb els mapes de geografia, a plàstica (pintura) i als exercicis de llengua on demanaven encerclar d'un color o altre certes. A la feina n'he trobat sempre: com a electricista, tintorer i ara de transportista. D'altra banda, a nivell estètic ho noto molt. Combinacions de colors que a mi em semblen correctes o no trobo que facin mal d'ulls per als que hi veieu normal semblen qui sap què... De totes maneres, amb el tema de la moda sóc bastant descuidat i més aviat crític: no l'entenc.

Anècdotes

M'hauria agradat estudiar electrònica però tot està basat en codis de colors i no hagués pogut distingir-los. Finalment vaig optar per electricitat (tinc el títol d'FP d'electricitat). Tinc moltes dificultats amb els colors dels cables. De fet, vaig passar un examen d'electricitat i crec que el vaig suspendre per confondre els colors dels cables. Ara bé, durant el curs mai em van demanar cap revisióvisual ni si era daltònic (tot i que jo ho advertia).

He treballat a una tintoreria, tenyint. Tenia problemes per conèixer els colors dels teixits i, sobretot, amb les proves de pH (confonia colors de l'escala). Podia haver fet malbé molta quantitat de roba. També, un dia que conduïa per Girona, de nit, vaig veure una llum a l' alçada d'un semàfor i vaig tirar endavant. Tot seguit m'avisen que el semàfor estava en vermell. La llum que havia vist venia d'una farola (de llum groguenca).

9. **Quins són els seus colors preferits?**

El blau és el meu preferit. Vaig pintar-m'hi una habitació fa poc: em relaxa. Elcolor verd no m'agrada massa i odio profundament el beix, crec que perquè una vegada el vaig confondre i se me'n van riure.

Aspectes a destacar:

Confessa que tant ell com el seu germà han estat sempre molt introvertits. Declara que abans era molt vergonyós i tenia horror al ridícul, era molt insegur de si mateix. Pensa que pot ser a causa del daltonisme. Observa també que, avui dia, per l'abundància de colors arreu, ha de ser molt dur pels nens daltònics d'adaptar-se a la manera d'interpretar els colors de la majoria.

Nom: **Miquel Àngel R.**	Sexe: **Masculí**
Data de naixement: 14-01-1971	**Edat:** 33 anys
Tipus de daltonisme: De segon grau [Resultat del test: deuteranòmal]	

1. **Quan es va adonar que tenia dificultats a distingir certs colors?**
Als 11 anys.

2. **Quines proves o situacions evidenciaven que confonia certs colors?**
Vaig veure un disc per a detectar el problema del daltonisme [test Ishihara] a un diccionari i vaig adonar-me que no veia el mateix número que els meus germans.

3. **Quina és la primera referència que va tenir sobre el daltonisme?**
Poca cosa: que confonien el vermell i el verd.

4. **Quan va saber, finalment, que era daltònic?**
Als 18 anys

5. **Se'n va adonar tot sol, l'hi va insinuar algun conegut, etc.?**
Un company que volia ser pilot i havia descobert que era daltònic va dur el test a casa. Aleshores vaig comprovar que coincidíem.

6. **Qui li va confirmar?**
El metge. Posteriorment vaig anar al metge i em va detectar el grau mitjà de daltonisme que tinc. Va precisar-me les tonalitats que confonc: verds i grisos. El vermell diria que el veig bé.

7. **Descrigui el tipus de proves amb què l'hi van detectar.**
Test de 25 discos, però no recordo el nom. [Probablement el test d'Ishihara].

8. **Descrigui també les circumstàncies amb què l'hi van detectar.**
Vaig anar-hi tot sol.

9. **Com s'ho va prendre vostè? Per què?**
Indiferent.

10. **Creu que ha desenvolupat algun mecanisme que substitueixi la discriminació entre colors?**
Com que tinc problemes amb algunes tonalitats de verd, tendeixo a no triar res d'aquest color.

11. **En quines situacions troba obstacles?**
Tinc problemes a combinar la roba.

Anècdotes
Situacions poc agradables a causa de combinacions de roba.

12. **Quins són els seus colors preferits?**
Les tonalitats que confonc, les veig d'un color imprecís, poc clar.

Aspectes a destacar:
L'afectat observa que en algunes portades, pòsters o anuncis publicitaris, quan es combinen blaus, vermells i verds, tendeix a veure's "en moviment", com si fossin en 3D. [S'ha consultat la causa d'aquesta sensació i no té res a veure amb el daltonisme; sinó que la combinació de certs colors produeixen aquest efecte a tot observador]

Nom et prénom: **David Jacquet**[47] Sexe: **Masculin**

Date de naissance: 1 mai 1977 **Âge:** 27

Sorte de daltonisme : Deutan

1. **Quel âge aviez-vous quand vous avez commencé à vous rendre compte que vous aviez des difficultés pour distinguer certaines couleurs?**
Je ne me souviens plus exactement de l'âge exact, mais ça devait être dans les 46 (à ma première visite médicale, je ne savais pas encore lire).

2. **Comment avez-vous noté ces difficultés?**
Pas de souvenir. Il y avait déjà des daltoniens donc j'ai fait une visite médicale très tôt.

3. **Est-ce que vous saviez à quoi s'agissait le daltonisme, avant de savoir que vous étiez daltonien? Expliquez-le.**
Oui je savais ce que ça voulait dire puisqu'il y avait déjà des daltoniens dans ma famille. Puis je me suis documenté pour connaître les détails (transmissions génétiques, différents types, etc.).

4. **Quel âge aviez-vous quand vous avez su que vous étiez définitivement daltonien?**
Cf. réponse 1 (4-6 ans).

5. **Vous vous en aviez rendu comte tout seul ou quelqu'un vous en a prévenu? Comment vous l'avez su? Expliquez l'anecdote de la découverte.**
Cf. 1 : visite médicale en prévision de daltonisme puisque des personnes de ma famille l'étaient déjà.

6. **Qui est-ce que vous l'a confirmé ?**
Visite médicale chez l'ophtalmo.

7. **Quelles ont été les épreuves qu'ils vous ont faites?**
Ishihara, mais comme je ne savais pas lire, je devais suivre les formes avec mes doigts. Comme mon frère et ma soeur étaient passés juste avant moi, et que je les avait vu réussir (je ne savais pas réellement ce qu'était le test), je faisais n'importe quoi pour essayer de faire comme eux (j'essayais de relier des points...).

8. **Décrivez les conditions avec lesquelles on vous a passé ces tests.**]
Cf. réponse 7. Bonne condition, il m'a expliqué ce qu'il fallait faire mais tout de suite vu que j'étais daltonien.

9. **Quels ont été vos sentiments au moment de connaître votre condition de daltonien? Pourquoi?**
Le souvenir est lointain. Mais je dirais frustré de ne pas avoir réussi ce que mon frère et ma soeur avaient tous les deux réussis. Maintenant, je dirais que j'aime bien : ça fait poser souvent des questions par les autres, et puis j'y suis habitué...

10. **Croyez-vous que vous avez développé des mécanismes alternatifs à la discrimination des couleurs? Lesquels?**
Question complexe. Je répondrais oui et non. C'est difficile de palier à ces difficultés. L'important est de savoir que l'on est daltonien et d'anticiper. Par exemple pour m'habiller, j'utilise toujours les mêmes couleurs de pantalon et de chemise pour ne pas faire de faute de goût. Pour tout ce qui est électronique (LED rouge/vert), je sais qu'il ne faut pas que je fasse confiance en ce que je vois...

11. **Où trouvez-vous des difficultés?**
Je n'achète aucun vêtement seul. Pour la conduite, les feux rouges (surtout la nuit) me font toujours peur (je ne les vois pas toujours sur les parcours que je ne connais pas. Professionnellement déterminer si un équipement est UP ou DOWN (lumière rouge/verte) visuellement. Présentation power point avec des couleurs, où lors de la scolarité tous les schémas avec du vert et du rouge et les cartes de géographie (et maintenant les cartes routières)... Je pourrais en trouver certainement plein d'autres...

---

[47] JACQUET, David. *Sur le daltonisme* [en línia] [ref. de dimecres 30 de juny de 2004; 22:23]. Comunicació personal [S'ha mantingut l'idioma original de l'e-mail.]

Ah oui un autre: je fais de l'escalade, et lorsque j'en fais en salle, les voies sont différencier par des prises de couleurs. Avec certaines couleurs de voies, je ne vois pas la différence et j'ai énormément de mal à les faire. Une autre: lorsque je dois faire des présentations (je bosse dans les télécoms) techniques, je dois souvent faire des schémas avec des couleurs. Parfois je me trompe en utilisant 2 couleurs différentes pour des lignes qui devraient être de la même couleur. Et quand je le présente oralement, je nomme la dite couleur à l'appelant par une autre.

Anecdotes :
La dernière en date: j'étais chez mon frère, et je commence à ramasser des fraises dans son jardin pour le repas. J'en avais oublié au moins la moitié que je n'avais pas vu... Un pote qui me regardait en riant et qui se doutait du résultat me dit alors: "on peut vraiment pas te faire confiance si on veut en manger beaucoup".

Quand vous étiez étudiant, quelles étaient les matières les plus difficultueuses?
Sciences Naturelles car il y avait beaucoup de schéma à faire ou interpréter (surtout en géologie). Même chose pour les cartes en géographie.

12. **Quelle est votre couleur préférée?**
Je n'ai pas de couleur préférée, mais quand on me pose la question, je répond souvent vert par défit. Je ne fais jamais confiance aux couleurs.

Aspects remarquables:
J'ai une page Web sur le daltonisme : http://daltonien.free.fr

Nom i cognoms: **Arnau B. i Nil B.**	Sexe: **Masculí**
Data de naixement: 5-2-1993	**Edat:** 11 anys
Tipus de daltonisme: [No ho saben] Resultat del test: deuteranops	

[Respon la mare però ells intervenen]

1. **Quan us vau adonar que teníeu dificultats a distingir certs colors?**
No se'n van adonar mai perquè el seu avi també és daltònic i jo ja els ho vaig detectar quan eren petits.

2. **Quines proves o situacions evidenciaven que confonien certs colors?**
Quan aprenien els colors, amb els vuit colors fonamentals no tenien cap problema, fins i tot els agradava pintar i la mestra els havia felicitat pels seus dibuixos (feien P-3). Ara bé, quan els vam introduir la caixa de 24 colors, la cosa se'ls va complicar i han avorrit pintar.

3. **Quina és la primera referència que van tenir sobre el daltonisme?**
Que potser n'estaven afectats; jo els havia previngut des de molt petits perquè el seu avi també és daltònic.

4. **Quan van saber, finalment, que eren daltònics?**
Als 5 anys.

5. **Se'n van adonar sols, els ho va insinuar algun conegut, etc.?**
Els ho vaig dir jo, potser abans que se'n poguessin adonar. Ja n'estava previnguda. L'evidència va arribar quan els vam introduir els 24 llapis de colors. Amb els vuit colors bàsics no semblaven tenir cap problema.

6. **Qui els ho va confirmar?**
Un oftalmòleg infantil que, per cert, els va visitar molt malament.

7. **Descrigui el tipus de proves amb què els ho van detectar.**
Un test amb nombres de colors [probablement l'Ishihara]. *Només dues làmines, la visita va ser molt breu i només a un dels bessons. Va dir que si un ho era l'altre també.*

8. **Descrigui també les circumstàncies amb què els ho van detectar.**
L'oftalmòleg va treure un llibre, el va obrir per la meitat i va dir a l'Arnau: "Nen, quin número hi ha aquí?". No va ser gens delicat. L'Arnau es va posar a plorar dient que allà no hi havia cap número. A en Nil no el va voler ni visitar.

9. **Com s'ho van prendre? Per què?**
El fet de ser daltònics, els va resultar indiferent. L'Arnau es va posar a plorar per la manera com l'oftalmòleg li exigia que digués el número, no pas pel fet de ser daltònic. A nosaltres, els pares, no ens va sorprendre, ja ens ho esperàvem.

10. **Creu que han desenvolupat algun mecanisme que substitueixi la discriminació entre colors?**
En Nil sempre deixa els llapis de colors ordenats de la mateixa manera dins l'estoig. Els dos pregunten a la mare per assegurar-se que trien els colors adequats (pregunten poc a la mestra). Quan han de copiar dibuixos, abans de pintar fan alguna provatura amb el color que han triat al marge del full per comparar-lo amb l'original (del codi, mapa o el que sigui).

11. **En quines situacions troben obstacles?**
A la vida quotidiana poques: la roba els la compra i combina la mare.

En quines assignatures?
A plàstica, quan s'ha de pintar o en activitats d'altres assignatures on cal pintar (les comarques a socials, gràfiques a matemàtiques).

A l'escola: l'Arnau va pintar un periquito marró i va fer creure a la mestra que el de casa seva era realment d'aquell color. En una entrevista, la mestra va comentar-me que amb les mutacions genètiques s'aconseguien coses increïbles (referint-se al periquito): no s'havia pas adonat que era daltònic. D'altra banda, una mestra va renyar en Nil per combinar malament els colors (va arribar a casa plorant).

Els mestres no s'adonen mai que són daltònics, a menys que els ho digui jo (ells no ho comenten si no se'ls ho pregunta, els deu fer vergonya). Fins ara, només ho ha detectat una mestra d'en Nil quan aquest va pintar un cavall lila enmig d'un prat.

Anècdotes
L'any passat vam anar de vacances a França i, mentre passàvem amb cotxe per entre unes muntanyes ben pelades, sense gens de vegetació, de sobte exclamen: *Quines muntanyes tan verdes!.*

Quan en Nil va triar la muntura de les ulleres, li va demanar a l'òptic una muntura "verda" molt bonica que havia vist al mostrari. L'òptic va anar a buscar la muntura verda i no la trobava perquè resulta que era taronja.

12. **Quins són els seus colors preferits?**
L'Arnau, el carbassa; en Nil, el verd "pistatxo".

Aspectes a destacar:
Els dos bessons s'estan canviant els mobles de l'habitació i cadascun ha triat els complements (làmpada, grapadora, etc.) del seu color preferit. La mare ha observat que no s'equivocaven de colors a l'hora de triar: en Nil ho ha triava tot verd i l'Arnau tot carbassa, els dos colors, però, molt vius.

En alguns casos no es posen d'acord a anomenar alguns colors de la mateixa manera. Fins i tot quan se'ls explora la visió amb l'anomaloscopi responen diferent (però els dos són deuteranops: presenten la mateixa anomalia).

Parelles de colors que solen confondre: verd i marró, vermell i marró, rosa i gris, lila i blau, taronja i verd clar...

ESTUDI DEL TIPUS I GRAU DE DISCROMATÒPSIES EN ELS BESSONS UNIVITALINS

Resultats de l'anomaloscopi

Subjecte: N. B (bessó)			
Lluminositat	Núm. atribuït a la quantitat de color	Veu les dues meitats iguals?	Color que el subjecte descriu
S'ha permès al subjecte modificar la intensitat lluminosa per igualar els dos camps de la pantalla. Les modificacions són lleus i oscil·len entre valors alts de lluminositat.	00 (vermell)	Sí	Ataronjat
	10	Sí	
	20	Sí	
	30	Sí	
	40	Sí	Ataronjat
	50	Sí	
	60	Sí	
	70	Sí	Verd clar
	80	Sí	
	90	Sí	
	99 (verd)	Sí	Verd més clar que l'anterior

Subjecte: A. B (bessó)			
Lluminositat	Núm. atribuït a la quantitat de color	Veu les dues meitats iguals?	Color que el subjecte descriu
S'ha permès al subjecte modificar la intensitat lluminosa per igualar els dos camps de la pantalla. Les modificacions són lleus i oscil·len entre valors alts de lluminositat.	00 (vermell)	Sí	Ataronjat
	10	Sí	
	20	Sí	
	30	Sí	
	40	Sí	Vermell
	50	Sí	
	60	Sí	Verdós
	70	Sí	Verdós
	80	Sí	
	90	Sí	
	99 (verd)	Sí	Verd més clar que l'anterior

Comparació entre els subjectes: A. B. i N. B.(bessons)		
Núm. de quantitat de color	N. B.	A. B.
00 (vermell)		Necessita afegir més lluminositat (però molt poca) per tal que les dues meitats s'igualin.
30	Necessita afegir més lluminositat (però molt poca) per tal que les	

	dues meitats s'igualin	
60	coincideixen	
80		Necessita afegir més lluminositat (molt poca).
90	coincideixen	
99 (verd)		Necessita afegir més lluminositat (molt poca)

Resultats del Test Ishihara

	Selecció de làmines del Test Ishihara								
Afectats:	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**12**	**13**	**14**	**Resultats**
	12	8	5	29	74	35	96	Rosa i vermell	Tricromat normal
1 (A.B.)	12	**3**	**5**	**2**	21	**9** X	9 X	Vermell	Deuteranop
2 (N.B.)	12	**X**	**8**	**X**	21	**3** X	9 X	Vermell	Deuteranop

Resultats del Test City&University

Subjecte: A.B. (bessó)

	Pàg.	Ambdós ulls	normal	**protan**	**deutan**	tritan
Chroma four	1		Baix ⇩	D	E	S
	2		Dret ⇨	B	E	S
	3		Esquerre ⇦	D	S	B
	4		Dret ⇨	E	B	S
	5		Esquerre ⇦	S	B	D
	6		Baix ⇩	E	S	D
Chroma two	7		Esquerre ⇦	S	D	B
	8		Dret ⇨	E	B	S
	9		Baix ⇩	E	S	D
	10		Sobre ⇧	B	E	D
Resultats		Al *Chroma four*	2/6	/6	4/6	/6
		Al *Chroma two*	/4	/4	4/4	/4
		Total:	2/10	/10	8/10	/10

	Pàg.	Ull dret	normal	**protan**	**deutan**	tritan
Chroma four	1		Baix ⇩	D	E	S
	2		Dret ⇨	B	E	S
	3		Esquerre ⇦	D	S	B
	4		Dret ⇨	E	B	S
	5		Esquerre ⇦	S	B	D
	6		Baix ⇩	E	S	D
Chroma two	7		Esquerre ⇦	S	D	B
	8		Dret ⇨	E	B	S
	9		Baix ⇩	E	S	D
	10		Sobre ⇧	B	E	D
Resultats		Al *Chroma four*	5/6	/6	1/6	/6
		Al *Chroma two*	1/4	/4	3/4	/4
		Total:	7/10	/10	3/10	/10

	Pàg.	Ull esquerre	normal	**protan**	**deutan**	tritan
Chroma four	1		Baix ⇩	D	E	S
	2		Dret ⇨	B	E	S
	3		Esquerre ⇦	D	S	B
	4		Dret ⇨	E	B	S
	5		Esquerre ⇦	S	B	D
	6		Baix ⇩	E	S	D
Chroma two	7		Esquerre ⇦	S	D	B
	8		Dret ⇨	E	B	S
	9		Baix ⇩	E	S	D
	10		Sobre ⇧	B	E	D
Resultats		Al *Chroma four*	4/6	/6	2/6	/6
		Al *Chroma two*	/4	/4	4/4	/4
		Total:				

		4/10	/10	6/10	/10

Subjecte: N.B. (bessó)

	Pàg.	Ambdós ulls	normal	**protan**	**deutan**	tritan
Chroma four	1		Baix ⇩	D	E	S
	2		Dret ⇨	B	E	S
	3		Esquerre ⇦	D	S	B
	4		Dret ⇨	E	B	S
	5		Esquerre ⇦	S	B	D
	6		Baix ⇩	E	S	D
Chroma two	7		Esquerre ⇦	S	D	B
	8		Dret ⇨	E	B	S
	9		Baix ⇩	E	S	D
	10		Sobre ⇧	B	E	D
Resultats		Al *Chroma four*	3/6	/6	3/6	/6
		Al *Chroma two*	2/4	/4	2/4	/4
		Total:	/10	/10	5/10	/10

	Pàg.	Ull dret	normal	**protan**	**deutan**	tritan
Chroma four	1		Baix ⇩	D	E	S
	2		Dret ⇨	B	E	S
	3		Esquerre ⇦	D	S	B
	4		Dret ⇨	E	B	S
	5		Esquerre ⇦	S	B	D
	6		Baix ⇩	E	S	D
Chroma two	7		Esquerre ⇦	S	D	B
	8		Dret ⇨	E	B	S
	9		Baix ⇩	E	S	D
	10		Sobre ⇧	B	E	D
Resultats		Al *Chroma four*	5/6	/6	1/6	/6
		Al *Chroma two*	2/4	/4	2/4	/4

	Total:	7/10	/10	3/10	/10

	Pàg.	Ull esquerre	normal	**protan**	**deutan**	tritan
Chroma four	1		Baix ⇩	D	E	S
	2		Dret ⇨	B	E	S
	3		Esquerre ⇦	D	S	B
	4		Dret ⇨	E	B	S
	5		Esquerre ⇦	S	B	D
	6		Baix ⇩	E	S	D
Chroma two	7		Esquerre ⇦	S	D	B
	8		Dret ⇨	E	B	S
	9		Baix ⇩	E	S	D
	10		Sobre ⇧	B	E	D
Resultats		Al *Chroma four*	5/6	/6	1/6	/6
		Al *Chroma two*	/4	/4	4/4	/4
		Total:	5/10	/10	6/10	/10

Nom i cognoms: **Martí A.**	Sexe: **Masculí**
Data de naixement: 20-4-1994	**Edat:** 10 anys
Tipus de daltonisme: Deuteranopia [dubtós]	

1. **Quan es va adonar que tenia dificultats a distingir certs colors?**
Als 7 anys, quan m'ho van detectar.

2. **Quines proves o situacions evidenciaven que confonia certs colors?**
A l'escola, aprenent els colors en anglès em vaig adonar que la meva visió era diferent a la dels meus companys. Després d'alguna discussió amb els companys i fins i tot amb la mestra sobre els colors d'uns dibuixos: confonia liles amb blaus i verds foscos amb marrons.

3. **Se'n va adonar tot sol, l'hi va insinuar algun conegut, etc.?**
Els pares em diuen que tot sol: un dia els vaig dir: "Pares, sóc daltònic". La veritat és que jo no ho recordo: només tinc la imatge de l'oftalmòleg dient-me que era daltònic.

4. **Qui li va confirmar?**
El pediatre i després l'oftalmòleg. Em va passar el Test Ishihara.

5. **Descrigui també les circumstàncies amb què l'hi van detectar.**
L'oftalmòleg em va ensenyar les làmines del test i vaig saber respondre el que em preguntava.

6. **Com s'ho va prendre? Per què?**
Em va alleugerir: veia els colors diferents i no tenia clars els motius. Però, en part, em vaig quedar força indiferent.

7. **Creu que ha desenvolupat algun mecanisme que substitueixi la discriminació entre colors?**
Fixar-me bé en els colors, és a dir, no fiar-me del primer cop d'ull i observar-los bé abans d'assegurar de quin color es tracta. En cas de dubte, preguntar a la mestra o algú altre. Quan em trobo amb dos colors iguals (o gairebé), sobretot en codis de colors, busco diferències en les formes, regularitats del llibre (a vegades utilitzen sempre els mateixos colors: vermell, verd i blau) o per lògica (el que sobra, el color més habitual...). D'altra banda, en els quadres de colors, com que l'interior sol ser pintat d'un color poc precís, em fixo en el marc ja que acostuma a ser del mateix color però més viu i llavors el puc identificar.

8. **En quines situacions troba obstacles?**
A l'escola, sobretot: en els gràfics de matemàtiques i a anglès

Anècdotes
Precisament a l'assignatura d'anglès, en una ocasió vaig pintar un cavall verd fosc en comptes de marró. En alguna altra ocasió també he pintat cares verdes. A mates, quan hi ha codis de colors, em fixo amb la forma de les taques ja que a vegades són diferents. Però no a tots els llibres és així. D'altra banda, agraeixo els llibres que sempre utilitzen els mateixos colors en els codis, vaig més segur.

A educació física, un dia que estava fent una cursa, el mestre va utilitzar dos cercles, un de verd i l'altre vermell, per indicar si s'havia de sortir (verd) o quedar-se quiet (vermell), com un semàfor. El cas és que va mostrar el cercle verd i tots els meus companys es van arrencar a córrer, excepte jo. El mestre, en adonar-se'n, exclamà: "Ai! És veritat que ets daltònic..." i va canviar els cercles.

9. **Quins són els seus colors preferits?**
El blau és el meu color preferit i l'atribueixo a la tranquil·litat; el groc també em relaxa. Els dos m'agraden molt perquè són vius i no els confonc Per contra, el grana excita i el gris, el trobo fosc: cap dels dos m'agrada.

Aspectes a destacar:
Parelles de colors que sol confondre: verd i taronja, lila i blau, verd fosc i marró, rosa i gris... Creu que el seu grau de daltonisme és lleu. Li agrada parlar sobre el tema.

ESTUDI DEL TIPUS I GRAU DE DISCROMATÒPSIA

Resultats del Test City&University

Subjecte: M.A.

	Pàg.	Ambdós ulls	normal	**protan**	**deutan**	tritan
Chroma four	1		Baix ⇩	D	E	S
	2		Dret ⇨	B	E	S
	3		Esquerre ⇦	D	S	B
	4		Dret ⇨	E	B	S
	5		Esquerre ⇦	S	B	D
	6		Baix ⇩	E	S	D
Chroma two	7		Esquerre ⇦	S	D	B
	8		Dret ⇨	E	B	S
	9		Baix ⇩	E	S	D
	10		Sobre ⇧	B	E	D
Resultats		Al *Chroma four*	/6	2 /6	4/6	/6
		Al *Chroma two*	/4	1/4	3/4	/4
		Total:	/10	3 /10	7 /10	/10

	Pàg.	Ull dret	normal	**protan**	**deutan**	tritan
Chroma four	1		Baix ⇩	D	E	S
	2		Dret ⇨	B	E	S
	3		Esquerre ⇦	D	S	B
	4		Dret ⇨	E	B	S
	5		Esquerre ⇦	S	B	D
	6		Baix ⇩	E	S	D
Chroma two	7		Esquerre ⇦	S	D	B
	8		Dret ⇨	E	B	S
	9		Baix ⇩	E	S	D
	10		Sobre ⇧	B	E	D
Resultats		Al *Chroma four*	/6	3/6	3/6	/6
		Al *Chroma*	/4	2/4	2/4	/4

	two				
	Total:	/10	5/10	5/10	/10

	Pàg.	Ull esquerre	normal	**protan**	**deutan**	tritan
Chroma four	1		Baix ⇩	D	E	S
	2		Dret ⇨	B	E	S
	3		Esquerre ⇦	D	S	B
	4		Dret ⇨	E	B	S
	5		Esquerre ⇦	S	B	D
	6		Baix ⇩	E	S	D
Chroma two	7		Esquerre ⇦	S	D	B
	8		Dret ⇨	E	B	S
	9		Baix ⇩	E	S	D
	10		Sobre ⇧	B	E	D
Resultats		Al *Chroma four*	/6	3/6	3/6	/6
		Al *Chroma two*	1/4	1/4	2/4	/4
		Total:	1/10	4 /10	5/10	/10

Nom i cognoms: **Eloi P.**	Sexe: **Masculí**
Data de naixement: 25-2-1997	**Edat:** 7 anys
Tipus de daltonisme: [No ho saben] Resultat del test: protanopia.	

[Respon la mare, l'afectat no intervé]

10. **Quan es va adonar que tenia dificultats a distingir certs colors?**
Molt aviat, quan tenia 3 amys.

11. **Quines proves o situacions evidenciaven que confonia certs colors?**
A l'escola, aprenent els colors: diferenciava la majoria de colors però alguns de concrets com els verds i els marrons els confonia sovint. A més pintava conills verds. Tot això en va fer pensar que devia ser daltònic.

12. **Quina és la primera referència que va tenir sobre el daltonisme?**
Quan feia P-5 li vaig explicar. A partir d'aleshores ja ho explica ell mateix i des de fa poc fins i tot demana ajuda abans d'equivocar-se.

13. **Quan va saber, finalment, que era daltònic?**
Als 7 anys.

14. **Se'n va adonar tot sol, l'hi va insinuar algun conegut, etc.?**
Ja ho intuíem perquè el seu avi també n'està afectat. La mare li va dir.

15. **Qui li va confirmar?**
L'oftalmòloga.

16. **Descrigui el tipus de proves amb què l'hi van detectar.**
El Test Ishihara.

17. **Descrigui també les circumstàncies amb què l'hi van detectar.**
L'oftalmòloga li va ensenyar les làmines del test i li va preguntar si hi veia algun número, aclarint que si no els hi veia no passava res: *Potser no ho veus*, li deia l'oftalmòloga. Va ser molt correcta.

18. **Com s'ho va prendre? Per què?**
No s'ho va prendre malament. Fins i tot li fa gràcia que el seu avi també ho sigui. Però hi ha moments en què es troba com indefens i demana ajuda.

19. **Creu que ha desenvolupat algun mecanisme que substitueixi la discriminació entre colors?**
A vegades compara els llapis de colors i, des del curs passat (1r d'EGB), quan té problemes, demana ajuda.

20. **En quines situacions troba obstacles?**
A l'escola, sobretot. Quan feia Primer la mestra ens va cridar perquè en un exercici en què s'havia de pintar les accions positives de verd i les negatives de vermell, ho va fer tot al revés.

En quines assignatures?
En totes les que ha de pintar.

21. **Quins són els seus colors preferits?**
El groc i colors vius.

➢ ANNEX VIII: L'aprenentatge del color

• *Teresa Pardos*

[Qüestionari a Teresa Pardos, mestra especialista en Parvulari. Actualment imparteix classes als nens i nenes de P-3 de l'escola Vedruna d'Arbúcies. La seva metodologia destaca per un ús abundant del color en els aprenentatges.]

El daltonisme:

1. **Li han parlat mai sobre el daltonisme durant la seva formació?**
   No gaire. El que en sé és pel que he anat sentint o llegint

2. **Què en sap?**
   Que es tracta d'un trastorn a l'hora d'assimilar visualment els colors de la forma generalitzada; que hi ha diferències entre els diferents daltonismes. Però penso que estic força limitada, encara, d'informació.

3. **Amb quants casos de daltonisme s'ha trobat, fins ara? Nens o nenes?**
   Un nen. Declarat i clar, només un. Però cal dir que no vaig ser-ne conscient fins que al cap d'un parell d'anys els pares ho van descobrir.

4. **Com s'ha assabentat que eren daltònics?**
   Els pares m'ho van dir. I vam quedar tots de pedra, perquè el nen era prou intel·ligent com per salvar les dificultats que es trobava a l'hora de contestar.

5. **Quines circumstàncies associaria a un alumne daltònic?**
   Suposo que depèn de l'edat del nen. En els nens de p-3 normalment no surten dificultats conscients i verbals perquè la majoria entren per primera vegada en els conceptes (els colors). Crec que més aviat jo detectaria problemes en el ritme d'assimilació normal.

6. **Com actues (o actuaries) davant d'un alumne que presenta dificultats a distingir certs colors?**
   Miro de trobar altres recursos de reforç, tan individuals com col·lectius. Faig més propostes d'activitats relacionades amb el tema.

7. **A quins tipus d'activitats, exercicis o matèries creu que un alumne daltònic trobaria dificultats?**
   En general, crec que quan es treballa quelcom plàstic a nivell de relació, etc. el nen pot demostrar més clarament que no ho veu com tu (cosa que no vol dir en moltes altres ocasions tampoc ho faci). Per exemple, "*Pinta el dibuix com un model"*.

8. **Utilitza guixos de colors en les seves classes? En cas afirmatiu, digui de quins colors, en quines matèries i què escriu o dibuixa amb ells.**
   Sempre que fem res a la pissarra: Treball d'escriptura (grafomotricitat) o dibuixar conceptes (figures geomètriques, gran-petit, encerclar o resseguir, etc.). També com a treball plàstic: pintar sobre paper, desfer-los, etc.

Aprenentatge dels colors :

9. **A quina edat s'aprenen els colors?**
   No es pot concretar ben bé ja que depèn molt dels nens. Conec nens que els han assimilat bé a 1 any (tot i no poder-los verbalitzar); d'altres més tard. A P-3 tots els nens han d'acabar coneixent els colors bàsics, però la majoria ja n'aprenen d'altres i fins i tot n'hi ha que poden distingir tonalitats (clar, fosc).

10. **Qui els ensenya?**
    Crec que tot, en general. La tasca hauria de ser dels pares. A l'escola es treballa moltíssim, sobretot a l'Educació infantil, però els mitjans de comunicació (televisió) també tenen molt a dir. Per exemple, sèries com els "Teletubbies".

11. **Destacaria l'aprenentatge dels colors com un dels principals objectius acadèmics de l'educació infantil? Per què és tan importat el color?**
Sí. Crec que és la base de molts altres coneixements posteriors i es tracta d'uns dels primers conceptes ambientals de la nostra societat. Els donem el nom que els donem i punt! I, els nens han d'aprendre'ls si volen pertànyer al col·lectiu.

12. **Els colors són la base per a altres aprenentatges?**
Sí, però no sempre els mètodes de lectoescriptura hi estan relacionats tan directament com ho fem nosaltres. En general, utilitzem els colors (com a element motivant, que transmet sensacions) perquè els nens viuen molt immersos en ells i els és més fàcil adquirir altres conceptes partint d'ells o utilitzant-los com a suport visual.

13. **Com s'aprèn el color en l'edat infantil?**
El color és bàsic i complement de tot. Serveix com a dinamitzador d'activitats. Per exemple, mostrant un color determinat o la combinació d'ells pots aixecar o tranquil·litzar els ànims dels nens. Tant es presenten d'un en un com es pengen tots a les parets com a decoració. Sovint es treballa com a complement o suport d'un altre concepte (els aliments, etc.).

Es treballen utilitzant totes les tècniques, recursos i suports: cançons, contes, blocs lògics; murals, puzzles, construccions, jocs; pintant amb ceres, rotuladors, colors, pintura; papers de colors (cartolines, paper de seda, etc.); globus, pinzells, cordes, pilotes; objectes: arbres, un bolet; tècniques plàstiques diverses, etc.

A l'edat infantil, el color s'engloba dins l'àrea d'Intercomunicació i Llenguatges o a l'apartat de Llenguatge Plàstic, però, de fet, es treballa a totes les àrees. Pel fet de ser tan engrescador, l'utilitzem com a motivant en la lectoescriptura (lletres de color)

14. **Quan i com s'aprenen els números?**
Els nombres són uns conceptes similars als colors. Depèn molt de la maduresa de cada nen. Tampoc vol dir que un nen que sàpiga anomenar més o menys en ordre la sèrie de números entengui el concepte. Per això, el que es treballa més en tot el parvulari és fraccionar la sèrie 1-9 (10). Sempre relacionant-ho amb l'edat de cada nen. Per exemple, a P-3 s'ensenya fins al 3 (tot i que se'n fa algun s més).

Normalment, igual que en l'escriptura diferenciem els traços necessaris per escriure cada número (direcció esquerra i amunt, avall, etc.). Llavors, hem de treballar molt el punt d'inici i l'execució d'aquestes direccions. Finalment, cal controlar que la posició del nen sigui l'adequada; que la pressió sobre el llapis sigui correcta; i que el traç es realitza sense aixecar el llapis del paper (si és necessari, com ara en el nombre 1).

Al mateix temps, es treballa el concepte de quantitat i la diferenciació amb altres (+/-), així com diferenciar un número respecte un dit, un color, un elefant... Més endavant és van afegint altres conceptes matemàtics . Normalment, com a suport visual, a totes les classes, sol haver-hi rètols que mostren aquesta relació número-quantitat amb colors i objectes o animals propers a la vida dels nens

15. **I les lletres?**
A l'escriptura també diferenciem els traços necessaris, la direcció i el punt d'inici. Nosaltres, és a dir, a la nostra escola, hem triat un mètode de lectoescriptura a cavall d'altres mètodes existents (Tebenosky i Montessori) i amb la incorporació d'altres estratègies basades en l'experiència.

Des de la classe dels més menuts (1 any), els nens veuen els textos escrits (noms als penjadors, contes, cançons...) seguint unes normes bàsiques: lletra de pal: al començament gran i a mesura que passen els cursos, més petita; diferenciació de les vocals (mitjançant cinc colors bàsics); i les consonants de color negre.

A P-3, quan s'inicia pròpiament l'escriptura, comencem pel nom propi. El tenen a les taules, cadires, fitxes, penjadors... Identifiquem les de color: A-groc, E-verd, I-blau, O-marró, U-vermell. Quan les comencem a treballar, d'una en una, (aprofitant quan escrivim el dia, el nom...) les anem presentant tot associant-les a un objecte proper que ens faci recordar la forma. Per exemple, la E sembla una pinta; la M, unes muntanyes; la D, una panxa grossa, etc.

Sense adonar-se fan el pas d'anomenar les lletres: primer pel color; després per l'objecte que representen. A P-4, ja en reconeixen el so i a P-5, el nom oficial.