



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

TREBALL FINAL DE GRAU

**ELS EXERCICIS DE MATEMÀTIQUES D'EDUCACIÓ
PRIMÀRIA I DALTONISME**

NURIA RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ

DIRECTOR/A: AURORA TORRENTS GÓMEZ

TERRASSA, 15 DE JUNY 2018



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

ELS EXERCICIS DE MATEMÀTIQUES D'EDUCACIÓ PRIMÀRIA I DALTONISME

RESUM

L'objectiu d'aquest treball és administrar una col·lecció d'exercicis inclosos a diversos llibres adreçats a infants del cicle inicial a tres subjectes daltònics, per esbrinar si els poden fer sense cap problema o si, com sembla, els resulta impossible d'executar. Per tal d'assolir aquest objectiu primerament s'haurà d'analitzar alguns llibres de matemàtiques de primer i segon cicle d'educació primària per tal de fer el recull d'activitats que posteriorment se l'hi entregaran als participants, tot i que abans s'haurà d'identificar el tipus d'anomalia cromàtica que presenten.

S'ha avaluat la visió del color de 3 homes amb afectació cromàtica mitjançant quatre proves diferents; test d'Ishihara, Farnsworth-Munsell 100 Due, City University Colour Vision Test i l'anomaloscopi. Als subjectes se'ls va lliurar un conjunt d'exercicis de primer i segon de primària per determinar si l'ús del color com a eina d'aprenentatge pot presentar un impediment en l'assoliment de conceptes dels nens amb discromatòpsia.

La conclusió del treball és que els individus amb deficiències en la visió del color poden resoldre els exercicis seleccionats però podrien arribar a tenir més dificultats que els individus sense tals afectacions. D'altra banda, es va observar que majoritàriament el color s'utilitzava com a eina d'aprenentatge i que tot el color és utilitzat constantment, el percentatge de material didàctic que fa ús del color i que pot afectar en l'aprenentatge de conceptes en un nen amb discromatòpsies, no és molt elevat.



GRAU EN OPTICA I OPTOMETRIA

LOS EJERCICIOS DE MATEMATICAS DE EDUCACIÓN PRIMARIA Y EL DALTONISMO

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es administrar una colección de ejercicios incluidos a varios libros dirigidos a niños de ciclo inicial a tres sujetos daltónicos, para averiguar si los pueden hacer sin ningún problema o si, como parece, los resulta imposible de ejecutar. Para lograr este objetivo primeramente se tendrá que analizar algunos libros de matemáticas de primero y segundo ciclo de educación primaria para hacer la recopilación de actividades que posteriormente se lo entregarán a los participantes, no obstante antes se tendrá que identificar el tipo de anomalía cromática que presentan.

Se ha evaluado la visión del color de 3 hombres con afectación cromática mediante cuatro pruebas diferentes; test de Ishihara, Farnsworth-Munsell 100 Due, City University Colour Vision Test. A los sujetos se les entregó un conjunto de ejercicios de primero y segundo de primaria para determinar si el uso del color como herramienta de aprendizaje puede presentar un impedimento en el logro de conceptos de los niños con discromatopsia.

La conclusión del trabajo es que los individuos con deficiencias en la visión del color pueden resolver los ejercicios seleccionados pero podrían llegar a tener más dificultados que los individuos sin tales afectaciones. Por otro lado, se observó que mayoritariamente el color se utilizaba como herramienta de aprendizajes, pesar de que el color es utilizado constantemente, el porcentaje de material didáctico que hace uso del color y que puede afectar en el aprendizaje de conceptos en un niño con discromatopsias, no es muy elevado.



GRAU EN OPTICA I OPTOMETRIA

THE EXERCISES OF MATHEMATICS OF PRIMARY SCHOOL AND COLOUR BLINDNESS

ABSTRACT

The aim of this work is provided a collection of exercises included in several books addressed to children of the initial cycle to three subjects with a chromatic anomaly to discover if they can do them without any problem or if it turns out to be impossible to execute. Firstly, some books of mathematics will have been analysed of the first and the second cycle of primary education to do the summary of activities that later will deliver it to the participants, nevertheless before there will have to be identified the type of chromatic anomaly that they present.

There has been evaluated the vision of the colour of 3 men chromatics deficiency by four different tests; test of Ishihara, Farnsworth-Munsell 100 Due, City University Colour Vision Test and Anomaloscope. We delivered them a group of exercises of first and Second of primary to determine if the use of the colour like a tool of learning can present an impediment in the achievement of concepts of the children with chromatic anomaly.

The conclusion of the work is that the individuals with chromatic deficiencies can solve the selected exercises, they might manage to have more difficulties than the individuals without such affectations. On the other hand, were observed that for the majority of exercises the colour was being used as a tool of learning, although the percentage of didactic material that uses the colour and that can concern in the learning concept in a child with chromatic deficiency it is not very overhead.



SUMMARY

THEORETICAL FRAMEWORK

In the half of the 19th century, Young proposed that it existed three types of sensitive receptors approximately to the red, green and blue regions of the spectrum, nowadays we know that as theory trichromatic. According to this theory, the images that we obtain of the world that surrounds us is formed by the combination of these three receptors and immediately afterwards transmitted to the brain where the signs were processed of each one the receptors. This theory was verified experimentally by Helmholtz 1856 and Maxwell 1861.

In 1878, Ewald Hering proposed the theory of the opponents colours, which explains the functioning of the neurons of the visual routes. Hering proposed that the nature of the vision of the colour owed to itself the pairing of the sensations of colour, which opponents would operate on by means of processes. This is explained because it turns out impossible to imagine a red -greenish colour. This theory, it separates the opponents chromatic sensations in two pairs: red - green and yellow bruise, besides the white-black.

Both theories were supported and harmonized thanks to the works of Hurvich and Jameson in 1957, who suggested that the trichromatic vision mix two different processes: an initial trichromatic phase and another later opponent phase.

Nowadays it is known that in the retina existed two types of photoreceptor: the canes taken charge of the scotopic vision, and the cones taken charge of the photopic vision, the perception of detail and the vision of the colour.

The first stage of the perception of the colour takes place in the retina where the three types of cones exist. The spectral sensibility of which it relapses into three different wavelengths, which determine the mechanism of each cone (L, M, S). In the subject's normal trichromate vision, the three types of receptors exist in the retina, which they are named according to the relative position that they occupied in the visual spectrum: blue cones (S), green (M) and red cones (L), according to the part of the visible spectrum to which they are more sensitive: the blue cones to 498nm, green cones to 534nm and the red cones to 564nm. Any alteration of the curves of spectral sensitivity of the cones will generate a deficiency or anomalous vision of the vision of the colour.

The deficiencies of chromatic vision refer a number of problems that arise at the moment of identifying some colours. The abnormal vision of the colours consist of a difficulty to distinguish between several tones of the same colour or the inability to see a certain enclosed colour, in the most extreme case, in the inability to perceive any stimulus of colour.



The most frequent chromatic deficiency is the dyschromatopsia, which are characterized for being hereditary, and in which the individual only possesses two types of receptors, giving how proved confusion or mistake in the discrimination of colours, which are easily distinguishable for the normal trichromates. Inside the dichromate, we can distinguish protanopes, deuteranopes and tritanopes.

Another deficiency of the colour are those persons who possess the three types of pigments in the retina of a subject normal trichromate, but that present some anomaly in the perception of the colour: they are called anomalous trichromates. Inside the anomalous trichromates can differentiate the protanomalous, deuteranomalous and tritanomalous.

Several studies shows that around 8% of the male population and about 0.5% of the women have colour vision deficiency in the red-green type. This type of genetic defect is almost always linked to sex, for this reason affects more men than women. However, in the case of the deficiency blue type, there is the same probability that both men and women can suffer it because they are most likely acquired type. Prevalence is less than 1/100000 people approximately. However, it might be possible an acquired dyschromatopsia which has less prevalence.

The colour is considered to be a previous knowledge shared by almost all the 3-year-old children, even for many who present educational special needs associated with some disability, simultaneously the colour is an element that facilitates the perceptual-cognitive relations and that associates easily to didactic materials, and as such, it is important to check that the achievement of knowledge of the children who suffer some dyschromatopsia does not seem affected on the by the execution of problems in which the colour is using as a principal element for the accomplishment of the exercise, since a process might be difficult for them. Before this, the following doubt appears: is it important to have a good chromatic vision to be able to solve them?

OBJECTIVES

The aim of this work is provided a collection of exercises included to several books addressed to children of the initial cycle to three subjects with a chromatic anomaly to discover if they can do them without any problem or if it turns out to be impossible to execute.

To achieve this aim, firstly we have to analyse some books of the first and the second cycle of primary education to make summary of different activities that seem to be complicated for a person with a chromatic deficient. Secondly, we need to find three persons with some chromatic anomalous take part in this study, then we will have to identify the type of chromatic anomaly that they present. Finally, they will administer the exercises to the participants to come to a conclusion; if they find them or not difficult.

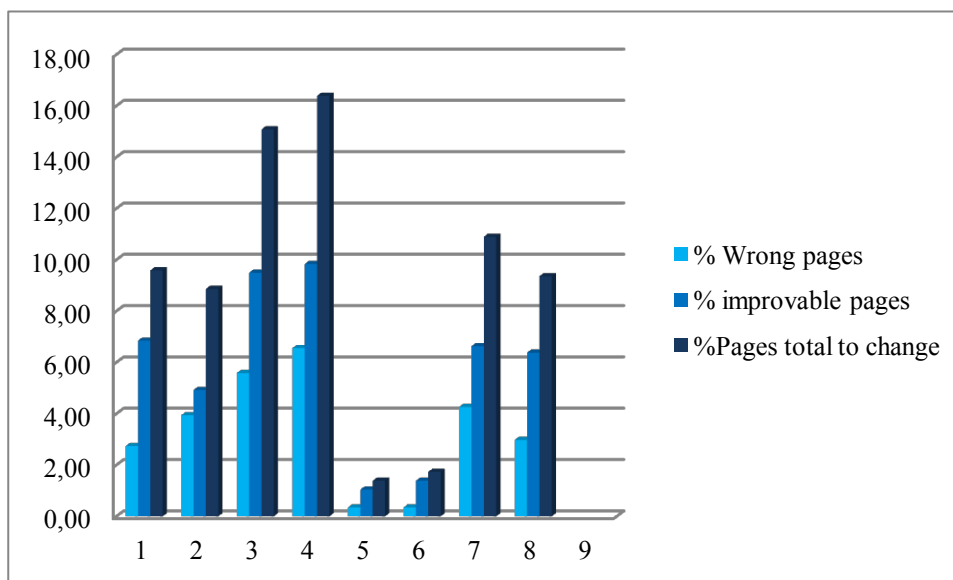
METHODOLOGY

In this study have taken part 3 men with a chromatic deficiency. The choice of the exercises is based on the selection of all those pages with exercises which contain colours. Once realized the selection, it is rejected, all those exercise which uses 'complementary' colours, that would be the combination of red-blue, due to the fact that are not found on the same line of confusion, there would be no problem for a dyschromathic person of solving the exercise.

All the participants are tested in evaluation of the colour in the same environmental conditions; they realized in a table and with the habitual correction, determine them for every test instruction. By the accomplishment of the exercises was delivered them the original book of each one and a results sheet to give the answer.

RESULTS

In the next graphic, we can see the percentage of erroneous pages, improvable pages and the pages that would be changed of the 8 books selected.



On the table below, we observe the results of 3 subjects in the tests of valuation of the vision of the colour.

| | Subject A | Subject B | Subject C |
|-------------------------------|-------------------------|--------------|---------------|
| Test d'Ishihara | Protanomaly | Protanomaly | Deuteranomaly |
| Farnsworth-Munsell | Error on discrimination | Protan | Deutan |
| City University Colour Vision | Normal | Protanomalia | Deuteranope |
| Anomaloscopi Davico | Protanomalia | Protanomalia | Deuteranope |

Presenting the results obtained of the exercises:

SUBJECT A:

HOJA DE RESULTADOS

EJERCICIO 1: Pinta según el código

EJERCICIO 2: Pinta

EJERCICIO 3:

| | | | | | |
|----|---|--|---|---|---|
| 15 | | | | | |
| 14 | | | | | |
| 13 | | | X | | |
| 12 | | | | | X |
| 11 | | | | | |
| 10 | | | | X | |
| 9 | | | | | |
| 8 | | | | | |
| 7 | | | | | |
| 6 | | | | | |
| 5 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 1 | X | | X | | |

EJERCICIO 4: Colorea las piezas del color correspondiente.

EJERCICIO 5:

EJERCICIO 5:

Mesura i escriu-me la longitud en centímetres.

EJERCICIO 6:

EJERCICIO 6:

Què dia es pot dir més festiu?
I un quart d'hora?

Observa el pictograma i calcula:
La Mar ha representat els globus de cada color que van utilitzar en una festa.

Cada representa 4 globus.

Vermells:
Verds:
Blaus:
Grocs:

Quants globus van utilitzar de cada color?

4 = 3 = 12 4 = 4 = 16
 4 = 5 = 20 4 = 4 = 16

SUBJECT B:

HOJA DE RESULTADOS

EJERCICIO 1: Pinta según el código

EJERCICIO 2: Pinta

EJERCICIO 3:

| | | | | | |
|----|---|--|---|---|---|
| 15 | | | | | |
| 14 | | | | | |
| 13 | | | X | | |
| 12 | | | | | X |
| 11 | | | | | |
| 10 | | | | X | |
| 9 | | | | | |
| 8 | | | | | |
| 7 | | | | | |
| 6 | | | | | |
| 5 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 1 | X | | X | | |

EJERCICIO 4: Colorea las piezas del color correspondiente.

EJERCICIO 5:

EJERCICIO 5:

Mesura i escriu-me la longitud en centímetres.

EJERCICIO 6:

EJERCICIO 6:

Què dia es pot dir més festiu?
I un quart d'hora?

Observa el pictograma i calcula:
La Mar ha representat els globus de cada color que van utilitzar en una festa.

Cada representa 4 globus.

Vermells:
Verds:
Blaus:
Grocs:

Quants globus van utilitzar de cada color?

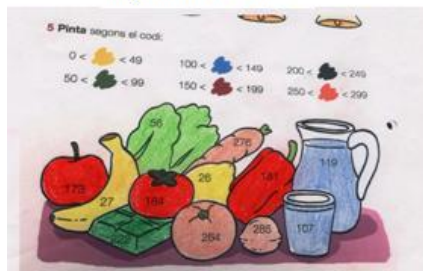
4 = 3 = 12 4 = 4 = 16
 4 = 5 = 20 4 = 4 = 16

SUBJECT C:

HOJA DE RESULTADOS

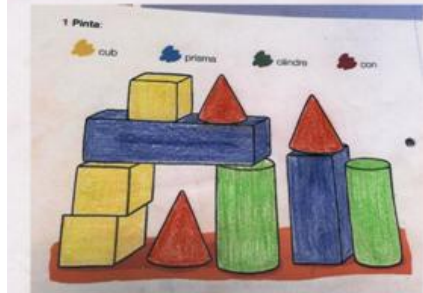
5 Pinta segons el codi:

0 < < 49 100 < < 149 200 < < 249
50 < < 99 150 < < 199 250 < < 299



1 Pinta:

cub piràmida cilindre con




EJERCICIO 3:

| | | | | | |
|----|--|---|---|---|---|
| 35 | | | | | |
| 34 | | | | | |
| 33 | | | X | | |
| 32 | | | | | |
| 31 | | | | | X |
| 30 | | | | | |
| 29 | | | | | |
| 28 | | | | | |
| 27 | | | | X | |
| 26 | | | | | |
| 25 | | | | | |
| 24 | | | | | |
| 23 | | | | | |
| 22 | | | | | |
| 21 | | | | | |
| 20 | | | | | |
| 19 | | | | | |
| 18 | | | | | |
| 17 | | | | | |
| 16 | | | | | |
| 15 | | | | | |
| 14 | | | | | |
| 13 | | | | | |
| 12 | | | | | |
| 11 | | | | | |
| 10 | | | | | |
| 9 | | | | | |
| 8 | | | | | |
| 7 | | | | | |
| 6 | | | | | |
| 5 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 1 | | X | | X | |



EJERCICIO 4: Colorea las piezas del color correspondiente.



EJERCICIO 5:

4 Muestra i escriu-me la longitud en centímetres.



25cm
50cm
33cm
61cm

EJERCICIO 6:

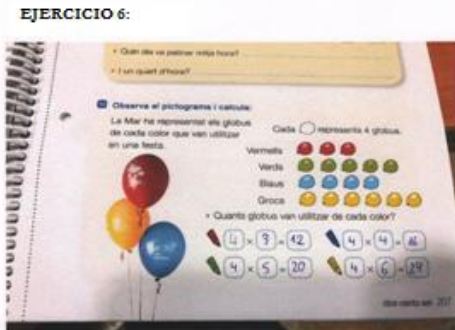
4 Observa el pictograma i calcula:
La Mar ha representat els globus de cada color que van utilitzar en una festa.

Cada ○ representa 4 globus.

Verdell ○
Verdell ○
Blau ○
Groc ○

Quants globus van utilitzar de cada color?

4 = 9 = 42 4 = 4 = 16
4 = 5 = 20 4 = 6 = 24



CONCLUSION

Analysing the exercises we think that for the most part the colour uses as a tool of learning other knowledge, and to the activities where the colour is the concept of learning, fundamentally there are use with combinations of colours that have not difficulties for discrimination for a dichromate person.

In relation to the books that have been analysed, the average of exercises that is erroneous is 3.35%, whereas the 5,82% are improvable, we conclude what the average of pages to change would be the 9.17%. In view of the results, we can say the percentage of didactic material that uses the colour and can concern in the learning concept of a child with a chromatic deficiency it is not very overhead.

Regarding the results obtained to the exercises, globally, we can see that they are correctly executed. Comparing the exercise 1, it is the activity which all the participants dedicated more time, gathering the results of this exercise we can say that the subject that more impeded one has found to realize this exercise it is subject B, which delayed more time resolving it (10,50 min). Emphasising on the colours that have given more conflicts in this activity they are green, red and yellow, and unexpectedly the black, in spite of the fact that the subject A has not had any difficulty.



As exercise 1, in the activity number 2, the subject A is the one that chooses more intense tonalities. It is necessary to notice that it holds subject B, continues painting the yellow one with a tonality of bright green, and that subject C, is the only one of three participants that paints the green tonality clearer than other two, and instead of choosing the same tonality of red that in the exercise 1, changes tonality and chooses a brown tone. If we concentrate on the exercise 3, we can observe that unexpectedly the only participant gives a correct answer is subject B. The other participants fail in the quantification of socks with yellow, orange and red colour, on the other hand the quantification of the socks that are blue and green it is correct in three participants. Observing the exercise 4, the answers have been obtained are correct and it is possible to see as the results of three participants is practically equal, they even choose the same tonalities to execute the activity. Comment on the exercises 5 and 6, the obtained results are correct in both activities on the part of three participants. During the development of these, we could have seen that they are not having any difficulty at the moment of solving the exercise, as it was waited. The execution of these two exercises has been quickly in three participants.

To sum up, we verify that the chromatic deficiency is not supposed the inability to realize the exercise, in verse the one that was thought initially, but having a chromatic deficiency can cause difficulties at the moment in determined exercises, especially those who use the colour to determine the knowledge of a concept. The difficulties that they might find it would not be to choose a colour or other one, but it comes more at the moment of choosing the due of one determine colour, especially of the red one and of the green one.



AGRAÏMENTS

En primer lloc, m'agradaria donar les gràcies a la meva directora del treball, Aurora Torrents, pel seu suport, la seva paciència, els seus consells, temps i dedicació i sobretot, pels seus ànims perquè el treball hagi estat un èxit.

Vull donar les gràcies a les escoles col·laboradores per donar-me facilitats i per oferir-me tota l'ajuda que he necessitat. Donar-li les gràcies als tres participants, per dedicar-me el seu temps i fer que aquest treball hagi estat possible.

Finalment, donar les gràcies a les meves amistats universitàries i extrauniversitàries perquè m'han acompanyat i han fet més amè el recorregut. I com no, a la família pel seu suport incondicional en cada decisió que he pres.



INDEX

| | |
|--|----|
| 1. Introducció..... | 1 |
| 2. Marc teòric..... | 3 |
| 2.1 Colorimetria..... | 3 |
| 2.2 Deficiència de la visió cromàtica..... | 5 |
| 2.2.1 Deficiències de la visió cromàtica cognites..... | 6 |
| 2.2.1 Deficiències de la visió cromàtica adquirides..... | 8 |
| 2.3 Avaluació clínica de la visió del color..... | 9 |
| 3.Objectius..... | 13 |
| 4. Metodologia..... | 14 |
| 5. Resultats..... | 20 |
| 6. Conclusions i discussió..... | 37 |
| 7. Bibliografia..... | 39 |

1. INTRODUCCIÓ

Històricament hi ha hagut moltes teories que intenten explicar la visió del color. En la meitat del segle XIX, Young va proposar que existia tres tipus de receptors sensibles aproximadament a les regions vermelles, verdes i blaves de l'espectre, això és el que es coneix actualment com a teoria tricromàtica. Segons aquesta teoria, les imatges que obtenim del món que ens envolta estan formades per la combinació d'aquests tres receptors i seguidament transmeses al cervell on es processaven els senyals de cadascun dels receptors. Aquesta teoria va ser comprovada experimentalment per Helmholtz en 1856 i per Maxwell en 1861.^[1]

En 1878, Ewald Hering va proposar la teoria dels colors oponents, la qual explica el funcionament de les neurones de les vies visuals (NGL i còrtex visual). Hering va proposar que la naturalesa de la visió del color es devia a l'aparellament de sensacions de color, que operarien mitjançant processos oponents. És a dir, cada receptor produiria dos tipus de respostes antagòniques entre si. Això permetia explicar perquè resulta impossible imaginar un color vermell-verdós o un blau-groguenc, ja que en aquesta teoria és separen les sensacions cromàtiques en dos parrells de senyals oponents: vermell-verd i blau-groc, a més del blanc-negre.^[2]

Ambdues teories van ser sostingudes i conciliades gràcies als treballs de Hurvich i Jameson en 1957, els qui van suggerir que la visió tricromàtica conjumina dos processos diferents: una fase inicial tricromàtica (retiniana) i una altra fase posterior oponent (neural).^[3]

Actualment se sap que en la retina existeixen dos tipus de fotoreceptors: els bastons, encarregats de la visió escotòpica, és a dir, de la visió sota condicions de baixa il·luminació, i els cons, encarregats de la visió fotòpica, la percepció de detall i la visió del color.

La primera etapa de la percepció del color es produeix gràcies al fet que en la retina existeixen tres tipus de cons. Aquests posseeixen pigments, la sensibilitat espectral dels quals recau en tres longituds d'ona diferents, les quals determinen cadascun dels mecanismes dels cons (L, M, S). En els subjectes tricromatas normals existeixen tres tipus de receptors en la retina, que són denominats segons la posició relativa que ocupen en l'espectre visual: cons blaus (S), verd (M) i cons vermells (L), segons la part de l'espectre visible a la qual siguin més sensibles: els cons blaus a 498nm, els cons verds a 534nm i els cons vermells a 564nm. Qualsevol alteració de les corbes de sensibilitat espectral dels cons generarà una visió deficient o anòmala de la visió del color.^[4]

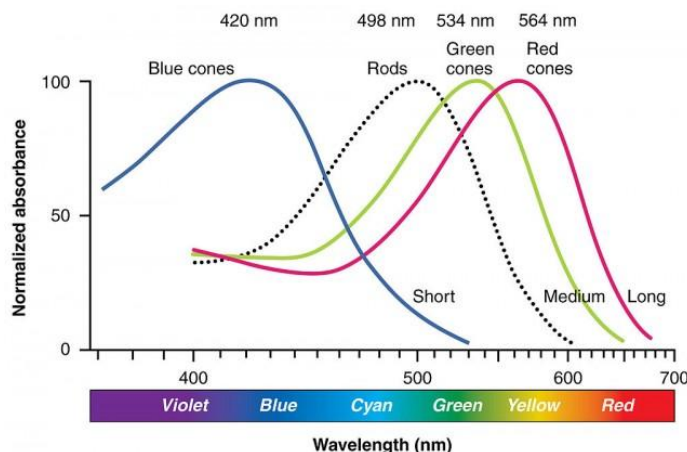


Figura 1. Corbes de sensibilitat dels bastons i dels tres tipus de cons (S, M i L)

<http://naukas.com/2015/04/13/gafas-para-daltonicos/>

Les deficiències del color més freqüents són les discromatòpsies, les quals es caracteritzen per ser hereditàries, i en les quals l'individu només posseeix combinacions de dos tipus de receptors, donant com a resultat confusió o error en la discriminació de colors, que són fàcilment distingibles pels tricromates normals. Dins dels dicromates, podem distingir protanop, deuteranop i tritanop.

Una altra deficiència del color són les d'aquelles persones que posseeixen els tres tipus de pigments presents en la retina d'un subjecte tricromata normal, però que presenten alguna anomalia en la percepció del color: són els anomenats tricromates anòmals.

Tot i que de vegades, es pot produir una deficiència cromàtica causada per un dany físic o químic a l'ull, el nervi òptic o parts del cervell que processen la informació del color. La visió del color també pot disminuir amb l'edat, més sovint a causa de la cataracta, una opacitat i coloració groguenca de la lent de l'ull.

El color és considerat com un coneixement previ compartit per gairebé tots els nens majors de 3 anys, fins i tot per molts que presenten necessitats educatives especials associades a alguna discapacitat, alhora d'un element que facilita les relacions perceptiu-cognitives i que s'associa fàcilment a materials didàctics.

Això podria suposar un obstacle per l'afrontament d'algunes tasques d'aprenentatge, o bé produir un baix rendiment acadèmic per al nen amb una anomalia cromàtica. És per això que és important que el nen i el seu entorn coneixi-hi aquesta deficiència cromàtica per poder orientar-lo en el seu futur professional de manera que aquesta deficiència no sigui un requisit indispensable a l'hora de realitzar la carrera professional. ^{[5][6]}

2. MARC TEÒRIC

2.1 COLORIMETRIA

El color és l'efecte visual causat per la composició espectral de la llum emesa, transmesa o reflectida pels objectes.

Els colors que l'ésser humà percep en un objecte estan determinats per la naturalesa de la llum reflectida de l'objecte. El color de l'objecte no només depèn de l'objecte en si, sinó de la font de llum que il·lumina, del color de l'àrea que l'hi envolta i del sistema visual humà (el mecanisme ull-cervell). [7]

Per entendre-ho millor ens fixarem en la següent il·lustració:

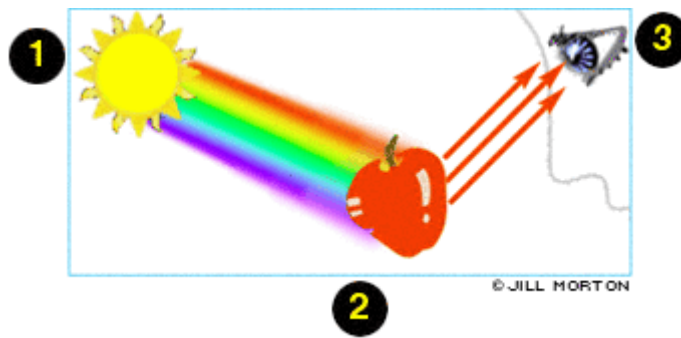


Figura 2. Percepció dels colors: la llum va des de la font, el sol(1), fins a l'objecte, la poma(2) i al detector, l'ull (3).

<https://www.colormatters.com/color-and-vision/how-the-eye-sees-color>

La llum visible es compon d'una banda de freqüències relativament estreta en l'espectre de l'energia electromagnètica (400-750nm). [8] Un cos que reflecteix llum que té més o menys totes les longituds d'ona visibles, com apareix com a blanc a l'observador. Tots els colors "invisibles" de la llum solar brillen en la poma. La superfície de poma vermella absorbeix tots els rajos de llum de color, excepte els quals corresponen al vermell, i reflecteix aquest color en l'ull humà. L'ull rep la llum vermella reflectida i envia un missatge al cervell.

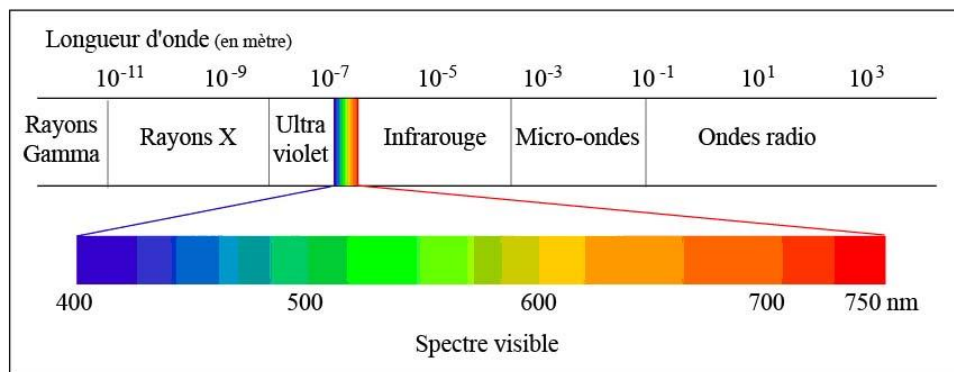


Figura 3. Espectre visible. https://www.aulaclie.es/fotografia-photoshop/t_4_7.htm

Definirem la colorimetria com la ciència que estudia la mesura dels colors i que desenvolupa mètodes per quantificar-lo, per obtenir-ne valors numèrics, perquè una vegada que es troben quantificats poder operar amb ells i deduir característiques dels colors obtinguts mitjançant mescles, així com per esbrinar les quantitats que cal barrejar de diversos colors triats i considerats com a primaris per obtenir el color desitjat. [9]

Existeixen dues mescles de colors, les additives i les subtractives.

La mescla additiva és una mescla de color obtinguda mitjançant la suma de llum, partint del negre i combinant els colors primaris vermell, verd i blau (RGB). Combinant un d'aquests colors primaris amb un altre es produeixen els colors additius secundaris: cian, magenta i groc, i la combinació dels tres colors primaris produeix el blanc.



Figura 4. Mescla additiva [https://www. http://gusgsm.com/principios_impresion_color](https://www.http://gusgsm.com/principios_impresion_color)

La mescla subtractiva partim del blanc i anem restant progressivament llum mitjançant filtres, que són primaris (cian, magenta i groc (CMY)) fins a arribar al negre. Cada primari transmet dos terços de l'espectre visible i absorbeix un terç. És a dir, el filtre groc elimina el color blau transmetent el vermell i el verd. Igual passa amb els altres colors, el filtre magenta elimina el verd i transmet el vermell i el blau i, finalment, el filtre cian elimina el vermell transmetent el verd i el blau. D'aquesta manera es poden controlar les quantitats de color vermell, verd i blau per obtenir infinites combinacions possibles de colors. La combinació dels tres colors primaris produeix el color negre. [10]

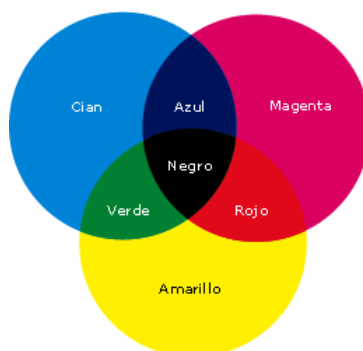


Figura 5. Mescla subtractiva. <http://mcnenipopo.blogspot.com/2012/03/teoria-del-color.html>

El sistema visual és trivariant, és a dir, són necessaris tres paràmetres per caracteritzar el color. Aquests tres paràmetres, denominats atributs psicofísics, són el to, la lluminositat i la saturació.

El to és un atribut associat amb la longitud d'ona dominant (λ_d), definida com aquella longitud d'onda del visible per la qual la sensibilitat espectral és màxima. Així, el to representa el color percebut per l'observador; quan cridem a un objecte vermell, taronja o groc estem especificant el to.

La lluminositat, es tracta d'una impressió subjectiva de la luminància, implica la noció que percebem de la intensitat de llum en un objecte reflector, és a dir, que reflecteix la llum però no té llum pròpia.

La saturació es refereix a com és de pur el color, és a dir, quan blanc es barreja amb ell. Es parteix del color blanc fins a arribar al color totalment saturat, permet definir colors intensos i pàl·lids. ^[11]

2.2 DEFICIÈNCIES DE LA VISIÓ CROMÀTICA

Les deficiències de visió cromàtica, fan referència a un nombre de problemes que sorgeixen a l'hora d'identificar alguns colors. La visió de color anormal pot consistir en una dificultat lleu per distingir entre diversos tons d'un mateix color o la impossibilitat de veure un color determinat, fins i tot, en el cas més extrem, en la impossibilitat de percebre qualsevol estimul de color.

Aquesta deficiència es coneix vulgarment com a daltonisme, en honor al famós químic anglès, John Dalton (1766-1844), qui va ser la primera persona que ho va estudiar, ja que ell mateix ho patia. El terme daltonisme s'utilitza per referir-se a tota persona afectada de qualsevol deficiència en la visió cromàtica, tot i que és més correcte científicament l'ús del terme discromatòpsia o bé deficiència de la visió cromàtica.

Els defectes en la visió del color poden ser congènits o adquirits, i comunament es classifiquen com a vermell-verd, blau-groc o inespecífics. Els defectes hereditaris de la visió del color són causats pels fotoreceptors faltant o anòmals, mentre que els defectes adquirits en la visió del color són causats pel dany a la retina o el nervi òptic.

Avui en dia se sap que el gen que codifica la proteïna (anomenada opsina) per percebre el color blau es troba en el cromosoma 7, que el gen que s'encarrega de sintetitzar l'opsina dels bastonets es troba en el cromosoma 3 i que el gen encarregat de sintetitzar les opsines dels vermells i verds es troba en la parella 23, que és la parella cromosòmica sexual. Aquest fet implica que les deficiències congènites de tipus vermell o verd són d'herència lligada al sexe. ^[12]

Estadísticament, el 8% dels homes tenen una alteració cromàtica, enfront del 0,46% de les dones. Dins d'aquest 8%, el 2% presenten trastorns pel color vermell, mentre que quasi el 6% ho presenten pel verd. Molt rarament hi manca el gen blau, per la qual cosa aquesta deficiència no és molt comuna (el 0,0001%). ^{[13][14][15]}

2.2.1 DEFICIÈNCIES DE LA VISIÓ CROMÀTICA COGÈNITA

Una persona sense defectes cromàtics posseeix tres tipus diferents de cons en la seva retina denominats S, M i L, cadascun d'ells conte un fotopigment diferent.^[16]

Els tricromates normals són capaços d'identificar qualsevol color a través de la suma dels tres colors primaris (vermell, verd i blau). Les persones amb visió del color anòmala processen la informació cromàtica de forma diferent a les persones amb visió normal del color, ja que pateixen una discromatòpsia o deficiència del color. Les discromatòpsies es divideixen en:

- Anomalies: dificultat per reconèixer un color primari, a causa del fet que existeix la presència dels tres tipus de cons en la retina però dos d'ells són molt similars en els seus espectres d'absorció (tricromates anòmals)
- Anopies: impossibilitat per reconèixer un color primari, a causa de la falta d'un dels tres tipus de cons en la retina (dicromats).

Una anomalia adquirida es caracteritza per aparèixer al naixement i és constant durant tota la vida. Tenen un defecte i gravetat similar en ambos ulls, aquest defecte sol ser majoritàriament del tipus vermell—verd i no té cap influència en l'agudesia visual ni en el camp visual afectat i com ja hem dit anteriorment, solen afectar més comunament als homes. Les anomalies adquirides es classifiquen en:

-Acromatòpsia, es coneix com l'impossibilitat per reconèixer cap color, per l'absència de cons a la retina; només hi ha bastons, això fa que només poden distingir claredats en condicions escotòpiques. Aquesta anomalia implica l'existència d'altres problemes visuals a part de la manca de visió cromàtica, com la fotofòbia o la baixa agudesia visual, entre d'altres.

-Monocromatòpsia, presència d'un sol tipus de con a la retina, que usualment sol ser del tipus S, això fa que no puguin distingir més que la claredat dels objectes; veure la vida en un únic color, col·loquialment parlant. Aquesta condició és poc freqüent.

-Discromatòpsia, absència d'un tipus de con a la retina. Pot ser:

-Protanopía, els cons absent són els L.

-Deuteranopía, els cons absents són els M.

Els dicromats distingeixen la claredat i el to dels objectes, tot i que de forma diferent a la dels tricromates normals. El fet que manqui un tipus de con impedeix distingir la saturació.^[17]

Els dicromats confonen els colors continguts en les anomenades línies de confusió representades en el diagrama cromàtic de la CIE. Aquestes línies marquen tots els colors que són percebuts com a iguals. En funció de quin sigui el tipus de fotopigment absent en les anomalies congènites, les línies de confusió tendiran a convergir cap a un punt diferent: el denominat punt de confusió, les seves coordenades cromàtiques són: $x_p=0.747$ i $y_p=0.253$ per al protanop, i $x_d=1.08$ i $y_d=0.08$ pel deuteranop.

El número de línies de confusió sembla ser de 17 en el protanops i de 27 en el deuteranops. A més, apareix el punt de confusió o punt neutre, que és la longitud d'ona que un dicròmata confon amb el blanc o gris.^[18]

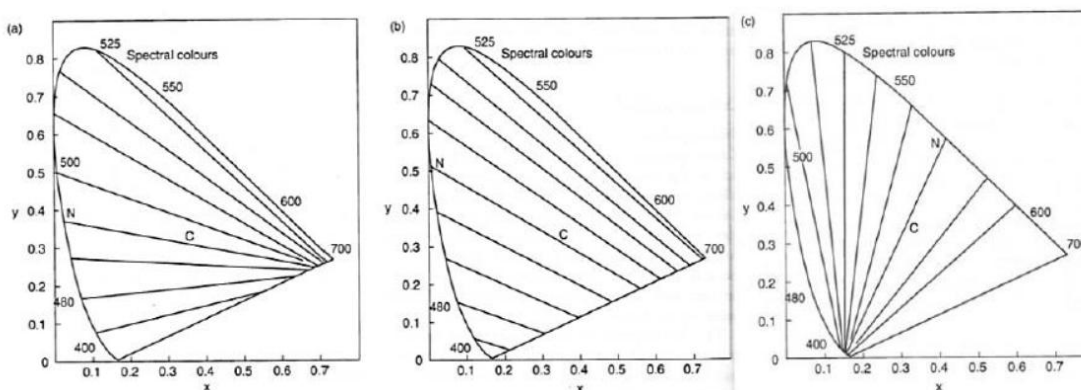


Figura 6. Línies de confusió per al protanop (a), deuteranop (b) i tritanop (c).

<http://sociadofthalmologicademadrid.com/revistas/revista-2007/m2007-19.htm>

Tricromatòpies anòmales, existeix els tres tipus de cons a la retina, però un d'ells és anòmal. La visió dels tricròmates anòmales permet distingir els tres atributs psicofísics dels colors (to, lluminositat i saturació), tot i que el fet que dues de les corbes de sensibilitat dels cons siguin tan semblants causa que la seva visió cromàtica sigui reduïda respecte a la de la majoria de subjectes.

- Protanomàlia, els cons L són anòmales; S y M tenen sensibilitats normals, però L està desplaçat cap a longituds d'ona més curtes, apropant-se a M.
- Deuteranomàlia els cons M són anòmales; S y L tenen sensibilitats normals, però M està desplaçat cap a longituds d'ona més llargues, apropant-se a L.
- Tritanomàlia, els cons S són anòmales.^[19]

| Deficiencias de percepción cromática (%) | | |
|--|----------------|----------------|
| Clasificación | Hombres | Mujeres |
| Tricromatismo anómalo | 6.3 | 0.37 |
| Protanomàlia (L) | 1.3 | 0.02 |
| Deuteranomàlia (M) | 5.0 | 0.35 |
| Tritanomàlia (S) | 0.0001 | 0.0001 |
| Dicromatismo | 2.4 | 0.03 |
| Protanopía (L) | 1.3 | 0.02 |
| Deuteranopía (M) | 1.2 | 0.01 |
| Tritanopía (S) | 0.001 | 0.003 |
| Monocromatismo | 0.00001 | 0.00001 |

Figura 7. Percentatge global de les deficiències de la percepció cromàtica.

Urtubia Vicario, C. Neurobiología de la visión. Ediciones UPC. ISBN 84-8301-163-8



Figura 8 Simulació d'una escena pels tipus de deficiència cromàtica.

<http://executableimages.wikidot.com/comunicacao-visual>

2.2.2 DEFICIENCIES DE LA VISIÓ CROMÀTICA ADQUIRIDA

Una anomalia adquirida es caracteritza per aparèixer després del naixement, i no té per què aparèixer en ambos ulls, ja que l'anomalia depèn de la progressió de la causa originària.

Els defectes adquirits en la visió del color, normalment són en l'eix blau-groc, estan associats amb l'augment de l'edat ^[20], malalties oculars com a cataractes i glaucoma ^[21], alcoholisme i exposició a solvents. Mentre que les patologies del nervi òptic es troben més associades al defecte vermell-verd.

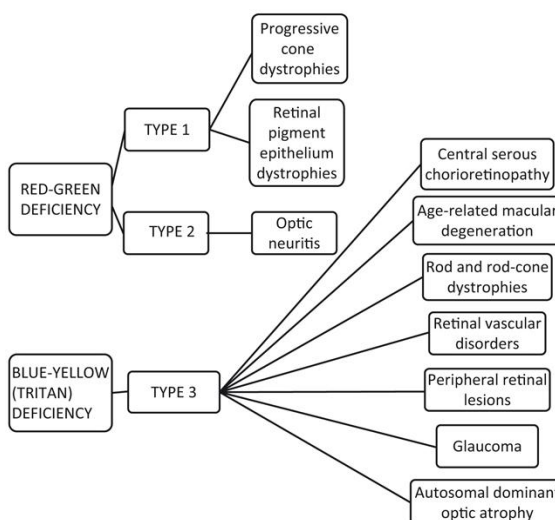


Figura 9 Malalties amb possibilitat d'adquirir defectes de la visió del color..

<https://avehjournal.org/index.php/aveh/article/viewFile/365/648/2810>

Finalment, els medicaments administrats per via sistèmica es troben associats amb una possible afectació de la visió cromàtica, com és el cas d'alguns medicaments cardiotònics, antibiòtics, antisèptics, antituberculosos i antiinflamatoris no esteroidals.

2.3 AVALUACIÓ CLÍNICA DE LA VISIÓ DEL COLOR

A l'actualitat, existeixen diferent tipus de proves per poder avaluar la visió del color, els quals podem classificar segons les necessitats i els objectius que busquem en l'avaluació del color, de la següent manera ^[22]:

- Test de detecció o de “screening” que permeten identificar anomalies de manera ràpida.
- Test de discriminació i test d'igualació pel diagnòstic del tipus i grau de la deficiència de la visió del color.
- Test per valorar el significat de la deficiència en una vocació o ocupació en particular.

Les proves per l'avaluació de la visió del color es poden classificar en 4 subgrups:

- Làmines pseudoisocromàtiques. L'observador ha de ser capaç de reconèixer un número, una lletra o una forma en un fons basant-se només en el color. La majoria estan dissenyades per a la detecció d'anomalies congènites vermell-verd, solament algunes inclouen dissenys per detectar el blau-groc. La composició cromàtica de les làmines és escollida de manera que un subjecte amb problemes de percepció cromàtica sigui incapaç de desxifrar la figura de dita làmina, per això s'escull un color de fons que caigui dins de la intersecció de les línies de confusió, normalment protanops i deuteranops, i el color de les figures cauen sobre les línies de confusió d'aquests. Alguns d'aquests test són el test de Ishihara, el City University i el Tritan Album de Lanthony.
- Test d'ordenació. L'observador ha d'ordenar els colors de diferents peces basant-se en la tonalitat, o agrupar colors per algun atribut. El Farnsworth D15, el Farnsworth-Munsell de 100 tons i el SPP (Standard Pseudoisochromatic Plates) serien 3 exemples de test de discriminació.
- “Matching test” o test d'igualació. L'observador ha d'ajustar dos colors fins a igualar-los, com és el cas dels anomaloscòpis.
- Proves de nomenar: l'observador ha de nomenar correctament el color i/o respondre amb una acció apropiada sense necessitat de nomenar el color. Un exemple és la llanterna de Farnsworth.

En aquest estudi s'han utilitzat quatre de les darreres proves esmentades per l'avaluació de la visió del color dels tres subjectes. Aquestes proves són: el test d'Ishihara, el City University ColourVision Test, el Farnsworth-Munsell 100 Due i l'anomaloscòpi.

Ishihara's test for color-blindness. 38 Plates Edition. 1993. Kanehara & Co., LTD:

Aquest test és un del test més coneguts del grup de "làmines pseudoisocromàtiques", a més és utilitzada per a detectar deficiències congènites vermell-verd. Com les proves del seu grup, el test d'Ishihara és un test fàcil de realitzar, ja que pot realitzar-se a partir dels 3 anys. ^[23]

El principi fonamental del test resideix en el reconeixement de nombres o figures geomètriques fetes per petits punts acolorits, permetent així classificar els defectes en protan i deutan. El test d'Ishihara s'ha de realitzar amb llum diürna, la correcció habitual i situar les làmines a 70-75 cm de l'observador. De les 38 làmines, 25 contenen nombres i 13 contenen camins (per als pacients que no puguin o sàpiguen desxifrar els nombres).

Es poden distingir quatre tipus de làmines diferents on cadascuna d'elles compleix una funció determinada:

- Làmines transformades. En aquestes targetes els observadors amb deficiències donen diferent resposta que els observadors normals.
- Làmines amb nombre desaparegut. Només els observadors normals poden reconèixer un dígit en mirar-les.
- Làmines amb dígit ocult. Només els observadors anòmals haurien de veure el patró.
- Làmines qualitatives. Amb aquestes targetes es pretén afinar en la classificació de la deficiència, és a dir, per saber si es tracta d'una anomalia del caràcter protan o deutan.

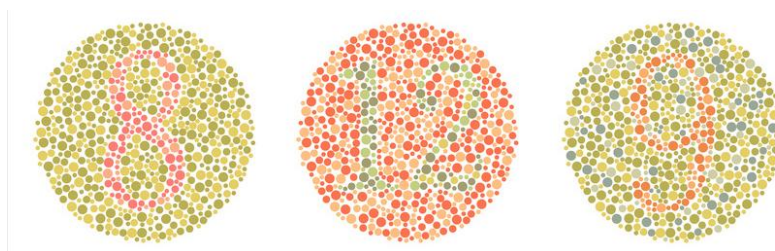


Figura 10. Exemples de làmines del Test de Ishihara

<https://www.somersault1824.com/tips-for-designing-scientific-figures-for-color-blind-readers/#comments>

Si es respon correctament a 17 o més làmines, es considera que el pacient té una visió cromàtica normal; no obstant això, si només es poden desxifrar 13 o menys làmines, es considera que el subjecte té una deficiència en la visió cromàtica. ^[24]

El test permet classificar els defectes en protan i deutan ^[25]. No obstant això, el test no distingeix entre tricròmats anòmals i dicròmats, no detecta defectes groc-blau i té una alta sensibilitat (90-95%) per detectar defectes congènits, però amb una relativa baixa especificitat. ^[26]

City University Colour Vision Test. 2nd Edition 1980.

El test City University conté 10 làmines per la detecció dels defectes “protan”, “deutan” i “tritan”. Cada pàgina té un color de referència central i quatre colors de prova circumdants. La tasca del pacient és identificar quin dels quatre cercles de prova és més similar en color a la referència. Tres dels colors de prova s'han seleccionat perquè siguin aproximadament isocromàtics amb la referència pel protanope, deutanope o tritanope. El quart color va ser seleccionat per ser notablement diferent de la referència per a un color normal. [27]

Una anàlisi de les respostes donades per persones amb deficiències de la visió del color de la 2^a edició de la prova indica que les persones amb defectes “protan” tendeixen a obtenir millors resultats que les persones amb defectes “deutan”. [28]

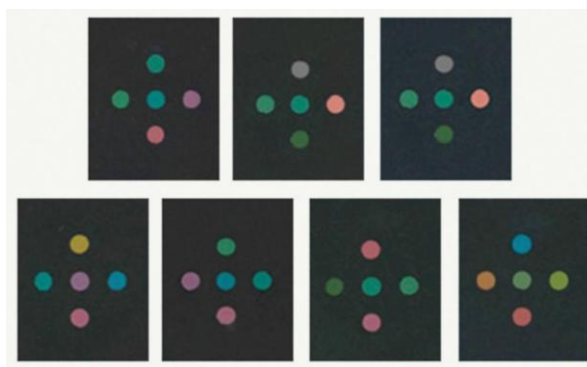


Figura 11. Exemples de làmines del Test City University Colour Vision

<http://cmc1bcccf.blogspot.com/2013/05/prueba-de-city-university-colour-vision.html>

Test Farnsworth-Munsell 100 Hue

Es tracta del test més sensible dintre del test d'ordenació. Consisteix en una sèrie de fitxes acolorides amb saturació i lluminositat constant però que difereixen en la tonalitat. El pacient ha de situar els 100 colors de la manera com ell consideri lògica, començant pel color de referència.

Les fitxes s'organitzen en quatre caixes de 21 o 22 peces cadascuna, de les quals la primera i l'última són fixes i s'utilitzen únicament com a referència per al subjecte. En la primera caixa el to de les fitxes varia del rosa al groc, en la segona del groc al blau verdós, en la tercera del blau verdós al blau i en la quarta del blau al rosa, passant pel púrpura.

El tipus d'il·luminació és important. Les fitxes haurien de veure's sota il·luminant C, amb un nivell d'il·luminació no inferior a 270 lux (Segons el manual de Farnsworth) o, en defecte amb llum de dia, havent d'evitar-ne, en general, la llum fluorescent. Un canvi de color del il·luminant comportarà una variació del color dels estímuls, la qual cosa pot implicar dos tipus diferents de conseqüències. A més, és important que el test es realitzi sobre un fons negre. [29][30]

Totes les fitxes, excepte les que es troben fixes, van numerades per la part inferior i la seqüència d'ordenació es representa en un diagrama radial. El nombre d'errors revela si el defecte és moderat o profund, i alhora, si es tracta de protan deutan o tritan a mesura que mes s'assemblin a les línies establertes.

L'inconvenient d'aquest test és que consumeixen molt de temps, i no estan recomanats per ser administrats a nens molt petits.



Figura 12. Test Farnsworth-Munsell 100 Hue

<http://www.jsanalytical.com/product/farnsworth-munsell-100-hue-test/>

Anomaloscope de Nagel

L'anomaloscopi és un instrument diagnòstic que diferencia de forma bastant fiable entre tricròmates normals, tricròmates anormals i dicròmates. [3]

El model utilitzat en aquest treball (i també el més conegut) s'anomena anomaloscopi de Nagel i s'empra per estudiar les anomalies vermell-verd. La prova consisteix en la igualació d'un test groc mitjançant una barreja additiva en proporcions adequades de vermell i verd.

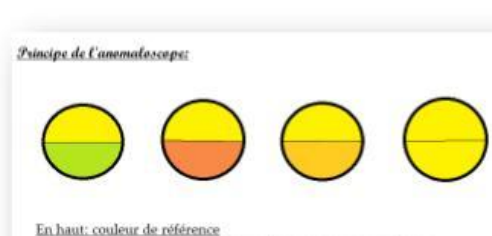


Figura 13. Anomaloscopi de Nagel.

<http://daltonismelyj2013.e-monsite.com/pages/le-handicap/page.html>

Es presenta un cap bipartit circular que conté en el semi camp de la dreta una radiació groga de 589 nm i al semi camp esquerra una barreja de radiació verd de 545 nm i vermella 670 nm. L'observador ha de fer coincidir l'aparença dels dos semi camps en color, claredat i saturació variant la quantitat de llum vermella i verda (augmentant una o disminuint l'altre).

- Els subjectes normals igualaran els dos semi camps en un rang petit de proporcions de llum vermella-verda. Els protanomals necessiten més vermell en la seva mescla de color, al contrari, els deuteranomals més verd que els tricromates normals. Per altra banda, els dos tipus de dicromats (protanope i deuteranope) perceben iguals els dos semi camps, consegüentment se'ls és impossible realitzar la prova d'igualació de lluminositat dels dos semi camps.
- Quan es complementa amb altres proves de visió del color, els resultats proporcionats per aquest instrument permeten la classificació exacta de totes les deficiències cromàtiques. ^[31]

3. OBJECTIUS

El color és un dels recursos més utilitzat en el material escolar, ja que es fa servir com a eina facilitadora de l'aprenentatge sobretot en els exercicis de cicle inicial (primer i segons curs de primària), i com a tal és important verificar que l'assoliment de coneixements dels infants que pateixen alguna discromatòpsia no es vegi afectat pel que fa a l'execució de problemes en els quals s'utilitzi el color com a element principal per la realització de l'exercici, ja que podria ser per ells un procés difícil. Davant d'això, es planteja el següent dubte: és important tenir una bona visió cromàtica per poder resoldre'ls?

L'objectiu d'aquest treball és administrar una col·lecció d'exercicis inclosos a diversos llibres adreçats a infants del cicle inicial a tres subjectes daltònics, per esbrinar si els poden fer sense cap problema o si, com sembla, els resulta impossible d'executar. Per tal d'assolir aquest objectiu primerament s'haurà d'analitzar alguns llibres de matemàtiques de primer i segon cicle d'educació primària per tal de fer un recull d'activitats diferents que semblin complicades per a un discromatòpsic. Seguidament s'haurà de trobar tres subjectes amb alguna anomalia cromàtica disposats a participar en aquest estudi, un cop trobat els tres subjectes s'haurà d'identificar el tipus d'anomalia cromàtica que presenten. Per últim s'administraran els exercicis als participants per tal d'arribar a una conclusió; si els trobem o no difícils.

4. METODOLOGIA

La primera part del nostre estudi va consistir a revisar els llibres utilitzats per diferents escoles per tal de seleccionar diferents exercicis que poguessin ser dificultosos per algú que tingués una anomalia cromàtica. Els centres educatius col·laboradors són els següents:

- Escola Casal dels Àngels (Hospitalet de Llobregat, Barcelona)
- Escola Pau Casals (Hospitalet de Llobregat, Barcelona)
- Escola Joan Pelegrí (Hostafrancs, Barcelona)
- Escola Sant Lluís Gonçaga (La Garriga, Barcelona)

Pel que fa a la segona part del nostre estudi, van participar 3 homes de 19, 22 i 43 amb problemes de discriminació cromàtica, els quals van passar les proves diagnòstiques i seguidament van realitzar les activitats seleccionades prèviament.

MATERIAL

El material didàctic analitzat pertany a 4 centres d'educació primària diferents de Catalunya. Cal remarcar que, com diu el títol d'aquest treball, ens hem centrat en els llibres de matemàtiques, específicament de primer i segon de cicle inicial, ja que s'ha considerat que en aquests es trobaria més implicació del color en els exercicis. Cadascun d'aquests centres treballen amb exemplars de diferents editorials (Santillana, Vicens Vives, Castellnou i Teide) i, a més, en alguns centres també s'utilitzen fitxes que fan els mateixos professors com activitats complementàries. De cada escola es van analitzar tant els llibres de primer com els de segon curs en total 8 exemplars, 4 llibres de primer de primària i 4 llibres de segon de primària, dels quals es van seleccionar 6 parells d'exercicis.

Pel que fa a l'avaluació del color de cada individu, es va utilitzar el Ishihara's test for color-blindness. 38 Plates Edition de 1993, el test City University Colour Vision Test de 1980, el Farnsworth-Munsell 100 hue test i l'anomaloscopi de Nagel Davico.

Finalment, es van analitzar les respostes obtingudes per cada test per trobar el tipus d'anomalia cromàtica. En el cas del test Farnsworth-Munsell es va utilitzar la pàgina web: https://www.torok.info/colorvision/dir_for_use.htm

PROCEDIMENT

Selecció d'exercicis

Un cop recopilats el conjunt de llibres, es va analitzar pàgina per pàgina cadascun dels exercicis que hi havia, i es van classificar en dos grups segons el tipus d'activitats en què el color tenia una influència directa:

- Les activitats on el color és el concepte d'aprenentatge.
- Les activitats que utilitzen el color com a eina en l'aprenentatge d'altres coneixements.

Majoritàriament he trobat que en els exercicis analitzats el color s'empra com a eina d'aprenentatge d'altres coneixements. A les activitats on el color és el concepte d'aprenentatge, fonamentalment s'utilitzen combinacions de colors que no són de difícil discriminació per una persona dicròmata, és a dir, s'utilitzen combinacions del tipus blau-vermell, gris-groc, gris-blau, etc.

En primer lloc es van seleccionar totes aquelles pàgines amb exercicis que contenien colors. Un cop feta aquesta selecció, es van descartar totes aquelles que utilitzaven colors 'complementaris', com seria la combinació de blau-vermell, ja que com no es trobar a la mateixa línia de confusió, no hi hauria problema per a una persona dicròmata a l'hora de resoldre l'exercici.

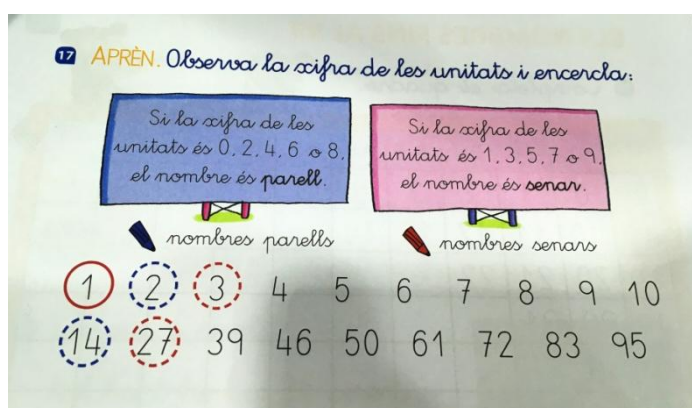


Figura 14. Exercici extret del llibre de Primer de Primària de la Editorial Santillana. ISBN:978-84-9047-559-1.

Encara que hi hagi colors en l'exercici, si l'exercici no requereix de manera imprescindible del color per resoldre'l perquè s'han identificat formes, figures, etc, aquesta activitat no seria errònia sinó que seria millorable.

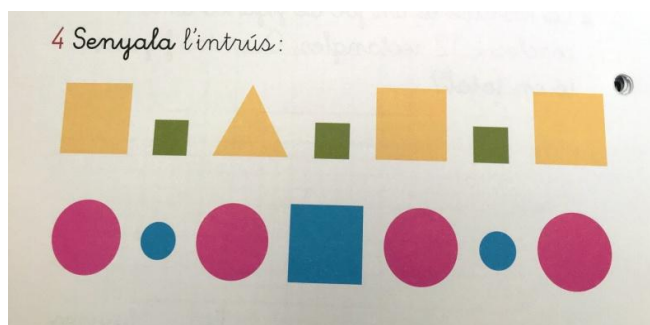


Figura 15. Exercici extret del llibre de Primer de Primària de la Editorial Castellnou (Hermes Editora General).

ISBN:978-84-9804-766-0.

En la majoria d'exercicis s'espera que el nen mostri que coneix una característica, concepte o coneixement, mitjançant la utilització del color per manifestar-ho. En tots els exercicis seleccionats s'espera que hi hagi una dificultat pel nen amb discromatòpsia a l'hora d'executar els exercicis, com que què la majoria es basen a diferenciar els colors.

De tot els exercicis analitzat, es va fer un recull de 6 exercicis, els quals són de diferents editorials, que són els següents:

A l'exercici 1 específicament, el nen ha demostrar el coneixement dels números, classificant els números que hi ha dintre de cada dibuix amb el grup de números que hi ha l'enunciat i pintar cada dibuix amb el codi de número que correspongui.

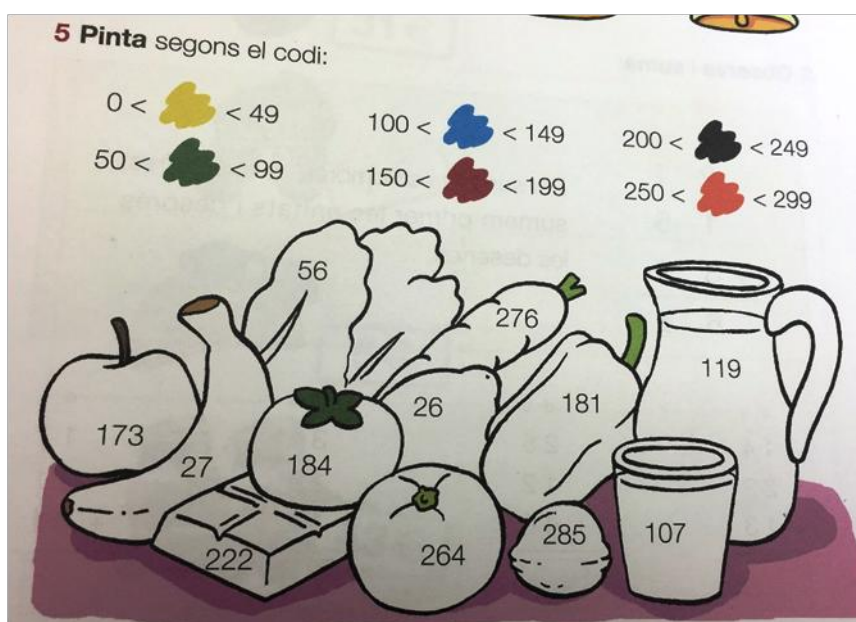


Figura 16. Exercici extret del llibre de Segon de Primària de la Editorial Castellnou (Hermes Editora General).

ISBN:978-84-9804-767-7.

Al segon exercici se li demana al nen mitjançant la distinció de colors que relacioni conceptes, en aquest cas relacionar el nom de quatre formes geomètriques diferents (con, cilindre, prisma, cub) amb el seu dibuix indicat a baix, i que la pinti amb el color corresponent que se l'indica a l'encapçalament.

En aquest cast el nen discromatòpsic podria respondre, però existeix la possibilitat que la seva resposta sigui incorrecta, ja que podria estar realitzant-la l'atzar, pel fet de no saber identificar el color que se li mostra.

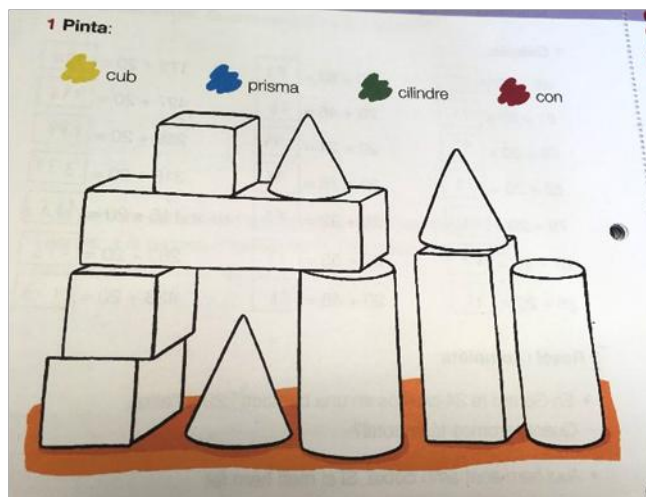


Figura 17. Exercici extret del llibre de Segon de Primària de la Editorial Castellnou (Hermes Editora General).
ISBN:978-84-9804-767-7.

A l'exercici 3 s'utilitza el color com a eina per poder realitzar l'activitat, ja que se li demani al nen que practiqui la suma. En l'exercici el nen s'ha de fixar en el conjunt de mitjons que se li mostren i fer un recompte de quants mitjons hi ha de cada color; com podem observar hi hauria principalment 4 colors de confusió (groc, taronja, vermell i verd). Com succeeix en l'exercici anterior, esperem trobar que el nen amb discromatòpsia podria respondre a l'atzar, ja que no s'hauria identificat el color dels mitjons.



Figura 18. Exercici extret del llibre de Primer de Primària del Projecte duna, Editorial Teide. ISBN:978-84-307-1725-5.

Al quart exercici se li demana al nen mitjançant la distinció de colors que demostrï conèixer conceptes, en aquest cas la distinció de diverses formes geomètriques diferents amb el seu dibuix indicat al costat, i que la pinti amb el color corresponent. Podríem intuir que es tracta d'un exercici difícil per a un nen amb discromatòpsia o algun defecte del color, ja que s'utilitzen colors de tonalitats semblants (diferents tipus de verds) i inclòs colors que es troben en la mateixa línia de confusió per a una persona amb una anomalia cromàtica (verd-vermell).

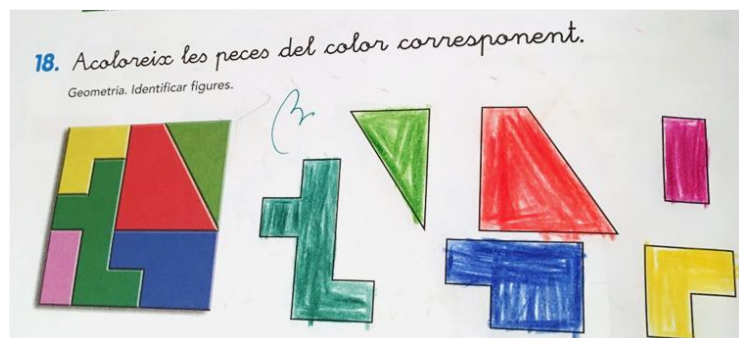


Figura 19. Exercici extret del llibre de Primer de Primària de la Editorial Vicens Vives. ISBN:978-84-682-1534-1.

A l'exercici 5 el nen ha de mesurar cadascun dels llapis que hi ha a la dreta i posar el resultat en el llapis del color corresponent a l'esquerra. Tot i que utilitzar colors com el verd-vermell, el fet que estiguin en el mateix ordre tant els llapis per mesurar com l'ordre on s'han de posar pot facilitar la feina.








Figura 20. Exercici extret del llibre de Segon de Primària de la Editorial Santillana. ISBN:978-84-9047-009-1.

A l'exercici 6, el color podria afegir dificultat encara que es podria arribar a resoldre o com passava a l'activitat 5, la seva execució correcta podria ser fruit de la casualitat. Amb aquesta activitat el que es busca és que el nen practiqui la suma i multiplicació, a més d'identificar el color del globus per tal de posar-ho al lloc corresponent; és a dir, el nen podria saber multiplicar perfectament però podria donar un resultat equivoc, ja que l'error podria arribar a l'hora de col·locar-ho.

18 Observa el pictograma i calcula:

La Mar ha representat els globus de cada color que van utilitzar en una festa.

Cada  representa 4 globus.

| | |
|----------|--|
| Vermells |  |
| Verds |  |
| Blaus |  |
| Grocs |  |

Quants globus van utilitzar de cada color?





| | |
|--|--|
|  <input type="text" value="4"/> × <input type="text"/> = <input type="text"/> |  <input type="text"/> × <input type="text"/> = <input type="text"/> |
|  <input type="text"/> × <input type="text"/> = <input type="text"/> |  <input type="text"/> × <input type="text"/> = <input type="text"/> |

Figura 21. Exercici extret del llibre de Segon de Primària de la Editorial Santillana. ISBN:978-84-9047-009-1.

Proves diagnòstiques i realització del exercicis

Com s'ha citat abans, a tots els participants se'ls va realitzar una avaluació de la visió del color, en la qual se'ls va realitzar quatre proves, les quals s'han detallat anteriorment i s'han explicat en l'apartat X.

A tots els participants se'ls va passar la prova en les mateixes condicions ambientals; en una aula ampla i ben il·luminada; il·luminació LED Philips Genie 18W (80W) Energy A Class Cool Daylight simula de llum solar de dia i té una temperatura de color de 6500 K, és una llum freda d'un color blavós. Les proves es van realitzar en una taula i amb la correcció habitual, les condicions per cada prova són les indicades prèviament en l'apartat de proves per l'avaluació d'anomalies cromàtiques.

Un cop efectuades les proves d'avaluació del color, se'ls va passar les activitats seleccionades a tots els participants amb les mateixes condicions ambientals esmentades anteriorment. Per la realització dels exercicis se'ls va entregar el llibre original de cadascun, un full de resultats per a poder respondre i un full en blanc per poder ratllar i comprovar la tonalitat dels llapis, ja que el to del color que es veu físicament per fora no es correspon amb com pinten realment.

5. RESULTATS

ANÀLISIS DEL LLIBRES

A les següents taules trobem un recull , llibre per llibre, de les pàgines errònies trobades i de les pàgines que es podrien millorar.

| | Editorial | Pàg. errònies | Pàg. millorables | Pàgines total |
|---|---|---------------|------------------|---------------|
| 1 | Llibre 1º Primària Editorial Santillana | 6 | 15 | 219 |
| 2 | Llibre 2n Primària Editorial Santillana | 8 | 10 | 203 |
| 3 | Llibre 1º Primària Castellnou | 10 | 17 | 179 |
| 4 | Llibre 2n Primària Castellnou | 12 | 18 | 183 |
| 5 | Llibre 1º Primària Editorial Teide | 1 | 3 | 288 |
| 6 | Llibre 2n Primària Editorial Teide | 1 | 4 | 288 |
| 7 | Llibre 1º Primària Editorial Vicens Vives | 9 | 14 | 211 |
| 8 | Llibre 2n Primària Editorial Vicens Vives | 7 | 15 | 235 |

Taula 1. Agrupació de pàgines errònies, pàgines millorables i pàgines total de cadascun dels llibrets analitzats.

| | Editorial | % Pàg. errònies | % Pàg. millorables | %Pàg. Total a canviar |
|---|---|-----------------|--------------------|-----------------------|
| 1 | Llibre 1º Primària Editorial Santillana | 2,74 | 6,85 | 9,59 |
| 2 | Llibre 2n Primària Editorial Santillana | 3,94 | 4,93 | 8,87 |
| 3 | Llibre 1º Primària Castellnou | 5,59 | 9,50 | 15,08 |
| 4 | Llibre 2n Primària Castellnou | 6,56 | 9,84 | 16,39 |
| 5 | Llibre 1º Primària Editorial Teide | 0,35 | 1,04 | 1,39 |
| 6 | Llibre 2n Primària Editorial Teide | 0,35 | 1,39 | 1,74 |
| 7 | Llibre 1º Primària Editorial Vicens Vives | 4,27 | 6,64 | 10,90 |
| 8 | Llibre 2n Primària Editorial Vicens Vives | 2,98 | 6,38 | 9,36 |

Taula 2. Percentatges de les pàgines errònies, pàgines millorables i pàgines total que s'haurien de canviar de cadascun dels llibrets analitzats.

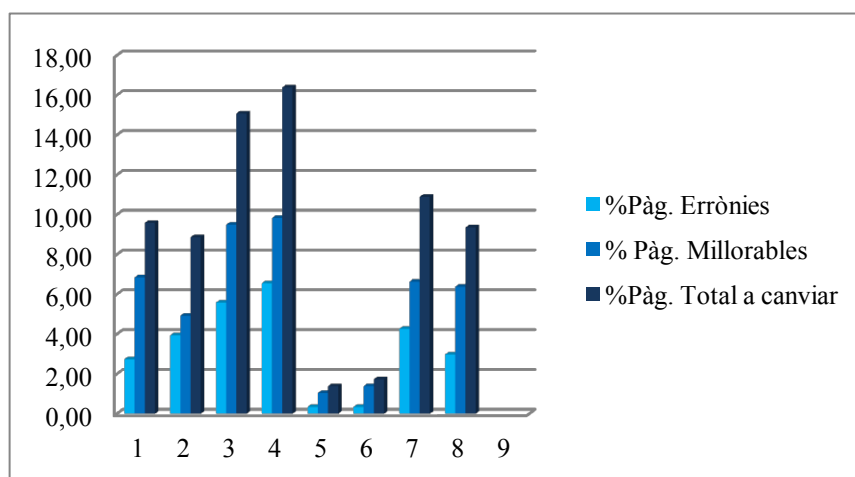


Figura 22. Representació gràfica de la taula 2.

SUBJECTE A

A les següents taules apareixen les deficiències de la visió del color detectades del subjecte A

TEST ISHIHARA

| Lamina | Visió normal | Deficiència vermell-verd | | | | Resultats pacient |
|--------|--------------|--------------------------|------|---|------|-------------------|
| 1 | 12 | 12 | | | | 12 |
| 2 | 8 | 3 | | | | 3 |
| 3 | 6 | 5 | | | | 5 |
| 4 | 29 | 70 | | | | 20 |
| 5 | 57 | 35 | | | | 55 |
| 6 | 5 | 2 | | | | 2 |
| 7 | 2 | 5 | | | | 5 |
| 8 | 15 | 17 | | | | 17 |
| 9 | 74 | 21 | | | | 21 |
| 10 | 2 | - | | | | - |
| 11 | 6 | - | | | | - |
| 12 | 97 | - | | | | - |
| 13 | 45 | - | | | | - |
| 14 | 5 | - | | | | - |
| 15 | 7 | - | | | | - |
| 16 | 16 | - | | | | - |
| 17 | 73 | - | | | | - |
| 18 | - | 5 | | | | 5 |
| 19 | - | 2 | | | | 3 |
| 20 | - | 43 | | | | 45 |
| 21 | - | 73 | | | | 25 |
| 22 | 26 | 6 | 6(2) | 2 | 2(6) | 26 |
| 23 | 42 | 2 | 2(4) | 4 | 4(2) | 42 |
| 24 | 35 | 5 | 5(3) | 3 | 3(5) | 35 |
| 25 | 96 | 6 | 6(9) | 9 | 9(6) | 6 |

Taula 3. Resultats del subjecte A en el test d'Ishihara

En les lames diagnòstiques (22-25) poder observar com el subjecte A veu dos números en 3/4 lames, menys en la lamina 25 que veu només 1 número. El participant ens comenta que en cas de veure dos números li resulta més fàcil identificar el segon número. Davant això, el subjecte A és protanomal lleu segons el test de Ishihara.

TEST DE FARNSWORTH-MUNSELL 100 DUE

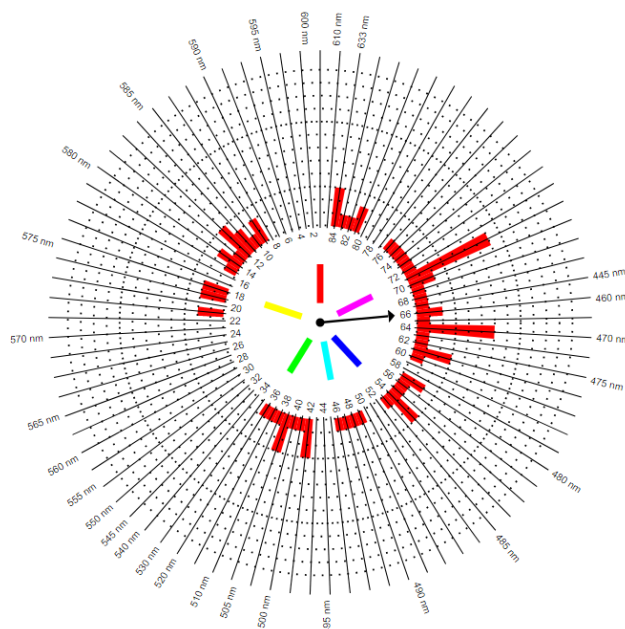


Figura 23. Representació dels resultats del subjecte A del test Farnsworth-Munsell a través de la pàgina web:

https://www.torok.info/colorvision/dir_for_use.htm

Segons l'avaluació automàtica (Mètode clàssic) la puntuació d'error total és 80 el que ens indica que podria ser una deficiència probablement patològica.

Segons l'avaluació del Török diu que existeix una deficiència en la discriminació del color patològic, probablement un error difús de discriminació de color.

Per últim segons l'avaluació automàtica, pel mètode moment d'inèrcia (Moment of Inertia Method) ens indica probablement una discriminació del color normal.

CITY UNIVERSITY COLOUR VISION TEST

El subjecte A dona resposta al test 'correctament' ja que els resultats obtinguts són corresponents a una persona amb visió normal, és a dir, com si no tingués cap anomalia cromàtica.

| | PAGE (A is for demonstration) | SUBJECT'S CHOICE OF MATCH | | | NORMAL | DIAGNOSIS | | |
|---------------|----------------------------------|---------------------------|---|------|--------|-----------|--------|--------|
| | | R | L | Both | | PROTAN | DEUTAN | TRITAN |
| "CHROMA FOUR" | 1 | | | ↓ | B | R | L | T |
| | 2 | | | → | R | B | L | T |
| | 3 | | | ← | L | R | T | B |
| | 4 | | | → | R | L | B | T |
| | 5 | | | ↓ | L | T | B | R |
| | 6 | | | ↓ | B | L | T | R |
| "CHROMA TWO" | 7 | | | ← | L | T | R | B |
| | 8 | | | → | R | L | B | T |
| | 9 | | | ↓ | B | L | T | R |
| | 10 | | | ↑ | T | B | L | R |
| SCORE | | AT CHROMA FOUR | | | 6/6 | -/6 | -/6 | -/6 |
| | | AT CHROMA TWO | | | 6/4 | -/4 | -/4 | -/4 |
| | | OVERALL | | | 10/10 | -/10 | -/10 | -/10 |

Taula 4. Resultats del subjecte A en el test City University Colour Vision

ANOMALOSCOPI DAVICO

| | 1er intent | 2n intent |
|----------------------------|------------|-----------|
| Igualació del vermell-groc | 58 | 43 |
| Igualació del verd-groc | 60 | 61 |

Taula 5. Resultats del subjecte A en l'anomaloscopi davico.

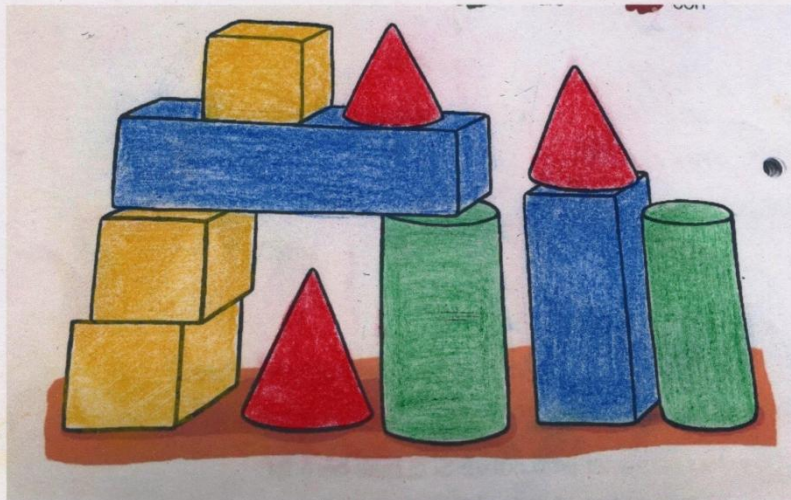
El diagnòstic segons el anomaloscopi davico és de protanomalia.

HOJA DE RESULTADOS

EJERCICIO 1: Pinta según el código



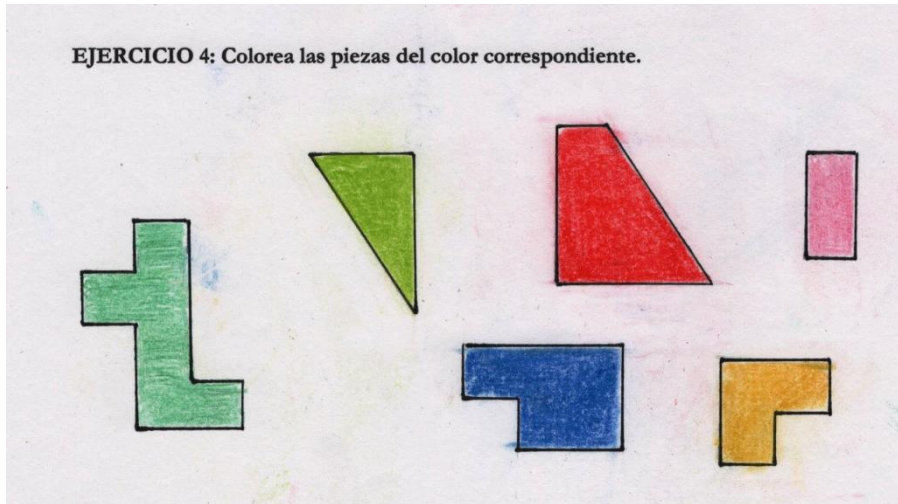
EJERCICIO 2: Pinta



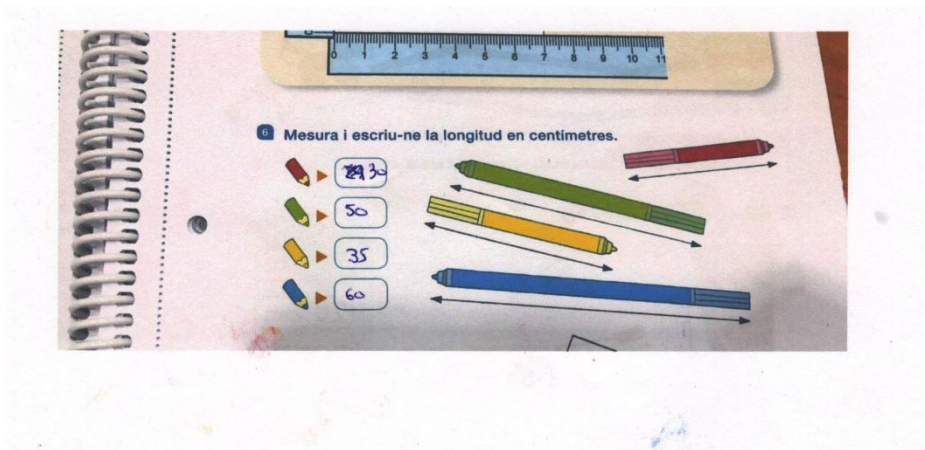
EJERCICIO 3:

| | | | | | |
|----|---|---|--|---|---|
| 15 | | | | | |
| 14 | | | | | |
| 13 | | X | | | |
| 12 | | | | | X |
| 11 | | | | | |
| 10 | | | | X | |
| 9 | | | | | |
| 8 | | | | | |
| 7 | | | | | |
| 6 | | | | | |
| 5 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 2 | | | | X | |
| 1 | X | | | | |

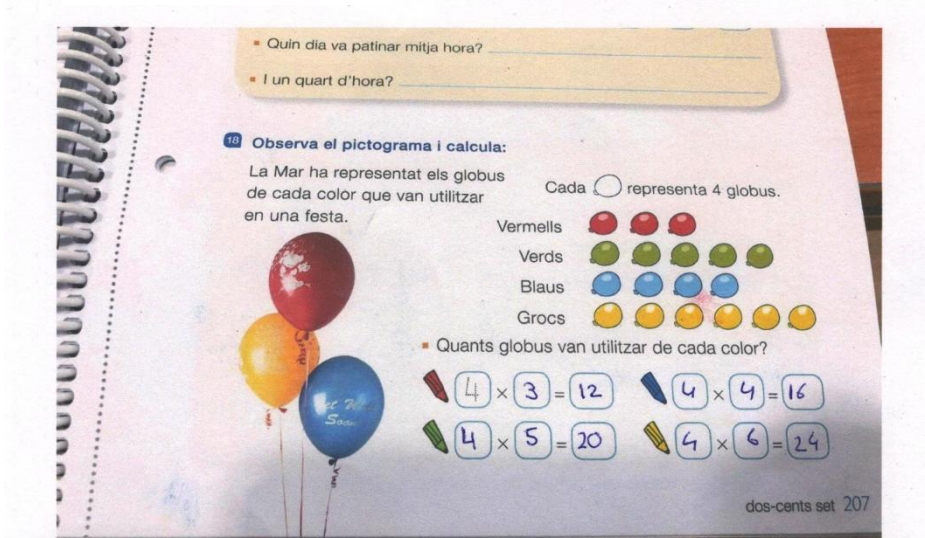




EJERCICIO 5:



EJERCICIO 6:



Temps empleat per realitzar el conjunt d'exercicis és de 21.27 min

SUBJECTE B

A les següents taules apareixen les deficiències de la visió del color detectades del subjecte B.

TEST ISHIHARA

| Lamina | Visió normal | Deficiència vermell-verd | | | | Resultats pacient |
|--------|--------------|--------------------------|------|---|------|-------------------|
| 1 | 12 | 12 | | | | 12 |
| 2 | 8 | 3 | | | | 3 |
| 3 | 6 | 5 | | | | 5 |
| 4 | 29 | 70 | | | | 70 |
| 5 | 57 | 35 | | | | 35 |
| 6 | 5 | 2 | | | | 2 |
| 7 | 2 | 5 | | | | 5 |
| 8 | 15 | 17 | | | | 17 |
| 9 | 74 | 21 | | | | 21 |
| 10 | 2 | - | | | | - |
| 11 | 6 | - | | | | - |
| 12 | 97 | - | | | | - |
| 13 | 45 | - | | | | - |
| 14 | 5 | - | | | | - |
| 15 | 7 | - | | | | - |
| 16 | 16 | - | | | | - |
| 17 | 73 | - | | | | - |
| 18 | - | 5 | | | | 5 |
| 19 | - | 2 | | | | 3 |
| 20 | - | 43 | | | | -5 |
| 21 | - | 73 | | | | - |
| 22 | 26 | 6 | 6(2) | 2 | 2(6) | - |
| 23 | 42 | 2 | 2(4) | 4 | 4(2) | 2 |
| 24 | 35 | 5 | 5(3) | 3 | 3(5) | 5 |
| 25 | 96 | 6 | 6(9) | 9 | 9(6) | 6 |

Taula 6. Resultats del subjecte B en el test d'Ishihara.

Com podem observar en la taula X, el subjecte B va tenir dificultats per veure el número de la lamina 20 i a la lamina 21-22 no va observar cap número. Respecte les lamines diagnòstiques (22-25), el subjecte només és capaç de reconèixer un dels dos números, pel que fa el resultat obtingut en aquestes lamines podem concloure que el subjecte B té protanomalia aguda segons el Test d'Ishihara.

TEST DE FARNSWORTH-MUNSELL 100 DUE

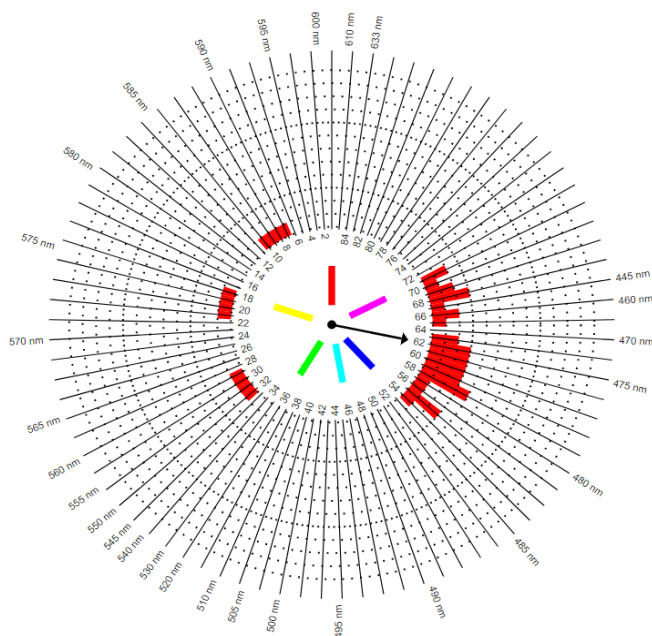


Figura 24. Representació dels resultats del subjecte B del test Farnsworth-Munsell a través de la pàgina web:

https://www.torok.info/colorvision/dir_for_use.htm

Segons l'avaluació automàtica (Mètode clàssic) la puntuació d'error total és 48 el que ens indica que podria tenir una visió del color normal.

Segons l'avaluació del Török, la puntuació d'error total és normal, però l'alta bipolaritat i la direcció del eix del color indiquen un error de discriminació del tipus protan.

Segons l'avaluació automàtica, pel mètode moment d'inèrcia (Moment of Inertia Method), ens indica probablement una discriminació del color normal.

CITY UNIVERSITY COLOUR VISION TEST

Observant els resultats, veiem que podem “descartar” que el participant sigui dicromata, ja que de les pàgines que diagnostiquen discromatòpsia (7,8,9 i 10) encerta 3/4 . Si ens fixem en els resultats obtinguts en la resta de pàgines, veiem que el subjecte B falla 3/6, en el sentit que el diagnòstic que tenim és de Protanomalia.

| | PAGE (A is for demonstration) | SUBJECT'S CHOICE OF MATCH | | | NORMAL | DIAGNOSIS | | |
|---------------------|----------------------------------|---------------------------|---|------|--------|-----------|--------|--------|
| | | R | L | Both | | PROTAN | DEUTAN | TRITAN |
| "CHROMA FOUR" | 1 | | | → | B ↖ | (R) | L | T |
| | 2 | | | → | R ↗ | (B) | L | T |
| | 3 | | | → | L ↗ | R | T | B |
| | 4 | | | → | R ↗ | L | B | T |
| | 5 | | | → | L ↗ | T | B | R |
| | 6 | | | → | B ↖ | (L) | T | R |
| "CHROMA TWO" | 7 | | | → | L ↗ | T | R | B |
| | 8 | | | → | R ↗ | L | B | T |
| | 9 | | | → | B ↖ | L | T | R |
| | 10 | | | → | T ↗ | B | (L) | R |
| AT CHROMA FOUR | | | | | 3/6 | 3/6 | -/6 | -/6 |
| SCORE AT CHROMA TWO | | | | | 3/4 | -/4 | 1/4 | -/4 |
| OVERALL | | | | | 6/10 | 3/10 | 1/10 | -/10 |

Taula 7. Resultats del subjecte B en el test City University Colour Vision

ANOMALOSCOPI DAVICO

| | 1er intent | 2n intent |
|----------------------------|------------|-----------|
| Igualació del vermell-groc | 55 | 50 |
| Igualació del verd-groc | 56 | 55 |

Taula 8. Resultats del subjecte B en l'anomaloscopi davico.

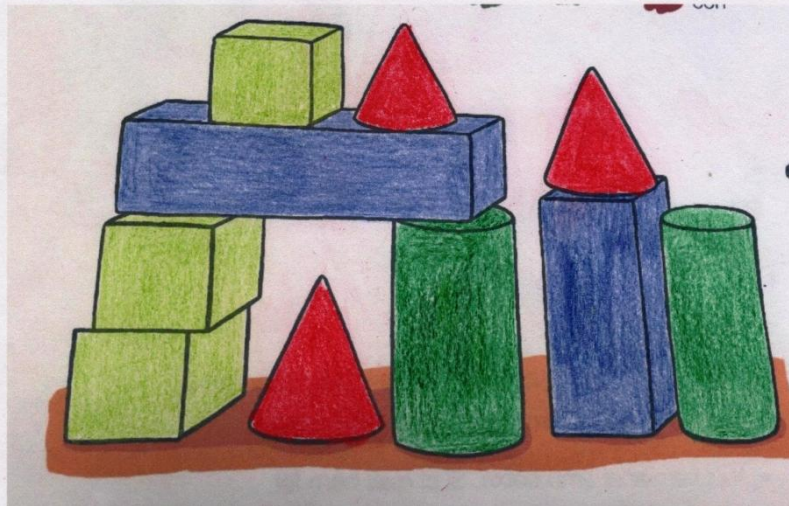
El diagnòstic segons el anomaloscopi davico és de protanomalia.

HOJA DE RESULTADOS

EJERCICIO 1: Pinta según el código



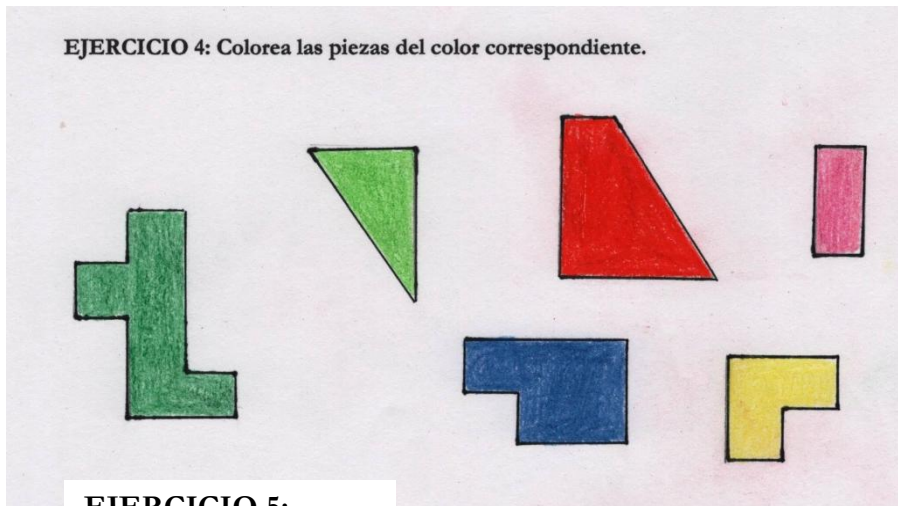
EJERCICIO 2: Pinta



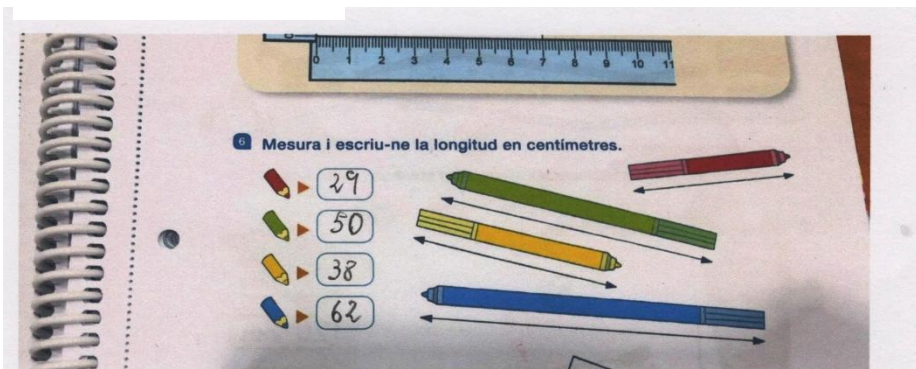
EJERCICIO 3:

| | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|
| 15 | | | | | |
| 14 | | X | | | |
| 13 | | | | | |
| 12 | | | | | X |
| 11 | | | | | |
| 10 | | | | X | |
| 9 | | | | | |
| 8 | | | | | |
| 7 | | | | | |
| 6 | | | | | |
| 5 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 2 | | | X | | |
| 1 | X | | | | |

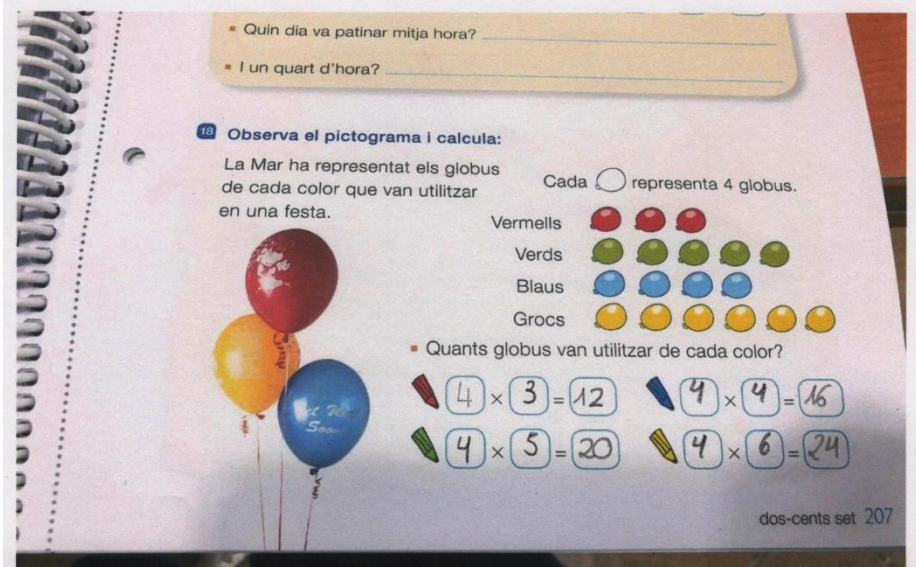




EJERCICIO 5:



EJERCICIO 6:



Temps empleat per realitzar el conjunt d'exercicis és de 34.49 min

SUBJECTE C

A les següents taules apareixen les deficiències de la visió del color detectades del subjecte C.

TEST ISHIHARA

| Lamina | Visió normal | Deficiència vermell-verd | | | | Resultats pacient |
|--------|--------------|--------------------------|------|---|------|-------------------|
| 1 | 12 | 12 | | | | 12 |
| 2 | 8 | 3 | | | | - |
| 3 | 6 | 5 | | | | - |
| 4 | 29 | 70 | | | | - |
| 5 | 57 | 35 | | | | - |
| 6 | 5 | 2 | | | | 8 |
| 7 | 2 | 5 | | | | 6 |
| 8 | 15 | 17 | | | | 15 |
| 9 | 74 | 21 | | | | 21-81 |
| 10 | 2 | - | | | | - |
| 11 | 6 | - | | | | - |
| 12 | 97 | - | | | | - |
| 13 | 45 | - | | | | - |
| 14 | 5 | - | | | | - |
| 15 | 7 | - | | | | - |
| 16 | 16 | - | | | | - |
| 17 | 73 | - | | | | - |
| 18 | - | 5 | | | | NI |
| 19 | - | 2 | | | | NI |
| 20 | - | 43 | | | | NI |
| 21 | - | 73 | | | | NI |
| 22 | 26 | 6 | 6(2) | 2 | 2(6) | 2 |
| 23 | 42 | 2 | 2(4) | 4 | 4(2) | NI |
| 24 | 35 | 5 | 5(3) | 3 | 3(5) | 3 |
| 25 | 96 | 6 | 6(9) | 9 | 9(6) | - |

*NI: No identifica, no es capaç de reconèixer el numero però veu que hi ha una forma estranya.

Taula 9. Resultats del subjecte C en el test d'Ishihara

El subjecte C, no identifica cap numero ni forma en les lamines 2,3,4 i 5. A més a més és incapaç d'identificar els números de les lamines 6, 7, 8 i 9. Si mirem les respostes obtingudes a les lamines diagnostiques(22-25) veiem com a la lamina 23 no es capaç de identificar cap numero i en la lamina 25 no veu res.

El resultat que tenim a les lamines diagnostiques , ens porta a dubtar de podria ser una discromatòpsia (protanope, deuteranope o tritanope).

TEST DE FARNSWORTH-MUNSELL 100 DUE

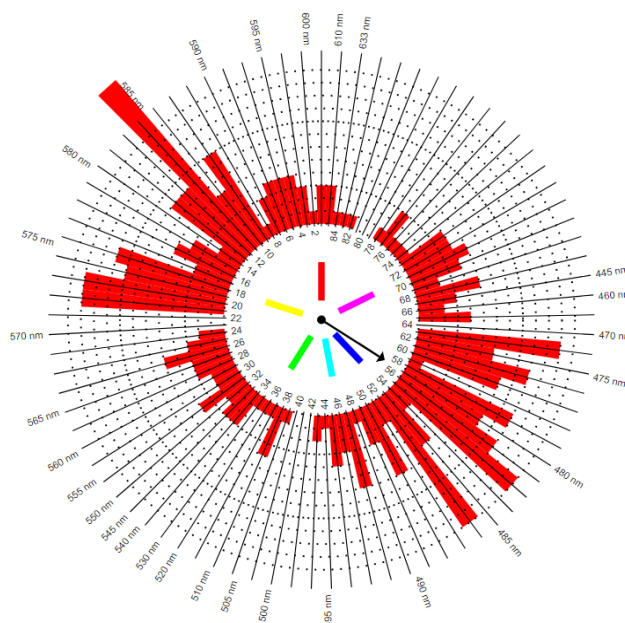


Figura 25. Representació dels resultats del subjecte A del test Farnsworth-Munsell a través de la pagina web:

https://www.torok.info/colorvision/dir_for_use.htm

Segons l'avaluació automàtica (Mètode Clàssic) la puntuació d'error total es de 324 el que ens indica que podria ser patològic.

Segons l'avaluació del Török , la puntuació ens indica que l'error en la discriminació del color es patològic, probablement sigui deuteranomalía o deuteranopía.

Segons l'avaluació automàtica, pel mètode moment d'inèrcia (Moment of Inertia Method) ens indica una discriminació patològica del color, probablement deuteranomalía o deuteranopía.

CITY UNIVERSITY COLOUR VISION TEST

| | PAGE (A is for demonstration) | SUBJECT'S CHOICE OF MATCH | | | NORMAL | DIAGNOSIS | | |
|---------------------|----------------------------------|---------------------------|---|------|--------|-----------|--------|--------|
| | | R | L | Both | | PROTAN | DEUTAN | TRITAN |
| "CHROMA FOUR" | 1 | | | ← | B ↘ | R | Ⓛ | T |
| | 2 | | | ← | R ↘ | B | Ⓛ | T |
| | 3 | | | ← | L ↘ | R | T | B |
| | 4 | | | ↓ | R ↘ | L | Ⓛ | T |
| | 5 | | | ← | L ↘ | T | B | R |
| | 6 | | | → | B ↘ | L | T | Ⓡ |
| "CHROMA TWO" | 7 | | | → | L ↘ | T | Ⓡ | B |
| | 8 | | | ↓ | R ↘ | L | Ⓛ | T |
| | 9 | | | → | B ↘ | L | T | Ⓡ |
| | 10 | | | ← | T ↘ | B | Ⓛ | R |
| AT CHROMA FOUR | | | | | 2/6 | -/6 | 3/6 | 1/6 |
| SCORE AT CHROMA TWO | | | | | -/4 | -/4 | 3/4 | 1/4 |
| OVERALL | | | | | 2/10 | -/10 | 6/10 | 2/10 |

Taula 10. Resultats del subjecte C en el test City University Colour Vision

Veient els resultats del subjecte C en aquesta prova podem afirmar que es tracta d'una discromatòpsia, ja que en les pàgines que ho diagnostiquen (7,8,9 i 10) dona majoritàriament com a resposta una discromatòpsia del caràcter deutan 3/4. Aleshores, podem concloure per el resultat d'aquesta prova que el diagnòstic del subjecte C en aquesta prova es de Deuteranope.

ANAMOLOSCOPI DAVICO

| | 1er intent | 2n intent |
|----------------------------|------------|-----------|
| Igualació del vermell-groc | 19 | 20 |
| Igualació del verd-groc | 17 | 25 |

Taula 11. Resultats del subjecte A en el test City University Colour Vision

Al realitzar aquesta prova, el participant ens dona com a resposta: "aquí mateix", tot i que no es troba gaire segur, ja que comenta que no nota aire diferencia a l'hora d'igualar-ho. Això ens dona a pensar que es tracta d'una discromatòpsia, i com veiem en els resultats els grocs en L i R tenen quasi la mateixa lluminositat, per tan podem dir que pel resultat obtingut amb l'anomoloscopi de davico el subjecte C es Deuteranope.

HOJA DE RESULTADOS

5 Pinta segons el codi:

0 < < 49 100 < < 149 200 < < 249
 50 < < 99 150 < < 199 250 < < 299

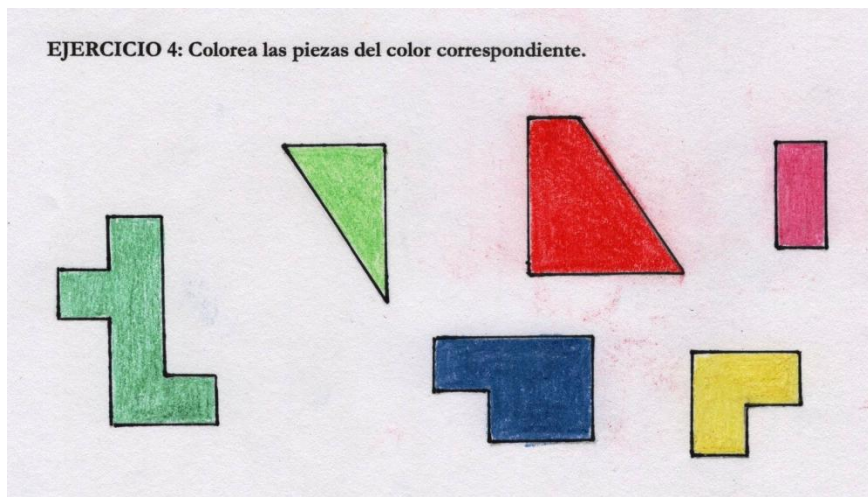
1 Pinta:

cub prisma cilindre con

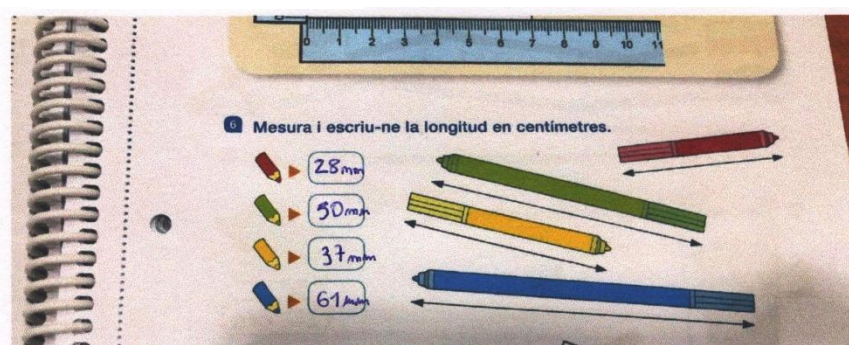
EJERCICIO 3:

| | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|
| 15 | | | | | |
| 14 | | X | | | |
| 13 | | | | | |
| 12 | | | | | |
| 11 | | | | | X |
| 10 | | | | | |
| 9 | | | | | |
| 8 | | | | X | |
| 7 | | | | | |
| 6 | | | | | |
| 5 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 2 | | | X | | |
| 1 | X | | | | |

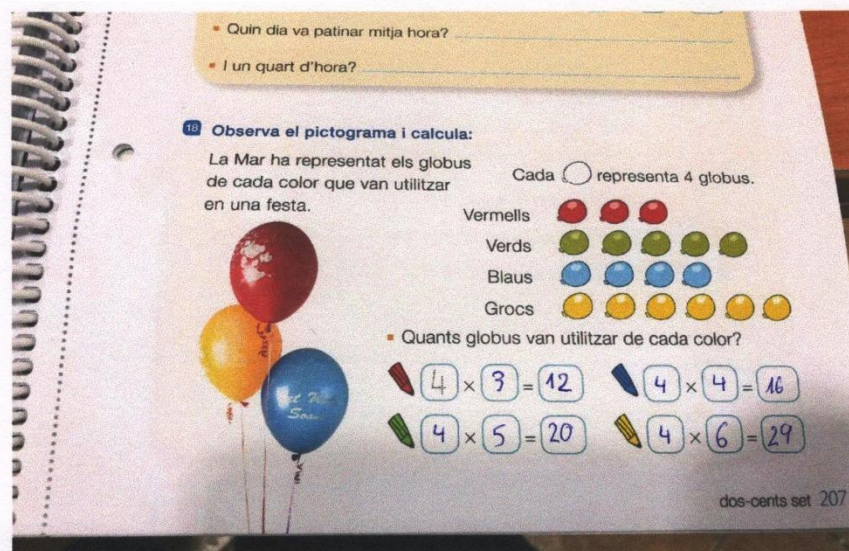




EJERCICIO 5:



EJERCICIO 6:



Temps empleat per realitzar el conjunt d'exercicis és de 28.58 min.

Finalment si fem un recull de les dades obtingudes en cada prova diagnòstica per als tres subjectes obtenim la següent taula:

| | Subjecte A | Subjecte B | Subjecte C |
|-------------------------------|---|--------------------|-------------------|
| Test d'Ishihara | Protanomalia lleu | Protanomalia aguda | Deuteranomalia |
| Farnsworth-Munsell | Error difús en la discriminació del color | Protan | Deutan |
| City University Colour Vision | Normal | Protanomalia | Deuteranope |
| Anomaloscopi Davico | Protanomalia | Protanomalia | Deuteranope |

Taula 12. Resultats de les quatre proves- test d'Ishihara, Farnsworth-Munsell 100 due, City University Colour Vision test i anomaloscopi Davico- dels tres subjectes amb anomalia cromàtica.

6. CONCLUSIONS I DISCUSSIÓ

Gràcies al material proporcionat per les quatre escoles col·laboradores i la contribució dels 3 subjectes s'ha pogut assolir els objectius d'aquest treball.

L'objectiu d'aquest treball era administrar una col·lecció d'exercicis inclosos a diversos llibres adreçats a infants del cicle inicial a tres subjectes daltònics, per esbrinar si els poden fer sense cap problema o si, com sembla, els resulta impossible d'executar.

A l'hora d'analitzar els exercicis ens trobem que majoritàriament el color s'empra com a eina d'aprenentatge d'altres coneixements, i a les activitats on el color és el concepte d'aprenentatge, fonamentalment s'utilitzen combinacions de colors que no són de difícil discriminació per una persona dicròmata, és a dir, s'utilitzen combinacions del tipus blau-vermell, gris-groc, gris-blau, etc.

Respecte als llibres analitzats, trobem que de mitja el 3.35% dels exercicis són erronis, mentre que el 5.82%, conclourem que la mitja de pàgines a canviar en els exemplars analitzats seria del 9.17%. Si ens fixem llibre per llibre, observem que el llibre que destaca amb més errors és el de l'editorial Castellnou amb un 6.07% de pàgines errònies i un 9.67% de pàgines millorables tant l'exemplar de primer com el de segon. Mentre que l'editorial que recull menys pàgines errònies i millorables és l'editorial TEIDE, 0,35% i 1.22%, respectivament. Un punt interessant que observem és que majoritàriament els llibres de segon de primària contenen més pàgines errònies que els de primer de primària, un global de 3.2% dels llibres de primer enfront un 6.45% els llibres de segon, el mateix passa amb les pàgines millorables, i conseqüentment amb les pàgines que s'haurien de canviar.

A la vista dels resultats, podem dir que tot i ser una etapa on el color és utilitzat constantment, el percentatge de material didàctic que fa ús del color i pot afectar en l'aprenentatge de conceptes en un infant amb discromatòpies, no és molt elevat.

Respecte als resultats obtinguts als exercicis, globalment podem veure que estan força bé executats.

Comparant l'exercici 1, és l'activitat el qual tots els participants van dedicar-hi més temps, podem destacar que el subjecte A (possible protanomalia) elegeix tonalitats més intenses que la resta de participants, com per exemple el vermell, el grog i el blau. Comparant-ho amb la resta de participants és l'únic que el codi que va de 250-299 el pinta de color taronja. El subjecte B (protanomalia) va trobar dificultats per escollir el color que porta de codi 200-249, corresponent al negre. Si ens fixem en el codi que va del 0-49 que correspon al groc, aquest participant el pinta d'un color verd llima. Cal remarcar que durant la realització de l'exercici el Subjecte B ens comenta que això l'hi recordava molt a la seva etapa infantil, en paraules seves "hem recorda a primària, quan estava a plàstica, on trobava dificultats per pintar amb comparació amb els meus companys".

Per últim, el subjecte C (deuteranop) el codi que va del 50-99 (verd fosc) elegeix un verd molt claret. Cal remarcar també que aquest participant pinta de color verd fosc el codi que va des del 200-249, el qual realment correspon al color negre. Durant la realització de l'exercici el subjecte C ens comenta que ell no recorda de tenir dificultats a l'escola a l'hora d'escollir els colors per pintar. Recollint els resultats d'aquest exercici podem dir que el subjecte que més dificultat s'hi ha trobat per realitzar aquest exercici és el subjecte B, el qual va tardar més temps a resoldre (10,50 min). Remarcar, que com era d'esperar els colors que més conflictes han donat en aquesta activitat són el verd, vermell i groc, i inesperadament el negre, tot i que el subjecte A no hi ha tingut cap dificultat.

Tal com passa a l'exercici 1, en l'activitat número 2, el subjecte A és el que escull tonalitats més intenses. Tot i que encerta els colors, dels tres participants és l'únic que pinta el color blau més claret que els altres dos participants. Cal remarcar que el subjecte B, segueix pintant el groc amb una tonalitat de verd llima, i que el subjecte C, és l'únic dels tres participants que pinta la tonalitat verda més clara que els altres dos, i que en comptes d'elegir la mateixa tonalitat de vermell que en l'exercici 1, canvia de tonalitat i elegeix un to marró.

Si ens fixem en l'exercici 3, podem observar que inesperadament l'únic participant dona una resposta correcta al 100%, és el subjecte B. Els altres participants fallen en la quantificació de mitjons de color groc, taronja i vermell, en canvi la quantificació del blau i verd és correcta en tots tres participants. El subjecte A, falla en la quantificació del mitjó groc, ja que dona com a resposta 13 en comptes de 14, es podria explicar com un error de quantificació o a l'hora de marcar-ho. Per la seva part el subjecte C, endevina la quantificació del mitjó groc, però es troba amb moltes dificultats per quantificar els mitjons de color taronja i vermell, fins a arribar al Punt de dir que són pràcticament iguals.

Observant l'exercici 4, les respostes obtingudes són correctes i es pot veure com els resultats dels tres participants és pràcticament igual, ja que escullen les mateixes tonalitats per executar l'activitat.

Comenta'n l'exercici 5 i 6, els resultats obtinguts són correctes en ambdues activitats per part dels tres participants. Durant la realització d'aquests hem pogut veure que no han tingut cap dificultat a l'hora de resoldre l'exercici, tal com s'esperava, però tampoc ho han tingut per relacionar el resultat obtingut amb el color determinat. L'execució d'aquests dos exercicis ha sigut ràpida en tots tres participants.

Arribem a la conclusió que tenir una deficiència cromàtica no suposa la impossibilitat de realitzar l'exercici, en vers el que es pensava inicialment, sinó que tenir una deficiència pot provocar dificultats a l'hora de realitzar un tipus d'exercicis determinat, sobretot els que utilitzen el color per determinar el coneixement d'un concepte. Les dificultats que es podrien trobar no seria escollir un color o un altre sinó que més ve a l'hora d'escollir una tonalitat d'un color determinat, sobretot del vermell i del verd. Un altre factor seria el temps de realització, el qual suposem que seria superior a la d'un nen sense discromatòpsia, provocant així una diferència entre els nens amb discromatòpsia i els nens amb visió del color normal.

7. BIBLIOGRAFIA

1. Pokorny, J., Smith, V.C, Verriest, G., Pinckers. *Congenital and acquired colour vision deficiencies*. Saunders Co Ltd. 1979. ISBN: 978-0808912033.
2. Kandel, E.R., Jessell, T.M.; Schwartz, S.H. *Neurociencia y conducta*. Madrid: Prentice Hall. 1996. ISBN: 84-89660-05-0.
3. Kaiser, P. K., Boynton, R. M. *Human Color Vision (2nd Ed.)*. Washington: Optical Society of America. 1996. ISBN: 978-1557524614.
4. Urtubia Vicario, César. "Fisiología de la retina I. El mensaje visual en la primera sinapsis". Ver y oír, junio 2004, vol. 21, núm. 186, p. 286-295.
5. Reese, H. W, Lipsitt, L.P. *Advances in child development and behavior*. New York: Academic Press. 1978; 12. ISBN: 0120097125.
6. Pardo Fernández, P.J. *Daltonismo y rendimiento escolar en la educación infantil*. Revista de Educació: 2003; núm. 330; p. 449-462.
7. Capilla, P., Artigas, J.M, Pujol, J. *Fundamentos de colorimetría*. Universitat de València (València): 2002. ISBN: 84-370-5420-6.
8. Malacara, D. *Color Vision and Colorimetry: theory and Applications*. Washington: Spie- The International Society for Optical Engineering. 2002. ISBN: 0819442283.
9. Pujol, J.; Vilaseca, M. *Tot és de color!!!*. Diari de Terrassa. DTS, 7 de junio de 2008, p.6.
10. Fairchild MD. *Color appearance models*. Addison Wesley Publishing Co.; 1997.
11. Artigas, J.M., Capilla, P., Pujol, J. *Tecnología del color*. Universidad de Valencia (Valencia); 2002. ISBN 8437054362.
12. Nathans, J. *The genes for color vision*. Scientific American. 1989; vol. 2, núm. 260, p. 42-49.
13. Gordon, N. *Colour blindness*. Public Health:2008, núm 112, p. 81-84.
14. Carlson, N.B. *Clinical procedures for ocular examination*. Mc Graw-Hill (USA), 2004. ISBN 0071370781.
15. Valenzuela, M. *Anomalías en la visión del color*. Jaén: Publicatuslibros.com. 2008.
16. Purves D, Augustine GJ, Fitzpatrick D. *Neuroscience. 2nd edition*. Sunderland (MA): Sinauer Associates; 2001.
17. Urtubia, C. *Neurobiología de la visión*. Barcelona: Edicions UPC. 1997. ISBN: 84-8301- 163-8.
18. Bofill Gracià, Francesc. *El color en el material escolar*. Trabajo final de master. UPC (FOOT, Terrassa): 2010.
19. Schwartz, S.H. *Visual perception: A clinical orientation (3ª ed.)*. McGraw-Hill Medical. 2004. ISBN: 978-0071411875.
20. Lakowski, R. *Is the deterioration of colour discrimination with age due to lens or retinal changes?* Farbe. 1962; núm.11, p. 69-86.

21. Nabeela Hasrod, Alan Rubin. *Defects of colour vision: A review of congenital and acquired colour vision deficiencies*. Review Article. 22 Nov. 2016.
22. Dain, S. *Clinical colour vision tests*. Clinical and Experimental Optometry. 2004; 87, (4- 5): 276-293.
23. Borràs, M.R., Castañé, M., Ondategui, J.C., Pacheco, M., Peris, E., Sánchez, E., Varón, C. *Optometría. Manual de exámenes clínicos (3ª ed.)*. Barcelona: Edicions UPC. 1999. ISBN: 978-8483013090.
24. National Research Council. 1981. *Procedures for Testing Color Vision*. Report of Working Group 41. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/746>.
25. Birch, J. *Diagnosis of Defective Colour Vision*. Oxford, United Kingdom: Oxford University Press. 1993. ISBN: 978-0192623881.
26. Guilherme M. Martins, Marcela F. Bordaberry, Zélia M.S Corrêa, Michel B. Mânica, Juliano C. Costa, Nelson Telichevesky, Ítalo M. Marcon. *Color vision in school-age children: assessment of a new test*. J Pediatr (Rio J) 2001;vól 4, núm. 77, p.327-30.
27. Oliphant. D, Hovis, J.K. *Comparison of the D-15 and City University (second) color vision tests*. School of Optometry, University of Waterloo, Waterloo, ON, N2L 3G1, Canada. November 1998. Volume 38, Issue 21, Pages 3461-3465.
28. Birch, J. *Clinical use of the City University Test (2nd Edition)*. Ophthalmic and Physiological Optics; 1997; 17 (6): 466-472.
29. Farnsworth D. *The Farnsworth-Munsell 100-hue and dichotomous tests for color vision*. Journal of the Optical Society of America 1943; 33: 568-578.
30. Kitahara K. *An analysis of the Farnsworth-Munsell 100-hue test*. Docum Ophthalmol Proc Ser 1984; 39: 233-238.
31. Foster, D.H. *Inherited and Acquired Colour Vision Deficiencies: Fundamental Aspects and Clinical Studies*. London: The Macmillan Press. 1991; 7. ISBN: 0333527135.