

# L'impacte dels colors a la Terra

Com influencien els colors al nostre planeta?



Roc Ferrer i Soldevila  
Tutora: Montserrat Miralles  
2n Batxillerat, 2022-2023  
Col·legi Maristes Girona  
13/12/2022



*La física y la química han sido una gran vocación para mí desde pequeño. Así pues, qué mejor que realizar un trabajo de investigación que me permitiera ampliar mis conocimientos sobre estos dos mundos y, al mismo tiempo, disfrutarlos. Siempre hemos convivido y convivimos con los colores, pero... ¿somos conscientes de la importancia que tienen en el medio ambiente y en nuestra sociedad? En este trabajo hago una pequeña pero significativa exploración del mundo de los colores y su impacto en nuestro planeta. A lo largo de este viaje, he realizado diferentes experimentos y encuestas, que he complementado con entrevistas a varios personajes especializados en el tema, ampliando y enriqueciendo mi investigación. Gracias a esta experiencia en la realización del trabajo, he podido contrastar y analizar las hipótesis marcadas en el inicio de esta labor: uno de los muchos aspectos que influyen en la temperatura de los elementos que componen la Tierra son los colores, que son un fenómeno físico causado por el hecho de que estos elementos reflejan y absorben luz, también dependiendo de la cantidad de ésta que absorban o reflejen serán más calientes o fríos. Además, los colores no sólo cuentan con una relevancia científica, sino también psicológica, afectando poco o mucho al estado anímico y a las sensaciones de las personas. Los colores tienen gran importancia en nuestro planeta, entorno y vida, y gracias a ellos la vida es tal y como la sentimos y la vemos.*

*Physics and chemistry have been a great passion for me since I was little. So, what could be better than doing a research project that would allow me to broaden my knowledge in these two worlds and enjoy them at the same time. We have always lived and still live with colors, but are we aware of their importance in the environment and in our society? In this work I make a small but significant exploration in the world of colors and their impact on our planet. Throughout this trip, I have carried out different experiments and surveys, which I have complemented with interviews with some people specialized in the subject, expanding and enriching my research. Thanks to this experience in carrying out the work, I have been able to contrast and analyze the hypotheses set out at the beginning of the work: one of the many aspects that influence the temperature of the elements that make up the Earth are colors, which are a physical phenomenon caused by the fact that these elements reflect and absorb light, also depending on the amount of light they absorb or reflect they will be hotter or colder. In addition, colors not only have scientific relevance, they also have psychological relevance, affecting little or a lot the mood and feelings of people. Colors are of great importance in our planet, environment and life, and thanks to them life is as we feel and see it.*

# ÍNDIX

<b>1. INTRODUCCIÓ</b> .....	<b>5</b>
1.1 Motivació .....	5
1.2 Objectius i hipòtesis .....	5
1.3 Metodologia .....	6
<b>2. NATURALESA DE LA LLUM</b> .....	<b>8</b>
2.1 Teories històriques de la llum .....	8
2.2 Fenòmens de la llum .....	9
2.3 Espectre electromagnètic .....	13
<b>3. L'ESPECTRE VISIBLE. ELS COLORS</b> .....	<b>15</b>
3.1 Percepció del color .....	16
3.2 Classificació i característiques dels colors .....	18
3.2.1 Teoria del color. RGB .....	18
3.2.2. Propietats psicofísiques dels colors .....	23
3.3 Espai de color .....	25
3.3.1 Càlcul, estudi i anàlisi de les propietats dels colors utilitzats per fer les pràctiques del treball. ....	26
<b>4. ELS COLORS I LA RELACIÓ AMB LA TEMPERATURA</b> .....	<b>28</b>
4.1 La naturalesa de la radiació .....	28
4.1.1 Observació: Absorció i reflexió (efecte albedo) dels cossos .....	34
4.1.2 Experiment 1: Càlcul de la reflectivitat dels recipients de colors pintats que serviran de base pels experiments posteriors .....	39
4.1.3 Experiment 2: Estudi de la temperatura de recipients de vidre amb aigua segons el color .....	42
4.2 La influència de l'efecte albedo en la temperatura de la Terra .....	47
4.2.1 Experiment 3: Estudi de la temperatura de recipients de vidre amb aire segons el color .....	47
4.2.2 Simulació de la temperatura d'un objecte en funció de la proporció dels colors .....	50
4.2.3 Aplicació de les simulacions del punt anterior a l'objecte PLANETA TERRA .....	53
4.3 Preguntem als experts .....	56
<b>5. ELS COLORS I LA PSICOLOGIA</b> .....	<b>67</b>
5.1. Enquesta: Els colors en els sentiments .....	70
5.2. Entrevista: Els colors en l'arquitectura .....	73
5.3 Els colors en el màrqueting .....	78
<b>6. ELS COLORS EN EL NOSTRE ENTORN</b> .....	<b>80</b>
<b>7. CONCLUSIONS</b> .....	<b>92</b>
<b>8. AGRAÏMENTS</b> .....	<b>94</b>
<b>9. FONTS CONSULTADES</b> .....	<b>95</b>

---

<b>10. ANNEXOS .....</b>	<b>105</b>
A. Annex I. Teoria Corpuscular i Ondulatòria de la llum .....	105
B. Annex II. Explicació dels 2 tipus de reflexió de la llum .....	112
C. Annex III. La dispersió de la llum segons Newton.....	114
D. Annex IV. Taula de les ones electromagnètiques en funció de la freqüència i longitud d'ona..	117
E. Annex V. Comparació entre els valors RGB utilitzats en els experiments i els teòrics .....	118
F. Annex VI. Valors RGB globus de colors .....	120
G. Annex VII. Coordenades LAB globus de colors .....	121
H. Annex VIII. Exemple de situació d'un color a l'espai de color CieLAB .....	122
I. Annex IX. Experiment: Estudi del temps d'explosió de globus segons el color .....	123
J. Annex X. Escrit de Juan Martín Martín publicat en el seu blog de geografia de data 6/05/2014. .....	126

# 1. INTRODUCCIÓ

## 1.1 Motivació

Degut a que soc un apassionat de les ciències en general, he tingut clar des del primer moment que volia fer un treball d'àmbit científic.

Buscava un treball que a partir d'un marc teòric em permetés desenvolupar una pràctica enriquidora i dinàmica.

Després de parlar amb la tutora del treball de recerca sobre diferents temes d'àmbit científic i pels quals podia sentir interès, vaig veure que realitzar un treball sobre el món dels colors des d'una perspectiva científica em despertava un interès especial, motivador i alhora em permetria ampliar els meus coneixements científics.

Sovint, ens qüestionem dubtes sobre els colors: el mar blau, les plantes verdes, cases blanques, teulades negres,... amb aquest treball, intentaré donar resposta a aquestes qüestions i moltes altres que ens plantejem sobre els colors que ens envolten en el dia a dia.

## 1.2 Objectius i hipòtesis

Inicialment, em plantejo uns objectius i unes hipòtesis que intentaré assolir i donar resposta al llarg d'aquest treball.

### **Hipòtesis:**

- Depenent dels colors dels cossos augmenta més o menys la seva temperatura.
- Els objectes que nosaltres veiem de color fosc s'escalfaran més que els que veiem de color clar. Un cos de color més proper al negre absorbirà més energia solar que un cos amb un color més proper al blanc.
- L'efecte albedo condiona, en part, a la temperatura dels objectes i del nostre planeta.
- Els possibles canvis en les proporcions dels colors de la Terra poden afectar a les variacions de la temperatura d'aquesta. La disminució del gel i l'expansió dels oceans, la talla de boscos, creació d'infraestructures, erupcions volcàniques, etc poden augmentar o disminuir la temperatura del nostre planeta.

- Els colors que veiem són el resultat de la llum reflectida pels objectes.
- Els colors tenen una gran relació amb l'estat anímic i sensorial dels humans.

**Objectius:**

- Conèixer l'origen dels colors.
- Entendre per què s'escalfen més uns objectes que altres depenent del seu color.
- Analitzar la relació entre color i temperatura. Conèixer la relació entre els colors reflectits (els que veiem) i els absorbits de l'objecte, amb la temperatura de l'objecte.
- Donar resposta a interrogants que em faig en el dia a dia referents als colors de les coses i a la seva funcionalitat.
- Quantificar i analitzar la reflectivitat (efecte albedo) dels objectes.
- Esbrinar com poden influir els colors en la natura.
- Aprofundir en certs coneixements del món del color gràcies a la gent que el coneix.
- Esbrinar l'efecte dels colors en la psicologia de les persones.

### 1.3 Metodologia

Alhora de realitzar aquest treball de recerca sobre els colors necessitava en primer lloc ampliar els meus coneixements teòrics sobre aquest tema: ones electromagnètiques, la llum, l'espectre visible,... Aquesta informació l'he obtinguda a través de diferents fonts: llibres científics, pàgines web, entrevistes a persones expertes en el tema a tractar, fonts audiovisuals,...

Una vegada desenvolupat el marc teòric, vaig dissenyar una part pràctica per assolir objectius i contrastar hipòtesis que em plantejava inicialment. He utilitzat com a mètodes de recerca l'entrevista, l'experimentació i l'observació de diferents fenòmens relacionats amb els colors com la reflexió i l'absorció d'aquests. Les diferents dades obtingudes al llarg d'aquest desenvolupament pràctic m'ha permès realitzar i analitzar diferents taules i gràfics, ampliar coneixements i descobrir que darrera dels colors que ens envolten, hi ha una gran transcendència científica.

Gràcies a cada experiment, observació i entrevista, he extret unes conclusions. Aquestes espero que em permetin assolir els objectius plantejats en el treball, contrastar i donar respostes a preguntes i a les hipòtesis inicials.



## 2. NATURALSA DE LA LLUM

Malgrat a que a que la llum pot ser considerada com a tot el conjunt d'ones electromagnètiques, nosaltres ens centrarem en la llum com aquella porció de l'espectre electromagnètic que podem veure, els colors.

### 2.1 Teories històriques de la llum

Què és la llum? De què està formada? Com es comporta? El cert és que la llum és i ha sigut un dels enigmes més debatuts i de més interès al llarg de la història de la ciència. Aquest misteri ha portat a molts dels millors científics de la història a realitzar teories i hipòtesis al respecte:

Isaac Newton (segle XVII) va establir la **Teoria Corpuscular** de la llum; afirmant que la llum estava formada per petits corpuscles transportadors d'energia i sense massa anomenats fotons.

Altres científics (segle XVII-XIX) com Christiaan Huygens, Augustin Fresnel, Thomas Young, James Clerk Maxwell i Heinrich Hertz pensaven que la llum tenia caràcter ondulatori; es comportava com una ona, crearen l'anomenada **Teoria Ondulatòria** de la llum.

Al segle XIX el científic anglès Thomas Young, amb el seu experiment, va demostrar científicament els caràcters ondulatoris de la llum, rebutjant la Teoria Corpuscular. A la mateixa època, de la mà de James Clerk Maxwell, es va fer un pas més en la definició de la llum, definint-la com una ona electromagnètica. Fet el qual va ser corroborat pel científic Heinrich Hertz.<sup>1</sup>

Un cop semblava que la física havia arribat al seu màxim progrés, a finals del segle XX, alguns científics (Albert Einstein, Max Planck, Heinrich Hertz, Erwin Schrödinger) van realitzar observacions experimentals i van concloure que la radiació, quan interaccionava amb la matèria (absorció i emissió) es comportava de manera diferent, es comportava en forma de paquets (fotons). Va ser el naixement de la **Teoria Quàntica**.

---

<sup>1</sup> La Teoria Corpuscular i la Teoria Ondulatòria de la llum queden ampliades a l'annex I.

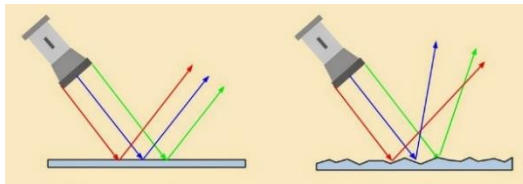
Resumint, a partir de llavors i gràcies al científic Louis de Broglie, la llum es descriu com una **ona-partícula**. És a dir, es propaga mitjançant ones (Teoria Ondulatòria) i quan interacciona amb la matèria transmet energia en paquets d'energia, fotons (Teoria Corpuscular).

## 2.2 Fenòmens de la llum

### a) Reflexió

Un focus emissor de llum emet un raig de llum ( $R_1$ ), que també es pot dir raig incident, és a dir, l'ona electromagnètica es propaga en una direcció específica. Aquest raig de llum que conté els tres colors primaris (vermell, verd i blau) incideix amb una certa velocitat ( $v_1$ ) sobre un tipus de superfície formant un angle d'incidència ( $\alpha_1$ ) respecte a la recta normal<sup>2</sup>.

Posteriorment a la incidència del raig, aquest dona lloc a l'ona reflectida ( $R_2$ ) i formarà un



angle de reflexió ( $\alpha_2$ ) respecte a la recta normal. El raig reflectit es propagarà a la mateixa velocitat ( $v_2$ ) que ha incidit, ja que el medi no ha canviat, per tant  $v_1 = v_2$

Imatge 2.1. Reflexió especular i reflexió difusa. Font: Internet.

Segons l'angle en què aquests raigs són reflectits per una superfície material, hi ha dos tipus de reflexió de la llum: la reflexió especular i la reflexió difusa.<sup>3</sup>

<sup>2</sup> Recta normal: Línia imaginària perpendicular a la superfície que rep el raig.

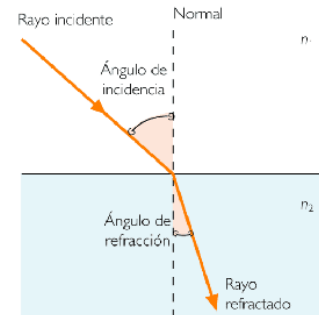
<sup>3</sup> Els tipus de reflexió de la llum segons l'angle de reflexió queden explicats a l'annex II.

## b) Refracció

A la reflexió, la propagació de la llum succeeix en el mateix medi. Però ara, amb la refracció, l'ona canvia de medi de propagació. Per exemple, passa de l'aire a l'aigua.

A mesura que la llum incident ( $R_1$ ) creua la superfície de separació entre els dos medis, canvia tan de direcció com de velocitat de propagació, i dona lloc al raig refractat ( $R_3$ ).

Mentre la llum es refracta, es forma un angle respecte la recta normal, un angle de refracció ( $\alpha_3$ ).



Imatge 2.2. Refracció de la llum. Font: Internet.

Els índexs de refracció dels diferents medis naturals dependran de la velocitat de fase de la llum en aquests:  $n = \frac{c}{v}$ . On  $n$  és el quocient de refracció,  $c$  és la velocitat de la llum ( $3 \cdot 10^8$  m/s) i  $v$  és la velocitat de fase en el medi.

Per una banda, tenim que l'aigua ocupa més massa en el mateix volum que l'aire, per tant és més densa.

I per l'altre, degut a que la llum és una ona electromagnètica i que aquestes es propaguen a una velocitat de fase més petita en medis més densos, la velocitat de la llum en l'aigua serà més petita. Fet que donarà lloc a que tingui un índex de refracció més alt que l'aire, i es desvii més respecte el raig de llum incident ( $\alpha_3$  més gran).<sup>4</sup> Com a conseqüència el nostre sistema òptic percebrà la llum refractada i veurem una imatge distorsionada.



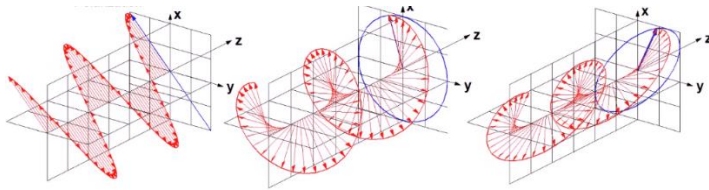
Imatge 2.3. Exemple refracció de la llum. Font: Internet.

<sup>4</sup> L'índex de refracció de l'aigua és 1,33. L'índex de refracció de l'aire és 1.

### c) Polarització

La direcció de propagació de l'ona sempre és una sola, en canvi la direcció en què les partícules del medi vibren i transfereixen l'energia i quantitat de moviment poden ser vàries. En general, la polarització només és un fenomen associat a les ones transversals com la llum.

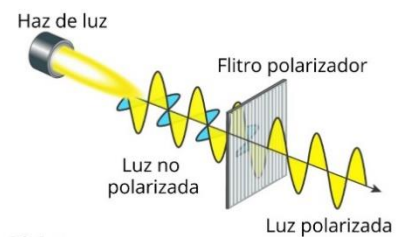
Quan les ones oscil·len transversalment pot rebre 3 noms en funció de com ho facin: ones polaritzades linealment, circularment o el·lípticament.



Imatge 2.4. Tipus d'ones transversals polaritzades en funció de la direcció de vibració de les partícules del medi. Font: Internet.

Una ona pot passar d'estar polaritzada circularment a estar-ho linealment per mitjà d'un polaritzador<sup>5</sup>.

En el cas de les ones electromagnètiques com la llum, direm que una ona no està polaritzada quan el camp elèctric i el magnètic oscil·len perpendicularment entre sí i a la direcció de propagació de l'ona.



Imatge 2.5. Polarització d'una ona electromagnètica. Font: Internet.

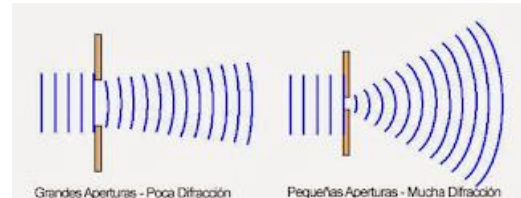
Quan a la llum no polaritzada es topa amb un polaritzador de la llum, aquest té la propietat de ser travessat per raigs de llum amb un pla d'oscil·lació del camp elèctric determinat, i absorbir la resta.

<sup>5</sup> Un polaritzador és una substància que té la propietat de que sigui travessat per l'ona i l'obligui a oscil·lar en una direcció determinada.

## d) Difracció

Direm que un raig de llum es difracta quan aquest es propaga a través d'un medi i pateix una distorsió o variació en la direcció de propagació a causa d'un obstacle. Aquest obstacle actua com a front d'ona, el qual origina noves direccions de propagació de l'ona que esdevindran ones secundàries. És a dir, l'ona ja no avançarà amb normalitat, sinó que es separarà i s'expandirà.

Com més semblant sigui la longitud d'ona de la longitud de l'obstacle, més pronunciada serà la difracció.



Imatge 2.6. Difracció de la llum en funció de l'obstacle.

Font: Internet.

## Dispersió de la llum

Isaac Newton va aconseguir descompondre la llum fent-la passar en forma de raig per un prisma de vidre. Com a resultat, va observar la llum descomposta en tots els colors. Aquest experiment senzill però significatiu, va fer aparèixer una nova concepció de la llum i va desmentir moltes creences que es tenien fins aleshores.<sup>6</sup>

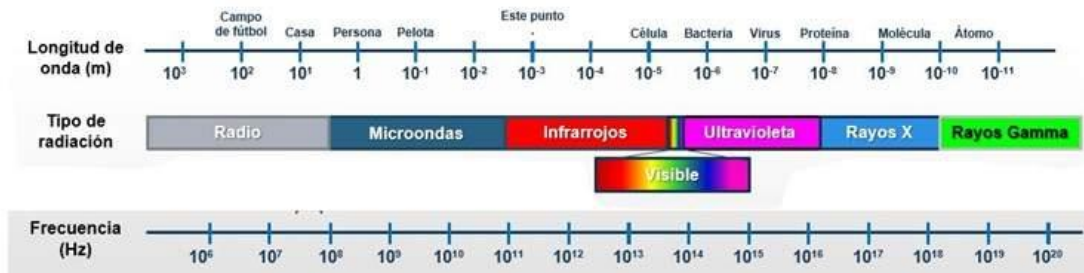


Imatge 2.7. Newton i la descomposició de la llum. Font: Internet.

<sup>6</sup> L'experiment de Newton i la dispersió de la llum queda descrit i explicat a l'annex III.

## 2.3 Espectre electromagnètic

El conjunt de totes les ones electromagnètiques s'anomena espectre electromagnètic. Els diferents tipus d'ones electromagnètiques s'ordenen en funció de la freqüència i la longitud d'ona.<sup>7</sup>



Imatge 2.8. L'espectre electromagnètic. Font: Internet

La freqüència és directament proporcional a l'energia de l'ona, és per això que podem establir la relació de:  $E = h \cdot f$ . On  $E$  és l'energia que transporta un fotó,  $h$  és la constant de Planck ( $6,626 \cdot 10^{-34}$  J·s) i  $f$  és la freqüència de l'ona.

- Per exemple, si sabem que una ona electromagnètica transporta en un fotó  $3,64 \cdot 10^{-23}$  J, podem calcular de quin tipus d'ona electromagnètica estem parlant si substituïm les dades a la fórmula.

$$f = \frac{3,64 \cdot 10^{-19}}{6,626 \cdot 10^{-34}} = 5,5 \cdot 10^{14} \text{ Hz, la freqüència obtinguda pertany a l'espectre visible, concretament a una ona referent al color verd.}$$

<sup>7</sup> Taula de les diferents ones electromagnètiques ordenades en funció de la longitud d'ona i la freqüència a l'annex IV.

Mentre que la longitud d'ona és inversament proporcional a la freqüència i per tant també a l'energia que transporta un fotó. És per això que podem establir la següent relació:

$\lambda = \frac{c}{f}$ ,  $f = \frac{c}{\lambda}$ ,  $c = f \cdot \lambda$ . On  $c$  és la velocitat de la llum ( $3 \cdot 10^8$  m/s),  $\lambda$  és la longitud d'ona i  $f$  és la freqüència de l'ona.

- Amb l'exemple de la freqüència calculada abans que fa referència al color verd de l'espectre visible, calcularem la seva longitud d'ona.

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{5,5 \cdot 10^{14}} = 5,45 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

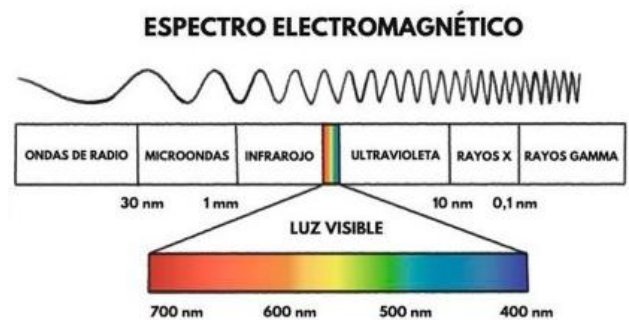
A l'esquerra de l'espectre estaran aquelles ones electromagnètiques amb menys freqüència, poca energia i per tant una longitud d'ona més alta. A mesura que ens anem apropant a la part dreta de l'espectre electromagnètic trobem la radiació electromagnètica més energètica i que té una freqüència més elevada, la qual cosa farà que la longitud d'ona sigui més baixa.

### 3. L'ESPECTRE VISIBLE. ELS COLORS

Els colors en sí són un tipus de radiació electromagnètica, i al igual que tota radiació d'aquest tipus, li correspon una franja de freqüència i longitud d'ona. En el cas dels colors, aquesta franja correspon entre les longituds d'ona de 300 fins a 780 nm aproximadament. A l'espectre electromagnètic, la llum visible està compresa entre la radiació infraroja (a l'esquerra de l'espectre visible) i els rajos ultraviolats (a la dreta de l'espectre visible).

Color	Longitud d'ona, $\lambda$ ( $\cdot 10^{-7}$ m)	Freqüència, $f$ ( $\cdot 10^{14}$ Hz)
Violeta	3,09-4,55	7,69-6,59
Blau	4,55-4,92	6,59-6,10
Verd	4,92-5,77	6,10-5,20
Groc	5,77-5,97	5,20-5,03
Taronja	5,97-6,22	5,03-4,82
Vermell	6,22-7,80	4,82-3,84

Taula 3.1. L'espectre visible en funció longitud d'ona i freqüència. Font: Llibre de física McGrawHill 1r Batxillerat.



Imatge 3.1. Situació de l'espectre visible en l'espectre electromagnètic. Font: Internet.

En canvi, la sensació de color o el fet de que nosaltres veiem colors és degut a un fenomen físic el qual les ones electromagnètiques es reflecteixin en els objectes i es dirigeixen al nostre sistema òptic; els ulls, on posteriorment seran interpretades i veurem el món en color.



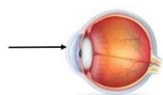
### 3.1 Percepció del color

L'ull és el sistema òptic més proper a nosaltres i per molta gent el sentit més important, degut a que la major part de la informació que rebem és gràcies als estímuls visuals.

Primer de tot, la visió depèn tant del cervell com dels ulls. La funció principal dels ulls és detectar patrons de llum. Posteriorment, els ulls i el cervell treballen per convertir aquests estímuls de llum en imatges.

Qualsevol font emissora de llum com podria ser el Sol, emet certa quantitat d'aquesta sobre un objecte. Aquest objecte absorbeix una porció de llum i l'altre la reflecteix.

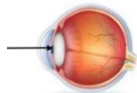
Aquest llum que ha sigut reflectida entra per la nostra **còrnia**, una membrana transparent i



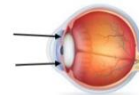
resistent que es troba a la part exterior de l'ull. Té una funció protectora i de lent, ja que ajuda a enfocar la llum a la retina.

Imatge 3.2. La còrnia. Font: Internet.

Seguidament, es dirigeix a la **pupil·la**, la part negra rodejada de l'iris; la part de l'ull que determina el color dels teus ulls. La pupil·la actua com una obertura circular que, depenent de la intensitat de llum que hi arriba, i amb l'ajut dels petits músculs que constitueixen l'**iris**, varia el seu diàmetre i permet l'entrada de més o menys llum.



Imatge 3.3. La pupil·la. Font: Internet.

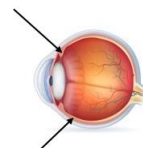


Imatge 3.4. L'iris. Font: Internet.

Darrera de la pupil·la hi ha l'altre part del sistema de lents, el **crystal·lí**. Una lent convergent que pot variar la seva distància focal<sup>8</sup> amb l'ajust dels músculs ciliars de la següent manera: quan l'objecte està lluny de l'ull, el cristal·lí es troba pla i els **músculs ciliars** relaxats. Com a conseqüència la distància focal assoleix el seu valor màxim. Per contra, quan l'objecte està a prop, el cristal·lí s'acomoda, els músculs ciliars es contrauen i permeten una curvatura del cristal·lí. Encara que la distància focal sigui més petita, es podrà focalitzar la imatge sobre la retina.



Imatge 3.5. El cristal·lí. Font: Internet.



Imatge 3.6. Els músculs ciliars. Font: Internet.

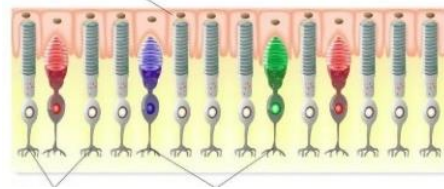
<sup>8</sup> Distància focal: distància entre el centre òptic d'una lent i el punt on la imatge és projectada.

## - La retina i les cèl·lules fotoreceptores

Un cop travessat el cristal·lí els patrons de llum arriben a la **retina**, una làmina composta per milions de cèl·lules fotoreceptores situada a la part més interna de l'ull. Aquestes cèl·lules realitzaran la conversió de la llum a impuls nerviós, i posteriorment el cervell els interpretarà i ens donarà una imatge de la realitat.



Imatge 3.7. La retina. Font: Internet.



Imatge 3.8. Estructura de la retina. Font: Internet.

Els bastons i els cons són les cèl·lules fotoreceptores capaces de convertir la llum en impulsos nerviosos.

Els 3 milions de cons són els que reconeixen i donaran informació sobre els colors. En resum, són la base de la percepció del color. Els cons compten amb 3 tipus diferents d'una proteïna receptora anomenada fotopsina. Cada tipus de fotopsina serà sensible a un rang de longitud d'ona específica (vermell, verd i blau). Aquesta proteïna absorbirà els patrons de llum amb la longitud d'ona la qual és sensible i els absorbirà.



Imatge 3.9. Bastó. Font: Internet.

Cada con li correspondrà un tipus de fotopsina diferent, per tant tindrem diferents tipus de cons en funció de quina longitud d'ona són sensibles.

Els 100 milions de bastons que hi ha a la retina, s'encarreguen de reconèixer la lluminositat de la imatge, és a dir les diferents tonalitats entre el blanc i el negre. Aporten la visió quan hi ha nivells baixos d'il·luminació gràcies a una proteïna receptora anomenada escotopsina. L'escotopsina és sensible a qualsevol longitud d'ona i és per això que no és capaç de distingir colors.



Imatge 3.10. Con. Font: Internet.

Per acabar, els cons i els bastons convertiran la informació rebuda de la llum a impulsos nerviosos, els quals viatjaran pel nervi òptic fins al cervell. Aquest interpretarà aquesta informació que ha viatjat a través dels impulsos nerviosos i podrem veure tot el que passa al nostre voltant, el món.

## 3.2 Classificació i característiques dels colors

En aquest apartat, exposaré les característiques dels colors i el sistema (RGB) que hi ha per classificar-los.

### 3.2.1 Teoria del color. RGB.

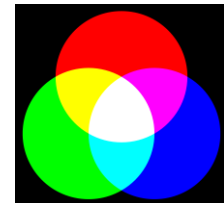
RGB són les inicials dels 3 colors additius primaris en anglès. De tal forma que:

**R = Red = Vermell**

**G = Green = Verd**

**B = Blue = Blau**

La llum blanca es pot descompondre en la sèrie de colors de l'espectre visible. De tal forma que si els ajuntem obtindrem el blanc.



*Imatge 3.11. Formació dels colors segons la teoria RGB. Font: Internet.*

Al no existir tres colors reals que al barrejar-los en proporcions convenientes puguin formar tots els colors possibles, s'han escollit com a colors primaris els colors vermell, verd i blau, ja que són els que donen una gama cromàtica més àmplia.

### Colors additius primaris

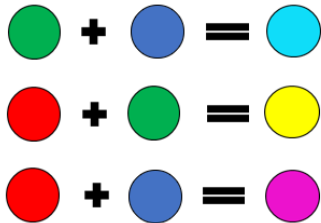
Podem aconseguir una gama de colors barrejant additivament i en proporcions adequades els colors vermell, blau i verd. Aquests tres colors es coneixen com a **colors additius primaris**. I si els barregem, obtindrem el blanc.



*Imatge 3.12. Formació del blanc. Font: pròpia.*

## Colors subtractius primaris

Si aquests colors primaris es barregen dos a dos s'obtenen tres nous colors: cian (verd i blau), groc (vermell amb verd), i magenta (vermell i blau), que es coneixen com a **colors subtractius primaris**. I si barregem aquests tres, obtenim el negre.



Imatge 3.13. Formació colors subtractius primaris. Font: pròpia.



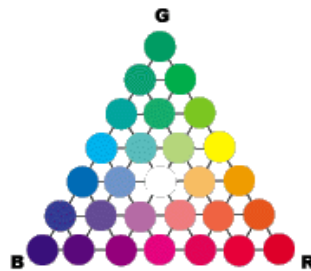
Imatge 3.14. Formació del negre. Font: pròpia.

## El triangle de colors de Maxwell

És un ordenament triangular dels colors primaris additius i subtractius amb el blanc al centre.

Per posar-nos en context, ens situem al 1861, James Clerk Maxwell descobreix que qualsevol color es pot obtenir mitjançant la combinació de tres colors: vermell, verd i blau. Aquests es col·loquen en els vèrtexs, mentre que el groc, cian i magenta es col·loquen als costats. El blanc es col·loca en el centre, ja que és el resultat de la suma de tots els colors del triangle o la suma dels tres colors additius primaris.

L'ordre dels colors del triangle es basa en la proporció en què dos colors additius primaris dels



vèrtexs (vermell, verd o blau) es mesclin. Per exemple, la suma equivalent de verd i vermell, origina el groc (un color subtractiu primari). Si es barreja el verd i el groc, el color resultant tindrà matisos dels dos colors, serà un verd groguenc.

Imatge 3.15. El triangle de colors de Maxwell. Font: Internet.

## Codificació de color RGB

Tots els colors existents tenen 3 valors: (R, G, B), que indiquen quina proporció dels 3 colors primaris necessita un color per formar-se. Tan la coordenada R, com la G i la B abasten des del valor "0" fins al "255". Com més proper a "255", més importància tindrà en la mescla i formació del color.

- Codificació dels colors additius primaris

De tal forma que el vermell pur tindrà les coordenades RGB (255, 0, 0), ja que ni el verd ni el blau intervenen en la mescla. El color verd tindrà (0, 255, 0), degut a que ni el vermell ni el blau consten en la seva formació. I el mateix amb el blau, com que ni el vermell ni el verd intervenen en la mescla, donarà lloc a les coordenades (0, 0, 255).

- Codificació del colors blanc i negre

El negre no és cap color, és l'absència de color, és per això que el color negre pur no tindrà cap dels 3 colors additius primaris en la mescla, i és per això que correspondrà a les següents coordenades: (0, 0, 0).

El contrari passa amb el blanc, ja que el blanc és la suma de tots els colors, per tant un color completament blanc correspondrà a (255, 255, 255).

- Codificació dels colors subtractius primaris

El groc s'obté de la mescla del vermell i el verd, per tant (255, 255, 0).

El cian s'obté de la mescla del blau i verd, per tant (0, 255, 255).

El magenta s'obté de la mescla del vermell i el blau, per tant (255, 0, 255).

### Càlcul, estudi i anàlisi dels valors RGB dels colors que he utilitzat per fer el marc pràctic

Una vegada analitzat a nivell teòric la composició i característiques de la formació del color segons el sistema RGB, he volgut aplicar-ho als colors que he treballat al llarg del marc pràctic.

Per fer-ho, he utilitzat una pàgina web de càlcul dels valors RGB de colors a partir de qualsevol imatge.<sup>9</sup>



Imatge

3.16. Càlcul valors RGB del recipient groc. Font: pròpia.

- Valors RGB dels recipients de vidre de colors

Color	R	G	B	Mitjana
Blanc	240	244	247	243,67
Groc	236	239	72	182,33
Taronja	189	103	103	131,67
Verd	11	176	141	109,33
Vermell	188	55	76	106,33
Blau	11	114	174	99,67
Negre	44	51	57	50,67

Taula 3.2. Taula dels valors RGB dels recipients de colors. Font: elaboració pròpia.

Observem que els tres colors additius primaris (vermell, verd i blau) tindran més alt el valor que els correspon (que dona nom al color).

Com més alta sigui la mitjana dels 3 valors (RGB), més ens acostarem al blanc. Al revés passarà amb el negre.

<sup>9</sup> Pàgina web: <https://imagecolorpicker.com/es.>

S'han comparat els resultats dels valors RGB dels recipients de colors obtinguts per mi, amb els valors RGB teòrics.<sup>10</sup>

Per tenir pas a un coneixement més ampli sobre el funcionament de la teoria RGB, s'ha dut a terme el càlcul RGB de 12 colors diferents de globus.<sup>11</sup>

Finalment, mitjançant la/les taula/es de coordenades RGB, es pot veure clarament que com més alta sigui la mitjana entre els 3 valors, més clar o més proper a blanc serà el color. Fet que té relació amb l'explicació teòrica de que si els 3 valors RGB estiguessin en la seva màxima quantitat (255, 255, 255) el color seria 100% blanc.<sup>12</sup>

---

<sup>10</sup> La comparació entre els resultats dels valors RGB obtinguts dels recipients de colors i la teoria de codificació RGB està explicada a l'annex V.

<sup>11</sup> La taula dels resultats dels càlculs dels valors RGB de 12 globus de diferents colors és exposada a l'annex VI.

<sup>12</sup> Amb aquesta última explicació i els resultats obtinguts amb la/les taula/es, contrastarem la relació que hi ha amb la temperatura a l'apartat 4.1.1 i en experiments posteriors.

### 3.2.2. Propietats psicofísiques dels colors

La sensació de color percebuda per a nosaltres es caracteritza per tres qualitats: el to, la puresa i la lluminositat.

#### To

És el color en si mateix. El to depèn de la longitud d'ona dominant i és el que dona nom al color.



Imatge 3.17. Tons. Font: Internet.

#### Puresa

La puresa descriu el grau en què el color es separa de l'escala de grisos que va del blanc pur al negre pur, i s'acosta a un color pur de l'espectre.

El to i la puresa caracteritzen la cromaticitat<sup>13</sup> d'un color.



Imatge 3.18. Puresa del color vermell. Font: Internet.

---

<sup>13</sup> Cromaticitat: Característica que fa que un color sigui un color independentment de la lluminositat. El que li dona to.

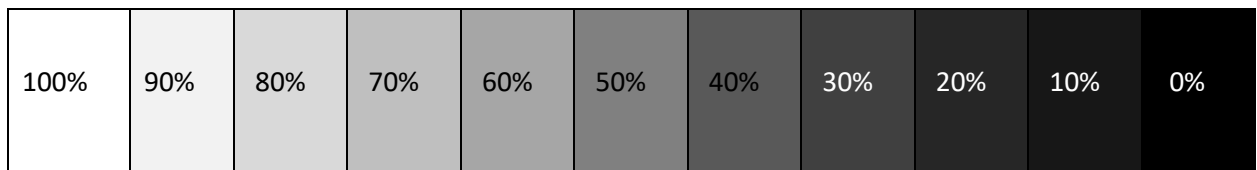


## Lluminositat

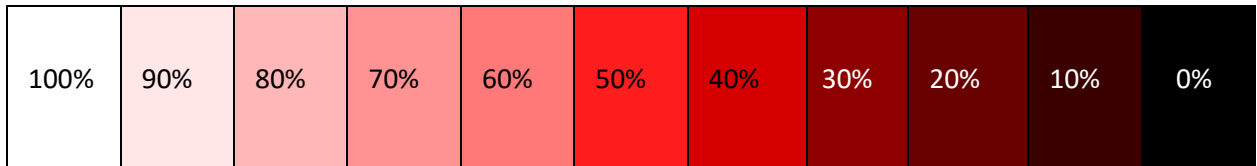
És la capacitat d'un color a emetre més o menys llum, i permet equiparar-lo a la sensació produïda per algun element de l'escala de grisos neutres. És a dir, la gama de grisos que va des del blanc al negre.

Si un to s'acosta més a blanc, més intensitat lluminosa tindrà.

La lluminositat ens donarà la informació acromàtica<sup>14</sup> d'un color.



Imatge 3.19. Lluminositat. Font: pròpia.



Imatge 3.20. Lluminositat del color vermell. Font: pròpia.

<sup>14</sup> Acromaticitat: Característica que fa que un color tingui un valor determinat de lluminositat. Determinarà la situació del color en la franja de matisos entre el negre i el blanc.

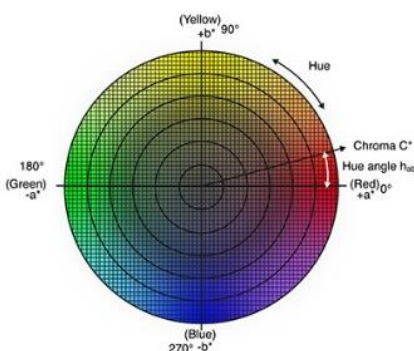
### 3.3 Espai de color

Un espai de color és la forma en què s'organitzen els colors de manera codificada.

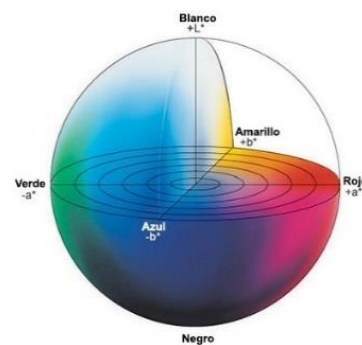
Un dels espais de colors més universals i populars utilitzats en la indústria tèxtil, indústria de plàstics, i l'alimentària és l'espai de color CielAB. El qual consisteix en una esfera tridimensional constituïda per 3 eixos (L,A,B) que correspondrien a x, y i z, per tant cada color que nosaltres podem percebre al nostre voltant consta a l'espai de color, i ve donat per tres coordenades diferents:

**La coordenada L** (z) és la coordenada central i pot tenir un valor des de 0 fins a 100 depenent de la lluminositat, és a dir com més s'apropi al valor 0, més fosc serà i més semblant a negre serà el color (0 seria negre). I al contrari, com més s'acosti a 100, més clar i més semblant a blanc serà el color.<sup>15</sup>

Perpendicularment a l'eix L hi ha els **eixos A** (x) i **B** (y). Els quals determinen la **puresa** i el **to** del color. Van de -80 a +80. Si li féssim un tall horitzontal a l'esfera (imatge 3.21) per la meitat veuríem un cercle de dos dimensions, el qual ens permetria trobar la puresa del color; ja que la puresa serà la distància entre l'eix L (el punt mig del cercle) i l'extrem de la circumferència, i el to; ja que és l'angle descrit en el cercle. Si l'angle és entre 0 i 90 graus tindrem un to entre vermell i groc. Si està entre els 90 i 180 aconseguirem tonalitats groc-verdes. Valors entre 180 i 270 entre verd i blau. I per últim si l'angle està entre els 270 i els 360 graus descriurà un color entre blau i violeta.



Imatge 3.21. Pla cromàtic de 2 dimensions de l'espai de color CielAB. Font: Internet.



Imatge 3.22. Espai de color CielAB. Font: Internet.

<sup>15</sup> Més endavant, la coordenada L (lluminositat de color) serà important en la relació que hi ha entre els colors i la temperatura. (Apartat 4.1.1. i experiments posteriors).

### 3.3.1 Càlcul, estudi i anàlisi de les propietats dels colors utilitzats per fer les pràctiques del treball.

Per tal de conèixer les propietats dels diferents colors que vaig utilitzar per desenvolupar la part pràctica del meu treball, em vaig dirigir a l'Escola Politècnica Superior de Girona (UdG) i vaig contactar amb la professora llicenciada en química Maria Dolors Parés. Ella em va explicar i em va permetre posar en pràctica aquests coneixements a partir de l'anàlisi dels meus recipients i globus de colors, objecte d'estudi en el meu marc pràctic.

A partir d'aquest estudi realitzat al laboratori de la Politècnica utilitzant un colorímetre<sup>16</sup>, vaig obtenir els següents resultats:



*Imatge 3.23. Laboratori de Química UdG. Font: pròpia.*

- Coordenades LAB dels recipients de vidre de colors

Color	L	A	B	To	Lluminositat	Puresa
Blanc	90,96	-0,41	-2,13	79,10	90,96	2,17
Groc	76,85	-17,62	64,12	105,37	76,85	66,50
Taronja	43,21	32,05	22,71	35,32	43,21	39,28
Verd	40	-41,22	3,83	174,69	40	41,40
Vermell	35,67	31,87	11,33	19,57	35,67	33,82
Blau	33	5,44	-42,39	277,31	33	42,74
Negre	25,31	0,95	-1,48	302,7	25,31	1,76

*Taula 3.3. Taula de les coordenades CieLAB i propietats psicofísiques dels recipients de colors. Font: elaboració pròpia.*

Amb l'objectiu de complementar la pràctica d'obtenció de paràmetres de color i voler provar i conèixer el sistema de color CieLAB amb una gama més àmplia de colors, vaig fer el mateix experiment amb 12 globus de diferents colors.<sup>17</sup>

<sup>16</sup> El colorímetre és un aparell que mesura el color de manera objectiva. En el meu cas, de la marca *Konica Minolta*.

<sup>17</sup> La taula amb les coordenades LAB extretes dels colors dels 12 globus, objecte d'estudi, i les seves propietats psicofísiques és accessible a l'annex VII.

- Exemple de càlcul de les propietats psicofísiques dels colors en base a l'espai de color CielAB

A partir de les dades (L, A i B) obtingues amb el colorímetre es poden calcular les propietats psicofísiques de cada color:

*Taula de coordenades LAB dels recipient de color vermell:*

Color	L	A	B	To	Lluminositat	Puresa
Vermell	35,67	31,87	11,33	19,57	35,67	33,82

Taula 3.4. Taula de les coordenades CielAB i propietats psicofísiques del recipient vermell. Font: elaboració pròpia.

- *To recipient de color vermell:*

$$\alpha = \arctan \frac{B}{A} = \frac{11,33}{31,87} = \mathbf{19,57}$$

- *Lluminositat recipient de color vermell:*

$$\text{Lluminositat color vermell} = L = \mathbf{35,67}$$

- *Puresa recipient de color vermell:*

$$\text{Puresa color vermell} = \sqrt{A^2 + B^2} = \sqrt{31,87^2 + 11,33^2} = \mathbf{33,82}$$

- A més, he realitzat un exemple de situació d'un color dins de l'espai de color CielAB mitjançant les seves coordenades L, A i B.<sup>18</sup>

<sup>18</sup> L'exemple de situació d'un color dins l'espai de color CielAB disponible a l'annex VIII.

## 4. ELS COLORS I LA RELACIÓ AMB LA TEMPERATURA

### 4.1 La naturalesa de la radiació

La temperatura d'un cos depèn de 3 processos de transmissió de calor: conducció, convecció i radiació. En la teoria, aquests tres mètodes es poden considerar aïllats entre sí, però en la pràctica és normal que es produeixin simultàniament dos d'ells, o els tres. Com a conseqüència, els fenòmens resulten més complexos d'estudiar.

La radiació és la transmissió de calor més significativa i influent en el meu treball. La transferència de calor radiant no necessita un medi per la seva propagació. És per això que les ones electromagnètiques poden viatjar en el buit (espai exterior). Per tant, la podem considerar com a un tipus diferent d'ona a la del so, la qual és una ona mecànica i necessita l'aire per anar-se propagant.

El Sol, els llamps o el foc són fonts de radiació electromagnètica, per tant emeten ones electromagnètiques que es propaguen a 300.000 km/s en el buit i en l'aire. Aquestes fonts, emeten radiació infraroja, llum visible (colors), etc. Ens centrarem amb el Sol, ja que és la única font de radiació influent en el meu parc pràctic.

El Sol constitueix la principal font d'energia de la Terra. És una enorme esfera composta fonamentalment per hidrogen i heli ionitzats que es troba a 150.000.000 km de la Terra. De la fusió de l'hidrogen en heli s'allibera una gran quantitat d'energia. Aquesta factor fa que la temperatura habitual del sol sigui de 6000 K.



*Imatge 4.1. El Sol i la Terra. Font: Internet.*

Tot cos emet una certa quantitat de radiació electromagnètica en funció de la temperatura del cos. Dins de tota l'escala de diferents tipus d'ones electromagnètiques, el Sol emet aproximadament un 42% de llum visible, 49% de radiació infraroja, 8% d'ultraviolada i la resta es considera un 1%.

## ONA CURTA I ONA LLARGA

*La banda de la radiació que ve del Sol, és a dir, la que està aportant calor al recipient es veu bastant separada de la radiació que s'emet des del recipient. Són dues bandes que no estan gairebé superposades. Una és la banda que en diguem d'ona curta i l'altre d'ona llarga.<sup>19</sup>*

A física, sabem que quant més energia té una ona, més curta és, ja que té una freqüència més alta.<sup>20</sup> En base això, podem explicar el per què de que s'anomenin ona curta i ona llarga. Les ones que emet el Sol són més energètiques que les que emet la Terra, per tant les ones del Sol són curtes i les que emet la Terra, llargues.

### a) ONA CURTA

La Terra rep una quantitat constant de radiació solar, que equival a  $1367 \text{ W/m}^2$  (constant solar). En un dia normal, aproximadament el **55% d'aquesta arriba a la superfície** en forma de radiació directa, és a dir, no es veu afectada per molècules de l'atmosfera. D'aquest percentatge de radiació directa, el **5% és reflectida per la superfície terrestre** i retornada a l'atmosfera. Aquest 5% és el que ens dona el color dels objectes que són il·luminats.

- Fenòmens de la llum a l'atmosfera

Els núvols i l'atmosfera **impedeixen que el 45% restant arribi a la superfície terrestre**.

Una part dels components gasosos de l'atmosfera tenen la propietat d'absorbir radiacions de determinades longituds d'ona. Per exemple, l'ozó absorbeix radiacions ultraviolades. L'aigua, l'oxigen, monòxid i diòxid de carboni n'absorbeixen d'infraroges. Aquesta quantitat de **radiació absorbida representa el 20%** de la total. Els núvols, formats per gotes d'aigua o gel, **reflecteixen el 25% de la radiació incident restant**. A més, al estar integrats per milions de partícules (gotes, cristalls de gel) afavoreixen la radiació difusa/difusió de la llum. Aquesta radiació no és retornada a l'atmosfera, sinó que els rajos solars són modificats i es propaga en direcció a la superfície terrestre en forma de radiació difusa.

<sup>19</sup> Afirmació feta pel físic José Abel a l'entrevista realitzada per mi el dia 29/07/22.

<sup>20</sup> En l'àmbit de la física o de l'enginyeria, el paràmetre d'anàlisi de les ones és la freqüència. En canvi en biologia, és la longitud d'ona.

El color blau del cel, no és res més que llum del sol difusa a causa de les partícules d'aigua i de gel de l'atmosfera. <sup>21</sup>



Imatge 4.2. Radiació solar difusa. El cel blau.  
Font: Internet.

Per el contrari, direm radiació directa quan la llum solar no pateix cap tipus de modificació i només té una direcció d'incidència. Seria l'exemple d'un dia sense núvols i assolellat, ja que la llum no pot ser ni absorbida ni reflectida i podem distingir les ombres que causen els cossos.

**En un dia sense núvols, el 85% de la radiació arriba a la superfície en forma de radiació directa.**

La majoria de radiació solar que arriba a la superfície terrestre és llum, llum visible (colors), ja que gran part de la radiació d'ona curta és absorbida pels diferents components de l'atmosfera com l'ozó (O<sub>3</sub>) en el cas de la radiació ultraviolada i el diòxid de carboni (CO<sub>2</sub>) en el cas de la infraroja.

- Fenòmens de la llum a la superfície terrestre i efecte albedo

La radiació (llum) que arriba a la superfície terrestre pot ser parcialment absorbida, reflectida (efecte albedo) o transmesa. Per tant, qualsevol cos compleix la següent equació:  

$$\% \text{ reflexió} + \% \text{ absorció} + \% \text{ transmissió} = 100$$

En el cas de que l'objecte sobre el qual incideix la radiació no sigui transparent i sigui opac, la radiació només podrà ser parcialment reflectida o absorbida. I complirà la següent llei:  

$$\% \text{ reflexió} + \% \text{ absorció} = 100$$

L'efecte albedo és la quantitat de radiació solar reflectida per una superfície i que és retornada a l'atmosfera respecte a la radiació incident. La Terra té un albedo aproximat del 30%, per tant del 100% de la radiació que arriba a la Terra, el 30% es reflecteix i el 70% s'absorbeix.

<sup>21</sup> El blau del cel és explicat detalladament al punt 1 de l'apartat 6 del treball.

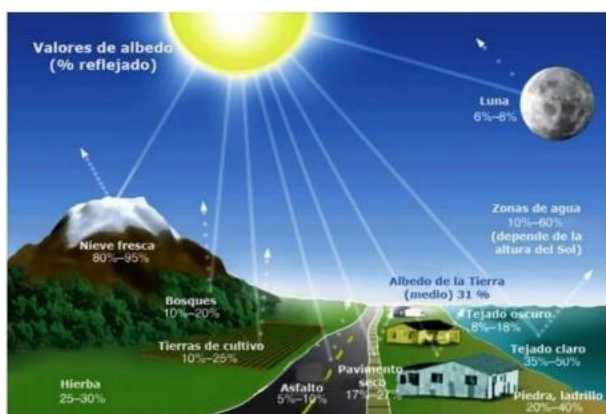
- Dins d'aquest 30%, aproximadament el 25% és reflectit per l'atmosfera i el 5% per la superfície terrestre.
- I del 70% que s'absorbeix, el 20% l'absorbeix l'atmosfera i el 50% restant l'absorbeix la superfície.

Si la majoria de llum és reflectida, parlarem d'un albedo alt, fet que contribuirà al refredament o refrigeració de la superfície terrestre. Si pel contrari, la majoria de llum és absorbida, estarem davant d'un albedo baix, i com a conseqüència contribuirà a l'escalfament de la superfície.

Per calcular el percentatge d'albedo d'una superfície es pot recórrer a la següent fórmula:

$$\% \text{ albedo} = \frac{\text{Radiació reflectida}}{\text{Radiació incident}} \cdot 100$$

La variació d'albedo, és a dir, la diferent quantitat de llum que és absorbida o reflectida dependrà del color de la superfície. No obstant, estaríem equivocats si parléssim que la superfície té color. El color no és res més que un fenomen físic que percebem amb els ulls i interpretem amb el nostre cervell. En conclusió, hauríem de dir que l'índex de reflexió i absorció depèn del material o de l'estructura atòmica o molecular de la superfície que fa que absorbeixi certes longituds d'ona (colors) i en reflecteixi d'altres. La llum que no ha sigut reflectida per l'objecte, sinó que l'ha absorbit contribuirà a augmentar la temperatura del cos o superfície.



Imatge 4.3. Albedo de diferents superfícies del planeta. Font: Internet.



- Per exemple, si en una superfície de neu verge hi incideix la radiació solar ( $1367 \text{ W/m}^2$ ) i sabem que en reflecteix  $1230 \text{ W/m}^2$ , podem calcular l'albedo de la superfície:

$$\% \text{ albedo} = \frac{1230}{1367} \cdot 100 = \mathbf{90\% \text{ albedo.}}$$

És a dir, del 100% de la llum que incideix sobre la neu verge, el 90% d'aquesta és reflectida, mentre que el 10% restant és absorbit.

En conclusió, podem dir que té un albedo molt alt, per tant reflecteix molta llum solar i n'absorbeix poquíssima, la qual cosa serà una superfície freda o menys calenta que moltes altres superfícies. Aquest fet és degut a que el color de la neu verge és molt clar, o fins i tot blanc. Més endavant profunditzarem en aquest tema.



Imatge 4.4. Neu verge. Font: Internet.

#### b) ONA LLARGA

Tal i com s'ha dit abans, la llum incident del Sol és reflectida per la Terra en un valor del 30%. Aquest 30% es divideix en llum reflectida per l'atmosfera (25%) i pels cossos de la superfície terrestre (5%).

Un cop explicat i aclarit el tema de l'efecte albedo i l'absorció de la llum en funció del color, anem a veure què passa amb aquella radiació que no ha sigut reflectida cap a l'atmosfera, sinó que ha sigut absorbida pels àtoms de la matèria.

Per començar, deixarem de banda l'energia absorbida a l'atmosfera, el 20%, i ens centrarem en **aquella radiació solar que ha sigut absorbida a la superfície terrestre, el 50%**. Aquests dos percentatges sumats corresponen a l'energia absorbida per la Terra (70%).

Per una banda tenim que la superfície terrestre ha absorbit energia solar i ha augmentat la temperatura. Per l'altra, qualsevol cos o superfície que estigui a una temperatura superior a  $0^\circ\text{C}$  emet radiació infraroja. Ajuntant aquests dos factors, la Terra ja no absorbeix ni reflecteix, ara emet, emet radiació infraroja, també anomenada com a radiació terrestre, radiació tèrmica, energia tèrmica o calor. És a dir la franja de l'espectre electromagnètic compresa entre els  $10^{-3}$  i  $7,8 \cdot 10^{-7}$  metres de longitud d'ona.

La mateixa quantitat de radiació que ha absorbit la superfície, és emesa en forma de radiació infraroja. D'aquesta energia, n'hi ha que queda atrapada a l'atmosfera i n'hi ha que aconsegueix travessar-la en direcció a l'espai. La que queda atrapada a l'atmosfera és retornada a la superfície gràcies als gasos atmosfèrics (metà, CO<sub>2</sub>, etc) augmentant la temperatura de la Terra (efecte hivernacle). Si no fos per aquests gasos la temperatura de la Terra seria molt més baixa i la vida seria molt més difícil.

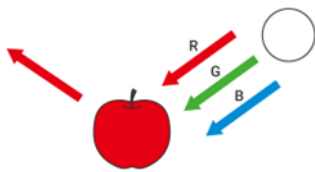
**En conclusió, com que el 70% de la radiació incident s'ha absorbit, la mateixa quantitat es tornarà a emetre. El 30% restant és la llum que enlloc de ser absorbida i posteriorment emesa, és reflectida per l'atmosfera o bé per la superfície terrestre.**

#### 4.1.1 Observació: Absorció i reflexió (efecte albedo) dels cossos

Després d'haver treballat i analitzat diferents continguts referents al treball com l'efecte albedo, l'absorció, la teoria RGB, l'espai de color CielAB i tenint en compte objectius i hipòtesis inicials del treball, intentaré connectar la teoria de color RGB i l'espai de color CielAB per arribar a una mateixa conclusió: quantificar la reflectivitat dels cossos.

##### 0. CONCEPTES A TENIR EN COMPTE DE LA TEORIA GENERAL DE LA LLUM I DELS COLORS

- El color de cada cos és la llum reflectida per aquest i com a conseqüència veiem el cos d'aquest color. La resta de colors són absorbits i no els veiem. Quan la llum blanca que conté els 3 colors additius primaris (vermell, verd i blau) xoca contra una superfície, aquesta absorbeix uns determinats colors i els que reflecteix són els que veiem.
- Tots els colors que ens envolten es creen en funció de la proporció dels 3 colors additius primaris.
- La llum blanca que incideix sobre un cos és la barreja dels 3 colors additius primaris.



Imatge 4.5. Absorció i reflexió d'un cos de color vermell pur segons la teoria RGB. Font: Internet.

##### A. EXPLICACIÓ DE LA REFLECTIVITAT SEGONS LA TEORIA RGB

De la teoria RGB de l'apartat 3.2.1 podem treure les següents conclusions:

- La teoria RGB quantifica la proporció de cada color additiu primari en el color que es vol estudiar.
- Si la llum incident representa el 100%, a cada color additiu primari li correspon un 33,33% respecte el 100% de la llum blanca incident.
- El color blanc pur li correspon uns valors RGB de (255, 255, 255). Al revés, el negre pur li correspon uns valors RGB de (0, 0, 0).

Segons la teoria RGB es pot arribar a calcular 4 coses:

1. El percentatge de cada color additiu primari en la mescla, que és el mateix que el percentatge de cada color additiu primari que reflecteix el cos.
2. El percentatge de cada color additiu primari que absorbeix el cos per diferència del punt 1.
3. El percentatge d'albedo del cos.
4. El percentatge de llum absorbida pel cos per diferència del punt 3.

### Explicació del punt 1 i 2:



Imatge 4.6. Un tomàquet predominantment vermell. Font: Internet.

Posem pel cas que els rajos solars incideixen sobre un tomàquet, aquest tindrà uns valors RGB de (226, 63, 31). Tenint en compte que cada coordenada significa el 33,33% sobre 255, fent una regla de 3 establím que:

- Si 255 és el 33,33%, el 226 serà un **29,54%** (reflectirà un 29,54% de color vermell).
- Si 255 és el 33,33%, 63 serà un **8,23%** (reflectirà un 8,23% de color verd).
- Si 255 és el 33,33%, 31 serà un **4,05%** (reflectirà un 4,05% de color blau).

Si agafem els percentatges anteriors de reflectivitat de cada color i els restem de 33,33 obtenim el percentatge d'absorció de cada un dels tres colors: concretament, el tomàquet absorbirà **3,79%** de llum vermella, **25,1%** de llum verda i un **29,24%** de blava.

**Explicació del punt 3 i 4:****MÈTODE A**

Per calcular el percentatge d'albedo del cos, sumarem els 3 valors de reflectivitat de cada color additiu primari. La suma és **41,82%**, que és el percentatge d'albedo del cos.

Per diferència del valor de l'albedo respecte 100, ens dona el percentatge de llum absorbida pel cos. La diferència és **58,18%**, que és el percentatge de llum absorbida.

**MÈTODE B**

Es podria calcular d'una altra manera fent la següent regla de 3: la mitjana dels tres valors RGB respecte 255, que és el 100%.

Agafant el color del tomàquet anterior i calculant la mitjana dels 3 valors RGB, dona com a resultat 106,67. Si 255 és el 100% de llum reflectida, el valor 106,67 li correspondrà un albedo de **41,82%**.

Quan la mitjana dels tres valors és 255, és a dir, reflecteix els 3 colors en la màxima quantitat; per tant reflecteix el 100% de la llum, estem dient que és un color blanc pur. Com a conseqüència, aquest blanc pur contribuirà al **refredament de la superfície**. A mesura que la mitjana dels tres valors RGB vagi baixant, voldrà dir que menys clar o blanc serà el color i per tant reflectirà menys llum solar. Això, fins arribar als valors RGB (0, 0, 0), ja que vol dir que no té cap color en la seva composició, per tant no reflecteix absolutament res de radiació solar. Fet que contribuirà a l'**escalfament de la superfície**.

Una manera de simplificar els càlculs, és una vegada obtinguda la mitjana dels 3 valors RGB utilitzar la taula que he construït per tenir una idea aproximada de la reflexió i absorció de l'objecte.

Mitjana	%reflexió (albedo)	%absorció
255 - 229,5	90-100	0-10
229,5 - 204	80-90	10-20
204 - 178,5	70-80	20-30
178,5 - 153	60-70	30-40
153 - 127,5	50-60	40-50
127,5 - 102	40-50	50-60
102 - 76,5	30-40	60-70
76,5 - 51	20-30	70-80
51 - 25,5	10-20	80-90
25,5 - 0	0-10	90-100

Taula 4.1. Percentatges d'absorció i reflexió segons la teoria RGB. Font: elaboració pròpia.

En l'exemple del tomàquet, si la seva mitjana de 106,67, aplicant aquest resultat a la taula anterior, el tomàquet de la fotografia tindria un albedo aproximat entre el 40% i el 50%, coincidint amb el càlcul anterior de l'albedo del tomàquet.

## B. EXPLICACIÓ DE LA REFLECTIVITAT SEGONA L'ESPAI DE COLOR CIELAB

Es tracta de l'espai de color CieLAB i el càlcul de coordenades realitzat a l'apartat 3.3.1.

A l'apartat mencionat, calculo 3 coordenades: L, A i B per cada color emprat per dur a terme el marc pràctic. La coordenada que em serveix per l'estudi de la reflectivitat és la L, la qual indica la lluminositat del cos. Aquesta L pot obtenir valors des de 0 (negre pur) fins a 100 (blanc pur).

En aquest cas no s'ha de realitzar cap mitjana ni regla de 3, ja que la coordenada L calculada amb el colorímetre correspondrà al percentatge d'albedo del cos. Si sabem que un color blanc pur li correspondrà una coordenada L de 100 i alhora coneguem que el color blanc pur reflecteix el 100% de la llum podem deduir l'albedo de qualsevol cos.

Per exemple, si un cos té les coordenades L, A i B (73, 67, -32), agafem la coordenada L, 73, i deduïm que aquell cos té un percentatge de reflectivitat (albedo) del 73%.

### **C. SÍNTESI**

Tant des de les coordenades RGB com des de les coordenades LAB podem quantificar amb precisió la reflectivitat de qualsevol cos.

En l'exemple del color blanc, arribem a la mateixa conclusió utilitzant els dos sistemes:

- Les coordenades RGB són (255, 255, 255). Per tant, la seva mitjana és 255 i li correspon, per tant, una reflectivitat del 100%.
- La coordenada L del sistema de coordenades LAB és 100, per tant la reflectivitat és del 100%.

**Aquests dos sistemes de càlcul els he utilitzat en experiments posteriors per estudiar la reflectivitat i a què es devia els canvis de temperatura dels recipients en funció del color.**

#### 4.1.2 Experiment 1: Càlcul de la reflectivitat dels recipients de colors pintats que serviran de base pels experiments posteriors

##### Hipòtesi:

- Com més clar sigui el color, més reflectivitat assolirà, per tant més gran serà l'efecte albedo.

##### Objectius:

- Mesurar d'una forma detallada la reflectivitat i absorció dels recipients de colors.
- Conèixer la metodologia que utilitzen els experts per mesurar les ones.
- Contrastar i comprovar diferents observacions que he fet al llarg del treball (apartat 4.1.1).

##### Material:

- Espectròmetre.
- Full en blanc.
- Taps del recipients de colors.
- Ordinador.
- Suport.
- Llum solar.



*Imatge 4.7. Experiment al Laboratori de Física de la UdG. Font: pròpia.*

##### Procediment:

- 1) Preparem l'espectròmetre i el seu suport, juntament amb el respectiu programa a l'ordinador.
- 2) Posem un full blanc en una superfície plana.
- 3) Realitzem controls de prova pertinents abans de mesurar el color objecte d'estudi.
- 4) Col·loquem el tap d'un color en una base plana exposat als rajos solars i executem la mediació.
- 5) Realitzem 3 proves de càlcul amb la finalitat d'afinar resultats en cada un dels taps.
- 6) I finalment, obtenim dades i gràfiques per cada un dels colors.



*Imatge 4.8. Espectròmetre. Font: pròpia.*



**Resultats:**

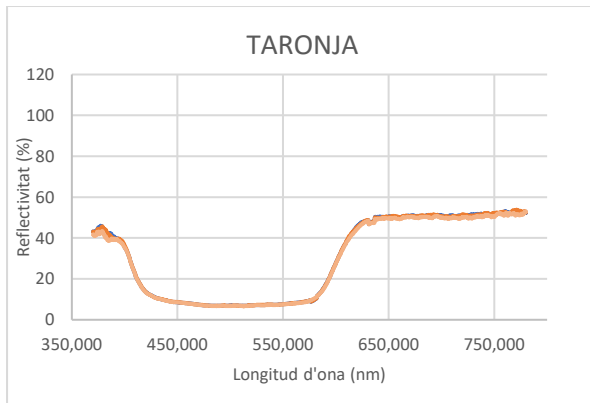


Figura 4.1. Reflectivitat del taronja en funció de la longitud d'ona. Font: elaboració pròpia.

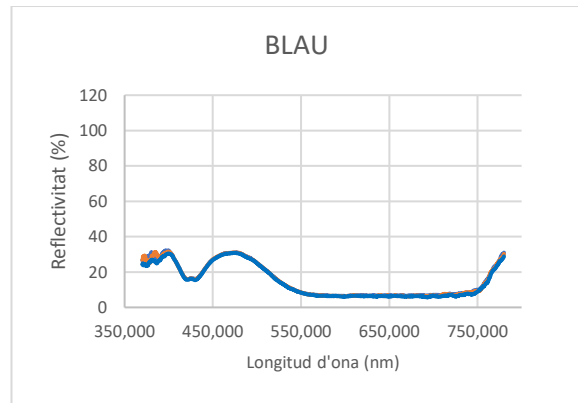


Figura 4.2. Reflectivitat del blau en funció de la longitud d'ona. Font: elaboració pròpia.

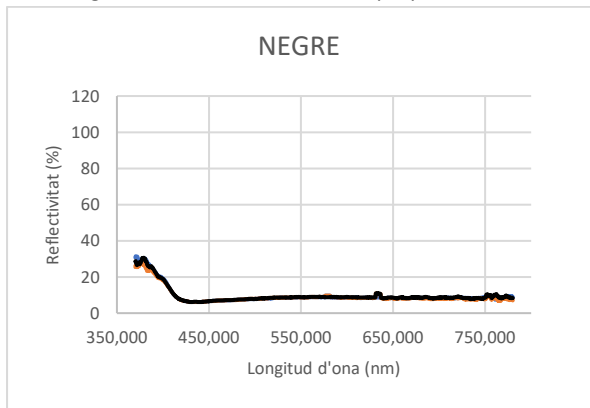


Figura 4.3. Reflectivitat del negre en funció de la longitud d'ona. Font: elaboració pròpia.

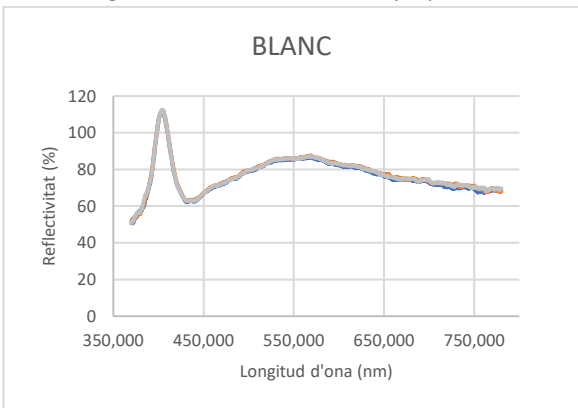


Figura 4.4. Reflectivitat del blanc en funció de la longitud d'ona. Font: elaboració pròpia.

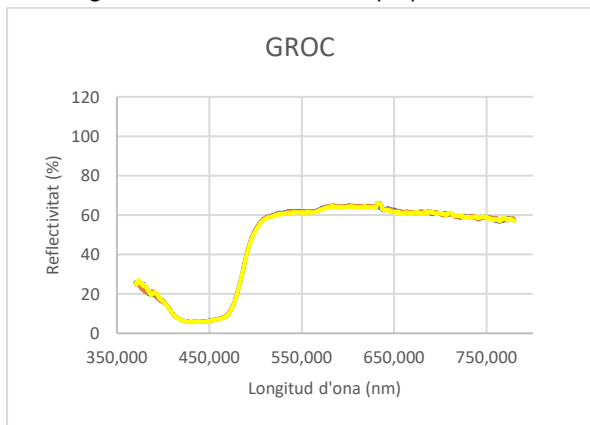


Figura 4.5. Reflectivitat del groc en funció de la longitud d'ona. Font: elaboració pròpia.

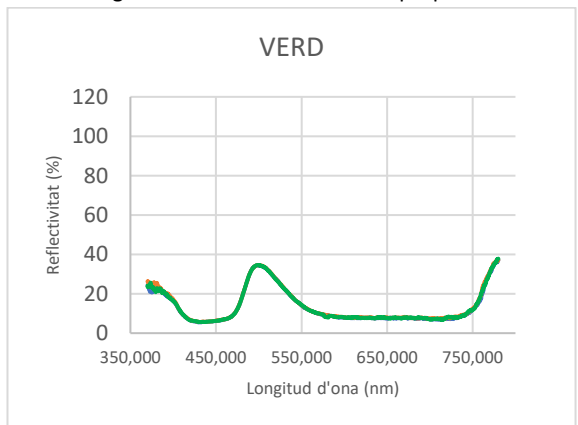


Figura 4.6. Reflectivitat del verd en funció de la longitud d'ona. Font: elaboració pròpia.

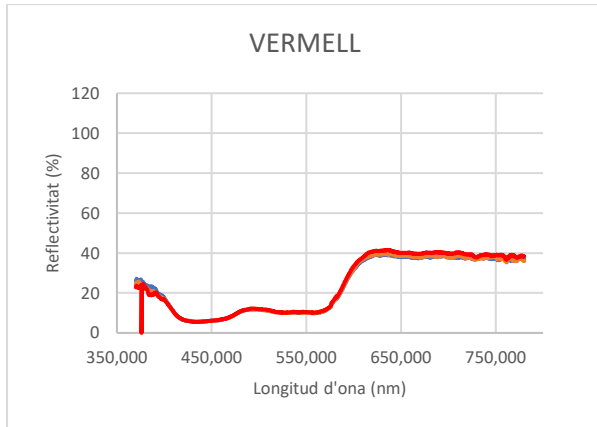


Figura 4.7. Reflectivitat del vermell en funció de la longitud d'ona. Font: elaboració pròpia.

## Conclusions

- Aproximadament, el punt màxim on arriba cada gràfic és el % d'albedo o % de reflectivitat de cada recipient.
- Cada gràfic ens donarà informació sobre el % d'albedo de cada recipient i quin és el color del recipient.
- Si un recipient té un % de reflectivitat més alt en un tram de longitud d'ona específic, vol dir que reflectirà més llum referent a aquella longitud d'ona, per tant es veurà d'aquell color. Per exemple, si el recipient vermell reflecteix més en la franja de 650-750 nm, vol dir que efectivament, es veurà de color vermell.
- **El % d'albedo de cada recipient observat coincideix amb el calculat per mi en experiments posteriors.<sup>22</sup>**

<sup>22</sup> Veure taula 4.3.

### 4.1.3 Experiment 2: Estudi de la temperatura de recipients de vidre amb aigua segons el color

#### **Hipòtesis:**

- Els recipients que nosaltres veiem de color fosc s'escalfaran més que els que veiem de color clar.
- Hi haurà diferències de temperatura de l'aigua notables en funció del color del recipient.
- L'augment o disminució de la temperatura ambiental té una relació directe amb la variació de temperatura dins els recipients.

#### **Objectius:**

- Conèixer la temperatura en els diferents recipients segons el seu color.
- Comprovar que la temperatura de l'aigua varia en funció del color.
- Analitzar si la lluminositat d'un color, és a dir si s'apropa més a blanc o a negre, afecta en la seva temperatura.

#### **Material:**

- 7 recipients de vidre de 850 ml de volum.
- Pintura de colors: blanc, groc, taronja, verd, vermell, blau i negre.
- 1 pinzell.
- 1 termòmetre d'alcohol per mesurar l'aigua.
- 420 mL d'aigua per pot ( $420 \times 7 = 2940$  ml d'aigua).
- Gel o aigua freda.
- 1 taula blanca de plàstic com a suport.
- Cronòmetre.

#### **Variable a controlar:**

- La temperatura (Graus Celsius) en funció del color.

**Procediment:**

1. Pintarem 7 recipients de vidre idèntics i transparents. Cada un el pintarem d'un color diferent (blanc, groc, taronja, verd, vermell, blau i negre).



*Imatge 4.9. Preparació de l'experiment 2.*

*Font: pròpia.*

2. Omplirem els recipients amb 420 ml d'aigua cadascun.
3. Els col·loquem en una base plana tenint en compte una certa separació entre ells, amb la fi de que cap doni l'ombra a cap.
4. Comprovem amb el termòmetre que l'aigua de tots els recipients tingui la mateixa temperatura inicial.
5. Els recipients, que inicialment no estaven en contacte amb el sol, els hi posem durant 1 hora. Un cop passat el temps previst, es retiren al lloc inicial on no insereixen els raigs solars.



*Imatge 4.10. Recipients de colors exposats al Sol. Font: pròpia.*

6. Introduïrem el termòmetre amb gel perquè estiguin a una temperatura mínima abans de fer les nostres mesures. I ho farem de forma reiterada abans de fer les mesures als recipients de colors.
7. Col·locarem el termòmetre als recipients amb l'aigua, i el deixarem 1 minut. Mentrestant observarem com va pujant la temperatura i anotem el resultat.



Imatge 4.11. Observació de l'augment de temperatura. Font: pròpia.



Imatge 4.12. Anotació de resultats. Font: pròpia.

### Resultats:

Data	Hora	Temperatura inicial (°C)	Temps	Blanc	Groc	Taronja	Verd	Vermell	Blau	Negre
12/7/2022	13:30h - 14:30h	38	Assolellat	36	37,5	-	-	40,5	42	43
13/7/2022	13:15h - 14:15h	37	Assolellat	35	38	-	-	40	42	42
16/7/2022	10:45h - 11:45h	31,5	Assolellat	36	37,5	-	-	41	40,5	42
17/7/2022	11:30h - 12:30h	34	Assolellat	37	39,5	-	-	42,5	43	43,5
17/7/2022	14:50h - 15:50h	37	Assolellat	41,5	44	-	-	47,5	48	49
18/7/2022	13:10h - 14:10h	37,5	Assolellat	38,5	40,5	-	-	43	43,5	45
19/7/2022	13:00h - 14:00h	36	Assolellat i vent	36,5	38,5	-	-	40	41	42
19/7/2022	16:15h - 17:15h	32,5	Assolellat i vent	35,5	37	-	-	37,5	39	40
20/7/2022	13:00h - 14:00h	36,5	Assolellat i núvol	37	39,5	-	-	41,5	42,5	43
20/7/2022	14:00h - 15:00h	33,5	Assolellat	39,5	42	-	-	44,5	45	46
21/7/2022	13:00h - 14:00h	35	Assolellat	38	40	-	-	43	42,5	43
2/8/2022	12:30h - 13:30h	33	Assolellat	35	37	40	40,5	40,5	41	42
19/8/2022	12:30h - 13:30h	29	Assolellat	35	36,5	38,5	39	39,5	40	40
19/8/2022	15:15h - 16:15h	31	Assolellat	37	39,5	43	43	44	43,5	45
20/8/2022	12:00h - 13:00h	28	Assolellat	33,5	35	38	39	39	40	40
20/8/2022	14:30h - 15:30h	32	Assolellat	36	38	40,5	42	42	42	43,5
21/8/2022	13:00h - 14:00h	32	Assolellat	36,5	37,5	40	40	40,5	41	41,5
24/8/2022	11:30h - 12:30h	30	Assolellat	37	38,5	41,5	42,5	42,5	43,5	44,5
25/8/2022	14:45h - 15:45	32,5	Assolellat	38	40,5	42,5	42	42,5	43	43,5
<b>MITJANA</b>		<b>33,47</b>		<b>36,76</b>	<b>38,76</b>	<b>40,50</b>	<b>41,00</b>	<b>41,66</b>	<b>42,26</b>	<b>43,08</b>
DIFERÈNCIA RESPECTE AL BLANC					5,44%	10,16%	11,52%	13,31%	14,96%	17,18%
DIFERÈNCIA RESPECTE TEMPARATURA AMBIENT				9,83%	15,80%	20,99%	22,48%	24,45%	26,26%	28,69%

Taula 4.2. Resultats de l'experiment 2. Font: elaboració pròpia.

## Conclusions:

Tots els recipients estaven a les mateixes condicions: la mateixa radiació solar, el mateix material, la mateixa quantitat d'aigua, sobre una superfície idèntica i el mateix temps d'exposició al Sol. Per tant, les diferències detectades en la temperatura de l'aigua, només han sigut provocades pel color del recipient (reflexió i absorció).

La pregunta que es faria qualsevol persona, seria: per què passa això? És a dir, com pot ser que en funció del color d'un cos, canviï la temperatura de l'aigua del seu interior? A través de l'estudi de les coordenades LAB i RGB dels meus recipients, he pogut arribar a una conclusió i a la resposta a aquesta pregunta.

COLOR	% albedo segons LAB	% albedo segons RGB	% albedo mitjà	TEMP. MITJANA RESULTANT (°C)
Blanc	90,96	95,56	93,26	36,76
Groc	76,85	71,5	74,18	38,76
Taronja	43,21	51,64	47,43	40,5
Verd	40	42,87	41,44	41
Vermell	35,67	41,7	38,69	41,66
Blau	33	39,09	36,05	42,26
Negre	25,31	19,87	22,59	43,08

Taula 4.3. Percentatges d'albedo dels recipients de colors i la temperatura mitjana resultant. Font: pròpia.

El percentatge d'albedo segons les coordenades **LAB** fa referència a la coordenada L, que indica la lluminositat o claredat del color (si s'acosta més a negre o a blanc). El percentatge d'albedo segons els valors **RGB** són obtinguts de la mitjana dels 3 valors RGB de cada pot sobre el 100%, que és 255.<sup>23</sup>

<sup>23</sup> L'explicació del càlcul dels valors de l'albedo de cada un dels 7 recipients segons les la teoria RGB i LAB estan explicats a l'apartat 4.1.1.

Un cop he quantificat l'albedo de cada un dels recipients, he arribat a les següents conclusions:

- A mesura que anem augmentant el % d'albedo, és a dir el color cada cop és més clar, anirà disminuint la temperatura interior, ja que reflectirà cada cop més radiació solar i n'absorbirà menys.
- Tot i que el % d'albedo dels recipients segons una teoria i l'altre no sigui exactament la mateixa, l'ordre de menor a major temperatura mitjana resultant de cada recipient al final de l'experiment quadra amb l'ordre dels percentatges de més a menys albedo mitjà.

Per contrastar les dades obtingues en l'experiment 2 i experimentar l'afecte del color en un altre tipus d'objecte, he realitzat un experiment semblant però, amb 12 globus de diferents colors. On la variable a controlar serà el temps d'explosió dels globus en funció del color.<sup>24</sup>

---

<sup>24</sup> Experiment amb 12 globus de diferents colors a l'annex IX.

## 4.2 La influència de l'efecte albedo en la temperatura de la Terra

En aquest apartat voldria veure com influeix en la temperatura de la Terra la proporció dels diferents colors de la superfície.

### 4.2.1 Experiment 3: Estudi de la temperatura de recipients de vidre amb aire segons el color

#### **Hipòtesis:**

- Els recipients que nosaltres veiem de color fosc s'escalfaran més que els que veiem de color clar.
- Els possibles canvis en les proporcions dels colors de la Terra poden afectar a les variacions de la temperatura d'aquesta.

#### **Objectius:**

- Analitzar l'efecte albedo simulant la proporció dels colors de la Terra.
- Veure com modificacions en les proporcions dels colors de la Terra influïrien a la temperatura d'aquesta.
- Conèixer la temperatura en els diferents recipients segons el seu color. Aquests colors simulen els colors del nostre planeta.
- Comprovar que la temperatura del recipient varia en funció del color.
- Analitzar si la lluminositat d'un color, és a dir si s'apropa més a blanc o a negre, afecta en la seva temperatura.

#### **Material:**

- 7 recipients de vidre de 850 ml de volum.
- Pintura de colors: blanc, groc, taronja, verd, vermell, blau i negre.
- 1 pinzell.
- 7 termòmetres d'alcohol.
- 1 taula blanca de plàstic com a suport.
- Cronòmetre



**Variable a controlar:**

- La temperatura (Graus Celsius) en funció del color.

**Procediment:**

1. Pintarem 7 recipients de vidre idèntics i transparents. Cada un el pintarem d'un color diferent (blanc, groc, taronja, verd, vermell, blau i negre).



*Imatge 4.13. Preparació de l'experiment 3. Font: pròpia.*

2. Els col·loquem en una base plana tenint en compte una certa separació entre ells, amb la fi de que cap doni l'ombra a cap.



*Imatge 4.14. Comprovació de la temperatura inicial dels termòmetres  
Font: pròpia.*

3. Comprovarem que els 7 termòmetres marquen la mateixa temperatura ambiental.

4. Els recipients, que inicialment no estaven en contacte amb el Sol, els hi posem durant 15 minuts.



*Imatge 4.15. Recipients en exposició al Sol.  
Font: pròpia.*

5. Passat aquest temps, destapem el tap d'un recipient, es treu el termòmetre, es llegeix i s'anota la temperatura. Es fa el mateix amb tots els recipients sense importar l'ordre.



*Imatge 4.16. Lectura i anotació de la temperatura. Font: pròpia.*

**Resultats:**

Dia	Hora	Temperatura inicial (°C)	Temps	Blanc	Groc	Taronja	Verd	Vermell	Blau	Negre
3/8/2022	12:00h	-								
	12:15h	31	Assolellat	42,5	44,5	45,5	46,5	46	46,5	47
7/8/2022	11:30h	-								
	11:45h	31	Assolellat	40	41	43	42	42	43	44
7/8/2022	15:00h	-								
	15:15h	35	Assolellat	42	42,5	45	45	46	47	48
8/8/2022	12:00h	-								
	12:15h	31	Assolellat	42	44,5	48	47,5	48	48,5	49
8/8/2022	16:00h	-								
	16:15h	35	Assolellat	43	45,5	47	47,5	46,5	46,5	47
12/8/2022	14:45h	-								
	14:55h	35,5	Assolellat	43,5	45	47,5	47	47	47,5	50
16/8/2022	12:15h	-								
	12:30h	29,5	Assolellat i vent	36	38,5	39,5	39	40,5	40	41
16/8/2022	12:45h	-								
	13:00h	30	Assolellat i vent	35,5	37,5	40	39	40	39,5	41
16/8/2022	16:20h	-								
	16:35h	32	Assolellat i vent	40	41,5	43	43	43,5	43,5	44
17/8/2022	16:30h	-								
	16:45h	31,5	Assolellat	41	43,5	45	45	46	46,5	47,5
<b>MITJANA</b>				<b>40,55</b>	<b>42,40</b>	<b>44,35</b>	<b>44,15</b>	<b>44,55</b>	<b>44,85</b>	<b>45,85</b>
DIFERÈNCIA RESPECTE AL BLANC					4,56%	9,37%	8,88%	9,86%	10,60%	13,07%
DIFERÈNCIA RESPECTE TEMPARATURA AMBIENT				25,74%	31,47%	37,52%	36,90%	38,14%	39,07%	42,17%

Taula 4.4. Resultats de l'experiment 3. Font: elaboració pròpia.

#### 4.2.2 Simulació de la temperatura d'un objecte en funció de la proporció dels colors

En aquest apartat, presentarem tres recipients de diferents colors i calcularem quina és la temperatura segons la mitjana ponderada de cada color en el recipient. **Aquesta mitjana ponderada s'ha calculat en base a la temperatura mitjana de cada recipient de color en la taula 4.4.**

### SIMULACIÓ A

Color	Percentatge	
Blanc	2,91	
Taronja	8,30	
Verd	17,81	
Blau	70,78	
Negre	0,18	
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>	<b>TEMPERATURA 44,56°C</b>

Taula 4.5. Simulació A. Font: elaboració pròpia.

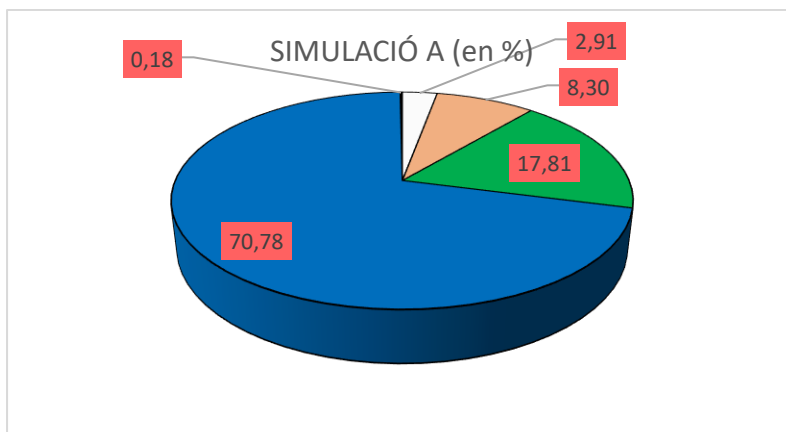


Figura 4.1. Simulació A. Font: elaboració pròpia.

Resum: segons la mescla de colors del quadre, la temperatura teòrica del recipient seria de 44,56°C.

El càlcul fet que té com a resultat 44,56°C de temperatura surt de multiplicar el percentatge del color que estem estudiant per la temperatura mitjana de cada recipient de la taula 4.4.

Càlcul:

El blanc és 2,91 (% superfície) X 40,55 (mitjana de la temperatura del pot blanc en l'experiment 3 de l'apartat 4.2.1).

Si això ho fem amb tots els colors i fem la mitjana ponderada ens dona els 44,56°C de la temperatura d'aquest recipient de la simulació A.

$$\frac{2,91 \cdot 40,55 + 8,3 \cdot 44,35 + 17,81 \cdot 44,15 + 70,78 \cdot 44,85 + 0,18 \cdot 45,85}{100} = 44,56^{\circ}\text{C}$$

## SIMULACIÓ B

Color	Percentatge	
Blanc	8,00	
Taronja	8,30	
Verd	16,50	
Blau	67,05	
Negre	0,15	
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>	<b>TEMPERATURA 44,35°C</b>

Taula 4.6. Simulació B. Font: elaboració pròpia.

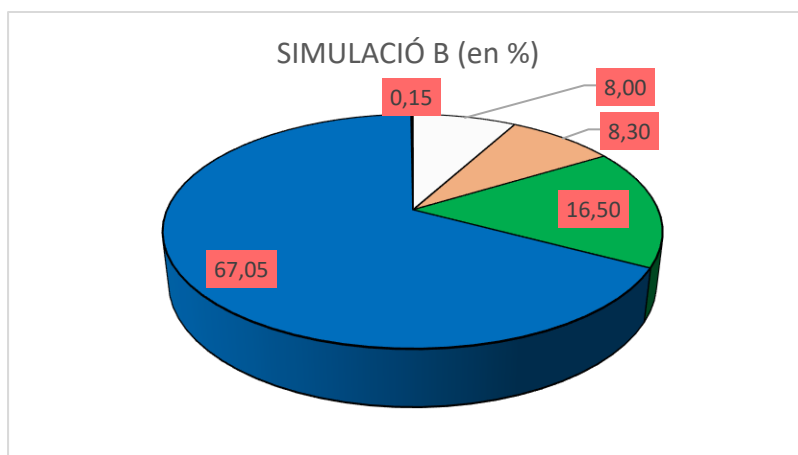


Figura 4.2. Simulació B. Font: elaboració pròpia.

Resum: segons la mescla de colors del quadre, la temperatura teòrica del recipient seria de 44,35°C.

**SIMULACIÓ C**

Color	Percentatge	
Blanc	1,00	
Taronja	11,98	
Verd	12,50	
Blau	71,52	
Negre	3,00	
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>	<b>TEMPERATURA 44,69°C</b>

Taula 4.7. Simulació C. Font: elaboració pròpia.

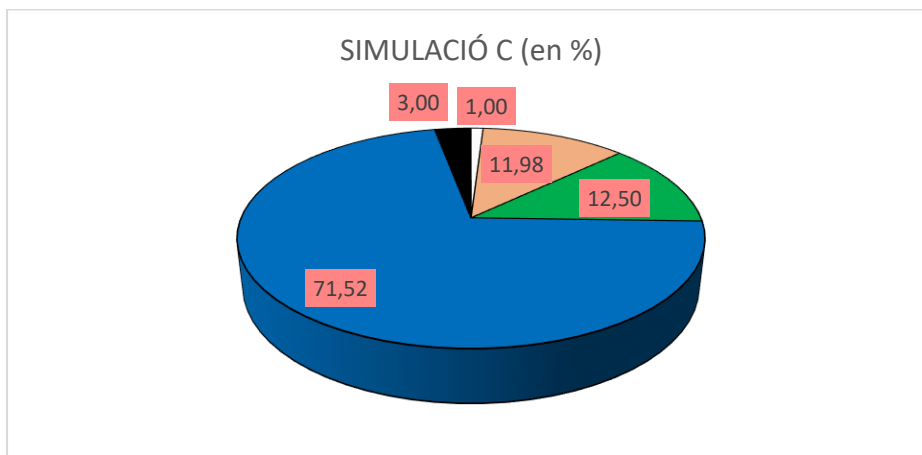


Figura 4.3. Simulació C. Font: elaboració pròpia.

Resum: segons la mescla de colors del quadre, la temperatura teòrica del recipient seria de 44,69°C.











S'ha de tenir en compte les condicions en què s'han dut a terme els experiments: 15 minuts de duració, temperatura ambient en que es va fer cada una de les mesures (segons la taula 4.4 de l'apartat 4.2.1 la temperatura mitjana en què es van fer les mesures era de 32,25°C).

És a dir, el més important no és la temperatura final de cada simulació, sinó la variació que hi ha entre les diferents simulacions.

**Per tant, podem afirmar que segons el percentatge de colors en què pintem els recipients, la temperatura interior variarà.**

## 4.2.3 Aplicació de les simulacions del punt anterior a l'objecte PLANETA TERRA

En primer lloc, exposo quins percentatges de colors i en quina proporció hi són a la superfície de la Terra actualment.

SUPERFÍCIE DEL PLANETA	COLOR	FOTOGRAFIA SUPERFÍCIE DEL PLANETA	FOTOGRAFIA RECIPIENT DE VIDRE	% ALBEDO MITJÀ <sup>25</sup>	% DE LA SUPERFÍCIE AL PLANETA TERRA <sup>26</sup>
Glaçada (neu i glaceres)	Blanc			93,26	2,91
Muntanyosa i desèrtica (deserts, semideserts i muntanya baixa)	Taronja			47,43	8,3
Vegetal (boscos, selves, plantes herbàcies, muntanya baixa, prats i cultius)	Verd			41,44	17,81
Aquàtica (mars, oceans i aigües continentals)	Blau			36,05	70,78
Asfaltada (zona urbanitzada)	Negre			22,59	0,18

Taula 4.8. Efecte albedo en superfícies del planeta segons el color. Font: elaboració pròpia.

<sup>25</sup> Els percentatges de l'efecte albedo de cada recipient de la taula són extrets de la taula 4.3 de l'apartat 4.1.3.

<sup>26</sup> La justificació i el càlcul dels percentatges que ocupa cada un dels colors de la taula, accessible a l'annex X.

## SIMULACIÓ A

Els percentatges de la taula anterior corresponen al recipient de la simulació A. I per tant, és el punt de partida de l'efecte que podria tenir si modifiquem aquests percentatges de color actuals.

Fet un pas més en l'estudi que estic fent, agafo la simulació A del punt anterior i ho relaciono amb els colors de la Terra.

## SIMULACIÓ B

Partint de la simulació A, agafo la simulació B i l'associo a una època de glaciacions (una de tantes de les que hi ha hagut a la història de la Terra durant l'època quaternària). Per tant, en aquesta simulació hem pujat el percentatge de blanc; que correspon a neu i glaceres, que com ja sabem van envair un percentatge important de la Terra. Espai que en moments de desglaç era ocupat per superfície vegetal i oceans, per aquest motiu hem baixat la proporció de verd i de blau. I una part de la superfície que actualment està urbanitzada (representada pel color negre), quedaria envaïda pel glaç, i per tant hem baixat la proporció del negre.

Tenint en compte aquestes modificacions en l'estructura de colors de la Terra, i segons l'experiment que hem fet veiem que **la temperatura de la Terra hauria baixat**. És a dir, no puc quantificar quants graus baixaria la temperatura de la Terra amb aquest supòsit però, sí que puc afirmar que la variació cromàtica afecta a la temperatura del nostre planeta.

## SIMULACIÓ C

Partint de la simulació A, ara fem el supòsit que en el planeta Terra augmenta la urbanització (increment del color negre) i per tant la contaminació.

La contaminació, crea:

1. Una pols de color fosc anomenada calitja que es diposita a sobre del gel, evitant que el blanc pugui reflectir la llum que li arriba del Sol i per tant com que la calitja té un albedo baix, a l'absorbir més calor ajudarà a fondre el gel que té a sota (disminució de color blanc).
2. Augment de l'efecte hivernacle degut a la pujada de producció de gasos de l'efecte hivernacle com el CO<sub>2</sub> o CH<sub>4</sub>. El fet de que augmentin els gasos de l'efecte hivernacle provoca un escalfament global terrestre i per tant la fusió i disminució de les glaceres (representat amb el color blanc).

Com a conseqüència de la fusió del glaç, el nivell del mar augmentarà envaint zones costeres i per tant augmentant la superfície de mars i oceans (color blau).

Aquesta urbanització, al ocupar zones forestals provoca una desforestació (disminució color verd).

Amb tot això podem veure que amb els nous percentatges de la simulació C **la temperatura ens augmenta.**

En resum, puc comprovar que la variació de la proporció dels colors en la Terra té un efecte directe sobre el clima de la Terra. És a dir, **l'albedo dels colors que componen la superfície de la Terra condicionen la temperatura d'aquesta. Evidentment, hi ha molts altres condicionants que afecten al canvi climàtic però, sí que puc dir que l'albedo és un d'ells.**



### 4.3 Preguntem als experts

#### a) Consulta Jordi Colomer. Física UdG. 18/07/22



Imatge 4.17. Videotrucada amb Jordi Colomer. Font: pròpia.



Imatge 4.18. Jordi Colomer. Font: Internet.

#### ❖ Primer de tot, a què et dediques?

Treballo al Departament de Física de la Universitat de Girona.

#### ❖ Com s'ordenen els colors?

A l'esquerre del blau hi ha els ultraviolats: no els veiem però en sabem l'efecte. A la dreta del vermell hi hauria els infrarojos: aquesta tampoc els veiem però, per exemple serveixen per fer les càmeres nocturnes per detectar la temperatura. Normalment els biòlegs quan parlen del blau al vermell fan servir com a paràmetre d'anàlisi, la longitud d'ona. Longitud d'ona baixa són els blaus i longitud d'ona alta són els vermells.

Si això ho fessis amb enginyeria, els enginyers no parlen de longitud d'ona, sinó que van per la freqüència.

Són inversament proporcionals. Per exemple, el blau té longitud d'ona baixa, vol dir que la freqüència és alta. Amb el vermell passa al revés: la longitud d'ona és alta, per tant la freqüència és baixa.

L'energia que emeten en ona curta està en funció de la freqüència, segons la fórmula  $E = h \cdot f$ ; on  $E$  és l'energia que emeten,  $h$  és la constant de Planck i  $f$  és la freqüència.

❖ **Per què varia la temperatura en funció del color dels meus recipients? Per què quan més s'apropa a negre més temperatura té l'aigua?**

En els medis naturals, hi ha diferents processos associats a la llum. Quan parlo de la llum, parlo de la llum visible. Aquesta llum visible té diferents longituds d'ona que van del blau al vermell (com l'arc del Sant Martí). Quan arriba la llum entren en joc els dos processos principals: la reflexió i l'absorció.

El blanc i el negre són fàcils. El blanc és la suma de tots els colors i té una reflexió molt alta. Per exemple, l'objecte que reflecteix més bé la llum és la neu verge, gairebé reflecteix un 90%. El que queda, que és un 10%, és l'absorció. Si la neu verge reflecteix un 90%, vol dir que només un 10% l'absorbeix.

Amb el negre passa el revés, reflecteix molt poca llum i n'absorbeix molta. Això vol dir que el blanc, com que reflecteix molt, absorbeix poc. Al sud d'Espanya pinten les cases de color blanc perquè no s'escalfin molt, ja que la majoria de la llum es reflecteix. En canvi, el negre com que no és de cap color, el que fa és absorbir la majoria de la radiació.

❖ **Has sentit a parlar o sap què es l'efecte albedo?**

Sí, si mires la Terra des de fora com si fossis un astronauta, veus la llum que reflecteix la Terra cap a fora, d'això en diuen albedo. La llum que reflexa la terra cap a fora és d'un 30%, la terra té un 30% d'albedo. Si la Terra en reflecteix un 30%, un 70% l'absorbeix.

❖ **Què succeeix posteriorment a l'absorció de la llum d'un cos?**

Si l'absorbeix, vol dir que també l'emetrà. Quan un cos absorbeix certa quantitat de radiació, aquesta es torna a emetre. Quan un cos absorbeix llum del Sol, aquesta llum es diu radiació solar o radiació d'ona curta, que són els colors del blau al vermell que et deia abans. Però, a la Terra, quan un cos ha absorbit aquesta radiació d'ona curta, el que fem els cossos a la Terra és emetre-la en ona llarga en l'espectre d'infraroig. Quan un cos està calent perquè ha absorbit radiació d'ona curta, l'emet però en radiació d'ona llarga. Resumint, la Terra s'escalfa per culpa de l'acció del Sol i el que emet la Terra és radiació d'ona llarga.

La superfície dels oceans, la Terra, els humans, els gasos, tots els cossos emeten radiació d'ona llarga. Aquesta radiació emesa va a l'atmosfera i l'escalfa. Com més CO<sub>2</sub> i CH<sub>4</sub> hi hagi a l'atmosfera, més s'escalfarà l'atmosfera. Això és l'efecte d'hivernacle.

❖ **Com puc trobar l'índex d'absorció i reflexió de cada un dels meus recipients?**

Necessaries aparells d'estacions meteorològiques que mesuren la radiació espectral, és a dir, la radiació per cada una de les freqüències. Però això és complicadíssim.

Una altre opció seria posar el termòmetre molt a prop de la superfície dels recipients per veure quanta llum reflecteix. Llavors fas els tant per cents de tots els colors respecte el blanc. Però t'has d'acostar molt, 2 o 3 mm, sinó mesuraràs la radiació de l'entorn.

I alhora, també podries seguir mesurant la temperatura de l'aigua de l'interior. Ja que aquesta temperatura serà degut a la radiació absorbida. De tal manera que podries tenir els tant per cents de reflexió i absorció de cada recipient. I això estaria molt bé.

❖ **L'estructura atòmica i molecular dels cossos influeix en l'absorció i reflexió de certes longituds d'ona?**

Quan les ones arriben al cos interaccionen amb la estructura de la superfície del cos. Aquesta estructura és la que fa que s'absorbeixin i es reflecteixin certs colors, certes longituds d'ona.

❖ **Les propietats dels colors: to, lluminositat i puresa, tenen alguna cosa a veure amb la longitud d'ona?**

Cada to de color té una longitud d'ona diferent. De color verds, de blaus i de vermells n'hi ha molts, doncs cada un d'ells té una longitud d'ona diferent.

❖ **Els colors són reflexió o són emissió? Pertanyen a ona curta o a ona llarga?**

No pots barrejar el que passa amb ona curta i el que passa amb ona llarga: la reflexió i l'absorció és ona curta, i l'emissió o la calor, és ona llarga.

❖ **Quines ones produeix el Sol i arriben al nostre planeta?**

Es diu radiació d'ona curta. Que van dels ultraviolats, que són 300 nm fins al color vermell, que són uns 700 nm.

❖ **Per què amb una llum artificial no escalfa o no escalfa igual un cos, però sí que veig el color del cos?**

Perquè la llum blanca d'un LED no deu tenir gaire potència, és a dir, les bombetes van en funció de la potència. Escalfa tant poc i el canvi que produeix aquesta llum és tant baix que no els pots mesurar amb el teu termòmetre. Però en teoria haurien d'escalfar, qualsevol llum hauria d'escalfar, però és clar, ha de mesurar significativament perquè el puguis mesurar amb el teu termòmetre. Si tens el termòmetre d'1 grau o de 0,1, potser no és suficient, hauries de tenir termòmetres millors.

❖ **Per què al capvespre el cel agafa tons vermellorsos o ataronjats?**

Quan el sol es troba tangent a l'horitzó de la Terra, la llum ha de travessar una distància molt més llarga que si el Sol està just a dalt. Com que ha de travessar una distància molt llarga, fins i tot els blaus es veuen absorbits. És a dir, hi ha molècules de vapor d'aigua; com la boira o bé partícules de pols que es "mengen" el color blau i només queden els de l'altre costat de l'espectre, que són els vermells. És per això que la posta de sol és vermella.

A la posta de sol, la llum ve molt tangent a l'horitzó i haurà de recórrer molta distància, més atmosfera, per tant els blaus s'esgoten, i només queda el vermell.

Qui té més energia és el blau, que és el que es dispersa més. Però si es dispersa tant perquè hi ha molt de recorregut, després s'acaba esgotant. I només queda aquell que no està tant dispersat, que és el vermell. El blau té més dispersió que el vermell.

❖ **Per què creu que la majoria de plantes que realitzen la fotosíntesi són de color verd?**

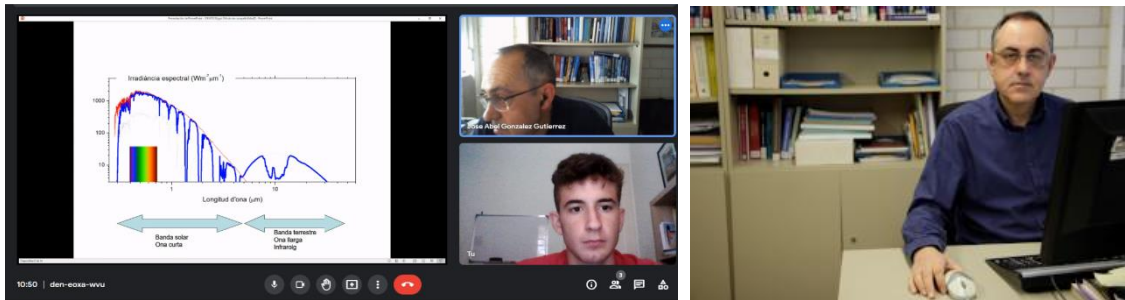
Jo crec que el color verd de la natura és un compromís entre la reflexió i l'absorció. Les plantes no poden ser blanques perquè reflectirien tanta llum que es tornarien molt fredes. Tampoc poden ser negres perquè sinó s'escalfarien massa. I el color que queda a la meitat de l'espectre és el verd. Per tant, és una manera d'augmentar l'eficiència entre la reflexió i l'absorció. Les flors amb diferents colors són per dur a terme una competència i/o estratègies ecològiques, per atreure ocells, mosquits,... Per eficiència ecològica, el verd és el més eficient perquè optimitza l'absorció i la reflexió.

❖ **Pensa que tenen alguna cosa a veure els colors amb el canvi climàtic?**

Sí. Normalment les superfícies de gel són de color blanc. Els casquets polars de Groenlàndia o de l'Antàrtida que estan damunt del terra, no com a l'Àrtic que està flotant, són blancs. Per tant, reflecteixen molt la llum, com a conseqüència, el que hi ha per sota d'aquest casquets s'escalfa molt poc, ja que la llum que arriba del sol es reflecteix un 90%. El problema que hi ha, és que com hi ha molta pols (provinent del Sàhara, de contaminació industrial o dels volcans) a l'atmosfera, s'acumula damunt del gel. Aquesta pols, la calitja, al ser de color fosc absorbeix la majoria de la radiació i no la deixa reflectir tant. Per tant com que s'escalfa una mica, es formen basses d'aigua de color blau damunt del gel, i això va molt malament, perquè aquesta aigua de color blau no reflecteix tant la radiació i n'absorbeix més. Llavors, quan hi ha un estany de color blau, aquest estany comença absorbir cada vegada més i es va fent més gran i escalfa el gel que té a sota. I això fa canviar les propietats de les glaceres o del que sigui.

**Moltes gràcies per la seva col·laboració**

## b) Consulta José Abel González Gutiérrez. Física UdG. 29/07/22



Imatge 4.19. Videotrucada amb José Abel. Font: pròpia.

Imatge 4.20. José Abel. Font: Internet.

- ❖ **Un cop explicat el meu experiment dels recipients de colors incloent els resultats obtinguts, m'agradaria preguntar-te el per què de que un recipient d'un color específic, si jo mesuro la temperatura del seu interior té més o menys temperatura que un altre.**

Més o menys s'ordenen en funció de la claror del color. Com més clar és el color, com el blanc i el groc, menys absorbeixen en ona curta. Presenten una absorció més baixa. El blau, vermell i taronja deuen tenir un aspecte més fosc, almenys en comparació amb el blanc i el groc. I entremig t'ha quedat el verd. T'ha sortit el que seria raonable. Un cotxe negre absorbeix més que un de blanc, i entremig hi ha tota aquesta graduació.

- ❖ **A què es deu la pujada de temperatura del meus recipients?**

La temperatura que va oscil·lant en cada recipient i aquestes temperatures d'equilibri no depenen només de la radiació que incideix, sinó també de la radiació que marxa i d'altres processos de pèrdua de calor. La pèrdua de calor es traduiria en una baixada de la temperatura i el guany de calor contribueix a pujar la temperatura.

El ritme amb el qual es perd energia correspon amb diferents mecanismes. En quan a la **conducció**, no deu ser gaire important en el teu experiment.

La base dels recipients fa una mica de concavitat, vol dir que el contacte no es fa sobretot a l'àrea de la base, sinó sobre una anella o sobre una anella circular. Per tant, hi ha poc contacte. La conducció tindrà el seu efecte però, la calor per conducció ha de passar per una àrea de contacte, i si aquesta àrea és petita hi haurà poca circulació de calor.

La **convecció** seria a través de les parets i de la tapa del recipient, de l'aire que hi ha al voltant. Intento imaginar l'experiment i crec que la convecció no deu ser molt important. Són corrents d'aire que van refredant, és a dir, podem refredar el palmell de la mà bufant. Doncs això és per convecció, convecció forçada si ho provoquem nosaltres.

I després la **radiació**. Però aquesta radiació no cau en la mateixa banda de la radiació del Sol que està incidint.

La banda de la radiació que ve del Sol, la que està aportant calor al recipient es veu bastant separada de la radiació que s'emet des del recipient. Són dues bandes que no estan gairebé superposades. Un és la banda que en diguem d'ona curta i l'altre d'ona llarga.

Aleshores, hi ha mecanismes de captació i emissió de radiació que són diferents a les dues bandes.

Anem a veure com actua la banda d'**ona curta**, la que ens arriba del Sol o de cel. La radiació incident, una part es **reflecteix** i una part s'**absorbeix**. Tan la part que s'absorbeix com la que es reflecteix depèn de com és la superfície. Llavors, s'espera que una superfície blanca és molt reflectant i per tant és poc absorbent, es queda poca energia. I una superfície negra és molt absorbent i poc reflectant. Per tant, si només parléssim de la banda d'ona curta està justificat que la pintura negra que recobreix el teu recipient absorbeixi més i sigui capaç de transmetre més calor cap a l'interior, que és la temperatura que tu mesuraràs. Mirant només l'ona curta, això seria raonable.

Aquesta energia que s'ha absorbit s'ha convertit en calor, en energia tèrmica del recipient. És un guany d'energia que contribueix a pujar la temperatura. Si hi ha molt de guany d'energia i la temperatura puja, com més pugui, més temperatura tindràs a la superfície del recipient. I això contribuirà a emetre radiació però a l'altre banda; la banda d'**ona llarga**.

L'ona llarga és l'emissió electromagnètica de les partícules que constitueixen la superfície. És a dir, l'origen d'aquesta radiació en ona llarga és el que està passant en la superfície del material i com es mouen les seves partícules.

Com més temperatura hi hagi, més vibren i això afavoreix a l'emissió de la radiació infraroja. D'aquesta radiació, hi ha una part que ens arriba de l'atmosfera, ja que l'atmosfera també es troba a una certa temperatura. Ens envien radiació infraroja. Llavors, la superfície absorbeix aquesta radiació. En principi n'absorbeixen bastant però també n'emeten molta, i això és d'acord amb la seva emissivitat.

El balanç d'energia en ona llarga depèn de la **diferència de temperatura entre l'atmosfera i la superfície**, i de l'**emissivitat** de la superfície.

Fixa't que hem parlat de dues coses: en la banda d'ona llarga tenim l'emissivitat; que està relacionada amb l'absorció, i en la banda d'ona curta tenen el paper l'absorció també i la reflectivitat. Però són dues bandes separades, i per tant per saber quin és el balanç d'energia que tens hauries de saber com es comporta aquella superfície en les dues bandes.

❖ **La calor d'un recipient vindrà tan de la radiació infraroja que emet el mateix recipient com la que emet l'atmosfera?**

La calor que acumula un pot és l'acumulació d'energia que rep i perd. De quina manera rep energia? Bàsicament de la radiació d'ona curta. De quina manera perd energia? Del balanç de radiació d'ona llarga que depèn de la diferència de temperatura que tingui amb l'atmosfera, i dels altres mecanismes involucrats: la conducció i la convecció.

Són tots els mecanismes que poden servir per guanyar i perdre energia.

❖ **El fet de tenir la taula de plàstic de color blanc com a base dels meus recipients pot influir en emetre més o menys radiació infraroja cap als meus recipients?**

Sí. La taula de plàstic té les seves pròpies propietats. Podria ser que com és blanca, bona part de la radiació que incideix que s'acabi reflectint cap als recipients. Encara que sigui blanca, acabarà absorbint radiació solar i es trobarà a una certa temperatura. I això serà un mecanisme de guany de calor cap als recipients.



Poca cosa pots fer perquè els has de mantenir en algun lloc, és clar. Si els posesis no directament sobre una superfície, sinó en un muntatge que els mantingués a un metre del terra acabaries tenint un problema similar, perquè el terra també intervindrà. El més interessant és que intentis mantenir les condicions de tots els recipients igual, que tots estiguin sotmesos més o menys a les mateixes condicions: que els recipients siguin iguals, que el contacte amb la superfície sigui igual, que la situació sobre la plataforma sigui bastant centrada per a tots, etc. Un dels problemes dels experiments és això. Quan fas un control de l'experiment es tracta d'intentar minimitzar les diferències que puguin introduir altres variables o altres condicions que no t'interessin.

❖ **Com més radiació d'ona curta hi hagi, més radiació d'ona llarga emetrà oi?**

En principi sí. Si tens algun mecanisme que està aportant energia: tan si és radiació d'ona curta, com si has posat el pot al foc de la cuina i rep energia des de la base, qualsevol d'aquests mecanismes que li porti energia, si es tradueixen en increment de la temperatura, la superfície començarà a emetre més radiació en infraroig.

❖ **L'ona curta que es reflecteix també té energia?**

Sí. Tota radiació electromagnètica té energia. Aquesta radiació reflectida se'n va. L'energia incident es divideix en dues: la que és reflectida i per tant marxa i és la que ens serveix a tu i a mi per veure el recipient, i la resta d'energia és absorbida i contribueix a escalfar el recipient. La llum reflectida en ona curta s'emporta part de l'energia incident.

❖ **A què creu que és degut el fet de que transcorregut un cert temps, la temperatura dels recipients s'equilibri i no pugi més?**

Quan ja fa una estona que els recipients estan exposats al Sol a les mateixes condicions, cadascun d'aquests arribarà a una temperatura d'equilibri o una temperatura final que es va mantenint. Arriba a un valor, i a partir d'aquí pot anar oscil·lant.

Quan un recipient manté la seva temperatura interior, és a dir, arriba a la temperatura d'equilibri vol dir que hi ha un balanç entre les pèrdues i els guanys, estan empatats.

Per exemple, si passa un núvol tindràs menys energia incident. I és possible que el procés de refredament, de dissipació de calor del recipient sigui més ràpid que el d'absorció, i aleshores durant aquesta estona baixi la temperatura.

❖ **En què consisteix la llei de Stefan-Boltzmann? Puc calcular la emissivitat<sup>27</sup> de cada recipient en funció del color?**

L'emissivitat també actua en ona curta perquè hi ha absorció, per tant també hi haurà emissió. Tot i això, és més important l'emissivitat en ona llarga, ja que l'emissió de radiació és més alta. Per això diem que l'emissió tèrmica es produeix en la banda d'ona llarga.

Aleshores per trobar l'emissivitat d'una superfície hauries de buscar la informació. Primer de tot, no solen ser molt diferents. Si busques informació de valors o gràfiques d'emissivitat de diferents tipus de superfícies, normalment s'acabaran referint a l'infraroig, és a dir, a ona llarga. I tampoc seran molt diferents. Per exemple, la pell humana és cap al 90%. De la calor per radiació que li arriba a la pell humana absorbeix el 90% en l'infraroig, i emet també el 90% de la que podria emetre d'acord amb la llei de Stefan-Boltzmann. Aquesta llei t'està dient com un màxim d'emissió que podria produir. Després li has d'aplicar un factor, que és el de l'emissivitat de la pròpia superfície, que sol ser bastant alta.

❖ **I aquest fet té alguna cosa veure amb els gasos d'hivernacle i el canvi climàtic?**

Té molt a veure. El mecanisme d'un hivernacle no és exactament igual que el de l'atmosfera. Però, si que els dos tenen una capa; sòlida en el cas de l'hivernacle i gasosa en l'atmosfera. Aquesta capa és capaç d'absorbir la radiació infraroja, tèrmica i tornar-la a emetre cap a la part tancada, en el cas de l'hivernacle és allà on tenim les plantes.

Els plàstics o els vidres que hi ha en un hivernacle deixen passar la llum solar o d'ona curta, ja que són bastant transparents. Però, en canvi capturen la radiació d'ona llarga. Per tant des de les superfícies interiors de l'hivernacle s'emet radiació d'ona llarga que incideix sobre la paret, la coberta. La coberta s'escalfa tan per fora com per dins, augmenta l'emissió de radiació tèrmica cap a l'atmosfera però, la meitat; més o menys de la radiació tèrmica es retorna cap a dins gràcies a la cara interior del plàstic.

I això fa que no es pugui dissipar tanta radiació tèrmica cap a l'atmosfera i que bona part d'aquesta es quedi dins, augmentant la temperatura i mantenint-la alta.

---

<sup>27</sup> Mesura de la capacitat d'un objecte per emetre energia infraroja.

En el cas de l'atmosfera, no tenim una coberta sòlida però tenim una sèrie de gasos que són capaços d'absorbir molt en la banda infraroja. Emeten radiació tèrmica cap a l'espai però, també n'emeten molta cap a la superfície terrestre; aproximadament la meitat de la que han absorbit.

**Moltes gràcies per la seva atenció.**

## 5. ELS COLORS I LA PSICOLOGIA

La sensació que tenen les persones sobre els colors pot influir en el seu estat d'ànim, en la presa de decisions i poden influir en els desitjos de compra. Per això, els colors són una influència important en el món del màrqueting.

### **GROC:**

És el color del sol i de la llum, transmet força i joventut i es recomana especialment per buscar lluminositat i amplitud. Transmet ambient càlid i alegre, recomanable per a menjadors, sales d'estar, habitacions infantils de dimensions reduïdes i que no tinguin molta llum natural. Brinda pau i serenitat a la tria de decisions

Es desaconsella en zones on s'hagi d'estar relaxat, serè o concentrat com oficines o zones d'estudi.

### **BLAU:**

És el color del cel i representa l'esperit i funció del pensament, i es recomana per buscar harmonia, pau i tranquil·litat, és a dir, la calma. Un color fresc i relaxant que indueix a la serenitat i la concentració, adequat per pintar espais que es vulguin fer visualment més grans; és ideal per pintar habitacions de treball o estudi, cuines i dormitoris; ja que combat l'insomni i promou el descans.

### **VERMELL:**

És el color de l'energia, el dinamisme i la vitalitat. És un color recomanat per afavorir l'animació, el coratge i l'entusiasme. És el color de la passió, augmenta el ritme cardíac i la tensió arterial i potencia l'activitat.

S'ha d'utilitzar amb molta precaució i mesura en decoracions interiors. Ja que un ús massa freqüent podries esdevenir una persona massa activa, egocèntrica, impulsiva i agressiva. Molt adequat per a persones de gran activitat, ideal per a passadissos, habitacions de joc i en menjadors. Afavoreix el procés digestiu. Es desaconsella per a dormitoris, zones d'estudi, oficines o amb ambients propensos a la tensió.

Si t'agrada el vermell, ets una persona extravertida, positiva i enèrgica.

### **VERD:**

És el color de la vegetació i els prats, color de la natura, refrescant i còmode a la vista. És el color del que és real i de l'equilibri. Si el verd porta una mica de groc, donarà vida a ambients apagats i amb poc sol. I si el verd és blavós, aportarà una sensació de fred.

És adequat per a habitacions de treball i estudi. No és adequat per pintar grans espais ni per a zones d'activitat, ja que tendeix a la relaxació.

Si t'agrada el verd, ets una persona francs i honesta, afectuosa amb la família i l'ensenyança, ets generosa i t'agrada compartir.

### **TARONJA:**

És el color saludable de l'energia física, és un color dominador que porta resultats molt estimulants si es contrasten amb tons neutres (blanc i negre).

Aporta alegria, moviment i llibertat, molt adequat per a habitacions infantils i de joc, menjadors i passadissos: igual que el vermell, no és aconsellable per a zones d'estudi i amb tensió.

Si t'agrada el taronja, ets una persona amb bon humor, gaudeixes de la companyia i ets fàcil de convèncer. Acceptes les coses però intentes canviar-les.

### **VIOLETA (lila):**

És el color de l'espiritualitat, equilibri interior i tolerància. Fomenta la meditació, calma el cos i equilibra la ment, però en excés provoca malenconia, nostàlgia, depressió i conformisme. S'ha d'utilitzar amb prudència i combinar-lo amb altres colors de contrast, tant per a colors càlids com per a colors frescos.

Si t'agrada el violeta, ets una persona enginyosa, intel·ligent, humil i amb molta creativitat artística.

**BLANC:**

És la síntesi de tots els colors, tant el podem posar amb decoracions ultramodernes com clàssiques. Transmet de la millor manera la puresa i netedat. El blanc proporciona gran lluminositat, però, contràriament al que la gent pensa, no és la solució més adequada per a habitacions fosques, ja que transmet una sensació grisenca i trista.

Per a la decoració d'interiors, afavoreix la integració de coses molt diverses (mobles, quadres, escultures...).

Combina amb altres colors i aïlla els colors potents.

Si t'agrada el blanc, ets una persona madura, clara, indulgent, que aconsegueix els seus objectius.

**NEGRE:**

És la negació de tots els colors. Actualment s'utilitza en decoracions ultramodernes. És un color actiu i estimulants que potencia les emocions.

És el color de l'elegància; fixeu-vos que és un color que no està present a la natura.

És adequat per combinar-lo en poques dosis. Si t'agrada el negre, ets una persona elegant, correcta, convencional i educada.

## 5.1. Enquesta: Els colors en els sentiments

### Hipòtesis:

- Els colors influeixen en els sentiments i estats d'ànim.
- Els humans tenen percepcions dels colors de forma semblant.

### Objectius:

- Conèixer com afecten els colors als sentiments de les persones.
- Veure quina percepció tenen els humans dels colors.
- Contrastar si realment coincideix la teoria explicada anteriorment amb la pràctica.

### Procediment:

- Vaig realitzar una enquesta tancada amb 15 preguntes, 13 de les quals relacionaven els colors amb els sentiments. Cada pregunta hi havia 7 respostes possibles coincidint amb els 7 colors que he utilitzat al llarg del treball.
- L'enquesta ha sigut contestada per un total de 61 persones.
- La mitjana de temps per completar l'enquesta ha estat de 7 minuts i 39 segons.

### Resultats:

Els seus resultats van mostrar que efectivament, els colors tenen una certa influència en la psicologia de les persones.

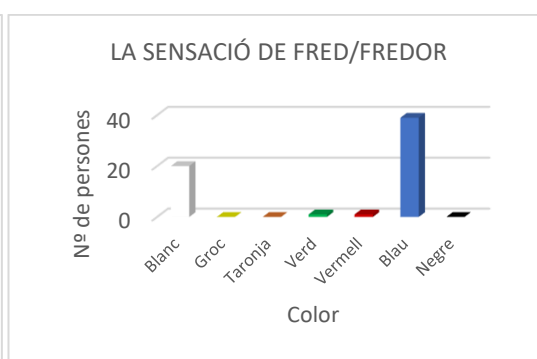
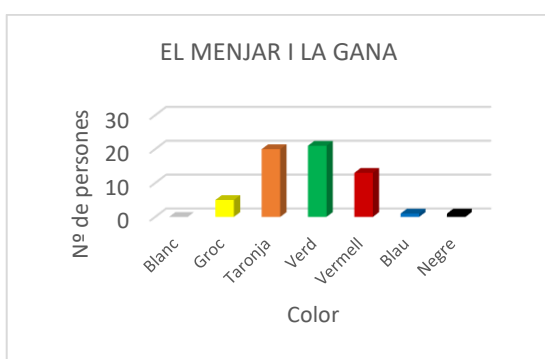


Figura 5.1. El menjar i la gana. Font: elaboració pròpia.

Figura 5.2. La sensació de fred/fredor. Font: elaboració pròpia

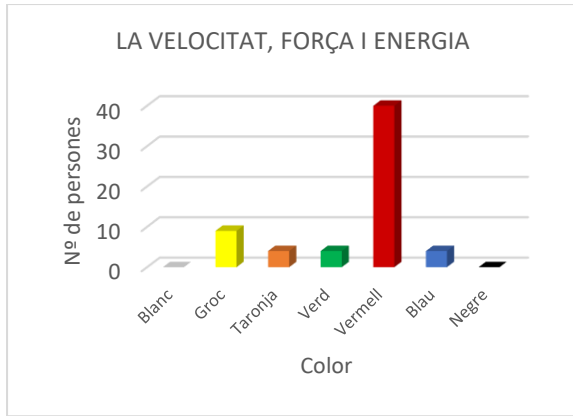


Figura 5.3. El menjar i la gana. Font: elaboració pròpia

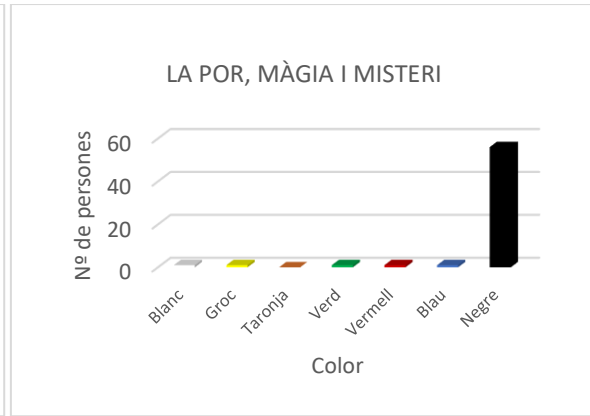


Figura 5.4. La por, màgia i misteri. Font: elaboració pròpia

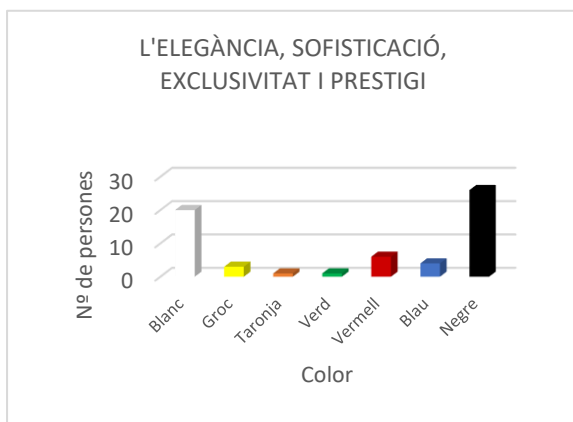


Figura 5.5. L'elegància, sofisticació, exclusivitat i prestigi. Font: elaboració pròpia.

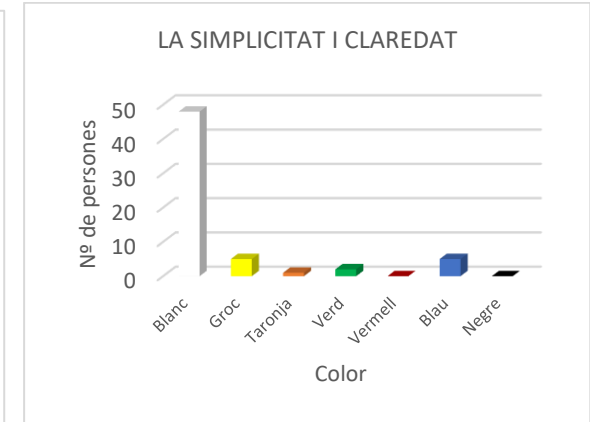


Figura 5.6. La simplicitat i claredat. Font: elaboració pròpia

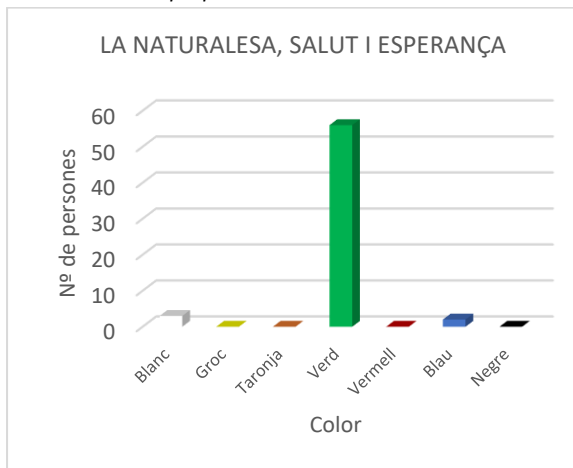


Figura 5.7. La naturalesa, salut i esperança. Font: elaboració pròpia.

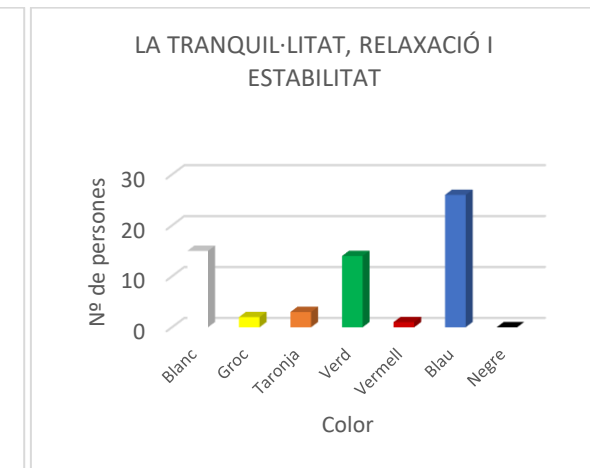


Figura 5.8. La tranquil·litat, relaxació i estabilitat. Font: elaboració pròpia.



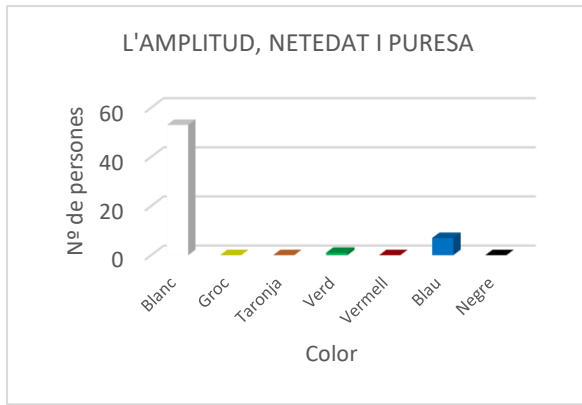


Figura 5.9. L'amplitud, netedat i puresa.  
Font: elaboració pròpia.

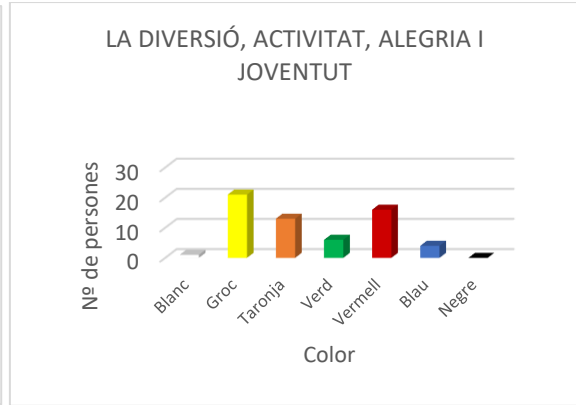


Figura 5.10. La diversió, activitat, alegria i joventut.  
Font: elaboració pròpia.

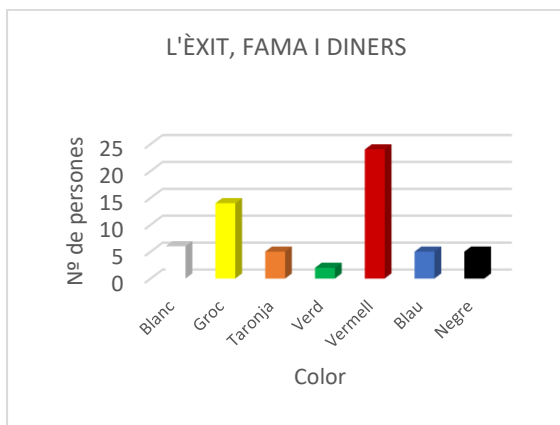


Figura 5.11. L'èxit, fama i diners. Font: elaboració pròpia.

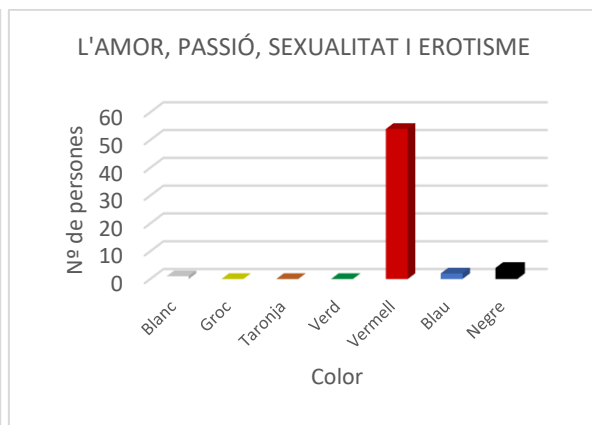


Figura 5.12. L'amor, passió, sexualitat i erotisme.  
Font: elaboració pròpia.

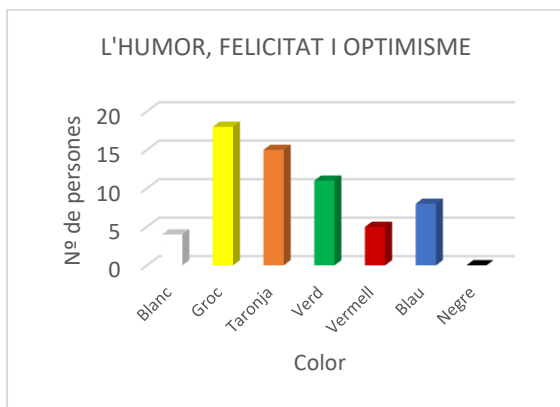


Figura 5.13. L'humor, felicitat i optimisme. Font: elaboració pròpia.

### Conclusions:

- Hem pogut observar amb els resultats de l'enquesta que la majoria de les persones coincideixen en la percepció i sensació que transmeten els colors. En base això, podem afirmar que els colors influeixen poc o molt en l'estat anímic de les persones.

## 5.2. Entrevista: Els colors en l'arquitectura

Entrevista realitzada a una arquitecta de Sitges per veure com influeixen els colors en l'arquitectura i el disseny d'immobles (habitatges i diferents locals comercials).

### Entrevista Montserrat Poll Carreño. FPM Arquitectura. 4/08/22



Imatge 5.1. Entrevista a FPM Arquitectura. Font: pròpia.

#### ❖ Breu exposició del seu currículum professional.

Són més de 30 anys d'experiència laboral. Portem 30 anys de currículum com a interioristes aquí a Sitges. Hem fet obra pública, obra civil i sobretot particulars, n'hem fet molta. D'interioristes, hem fet sobretot comerç (botigues, restaurants, hotels, farmàcies,...). Tot això és el que més hi hem influït en el color, es deixen aconsellar molt.

Molt poques vegades hem pogut aplicar el color en particulars, perquè la gent normalment han viscut amb més habitatges i ja saben el que els agrada i els que no els agrada, com se senten còmodes i com no s'hi senten. No els pots dir a les persones com han de dormir o com han de viure. La gent ja té el seu propi criteri.

#### ❖ Què representa per a vostè el color en el desenvolupament de la seva professió?

Jo crec que el color amb els materials és el més important. Fer un restaurant de color lila pot ser molt estressant, fins i tot no t'entrarà ningú potser. En canvi si el fas d'un color més suau, més agradable, tens molt més ventall de gent. En conclusió, és buscar la finalitat del producte. Si estàs dissenyant un bar de copes, hauràs de col·locar-hi un color que faci que la gent gaudeixi allà i que s'hi senti bé. També és important el factor del client, va molt lligat el color amb el tipus de client. Si vols captar clients elegants que es vulguin gastar diners amb uns còctels, doncs hauràs de buscar uns colors elegants i sofisticats.

❖ **Quina creu vostè que és la importància del color en la percepció de l'espai?**

Visualment te'n doncs compte. Una cosa molt important en el color és la llum que li entra: si entres en un espai que per si sol és molt clar, té molta llum, la sensació que et dona es de molta més llum, més agradable i net.

Si el color és molt fosc, tot tendeix a que sigui més petit. En canvi, si és blanc tindràs la sensació d'amplitud.

❖ **El blanc és un color molt usat en els hospitals, creu que influencia en el sentiment de tristor de moltes persones que visiten l'establiment?**

Ara s'està canviant. Van començar per la plantes infantils a donar-li color. El vestuari dels sanitaris infantils, les gorres de colors, esclops de colors. I crec que han vist que la cosa funciona. S'han introduït materials nobles com fusta. Abans no veies fusta en els hospitals, només veies pintats i fòrmiques<sup>28</sup>.

Ara hi ha molts hospitals que estan començant a posar coses més acolorides i a canviar el color de les sales d'espera. No hi ha l'acoloriment de les plantes infantils però estan començant. També estan començant a col·locar molta vegetació, perquè es vegi més viu.

En els edificis sanitaris públics no s'ha fet aquest canvi.

❖ **Alguna vegada algun client t'ha imposat algun color que sabies que no era precisament el més adequat?**

Normalment la gent té el seu criteri alhora de triar quin color utilitzar.

El que no m'agrada és quan fan les habitacions juvenils i es pensen que la gent encara és infantil. El jove, al cap de 6 mesos aproximadament s'acaba cansant i la família acaba canviant els colors. Els colors cansen.

---

<sup>28</sup> Fòrmica: Material plàstic que es fa servir per recobrir mobles i taulells.

❖ **Per què creu que cansen els colors?**

Primer perquè no deuen estar ben escollits i segon, l'estat d'ànim de la persona no deu ser el mateix amb uns anys que uns altres. Si escull un color més neutre tens més ventall de que duri més. Si ets una persona que té alts i baixos i canvis d'estat d'ànim de tant en tant, en una època estaràs còmode amb els colors que tens i hauran èpoques que no.

❖ **Tenint els blanc, groc, taronja, vermell, blau, verd, violeta i negre sobre la mà, per quina estància de l'habitatge creu que serien òptims cada un?**

El blanc: per un lavabo, una cuina, un safareig i per un dormitori també. El blanc, rarament et quedarà malament. Sota el meu punt de vista, el pots fer servir per a tot.

Per la sensació que dona de lluminositat, d'amplitud, de netedat; el blanc és ideal per emprar-lo en alguna part que es vulgui veure neta i amb una certa higiene, com per exemple un taulell blanc.

El groc: el millor seria per una habitació infantil. Evidentment, també podries fer una cuina, només són recomanacions.

El taronja, el mateix que el groc.

El vermell, el mateix que el groc i el taronja: podries tenir les portes vermelles, hi ha cuines vermelles també.

El blau, podria ser sobretot un lavabo. Aquí a Sitges hi ha moltes coses amb blau: lavabos, mobles de cuina, portes, finestres, persianes, porticons,...

El verd, el pots fer servir per quasi tot. Un lavabo o una sala d'estar amb parets verdes, un dormitori, unes escales, passadissos. Hi ha moltes tonalitats de verd.

El violeta, en un capçal de llit, amb una paret d'una sala d'estar o d'un rebedor; així posat en petites porcions. El violeta aplicat segons on és molt elegant: en un restaurant posar una tapisseria violeta. Però potser en una habitatge, com he dit abans hauria de ser una paret o un tros de paret. Però com he dit, no hi ha res establert, la tria del color és molt personal. Et pot venir un client que et digui que vol una habitació pintada tot d'un mateix color, i aquest color pot ser el violeta.

El negre, jo soc una enamorada del negre, normalment vesteixo sempre de negre, la cuina de casa meva, algun dormitori, el lavabo i el terra també es negra. Hem posat molta llum a tot arreu i tot aquest negre està combinat amb fusta quasi blanca i amb vidres blancs.

Em va passar el que li passa a molta gent: durant tota la vida tens un pis que és pràcticament tot blanc i enlloc de canviar-nos de pis, fem obres. En el meu cas vam reformar-ho tot de cop i vam canviar el color de totes les estàncies de la llar. Això té un avantatge i és que el negre el pots combinar amb tot: al lavabo li puc posar tovalloles verdes, vermelles, blaves, grogues o de qualsevol color. Li pots posar les tovalloles que vulguis i quan et canses les treus i en poses d'un altre color. Llavors ja no depens de canviar el color de les parets de l'habitatge perquè t'has cansat d'ells, sinó que és tant fàcil com canviar els objectes i els accessoris (sofà, coixins, tovalloles,...)

❖ **Com afecta el color a la temperatura dels habitatges? És aconsellable utilitzar colors diferents segons la ubicació de la casa?**

Suposo que sí, si tens negre la façana de casa teva tindràs una temperatura a l'interior més elevada que si la tens de color blanc o colors clars. Les persianes suposo que també influïrien en la temperatura interior.

- ❖ En quan al famós “blau de Sitges”, quin és el motiu pel qual antigament s’hi pintaven les façanes blanques, i les portes, el contorn de les finestres, el sòcol<sup>29</sup> inclús algunes parets interiors d’aquest blau? Quin és l’origen? Actualment, la gent li proposa o li demana?



Imatge 5.2. Façana característica de Sitges. Font: pròpia.

Els colors que defineixen millor Sitges són el blanc i el blau. El blanc de Sitges arran de mar ha estat reconeguda com a senya d’identitat del poble. El blau de les portes i finestres, inclús la ratlla de blau pintada sobre les parts blanques identificava les cases dels pescadors i les distingia de les cases dels pagesos, que les pintaven de verd.

Actualment, la gent m’ho sol demanar molt freqüentment. Fa mig any, a Sitges, vaig treballar per un noi jove, i em va demanar tota la cuina amb el blau de Sitges. Normalment, per exemple, la ratlla arran de terra, alguna porta pintada amb el blau de Sitges s’ho fan ells sols. Si baixes per algun carrer del casc antic hi ha uns blaus preciosos i molt ben aconseguits.



Imatge 5.3. Les façanes amb “el blau de Sitges”. Font: pròpia.

**Moltes gràcies per la seva col·laboració**

<sup>29</sup> Part de sota de l’exterior d’un edifici.

### 5.3 Els colors en el màrqueting

Amb el màrqueting i la publicitat es persegueix despertar l'interès i el desig de compra de les persones per certs productes i serveis . Per aquest motiu les empreses utilitzen la percepció que tenim dels colors per arribar a influir en el nostre comportament de compra, tenint en compte que els colors desperten emocions i estats d'ànim diferents.

L'interès de les empreses es crear sensacions perquè els consumidors es fixin en un producte i així despertar el desig de comprar-lo.

Els colors tenen diferent significat en la publicitat:

- El color groc transmet èxit, diners, luxe,... no es estrany veure un bombó amb paper daurat.



*Imatge 5.4. Bombó embolicat de daurat. Font: Internet.*

- El color verd ens recorda la naturalesa, el solem trobar en productes de tipus ecològic.



*Imatge 5.5. Productes ecològics. Font: Internet.*

- El blau desperta la sensació de frescor, és normal trobar-lo en productes que volen transmetre aquest atribut, com són gels de bany, desodorants, certes colònies,...



*Imatge 5.6. Colònia blava. Font: Internet.*

- El color vermell transmet sensacions fortes, joventut, energia,... No és d'estranyar trobar un cotxe esportiu de color vermell.



*Imatge 5.7. Cotxe vermell. Font: Internet.*

- El color negre ens desperta la sensació d'elegància i sofisticació. En el mercat veiem que aquest color s'utilitza en freqüència en els cotxes de luxe i alta gama i també amb vestits de festa on cal destacar l'elegància.



Imatge 5.8. Vestit negre. Font: Internet.

- El color blanc ens dona simplicitat, netedat i claredat. La marca *Apple*, entenc que ho intenta transmetre amb el seu logotip.



Imatge 5.9. Logotip de Apple. Font: Internet.

- El taronja és un color molt emotiu, creatiu i transmet felicitat. A més, crida molt l'atenció, i podria ser una causa de que moltes marques l'utilitzin.



Imatge 5.10. Logotips de color taronja. Font: Internet.



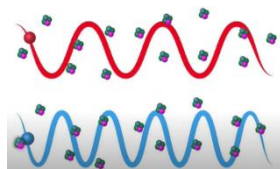
## 6. ELS COLORS EN EL NOSTRE ENTORN

### 1. A què es deu la varietat de colors del cel al llarg del dia?

La llum que envia el Sol a la Terra i no aconsegueix travessar l'atmosfera representa un 45% d'aquesta llum. Dintre d'aquest percentatge, el 20% és absorbida per les partícules de l'atmosfera (gotes, cristalls de gel, CO<sub>2</sub>, metà,...). L'altre 25% és la llum reflectida de manera difusa per aquests components. Així doncs, el color del cel durant el dia és aquest 25% de la llum difusa procedent del Sol i que arriba en els nostres ulls.

#### 1.1. Però, per què el blau i no qualsevol altre color?

Bé, doncs, el blau és un color molt energètic, és a dir, amb una longitud d'ona molt curta o freqüència molt alta, així doncs, la llum blava es veurà més afectada pels components



atmosfèrics que no pas les altres longituds d'ona més llargues com podrien ser les associades al color vermell o taronja. En resum, la llum blava tindrà un grau de dispersió més gran.

Imatge 6.1. Relació longitud d'ona i partícules atmosfèriques. Font: Internet.

Quan és de dia, el Sol està molt proper a nosaltres, per tant, en el recorregut de la llum creuant l'atmosfera es trobarà moltes menys partícules. Aquest fet provocarà que la llum vermella quasi no es reflecteixi o no desviï la seva trajectòria. El blau, per la seva banda, entrarà més



en contacte amb els gasos de l'atmosfera i es reflectirà una gran quantitat de llum blava. Aquesta llum es reflectirà en totes les direccions (Dispersió de Rayleigh) i com a conseqüència veurem el cel de color blau.

Imatge 6.2. Posició del Sol durant el dia. Font: Internet.

### 1.2. Si les longituds d'ona curtes es reflecteixen més a causa de les partícules, per què no veiem el cel de color violeta?

Tot i que al color violeta li correspongui una longitud d'ona més baixa que el blau, els ulls humans no estan preparats per percebre aquesta llum. *Encara que la llum violeta monocromàtica<sup>30</sup> i la combinació apropiada del color vermell i blau produeixi les mateixes sensacions són dos tipus de radiació electromagnètica diferents.*<sup>31</sup> Així doncs, veiem el cel de color blau. Un color amb una longitud d'ona alta i perceptible a l'ull humà.



Imatge 6.3. El cel blau. Font: Internet.

### 1.3. Com pot ser que al capvespre, el cel agafi tonalitats rogenques i taronges?

Les sortides i postes de Sol, sovint ens brinden espectacles increïbles en el cel. Com pot ser que la natura sigui capaç de fer-ho?

Quan arriba el capvespre, la posició del Sol és tangent respecte nosaltres. És a dir, perquè la llum arribi a nosaltres haurà de travessar molta més quantitat de superfície atmosfèrica. De tal manera que les longituds d'ona del blau es dispersaran i s'esgotaran totes. Llavors, només quedarà la llum que s'hagi dispersat menys: la llum vermella i taronja.



Imatge 6.4. Posició del Sol al capvespre. Font: Internet.



Imatge 6.5. Un capvespre d'agost a Sitges. Font: pròpia.



Imatge 6.6. El capvespre de Zanzíbar, Tanzània. Font: pròpia.

<sup>30</sup> És el tipus de radiació electromagnètica composta per vibracions d'una mateixa freqüència. En aquest cas, la que fa referència al color violeta. La llum blanca seria policromàtica.

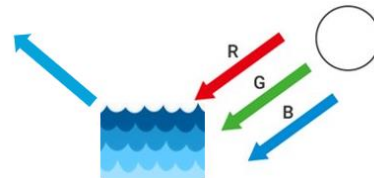
<sup>31</sup> Afirmació extreta de la següent pàgina web: [https://es.wikipedia.org/wiki/Luz\\_violeta](https://es.wikipedia.org/wiki/Luz_violeta).

## 2. Per què el mar és de color blau?

Poca gent es pregunta a què es deu el color blau del mar. Una part de la gent pensa que és un reflex del color blau del cel, d'altres creuen el contrari; que el cel és un reflex del mar (desmentit a l'apartat anterior). En resum, cap de les dues afirmacions són certes.

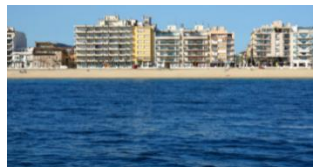
El color blau del mar es deu a la llum blava reflectida provinent del Sol i que ha entrat a la superfície terrestre en forma de radiació directa.

L'aigua ( $H_2O$ ) absorbeix més les longituds d'ona associades al vermell i al verd, que no les que fan referència al blau.



Imatge 6.7. Reflexió i absorció de l'aigua. Font: Internet.

A continuació, amb un exemple, veurem amb una mica més d'exactitud en quina quantitat l'aigua absorbeix i reflecteix els colors primaris. Els valors RGB aproximats són **(41, 92, 145)**.



Imatge 6.8. Mar de Palamós. Font: Internet.

- Llum vermella reflectida: **5,35%** / Llum vermella absorbida: **27,97%**
- Llum verda reflectida: **12,02%** / Llum verda absorbida: **21,31%**
- Llum blava reflectida: **18,95%** / Llum blava absorbida: **14,38%**

Com podem veure, l'aigua reflecteix més quantitat de color blau que no vermell i verd. En efecte veurem el mar de color blau.

La llum reflectida per l'aigua anirà directament al nostre sistema òptic i veurem el mar de color. Però la llum que s'ha quedat a l'aigua, que ha sigut absorbida per aquesta, ho farà de manera diferent segons la longitud d'ona que li pertanyi. La llum blava absorbida és més energètica, fet que produirà que sigui absorbida per l'aigua a molta profunditat. El vermell, és tot el contrari, és molt poc energètic i per tant serà absorbit a les capes altes. El verd serà un entremig dels dos colors.

### 2.1. Per què l'aigua d'un riu o d'un mar és blava, i l'aigua que ens posem en un vas és transparent?

El color blau d'una superfície aquosa serà proporcional a la quantitat d'aigua que hi hagi. En un vas hi ha relativament poca aigua, per tant no hi haurà suficients molècules perquè es dugui a terme una absorció i una reflexió notable. A mesura que anem augmentant la quantitat d'aigua, aquesta va experimentant els dos fenòmens amb més molècules, per tant serà més visible pel sistema òptic.

A la següent imatge trobem un clar exemple. A la vora del mar veiem l'aigua transparent, i a mesura que va augmentat la profunditat de l'aigua es va tornant cada cop més blava.

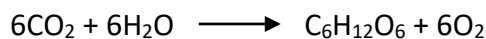


*Imatge 6.9. Exemple aigua blava i transparent. Font: Internet.*

### 3. Per què la majoria de plantes són verdes? Per què quan arriba la tardor agafen colors ataronjats o vermellorsos?

Les fulles de les plantes o dels arbres, siguin vermelles, grogues o verdes i que visquin tant en medi aquós com en la superfície terrestre són les encarregades de realitzar una reacció química imprescindible per la vida dels éssers vius, la fotosíntesi. Aquesta reacció, produeix oxigen i matèria orgànica a la Terra, la qual cosa permet l'aliment, l'energia i per tant la vida a tot tipus d'ésser viu, tant autòtrof<sup>32</sup> com heteròtrof<sup>33</sup>.

La reacció química de la fotosíntesi es basa en la creació de matèria orgànica a partir de matèria inorgànica segons la següent equació química:



Perquè els pigments fotosintètics pugui transformar la matèria inorgànica en orgànica necessiten energia, la font de la qual per naturalesa, és el Sol (llum visible). I aquí és on entren en joc els colors.

<sup>32</sup> Organisme capaç de crear de la seva pròpia matèria orgànica i energia a partir de compostos inorgànics.

<sup>33</sup> Organisme que depèn de la matèria orgànica creada pels autòtrofs per obtenir energia.

Les fulles dels arbres es poden manifestar de diferents colors al llarg de l'any. Durant l'estiu principalment són verdes, a mesura que anem acabant l'estiu i començant la tardor van canviant les seves tonalitats a grogues o vermelles.

Dins de les plantes, fulles o algues hi trobem uns orgànuls anomenats plastids, dins d'aquests hi trobem uns sàculs aplanats anomenats tilacoides i en el seu interior es localitzen els pigments encarregats de realitzar la fotosíntesi: la clorofil·la<sup>34</sup>, la xantofil·la<sup>35</sup> o els carotens<sup>36</sup>.



*Imatge 6.10. El plastid. Font: Internet*

### 3.1. La clorofil·la

El fet de que a l'estiu predomini el color verd en les fulles, vol dir que els pigments fotosintètics que capten la llum i fan la fotosíntesi reflecteixen la llum verda, aquest pigment és la clorofil·la. La clorofil·la, al igual que la resta de pigments fotosintètics, es va regenerant a les cèl·lules vegetals alhora que realitza la fotosíntesi gràcies a la llum solar. El que passa amb la clorofil·la és que és molt fràgil i inestable, és a dir, necessita constantment la radiació solar per regenerar-se.

A l'estiu (mesos de juny, juliol i agost), augmenta el número d'hores en les que les plantes o fulles estan exposades a la llum, per tant la clorofil·la podrà anar-se sintetitzant. També, és cert que per una millor eficiència fotosintètica, a la cèl·lula li interessa absorbir la llum blava i vermella, i reflectir la verda.

<sup>34</sup> Clorofil·la: Pigment fotosintètic de color verd que presenten les plantes i que té la seva funció específica en la fotosíntesi.

<sup>35</sup> Xantofil·la: Pigment fotosintètic de color groc que dona lloc a les tonalitats groguenques d'alguns arbres de fulla caduca durant la tardor.

<sup>36</sup> Carotens: Pigment fotosintètic de color taronja-vermell encarregat de donar les tonalitats rogenques i ataronjades a les fulles un cop degradada la clorofil·la.

- A continuació, tenim una fulla predominantment verda. Els càlculs dels valors RGB són **(130, 161, 44)**.<sup>37</sup> I els valors d'absorció i reflexió<sup>38</sup> són:



- Llum vermella reflectida: **17%** / Llum vermella absorbida: **16,33%**
- Llum verda reflectida: **21,04%** / Llum verda absorbida: **12,29%**
- Llum blava reflectida: **5,75%** / Llum blava absorbida: **27,58%**

Imatge 6.11. Fulla verda. Font: pròpia.

Llavors, podem arribar a la conclusió de que les plantes que realitzen fotosíntesi gràcies a la clorofil·la absorbeixen amb més quantitat les longituds d'ona associades al vermell (**16,33%**) i al blau (**27,58%**) que no les de color verd (**12,29%**), fet que permet veure les plantes de color verd.

### **I doncs, per què ho fan les plantes? Per què necessiten més la llum vermella i blava que no la verda?**

Les longituds d'ona de la llum associades al blau són imprescindibles en la reacció fotosintètica, sobretot per aquells vegetals que es troben en fase inicial i de creixement (germinacions o formació de fulles noves), ja que aquestes ajuden a reduir el creixement vertical de la planta i afavoreixen a que aquesta sigui frondosa. El que seria equivalent a un ésser humà, al créixer molt de cop i arribar a ser molt alt però; no musclejar-se ni nodrir-se com cal.

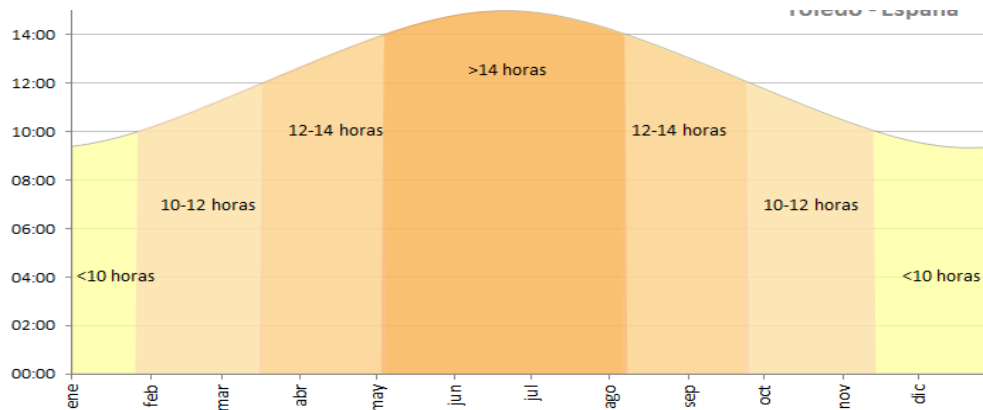
El vermell, per la seva part, és important en varis aspectes: regula el floriment i la producció de fruits, i augmenta el gruix de la tija i la ramificació de la planta.

Per últim, la radiació solar associada a les longituds d'ona del color verd és la que més és reflectida per la planta. Gràcies a això, la planta es veu de color verd.

<sup>37</sup> Calculats a la pàgina web <https://imagecolorpicker.com/es>.

<sup>38</sup> Calculats segons el mètode explicat a l'apartat 4.1.1.

El número d'hores d'insolació diàries segons l'època de l'any queda reflectit a la següent imatge:



Imatge 6.12. Hores de Sol diàries durant l'any. Font: Internet.

### 3.2. Xantofil·la i carotens

Un cop ens apropem a la tardor (als mesos d'octubre i novembre), observem que les fulles canvien de color, passen de ser verdes a grogues i més endavant vermelles. Això és degut a que la quantitat d'hores de Sol durant el dia és menor i la clorofil·la no pot regenerar-se, donant pas a altres pigments fotosintètics més estables com la xantofil·la o els carotens.

En una fulla predominantment groga, els càlculs dels valors RGB són **(204, 175, 35)**. I els valors d'absorció i reflexió són:<sup>39</sup>



- Llum vermella reflectida: **26,66%** / Llum vermella absorbida: **6,67%**
- Llum verda reflectida: **22,87%** / Llum verda absorbida: **10,45%**
- Llum blava reflectida: **4,57%** / Llum blava absorbida: **28,76%**

Imatge 6.13. Fulla groga. Font: pròpia.

De les dades anteriors, es veu que la fulla reflecteix més quantitat de llum vermella que en una fulla verda. Per tant, no hi haurà tanta eficiència fotosintètica com a la fulla verda, ja que la planta necessita absorbir la llum vermella pel correcte desenvolupament de la planta.

<sup>39</sup> El color groc de la fulla és conseqüència de que la llum vermella i verda són reflectides amb més quantitat respecte la llum blava.

En una fulla predominantment vermella, els càlculs dels valors RGB són **(151, 40, 30)**. I els valors d'absorció i reflexió són:



- Llum vermella reflectida: **19,74%** / Llum vermella absorbida: **13,59%**
- Llum verda reflectida: **5,23%** / Llum verda absorbida: **28,1%**
- Llum blava reflectida: **3,92%** / Llum blava absorbida: **29,41%**

*Imatge 6.14. Fulla vermella. Font: pròpia.*

Veiem que la fulla vermella absorbeix menys llum vermella que la planta verda. A més absorbeix una gran quantitat de radiació associada al color verd, la qual és una radiació que la planta sol reflectir més que absorbir quan té una gran eficiència fotosintètica.

**Conclusió:** Segons les hores d'insolació, a la fulla hi predominen diferents pigments fotosintètics, cada un d'ells absorbeix-reflecteix diferents colors, variant per tant les funcions de les plantes, entre molts altres factors, i donant coloració a les fulles.

#### **4. Els colors dels semàfors, tenen alguna cosa a veure amb la psicologia?**

Sovint, no som conscients de la importància dels colors en les nostres emocions i sentiments. No obstant, aquests juguen un paper molt important en el nostre dia a dia, sense anar més lluny, una eina per regular el trànsit vial i afavorir la seguretat viària, els semàfors.

Avui en dia, els semàfors conviuen amb la societat diàriament. Tothom observa els colors d'un semàfor i sap què ha de fer: si és verd passar, si és taronja; anar disminuint la velocitat, i si és vermell aturar-se del tot. Majoritàriament, la gent obeeix les indicacions però, algun cop t'has parat a pensar perquè aquests colors? És casualitat que els 3 colors siguin utilitzats per una ordre determinada?



Doncs no, el vermell és un color enèrgic, viu, que ressalta. Les persones l'associem al perill, a



la sang i és un color que quan el perceps et manté atent. Per aquest motiu s'empra per transmetre a les persones que s'han d'aturar en veure aquest color. A més a més, el vermell és el color amb la longitud d'ona més alta, en conseqüència serà visible des de molta més distància i la gent podrà ser advertida abans de que haurà d'aturar-se.

*Imatge 6.15. Semàfor vermell. Font: Internet.*



El verd, per la seva banda, es podria dir que és tot el contrari, transmet seguretat, tranquil·litat, salut, esperança. Degut a això és utilitzat per indicar als vehicles i vianants que hi ha via lliure i que és segur passar.

*Imatge 6.16. Semàfor verd. Font: Internet.*



El taronja, és una transició al vermell. Per tant és una advertència d'anar en compte ja que en breu esdevindrà el vermell i has d'anar disminuint la velocitat. És un color molt proper a les tonalitats rogenques de l'espectre visible, per tant també serà vist a distàncies llargues.

*Imatge 6.17. Semàfor taronja. Font: Internet.*

## 5. Per què certes ciutats arreu del món escullen un color per pintar la majoria de les façanes de la ciutat?

### 5.1. Chefchauen, Marroc

Ciutat de mitjans del segle XVIII. Relativament petita, uns 50.000 habitants.

Actualment, existeixen 3 teories sobre el per què de que la ciutat sencera de Chefchauen estigui pintada de diferents tonalitats de blau.

La primera teoria és religiosa. És pel fet de que els jueus immigrants es sentissin més a prop de Déu, ja que el blau els recordava el cel.

Una altre, per fer un homenatge al mar. Al estar a prop però inaccessible, podrien haver pintat les cases de blau per representar-lo i fer-li un homenatge.

La tercera, i la més científica era per repel·lir els mosquits, ja que antigament no es coneixien altres mètodes per espantar-los. Actualment ja existeixen altres mètodes però, el casc antic de la ciutat ha mantingut el color blau de les seves cases, el qual fa que sigui la característica distintiva del lloc.



*Imatge 6.18. Chefchauen. Font: Internet.*

### 5.2. “Los Pueblos Blancos” de Cadis (Andalusia)

La ruta per aquests petits pobles del nord Cadis és una atracció turística constituïda per 19 localitats. En totes elles, destaca el color blanc de les seves façanes.

Pintar les façanes de color blanc és una tradició començada a l'època romana, desenvolupada a l'època musulmana i popularitzada al segle XIX sobretot a la Península Ibèrica.

Recomanaven la calç com a desinfectant per evitar propagacions de malalties i epidèmies. Com a conseqüència d'això moltes esglésies andaluses encara presenten aquesta coloració, ja que en aquella època les esglésies servien com a refugi pels malalts.

També era símbol de neteja i higiene, ja que quan una persona defallia, se li pintava l'habitació de calç o inclús als nínxols.

És antic, senzill de preparar i aplicar, ecològic; no es necessiten productes químics, econòmic i una molt bona tècnica per refrescar les cases en els mesos més calorosos, ja que el color blanc impedeix que els raigs de llum (calor) quedin atrapats en els murs, per tant són reflectits.



*Imatge 6.19. "Los Pueblos Blancos". Font: Internet.*

### 5.3. Jaipur, Índia

És una ciutat dins de l'estat de Rajasthan.

És una ciutat ja de per si acolorida. A part dels elefants tatuats i els seus basars, destaca pel color rosa de les façanes de les cases i del palau dels vents.

Aquesta ciutat és denominada com a "Ciutat Rosa de l'Índia", i és la ciutat més acolorida de l'Àsia.

La versió més probable del color rosa de la ciutat sorgeix el 1876, l'any en que el príncep Albert de Gales i la Reina Isabel van visitar la ciutat com a part del seu recorregut pel triangle daurat de l'Índia<sup>40</sup>. Per els dirigents de Jaipur, el color rosa simbolitza l'hospitalitat; de benvinguda als visitants, així doncs, el referent maharajà<sup>41</sup> Ram Singh va ordenar als seus súbdits que pintessin de color rosa les façanes de les cases més importants, sobretot aquelles que estaven a prop de temples i forts.

Poc després, una de les mullers del maharajà, el va convèncer de mantenir el color de les façanes i no pintar cap altre edifici que no sigui de color rosa.



*Imatge 6.20. Jaipur, Índia. Font: Internet.*

<sup>40</sup> Circuit turístic de l'Índia format per les ciutats de Delhi, Jaipur i Agra.

<sup>41</sup> És un títol reial que significa "Gran Rei" utilitzat pels prínceps sobirans de l'Índia, principalment pels hindús.

#### 5.4. Izamal, Mèxic

Ciutat situada a la província de Yucatán.

La teoria sobre el perquè del color groc als carrers i en les façanes de les cases que té més força consisteix en que el color groc és una representació sagrada pels maies. El color dels carrers i de les façanes simbolitzava la cultura del poble, ja que el color groc s'associa al blat, a la collita i a la vida.

Un altre teoria és que a la dècada del 1850 quan el negoci de l'henequèn<sup>42</sup> havia davallat i es necessitava un impuls al poble uniformant-lo. Així doncs, el 1993, quan el Papa Juan Pablo II va visitar la ciutat i tenint en compte que els colors de la Ciutat del Vaticà són el groc i el blau, molts habitants van decidir pintar les façanes amb el mateix criteri.



Imatge 6.21. Izamal, Mèxic. Font: Internet.

#### 5.5. “Los Pueblos Negros” de Guadalajara

Utilitzen un material per construir les cases molt propi de l'arquitectura rural i molt abundant en aquella zona, que és la pissarra. Això fa que totes les estructures de les cases agafin unes tonalitats fosques pròpies de la pissarra, on a part de negre, hi ha el color ocre o vermell apagat.

Els ponts, les esglésies, fonts complementen les cases de la zona, ja que també agafen un to fosc.

Seria raonable pensar que utilitzen aquests tons foscos per captar més l'energia solar, ja que en aquests indrets les temperatures que predominen són les baixes.

Hi ha altres llocs on gaudir de paisatges d'aquesta arquitectura com la vall d'Aran (Els Pirineus) o a Las Hurdes (Extremadura). Però, “Los Pueblos Negros de Guadalajara” són els més famosos i més bonics, ja que hi ha una major concentració d'aquests tipus de pobles.



Imatge 6.22. “Los Pueblos Negros”. Font: Internet.

<sup>42</sup> És una espècie de planta amb fulles repletes d'espines originària del sud de Mèxic i Guatemala.

## 7. CONCLUSIONS

Les hipòtesis que em vaig marcar a l'inici del treball han estat comprovades, i els objectius assolits. Com a resum dels apartats anteriors, arribo a les següents conclusions:

- Els colors que absorbeixen els diferents objectes, seran els únics que no veurem.
- Els colors són el resultat de la forma en què la llum es reflecteix en la matèria.
- El color dels objectes influeix en la temperatura assolida al llarg d'un temps determinat.
- Existeix una coincidència entre el càlcul de la reflectivitat dels recipients realitzat científicament (Laboratori de Física de la UdG), i el trobat per mi en base als experiments i deduccions fetes al llarg del treball (RGB i LAB). La qual cosa ha suposat una gran satisfacció personal.
- Els colors de la Terra condicionen el resultat de l'efecte albedo.
- La majoria de la gent és influenciada d'una manera semblant per cadascun dels colors.

Vaig començar el treball amb la il·lusió d'aprendre com d'important podrien arribar a ser els colors en el nostre planeta, entorn i vida.

He estudiat el marc teòric i la fascinació que ha causat l'estudi de la llum i els colors en els científics al llarg de la història. He parlat amb persones del món universitari, urbanístic, persones que m'envolten, i tots coincideixen en la importància que tenen els colors en la nostra vida quotidiana.

Podem dir que el color ens dona la vida. Sense el color, la nostra vida seria molt diferent. Gràcies al color, ens podem escalfar, podem gaudir dels paisatges, podem tenir diferents sensacions segons el color dels objectes que ens envolten. El nostre estat d'ànim està influenciat (no condicionat) pel que veiem i com ho veiem. Ens agrada descansar mirant el mar, una muntanya, un bosc,... l'observació dels colors fa que els objectes inanimats participin de la vida que els donem quan són observats.

Amb els experiments que he realitzat, he vist com afecta el color en la temperatura del medi en que vivim. Una cosa és conèixer aquesta informació pels llibres, i l'altre és mesurar-ho i poder-ho comprovar. Ha sigut emocionant per a mi poder ser capaç de simular l'afectació en

l'escalfament del planeta estudiant una sola de les múltiples variables que afecten en aquest escalfament: la composició dels colors dels objectes.

Probablement no hagi fet cap descobriment, però el que sí he fet ha estat descobrir com de fascinant és el món que ens envolta i els seus colors.

No arribem mai a respondre a totes les preguntes que ens fem, sempre n'hi ha una darrera cada resposta. He descobert que la ciència és com l'univers: un món que no té final, un món infinit...

Finalment, puc dir que he arribat a la millor de les conclusions que podia arribar: què petits som, quan ens falta per aprendre...

## 8. AGRAÏMENTS

A la senyora Maria Dolors Parés, professora de química de la UdG, per donar-me la oportunitat de conèixer l'espai de color CieLAB.

Al senyor Jordi Colomer, professor de física de la UdG, per complementar i aprofundir en el món dels colors i els seus efectes des d'una perspectiva física.

Al senyor José Abel, professor de física de la UdG, per aclarir certs dubtes que m'anaven sorgint al llarg del treball, i poder calcular des d'una perspectiva completament científica la reflectivitat.

A totes aquelles persones que han col·laborat de forma anònima en contestar l'enquesta referent l'impacte que tenen els colors en l'estat anímic i sensorial de les persones.

A la senyora Montserrat Poll, arquitecte de FPM Arquitectura, per l'ajuda i opinió professional sobre la influència dels colors en urbanisme.

A la meva professora de física i tutora del treball de recerca, senyora Montserrat Miralles, per la seva orientació, ajuda i constància al llarg del meu treball.

## 9. FONTS CONSULTADES

### Llibres

- AMIGO MARTÍN, PABLO. *Termotecnia, aplicaciones agroindustriales*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, S.A, 1999.
- BERNS, ROY S. *Billmeyer and Saltzman's principles of color technology*. Estats Units: Wiley-Interscience, 2000.
- DÜTMANN, MARTINA; SCHMUCK, FRIEDRICH; UHL, JOHANNES. *El color en la arquitectura*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.A, 1982.
- HELLER, EVA. *Psicología del color*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.A, 2004.
- LOPEZ RODRIGUEZ; DIAZ DIAZ; JIMENEZ MORENO. *Problemas de física, volumen V: Óptica*. Madrid: Librería internacional de Romo, S.L, 1979.
- SERRA, SALVADOR; ARMENGOL, MONTSERRAT; MERCADÉ, JOAN M. *Física 1r Batxillerat*. Madrid: McGraw-Hill/Interamericana de España, S.L, 2018.
- SERRA, SALVADOR; ARMENGOL, MONTSERRAT; MERCADÉ, JOAN M. *Física 2n Batxillerat*. Madrid: McGraw-Hill/Interamericana de España, S.L, 2018.
- WELTY, JAMES R; WICKS, CHARLES E; WILSON, ROBERT E. *Fundamentos de transferencia de momento, calor y masa*. Mèxic: Limusa, S.A, 1993.

### Pàgines web

- BLOG DE GEOGRAFÍA DEL PROFESOR JUAN MARTÍN MARTÍN. El suelo urbano se triplica a nivel mundial. [Internet] Accessible a: <http://blogdegeografiadejuan.blogspot.com/2014/05/el-suelo-urbano-se-triplica-de-todo-el.html>. Consulta: 16-08-2022.
- WIKIPEDIA. Llum. [Internet]. Accessible a: <https://ca.wikipedia.org/wiki/Llum>. Consulta: 10-03-2022.
- FOTONOSTRA. Como son percibidos los colores. Accessible a: <https://www.fotonostra.com/grafico/coloresobjetos.htm>. Consulta: 23-05-2022 .
- WIKIPEDIA. RGB. [Internet]. Accessible a: <https://es.wikipedia.org/wiki/RGB>. Consulta: 1-07-2022



- PROMIX. La influencia de la luz en el crecimiento del cultivo. [Internet]. Accessible a: <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/la-influencia-de-la-luz-en-el-crecimiento-del-cultivo/>. Consulta: 20-09-2022.
- METEORED. ¿Por qué el mar es azul? [Internet]. Accessible a: <https://www.tiempo.com/noticias/ciencia/-por-que-el-mar-es-azul-.html>. Consulta: 2-09-2022.
- TENDENCIAS HOY. Chefchaouen. [Internet]. Accessible a: <https://www.economiadigital.es/tendencias/hoy/viajeros/destinos/chefchaouen-a-quien-se-le-ocurrio-pintar-de-azul-este-pueblo-20029598-102.html>. Consulta: 30-09-2022.
- GUÍAS VIAJAR. Escapada por la Guadalajara más rural en la ruta de los Pueblos Negros. [Internet]. Accessible: <https://guias-viajar.com/espana/guadalajara-ruta-pueblos-negros/>. Consulta: 30-09-2022.
- PORESTO. ¿Por qué Izamal está pintada de amarillo?. [Internet]. Accessible a : <https://www.porestto.net/turismo-mexico/2020/12/11/por-que-izamal-esta-pintada-de-amarillo-aqui-te-decimos-226905.html>. Consulta: 1-10-2022.
- ITINERIS CULTURE. ¿Por qué las casas de los pueblos andaluces son blancas? [Internet]. Accessible a: <https://itinerisculture.com/las-casas-los-pueblos-andaluces-blancas/>. Consulta: 1-10-2022.
- BLOG SOCIEDAD GEOGRÁFICA DE LAS ÍNDIAS. El origen del color de Jaipur, la Ciudad Rosa de la India. [Internet]. Accesible a: <https://www.lasociedadgeografica.com/blog/monumentos/el-origen-del-color-de-jaipur-la-ciudad-rosa-de-la-india/>. Consulta: 10-10-2022.
- ATROMÍA. El arcoiris de Newton. [Internet]. Accessible a: <https://www.astromia.com/astrologia/newtonluz.htm>. Consulta: 4-05-2022.
- CSIC. MUSEO VIRTUAL DE LA CIENCIA. La naturaleza de la luz. [Internet]. Accessible a: <https://museovirtual.csic.es/salas/luz/luz30.htm>. Consulta: 17-03-2022.
- DICCIONARI D'ARQUITECTURA I CONSTRUCCIÓ. Definición de frente de onda y conceptos relacionados. [Internet]. Accessible a: <https://www.parro.com.ar/definicion-de-frente+de+onda>. Consulta: 2-04-2022.
- IBERDROLA. Radiación solar. [Internet]. Accessible a: <https://www.iberdrola.com/compromiso-social/radiacion-solar>. Consulta: 1-07-2022.

- KENHUB. Fotorreceptores. [Internet]. Accessible a: <https://www.kenhub.com/es/library/anatomia-es/fotorreceptores>. 20-05-2022.
- ADDITIU DIGITAL. La psicologia del color en el marketing digital. [Internet]. Accessible a: <https://additiu.com/la-psicologia-del-color-en-el-marketing-digital/>. Consulta: 1-10-2022.
- EDUCADICTOS. Significado de los colores en el marketing. [Internet]. Accessible a: <https://www.educadictos.com/significado-de-los-colores-en-el-marketing/>. Consulta: 1-10-2022.
- ATC. Por qué las hojas de los árboles cambian de color? [Internet]. Accessible a: <https://atcmantenimientos.com/las-hojas-los-arboles-cambian-color/>. Consulta: 21-09-2022.
- NASA CIENCIA. Por qué el cielo es azul? [Internet]. Accessible a: <https://spaceplace.nasa.gov/blue-sky/sp/>. Consulta: 31-10-2022.
- METEOROLOGÍAENRED. Albedo de la Tierra. [Internet]. Accessible a: <https://www.meteorologiaenred.com/albedo-de-la-tierra.html>. Consulta: 8-07-2022.
- UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA. Evaluación del color y tolerancia de color en alimentos a través del espacio CieLAB. [Internet]. Accessible a: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/83392/Talens%20-%20Evaluaci%C3%B3n%20del%20color%20y%20tolerancia%20de%20color%20en%20alimentos%20a%20trav%C3%A9s%20del%20espacio%20CIELAB.pdf?sequence=1>. Consulta: 3-04-2022.
- PROYECTACOLOR. Recursos teóricos y prácticos sobre el color. [Internet]. Accessible a: <https://proyectacolor.cl/>. Consulta: 11-04-2022.

#### Material audiovisual

- UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA. *Descripción del color en el espacio Ciel\*a\*b\**. <https://www.youtube.com/watch?v=Q7afXHJNpnQ&t=303s>
- TV3. *Quèquicom, què és la temperatura de color?. 2015.*
- *Conoce tu visión.* <https://www.youtube.com/watch?v= psXBF1YIJU>

- *Absorción de la luz (fenómenos ópticos).*  
[https://www.youtube.com/watch?v=h59Ht\\_v-nc](https://www.youtube.com/watch?v=h59Ht_v-nc)
- *La TEORIA CORPUSCULAR de la LUZ.*  
<https://www.youtube.com/watch?v=RGWbyGCbcmY>
- *Radiación electromagnética ¿Onda o partícula?*  
[https://www.youtube.com/watch?v=F4hH7wW\\_IAY](https://www.youtube.com/watch?v=F4hH7wW_IAY)
- *Radiación solar y radiación terrestre – Meteorología.*  
<https://www.youtube.com/watch?v=r03BhPmiySA>
- *Dispersión de Rayleigh.* <https://www.youtube.com/watch?v=Uia0leq-2yA>

#### Articles i estudis

- GAZMÍN, CARLA. “El planeta se calienta más rápido y el albedo (radiación a la atmosfera) de la Tierra es el responsable”. Crea Cuervos. Dia 28/07/2022.
- ALCÁNTARA, ALBERTO. “Tenir terrats blancs i més zones verdes abaixaria més de 4°C la temperatura a Barcelona”. TV3 Catalunya Ràdio. Dia 10/09/2022.

#### Imatges del treball

- Imatge 2.1. Reflexió especular i reflexió difusa. Font: Internet.  
[http://2.bp.blogspot.com/-SZt8N7oj\\_Y8/UORMphd6III/AAAAAAAAHKQ/a347YEGq484/s1600/Reflexi%C3%B3n+difusa+y+especular.jpg](http://2.bp.blogspot.com/-SZt8N7oj_Y8/UORMphd6III/AAAAAAAAHKQ/a347YEGq484/s1600/Reflexi%C3%B3n+difusa+y+especular.jpg)
- Imatge 2.2. Refracció de la llum. Font: Internet.  
[https://sites.google.com/site/lum3nati5/\\_/rsrc/1479723758275/iluminacion-natural/tipos-de-transmision-de-la-luz/refraccion/concepto-de-refraccion.png?height=320&width=311](https://sites.google.com/site/lum3nati5/_/rsrc/1479723758275/iluminacion-natural/tipos-de-transmision-de-la-luz/refraccion/concepto-de-refraccion.png?height=320&width=311)
- Imatge 2.3. Exemple refracció de la llum. Font: Internet.  
[https://64.media.tumblr.com/7553412e822cdc6de9185880152615bb/tumblr\\_inline\\_p4cko8UbPR1t7xk4o\\_500.png](https://64.media.tumblr.com/7553412e822cdc6de9185880152615bb/tumblr_inline_p4cko8UbPR1t7xk4o_500.png)

- Imatge 2.4. Tipus d'ones transversals polaritzades en funció de la direcció de vibració de les partícules del medi. Font: Internet.  
[https://miro.medium.com/max/720/1\\*RHRRW5T-e927VvMpjkLb1g.png](https://miro.medium.com/max/720/1*RHRRW5T-e927VvMpjkLb1g.png)
- Imatge 2.5. Polarització d'una ona electromagnètica. Font: Internet.  
[https://miro.medium.com/max/720/1\\*RHRRW5T-e927VvMpjkLb1g.png](https://miro.medium.com/max/720/1*RHRRW5T-e927VvMpjkLb1g.png)
- Imatge 2.6. Difracció de la llum en funció de l'obstacle. Font: Internet.  
[https://sites.google.com/site/megafoniaysonorizacionronald/\\_/rsrc/1444811211230/t01-prin-bas-del-sonido/1-4-niveles-acusticos/1-4-1-potencia-sonora-de-una-fuente-w/1-4-2-intensidad-sonora-i/1-4-3-presion-sonora/1-4-4-propagacion-de-las-ondas-sonoras-en-el-espacio-libre/1-4-5-suma-de-niveles-de-sonido/1-4-6-nivel-sonoro-continuo-equivalente/1-4-7-sonoridad/1-5-mecanismos-de-propagacion-del-sonido/1-5-1-velocidad-de-propagacion/1-5-2-longitud-de-onda/1-5-3-reflexion/1-5-4-absorcion/1-5-5-refraccion/1-5-6-difraccion/diffract\\_esp.jpg](https://sites.google.com/site/megafoniaysonorizacionronald/_/rsrc/1444811211230/t01-prin-bas-del-sonido/1-4-niveles-acusticos/1-4-1-potencia-sonora-de-una-fuente-w/1-4-2-intensidad-sonora-i/1-4-3-presion-sonora/1-4-4-propagacion-de-las-ondas-sonoras-en-el-espacio-libre/1-4-5-suma-de-niveles-de-sonido/1-4-6-nivel-sonoro-continuo-equivalente/1-4-7-sonoridad/1-5-mecanismos-de-propagacion-del-sonido/1-5-1-velocidad-de-propagacion/1-5-2-longitud-de-onda/1-5-3-reflexion/1-5-4-absorcion/1-5-5-refraccion/1-5-6-difraccion/diffract_esp.jpg)
- Imatge 2.7. Newton i la descomposició de la llum. Font: Internet.  
<https://www.astromia.com/astrologia/fotos/newtonluz.jpg>
- Imatge 2.8. L'espectre electromagnètic. Font: Internet  
<https://cursoparalaunam.com/wp-content/uploads/2020/03/espectro-electromagnetico-1.jpg>
- Imatge 3.1. Situació de l'espectre visible en l'espectre electromagnètic. Font: Internet  
<https://lumombroart.com/wp-content/uploads/2021/09/el-espectro-visible-de-la-luz-y-los-colores-del-arcoiris-1024x576.jpg>
- Imatge 3.2. La còrnia. Font: Internet.  
<https://mejorconsalud.as.com/anatomia-del-ojo/>
- Imatge 3.3. La pupil·la. Font: Internet.  
<https://mejorconsalud.as.com/anatomia-del-ojo/>
- Imatge 3.4. L'iris. Font: Internet.  
<https://mejorconsalud.as.com/anatomia-del-ojo/>
- Imatge 3.5. El cristal·lí. Font: Internet.  
<https://mejorconsalud.as.com/anatomia-del-ojo/>
- Imatge 3.6. Els músculs ciliars. Font: Internet.  
<https://mejorconsalud.as.com/anatomia-del-ojo/>

- Imatge 3.7. La retina. Font: Internet.  
<https://mejorconsalud.as.com/anatomia-del-ojo/>
- Imatge 3.8. Estructura de la retina. Font: Internet.  
<https://www.brillpharma.com/wp-content/uploads/2019/02/Estructura-Retina-ojo.jpg>
- Imatge 3.9. Bastó. Font: Internet.  
<https://us.123rf.com/450wm/designua/designua1210/designua121000018/16049336-estructura-esquem%C3%A1tica-de-la-varilla-de-c%C3%A9lulas-perif%C3%A9rica-de-c%C3%A9lulas-visi%C3%B3n-de-los-bastoncillos-o-v.jpg?ver=6>
- Imatge 3.10. Con. Font: Internet.  
<https://previews.123rf.com/images/designua/designua1210/designua121000017/16049326-los-conos-o-conos-son-las-c%C3%A9lulas-fotorreceptoras-de-la-retina-del-ojo-que-son-responsables-de-la-vi.jpg>
- Imatge 3.11. Formació dels colors segons la teoria RGB. Font: Internet.  
<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e0/Synthese%2B.svg/640px-Synthese%2B.svg.png>
- Imatge 3.12. Formació del blanc. Font: pròpia
- Imatge 3.13. Formació colors subtractius primaris. Font: pròpia.
- Imatge 3.14. Formació del negre. Font: pròpia
- Imatge 3.15. El triangle de colors de Maxwell. Font: Internet.  
<https://homepages.abdn.ac.uk/j.s.reid/pages/Maxwell/Legacy/Maxtriangle.gif>
- Imatge 3.16. Càlcul valors RGB del recipient groc. Font: pròpia.
- Imatge 3.17. Tons. Font: Internet.  
<http://www.proyectacolor.cl/wp-content/uploads/2008/12/matiz1.gif>
- Imatge 3.18. Puresa del color vermell. Font: Internet.  
<http://www.proyectacolor.cl/wp-content/uploads/2008/12/saturacion.gif>
- Imatge 3.19. Lluminositat. Font: pròpia.
- Imatge 3.20. Lluminositat del color vermell. Font: pròpia.
- Imatge 3.21. Pla cromàtic de 2 dimensions de l'espai de color CieLAB. Font: Internet.  
<https://sensing.konicaminolta.us/wp-content/uploads/ciecolorspace-29309si549.jpg>
- Imatge 3.22. Espai de color CieLAB. Font: Internet.  
<https://sensing.konicaminolta.us/wp-content/uploads/ColorSphere.jpg>

- Imatge 3.23. Laboratori de Química de la UdG. Font: pròpia.
- Imatge 4.1. El Sol i la Terra. Font: Internet.  
<https://www.muyinteresante.es/ciencia/articulo/a-cuanta-distancia-esta-la-tierra-del-sol-111600025732>
- Imatge 4.2. Radiació solar difusa. El cel blau. Font: Internet.  
<https://es.vecteezy.com/foto/3168580-fondo-cielo-azul-con-nubes>
- Imatge 4.3. Albedo de diferents superfícies del planeta. Font: Internet.  
<https://es.vecteezy.com/foto/3168580-fondo-cielo-azul-con-nubes>
- Imatge 4.4. Neu verge. Font: Internet.  
<https://skifarellones.com/fotos/nieve-figuras-nieve-virgen/>
- Imatge 4.5. Absorció i reflexió d'un cos de color vermell pur segons la teoria RGB. Font: Internet.  
<https://www.keyence.com.mx/ss/products/sensor/sensorbasics/color/info/>
- Imatge 4.6. Un tomàquet predominantment vermell. Font: Internet.  
<https://www.enciclopedia.cat/gran-enciclopedia-catalana/tomaquet.>
- Imatge 4.7. Experiment al Laboratori de Física de la UdG. Font: pròpia.
- Imatge 4.8. Espectròmetre. Font: pròpia
- Imatge 4.9. Preparació de l'experiment 2. Font: pròpia.
- Imatge 4.10. Recipients de colors exposats al Sol. Font: pròpia.
- Imatge 4.11. Observació de l'augment de temperatura. Font: pròpia.
- Imatge 4.12. Anotació de resultats. Font: pròpia.
- Imatge 4.13. Preparació de l'experiment 3. Font: pròpia
- Imatge 4.14. Comprovació de la temperatura inicial dels termòmetres. Font: pròpia.
- Imatge 4.15. Recipients en exposició al Sol. Font: pròpia.
- Imatge 4.16. Lectura i anotació de la temperatura. Font: pròpia.
- Imatge 4.17. Videotrucada amb Jordi Colomer. Font: pròpia.
- Imatge 4.18. Jordi Colomer. Font: Internet.  
<https://www.udg.edu/ca/projectes/fragmentum/research-team>
- Imatge 4.19. Videotrucada amb José Abel. Font: pròpia.
- Imatge 4.20. José Abel. Font: Internet.  
<https://www.udg.edu/ca/grupsrecerca/fisica-ambiental/equip>
- Imatge 5.1. Entrevista a FPM Arquitectura. Font: pròpia.

- Imatge 5.2. Façana característica de Sitges. Font: pròpia.
- Imatge 5.3. Les façanes amb “el blau de Sitges”. Font: pròpia.
- Imatge 5.4. Bombó embolicat de daurat. Font: Internet.  
<https://www.youtube.com/user/FerreroRocherES>
- Imatge 5.5. Productes ecològics. Font: Internet.  
<https://www.miarevista.es/nutricion/13383.html>
- Imatge 5.6. Colònia blava. Font: Internet.  
<https://www.amazon.es/Perfumes-Fragancias-Perfume-Caballeros-Toilette/dp/B08YRBM9ZT>
- Imatge 5.7. Cotxe vermell. Font: Internet.  
<https://frenomotor.com/ferrari/el-caso-de-ferrari-y-los-coches-que-arden>
- Imatge 5.8. Vestit negre. Font: Internet.  
<https://uniformesdeazafatas.com/producto/vestido-negro-eventos-especiales/>
- Imatge 5.9. Logotip de Apple. Font: Internet.  
<https://www.pinterest.com/pin/356980707936758269/>
- Imatge 5.10. Logotips de color taronja. Font: Internet.  
<https://www.enutt.net/como-usar-los-colores-en-marketing-para-crear-emociones>
- Imatge 6.1. Relació longitud d’ona i partícules atmosfèriques. Font: Internet.  
<https://www.youtube.com/watch?v=alA70DnXQT0>
- Imatge 6.2. Posició del Sol durant el dia. Font: Internet.  
<https://www.youtube.com/watch?v=Uia0leq-2yA>
- Imatge 6.3. El cel blau. Font: Internet.  
<https://es.vecteezy.com/foto/3168580-fondo-cielo-azul-con-nubes>
- Imatge 6.4. Posició del Sol al capvespre. Font: Internet.  
<https://www.youtube.com/watch?v=Uia0leq-2yA>
- Imatge 6.5. Un capvespre d’agost a Sitges. Font: pròpia.
- Imatge 6.6. El capvespre de Zanzíbar, Tanzània. Font: pròpia.
- Imatge 6.7. Reflexió i absorció de l’aigua. Font: Internet.  
<https://www.keyence.com.mx/ss/products/sensor/sensorbasics/color/info/>
- Imatge 6.8. Mar de Palamós. Font: Internet.  
<http://www.apartamentspalamos.com/es/>

- Imatge 6.9. Exemple aigua blava i transparent. Font: Internet.  
<https://www.tiempo.com/noticias/ciencia/-por-que-el-mar-es-azul-.html>
- Imatge 6.10. El plast. Font: Internet.  
<https://quizlet.com/243888519/biology-chloroplast-diagram/>
- Imatge 6.11. Fulla verda. Font: pròpia.
- Imatge 6.12. Hores de Sol diàries durant l'any. Font: Internet.  
<https://nubededatos.blogspot.com/2014/03/duracion-del-dia-y-horario-de-verano-en.html>
- Imatge 6.13. Fulla groga. Font: pròpia.
- Imatge 6.14. Fulla vermella. Font: pròpia.
- Imatge 6.15. Semàfor vermell. Font: Internet.  
<https://autoescuelaeurovial.com/es/blog/ver/noticias/por-que-los-semaforos-son-rojo-ambar-y-verde>
- Imatge 6.16. Semàfor verd. Font: Internet.  
<https://autoescuelaeurovial.com/es/blog/ver/noticias/por-que-los-semaforos-son-rojo-ambar-y-verde>
- Imatge 6.17. Semàfor taronja. Font: Internet.  
<https://autoescuelaeurovial.com/es/blog/ver/noticias/por-que-los-semaforos-son-rojo-ambar-y-verde>
- Imatge 6.18. Chefchauen. Font: Internet.  
<https://www.getyourguide.es/marrakech-safi-l876/ciudades-imperiales-viaje-de-3-dias-desde-marrakech-a-chefchaouen-t228385/>
- Imatge 6.19. "Los Pueblos Blancos". Font: Internet.  
<https://www.barcelo.com/guia-turismo/es/espana/malaga/que-ver/ruta-de-los-pueblos-blancos/>
- Imatge 6.20. Jaipur, Índia. Font: Internet.  
<https://lifestyletravelnetwork.com/blog/jaipur/>
- Imatge 6.21. Izamal, Mèxic. Font: Internet.  
<https://turquesanews.mx/yucatan/reportan-primera-muerte-por-coronavirus-en-izamal-yucatan/>



- Imatge 6.22. “Los Pueblos Negros”. Font: Internet.

<https://www.misviajessensaciones.com/2016/05/ruta-pueblos-negros-de-Guadalajara.html>

## 10. ANNEXOS

### Annex I. Teoria Corpuscular i Ondulatòria de la Llum

La Teoria Corpuscular de la Llum es situa a finals del segle XVII amb Isaac Newton al capdavant.

Les fonts emissores de llum (sol, llamp o foc) emeten partícules (corpuscles) en totes direccions i a gran velocitat formants rajos lluminosos. Aquesta rajos viatjaven a través de l'espai sense ser afectats pel camp gravitatori, ja que deduïen que la velocitat de la llum era massa gran perquè es veiés alterada.

La reflexió en la Teoria corpuscular consistia en un xoc completament elàstic en el qual no es perd energia i la velocitat abans i després del xoc es manté constant. Aquest fenomen permetia la formació d'ombres, sempre i quan la superfície reflectora fos opaca. Si en comptes de ser opac, fos transparent, els corpuscles tindrien la capacitat de transmetre's i penetrar a través del cos transparent i continuar la seva trajectòria.



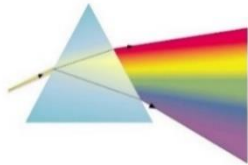
*Imatge annex I.1. Formació d'ombres. Font: Internet.*

La Teoria corpuscular també explicava la refracció, bastant-se en que quan la llum passa d'un medi menys dens (aire) a un més dens (aigua) augmenta de velocitat.

No obstant això, quan la llum insereix sobre la interfase entre aire i aigua, algunes partícules pateixen reflexió i d'altres es refracten. Aquest fet mai va poder ser explicat per la Teoria corpuscular de la llum.

Newton postulava que la llum era la barreja de tots els colors diferents, tal i com havia demostrat amb l'experiment del prisma i la dispersió de la llum.

Pensava que cada color era un corpuscle o partícula de diferent mida. El vermell era el corpuscle més gran i el violeta el més petit. En base això, Newton va intentar explicar el que havia passat amb el seu experiment: com que la partícula vermella era la més gran; era la més difícil de desviar, en canvi la partícula violeta era la més petita i més fàcil de desviar.



Imatge annex 1.2. Descomposició de la llum. Font: Internet.

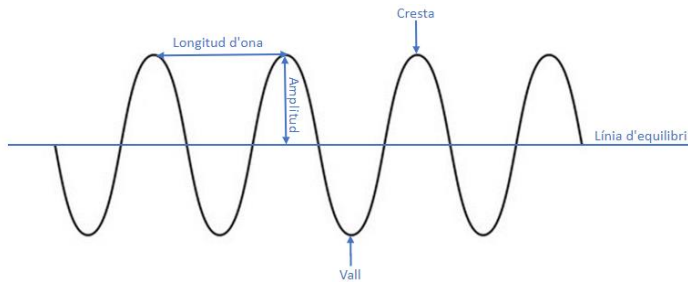
Per entendre la teoria que assegura que la llum és una ona, primer s'ha de conèixer què és una ona.

### Què és una ona?

Una ona com a tal és una prolongació d'una pertorbació del medi material originada al focus emissor (conjunt de partícules del medi material on s'origina la pertorbació). L'ona no transporta matèria, sinó quantitat de moviment i energia fins al focus emissor (qualsevol punt del medi material on es pot rebre la pertorbació).

- Tota ona compleix aquestes 7 característiques:
  - **Longitud d'ona ( $\lambda$ ):** És la longitud d'una oscil·lació completa o longitud que hi ha entre dues crestes o dos valls consecutius/ves. La unitat del SI és el metre (m).
  - **Període ( $T$ ):** El temps que tarda una partícula a fer una oscil·lació completa. La unitat en el SI és el segon (s).
  - **Freqüència ( $f$ ):** El nombre d'oscil·lacions per segon. Per tant és la inversa del període:  $T = \frac{1}{f}$ . Es mesura en Hertz (Hz), un Hertz és un oscil·lació per segon.
  - **Velocitat de fase:** La velocitat amb què es transmeten les quantitats de moviment i d'energia des del focus emissor fins al focus receptor. La velocitat de cada ona dependrà de la longitud d'ona, originant aquesta fórmula:  $v = \lambda \cdot f$ . On  $v$  és la velocitat de fase,  $\lambda$  és la longitud d'ona que va variant en funció del medi, i  $f$  és la freqüència; la qual cada ona té la seva i es manté intacta.
  - **Front d'ona:** Conjunt de punts del medi els quals la part més allunyada de l'inici de la pertorbació de l'ona assoleix.

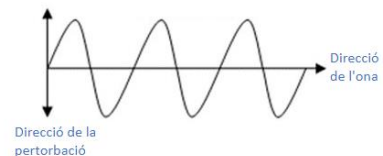
- **Cresta o vall:** La cresta és el punt de màxima amplitud de l'ona, és a dir, el punt més separat respecte la línia d'equilibri. La vall és el mateix que la cresta però en el sentit oposat.
- **Amplitud (A):** La distància de la vall o la cresta a la línia d'equilibri. La unitat en el SI és el metre (m).



Imatge annex 1.3. Característiques d'una ona. Font: elaboració pròpia.

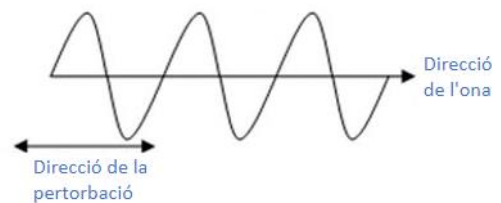
- **Segons la direcció de pertorbació de l'ona, aquesta pot ser transversal o longitudinal.**

Direm que una ona és transversal si la direcció a la qual es mouen les partícules del medi material (oscil·lacions) transportant quantitat de moviment i energia és perpendicular a la direcció de propagació de l'ona. Un exemple seria el moviment ondulatori realitzat per una corda quan li apliquem un moviment de dalt a baix (pertorbació del medi material).



Imatge annex 1.4. Ona transversal. Font: Internet.

Si per el contrari, les partícules del medi material oscil·len a la mateixa direcció que l'ona, serà una ona longitudinal. Per exemple, realitzar un moviment d'esquerre a dreta en una molla fa que l'energia i la quantitat de moviment viatgin a la mateixa direcció a la que ho fa l'ona.



Imatge annex 1.5. Ona longitudinal. Font: Internet.

- **Segons el medi en el qual es propaguen aquestes ones poden ser: ones mecàniques, electromagnètiques o gravitacionals.**

Les ones mecàniques requereixen d'un medi natural per transmetre's: el so necessita l'aire per propagar-se, les ones que sorgeixen pel fet de que una pedra xoqui amb l'aigua necessiten l'aigua per propagar-se, o inclús l'exemple anterior de la corda. Ja que aquestes depenen de les vibracions de les partícules que al xocar unes amb les altres transfereixen l'energia d'un lloc a un altre.



*Imatge I.6. Ona mecànica a l'aigua. Font: Internet.*

- **Creador del Model ondulatori de la Llum: Christiaan Huygens**

Els primers indicis i teories sobre la possibilitat de que la llum fos una ona els trobem al segle XVII amb el físic holandès Christiaan Huygens com a màxim exponent.

Huygens postulava que la llum era una ona mecànica longitudinal, semblant al so. És a dir, que la llum es propaga mitjançant ones mecàniques que són produïdes per un focus emissor de llum. Les partícules del medi oscil·len i transmeten l'energia de partícula en partícula. El principi de Huygens, que deia que qualsevol front d'ona és susceptible a convertir-se en un nou focus emissor d'ones secundàries, també explicava el que avui en dia són les lleis de reflexió, refracció i difracció de la llum. El fet de que la teoria de Huygens afirmés que la llum és una ona mecànica, volia dir que s'havia de propagar a través d'algun medi natural. Per aquesta raó, els defensors de la teoria i sobretot Huygens van suposar que l'univers (el buit) estava ple d'un fluid anomenat èter, i que la llum es propagava a través d'aquest. Finalment, al segle XIX es va demostrar la falsedat de l'existència d'aquest fluid en l'espai.



*Imatge annex I.7. Christiaan Huygens.  
Font: Internet*

No obstant això, les teories enfocades en que la llum es comportava com una ona no van tenir repercussió degut als descobriments de Newton en aquella època.

- **Assentament del Model ondulatori de la llum i rebuig del Model Corpuscular de la mà de Thomas Young i Augustin Fresnel**

El segle XIX va ser un segle clau per la ciència, ja que gràcies a l'experiment de la doble ranura del científic anglès Thomas Young es va posar en evidència la naturalesa ondulatoria de la llum i rebutjava la Teoria corpuscular. Al llarg d'aquest segle es va anar desenvolupant cada cop més l'evidència gràcies als experiments del físic francès Augustin Jean Fresnel, el qual va poder explicar fenòmens de la llum com la difracció, les interferències i la polarització de la llum, a més de demostrar que la llum era una ona transversal i que es movia a una velocitat de  $3 \cdot 10^8$  m/s.



Imatge annex I.8. Thomas Young. Font: Internet.

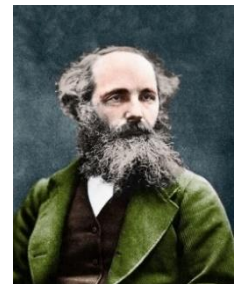


Imatge annex I.9. Augustin Jean Fresnel. Font: Internet.

- **El pensament de James Clerk Maxwell que postulava que la llum era un tipus d'ona electromagnètica**

Les aportacions de físics com Fresnel o Young van donar a peu a noves investigacions i nous conceptes sobre les ones i la ciència en general.

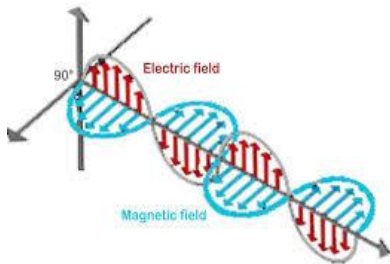
Sense anar-nos massa lluny en el temps, cap a mitjans-finals dels segle XIX, James Clerk Maxwell, un físic anglès publica la teoria de que la llum és una ona electromagnètica.



Imatge annex I.10. James Clerk Maxwell. Font: Internet.

Maxwell afirmava que la unió d'un camp elèctric i un camp magnètic n'originava un de nou, l'electromagnètic; degut als efectes i interaccions causats per la seva combinació.

Posteriorment, amb les famosos lleis de Maxwell va descobrir que aquest camp es transmetia com una ona mecànica transversal (de la mateixa manera que ho fa la llum). I aquestes ones són la combinació de camps elèctrics i magnètics, ambdós perpendiculars, creats per la presència de partícules elèctriques i magnètiques. Els camps elèctrics generen camps magnètics i els magnètics en generen d'elèctrics. Més ben dit, el moviment accelerat de les càrregues elèctriques o camps elèctrics generen camps magnètics, i els camps magnètics en generen d'elèctrics, la qual cosa fa que l'ona es vagi propagant a través de l'espai amb els dos camps retroalimentant-se entre sí. És veritat que el camp magnètic i el camp elèctric són perpendiculars entre sí però, també ho són respecte la direcció de propagació de l'oscil·lació, per tant com deia Maxwell, les ones electromagnètiques o radiació electromagnètica són un tipus d'ones transversals.



*Imatge annex I.11. Ona electromagnètica. Font: Internet.*

Amb les lleis de Maxwell, també es va donar una xifra per la velocitat en que aquestes ones electromagnètiques es propagaven:  $3 \cdot 10^8$  m/s. Aquesta xifra coincidia amb la velocitat de la llum, la qual cosa la llum va a passar a ser considerada com un tipus d'ona electromagnètica. Aquesta velocitat és la velocitat en què es propaguen a l'espai, en el buit i s'expressa amb la lletra *c*. A l'aire també es propaguen a aquesta velocitat, ja que és un medi molt poc dens i la velocitat no es veu afectada.

### - L'experiment de Hertz i la reforç de la Teoria electromagnètica de Maxwell

La hipòtesi de Maxwell, no res més que una predicció sense demostració experimental i per tant, la confirmació de la relació d'existència entre la llum i les ones electromagnètiques. Aquesta demostració experimental va arribar l'any 1887 de la ma del físic alemany Heinrich Hertz.

A grans trets, el seu experiment consistia en crear ones electromagnètiques diferents a les de la llum, ja que va crear ones de  $10^8$  Hz de freqüència, que equival a 3 metres de longitud d'ona. Les va detectar a certa distància i va comprovar que tenien les mateixes propietats que la llum: reflexió, refracció i difracció. Per aquest fet, donava constància de que la llum era un tipus d'ona electromagnètica.



*Imatge annex I.12. Heinrich Rudolf Hertz. Font: Internet.*

En resum, aquest experiment va servir per:

- Constatar que la llum es un tipus d'ona electromagnètica.
- Es pot crear ones electromagnètiques diferents a les de la llum (amb diferents freqüències i longituds d'ona).
- Demostrar i afirmar la Teoria electromagnètica de Maxwell: *el moviment accelerat de les càrregues elèctriques genera ones electromagnètiques que transmeten energia i quantitat de moviment.*<sup>43</sup>

A més Hertz, va ser important per la naturalesa de la llum no només en l'àmbit ondulatori, sinó també en el corpuscular liderat per Newton. Hertz va descobrir l'efecte fotoelèctric, fet que va donar peu a Newton per corroborar la seva Teoria sobre la llum i els fotons.

A diferència de la Teoria corpuscular, per la Teoria ondulatoria l'energia lluminosa no està emmagatzemada en partícules (fotons), sinó que està distribuïda per tot el front d'ona.

<sup>43</sup> Afirmació extreta del llibre de física McGrawHill Education de Batxillerat.



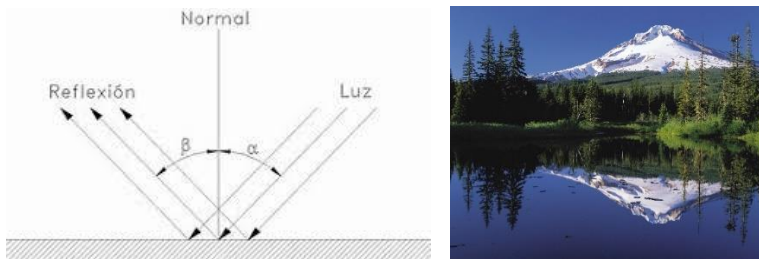
## Annex II. Explicació dels 2 tipus de reflexió de la llum

### - Reflexió especular

Quan  $R_1$  ha incidit sobre la superfície a una velocitat  $v_1$  formant un angle d'incidència ( $\alpha_1$ ) determinat, la superfície reflecteix la llum en forma d'ona reflectida ( $R_2$ ). La direcció de propagació de la llum reflectida serà diferent a la de la llum incident però, l'angle de reflexió ( $\alpha_2$ ) serà idèntic a l'angle d'incidència ( $\alpha_1$ ), per tant  $\alpha_1 = \alpha_2$ .

El motiu de que els dos angles siguin idèntics no és per cap altre motiu que la presència d'una sola línia Normal en tota la superfície, ja que aquesta és extremadament llisa i plana.

La reflexió especular es dona en superfícies molt llises i planes.



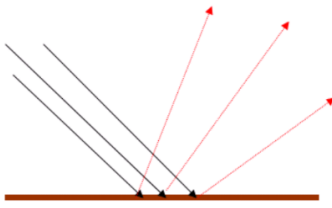
Imatge annex II.1. Reflexió especular. Font: Internet. Imatge annex II.2. Exemple radiació especular. Font: Internet

### - Reflexió difusa o difusió de la llum

Un cop el raig o la llum incident ( $R_1$ ) ha incidit sobre la superfície i ha format un angle d'incidència ( $\alpha_1$ ) determinat, la superfície reflecteix la llum que ha incidit en forma d'ona reflectida ( $R_2$ ) però, a diferència de la reflexió especular, l'angle de reflexió ( $\alpha_2$ ) és diferent a  $\alpha_1$ .

El motiu de que els angles d'incidència i reflexió siguin diferents entre sí és perquè no hi ha una sola línia Normal en la superfície, ja que aquesta és rugosa i fa que cada rugositat de la superfície tingui una Normal diferent.

Com que l'ona reflectida es pot dirigir a moltes direccions diferents, la reflexió difusa és la que permet a l'observador tenir la percepció del color, i per tant de les imatges de l'entorn.



*Imatge annex II.3. Reflexió difusa. Font: Internet.*



*Imatge annex II.4. Exemple reflexió difusa. Font: Internet*

## Annex III. La dispersió de la llum segons Newton

### **El descobriment de la dispersió de la llum, Isaac Newton**

Ens situem el 1667, època en la qual es creia que la llum estava formada per corpuscles. El mateix físic i fundador d'aquesta teoria, Isaac Newton, va ser també la primera persona en demostrar la dispersió de la llum blanca.

La llum havia sigut investigada i estudiada durant 2000 anys. Els científics havien arribat a la conclusió de que la llum no era una mescla de tots els colors, sinó que era una modificació d'aquesta. Pensaven que la llum era pura i que venia en línia recta fins a la superfície i que era possible veure els objectes de color gràcies a que la llum (partícules) rebotava sobre ells.

Només es podia estudiar la naturalesa en general gràcies a la llum, així que hi havia la incògnita de saber com era possible que gràcies a la llum poguéssim distingir i estudiar la naturalesa.

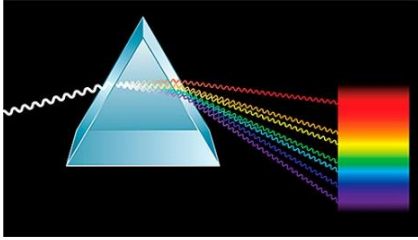
Això és el que va portar a Newton a realitzar aquest senzill però efectiu experiment revolucionari, donant una nova descripció completament diferent de la llum.

### **El prisma de Newton**

A través d'un forat a una finestra, Newton va deixar entrar un raig de llum blanca en una habitació completament fosca. Per dur a terme la descomposició d'aquest raig de llum, Newton va emprar un prisma que faria la funció d'(espectroscopi).

Va fer passar la llum pel prisma, de manera que la llum el va travessar i es va veure descomposta en els 6 colors fonamentals (vermell, taronja, groc, verd, blau i violeta), un a sobre de l'altre a una paret a 7 metres de distància respecte el prisma.

El color que més es va desviar respecte el prisma va ser el violeta, mentre que el vermell, pràcticament no va canviar la seva direcció.



*Imatge annex III.1. Dispersió de la llum a través d'un prisma. Font: Internet.*

A partir d'aquí, el físic tenia 2 possibles interpretacions del que acabava d'experimentar: el prisma modificava la llum; és a dir; li donava color, o la llum era la suma de tots els colors i el prisma només la descomponia.

A base de més experiments i comprovacions fets per ell mateix, la llum va resultar ser la mescla de tots els colors i el prisma només feia la funció de crear l'espectre visible.

No obstant això, no se sabia el perquè, ja que encara no estàvem al segle XVII i la Teoria ondulatòria de la llum estava per descobrir.

### **La dispersió de la llum avui en dia**

Avui en dia, amb els coneixements ondulatoris de la llum i la dualitat ona-corpúscle s'ha conegut el perquè del que va descobrir Newton:

Quan el raig de llum blanca incideix sobre un objecte amb un orifici el qual la seva longitud és molt semblant la longitud d'ona de la llum ( $3,09 \cdot 10^{-7} \text{m} - 7,8 \cdot 10^{-7} \text{m}$ ), aquesta es difractarà. En aquest cas, l'orifici o objecte estret el qual el raig va travessar va ser el famós prisma de Newton. Aquest, a part de funcionar com a focus emissor el qual originava ones secundàries, també servia d'espectroscopi, ja que quan el raig de llum (policromàtica) és obligat a passar per l'orifici estret, un cop el traspassa i es difracta, ja no es comporta o es propaga com un raig normal, sinó que es dispersa o es descompon en les radiacions de diferent longitud d'ona (monocromàtiques) que la constitueixen: els colors, o ara ja podem dir espectre visible.

Aquest fenomen és el que anomenem com a dispersió de la llum.

Posteriorment, els 6 colors purs de l'espectre es van enfocar a la paret un a sobre de l'altre, amb la peculiaritat de que tots havien canviat la seva direcció de propagació. El vermell és el que es va desviar menys, continuant pel taronja, groc, verd, blau i violeta; el qual va agafar una trajectòria més desviada respecte el prisma. La ciència moderna ha pogut estudiar a què es devia aquest fenomen:

La manera en què aquesta llum es dispersa depèn del fenomen comentat anteriorment: la refracció.

La refracció es veu molt lligada a la longitud d'ona, de tal forma que una longitud d'ona més petita li correspondrà una velocitat de fase més petita en el segon medi (el prisma), segons la següent equació:  $v = \lambda \cdot f$

Com a conseqüència tindrà un índex de refracció més gran, per tant la desviació serà més notable respecte el focus emissor; el punt on s'ha dispersat la llum, i tindrà un angle de refracció més gran.

Exemple:

El vermell té una longitud d'ona molt alta, per tant farà que la seva velocitat en el segon medi sigui alta. Gràcies a aquest fet, es desviarà molt poc respecte la trajectòria del raig de llum blanca.

El violeta, en canvi té una longitud d'ona molt baixa, fet que provocarà que la seva velocitat de fase també sigui baixa. En conseqüència serà la longitud d'ona, color o part de l'espectre visible que més es refractarà o més es desviarà.

## Annex IV. Taula de les ones electromagnètiques en funció de la freqüència i longitud d'ona

Radiació electromagnètica	Longitud d'ona, $\lambda$ en metres (m)	Freqüència, $f$ en Hertz (Hz)
Raigs Gamma	$6 \cdot 10^{-12} - 10^{-14}$	$3 \cdot 10^{22} - 5 \cdot 10^{19}$
Raigs X	$6 \cdot 10^{-10} - 6 \cdot 10^{-12}$	$5 \cdot 10^{17} - 5 \cdot 10^{19}$
Radiació ultraviolada	$3,90 \cdot 10^{-7} - 6 \cdot 10^{-10}$	$7,69 \cdot 10^{14} - 5 \cdot 10^{17}$
Llum visible	$7,8 \cdot 10^{-7} - 3,90 \cdot 10^{-7}$	$3,84 \cdot 10^{14} - 7,69 \cdot 10^{14}$
Radiació infraroja	$10^{-3} - 7,8 \cdot 10^{-7}$	$3 \cdot 10^{11} - 3,84 \cdot 10^{14}$
Microones	$0,3 - 10^{-3}$	$10^9 - 3 \cdot 10^{11}$
Ones de radiofreqüència	Alguns quilòmetres fins a 0,3	$10^9$ aprox.

Taula annex IV.1. Tipus de radiació electromagnètica en funció de longitud d'ona i freqüència. Font: Llibre de física 1r Batxillerat.

## Annex V. Comparació entre els valors RGB utilitzats en els experiments i els teòrics

En aquest annex faig una comparació entre els valors RGB que he obtingut a través de la pàgina web referenciada al cos principal del treball i els teòrics segons la teoria de codificació RGB.

Les coordenades obtingudes del blanc i el negre quadren aproximadament amb la teoria explicada anteriorment. Ja que el blanc ha de tenir la mateixa i alta quantitat de les 3 coordenades.

Color	R	G	B	Mitjana
Blanc	240	244	247	243,67

Taula V.1. Taula dels valors RGB del recipient blanc. Font: elaboració pròpia.

Amb el negre passa exactament al revés: té la mateixa quantitat dels 3 colors, però en una quantitat o valor baix/a.

Color	R	G	B	Mitjana
Negre	44	51	57	50,67

Taula V.2. Taula dels valors RGB del recipient negre. Font: elaboració pròpia.

Respecte els 3 colors additius primaris, en part quadren amb la teoria però, hi ha petits matisos a comentar.

En el cas del vermell, aproximadament correspon a les coordenades que hauria de tenir el vermell pur, ja que té el valor R molt alt, i el G i B molt baix i semblants.

Color	R	G	B	Mitjana
Vermell	188	55	76	106,33

Taula V.3. Taula dels valors RGB del recipient vermell. Font: elaboració pròpia.

Amb el verd i el blau, la cosa canvia una mica en el sentit de que sobretot el verd, no corresponen a les característiques dels colors purs. En primer lloc, el verd té correcte el valor R, ja que no ha de ser gaire alt però, els valors G i B són molt equivalents. Amb la qual cosa, es pot arribar a la conclusió de que no és un verd pur és, sinó un verd-blavós amb el verd més dominant que el blau.

Color	R	G	B	Mitjana
Verd	11	176	141	109,33

Taula V.4. Taula dels valors RGB del recipient verd. Font: elaboració pròpia.

Amb el blau es podria dir que passa el mateix però s'acosta més a com hauria de ser el blau pur. Té molt baix el valor R, això és correcte. Però, el G i el B els té amb una quantitat elevada i més o menys semblant. El que dona a pensar que tindria més sentit de que enlloc d'un blau pur fos un blau-verdós amb el blau més dominant que el verd.

Color	R	G	B	Mitjana
Blau	11	114	174	99,67

Taula V.5. Taula dels valors RGB del recipient blau. Font: elaboració pròpia.

El groc és l'únic color substractiu primari emprat per fer el meu experiment. Compleix amb les característiques del groc teòric: molta i mateixa quantitat de R i G, i molta menys de blau.

Color	R	G	B	Mitjana
Groc	236	239	72	182,33

Taula V.6. Taula dels valors RGB del recipient groc. Font: elaboració pròpia.

L'últim color, el taronja observem que el valor més alt és el vermell i una mica menys el verd, la qual cosa seria ideal per crear un taronja pur. Però, el fet de que el blau tingui el mateix valor que el verd, fa indicar que és un taronja més blavós.

Color	R	G	B	Mitjana
Taronja	189	103	103	131,67

Taula V.7. Taula dels valors RGB del recipient taronja. Font: elaboració pròpia.



## Annex VI. Valors RGB globus de colors

Per ampliar la informació, també s'ha calculat els valors RGB de 12 globus de diferents colors, seguint el mateix procediment que els recipients de vidre de colors, obtenint els següents resultats:

Color	R	G	B	Mitjana
Blanc	240	229	235	234,67
Rosa	216	61	129	135,33
Vermell	239	46	99	128,00
Taronja	239	80	78	132,33
Taronja daurat	222	117	39	126,00
Groc	246	255	165	222,00
Verd clar	134	203	52	129,67
Verd fosc	50	166	120	112,00
Blau	1	133	199	111,00
Blau fosc	50	65	127	80,67
Violeta	112	81	158	117,00
Negre	73	65	73	70,33

Taula VI.1. Taula dels valors RGB dels globus de colors. Font: elaboració pròpia.

## Annex VII. Coordenades LAB globus de colors

Amb la fi de complementar la pràctica d'obtenció de paràmetres de color amb el colorímetre i voler provar i conèixer el sistema de color CieLAB amb una gama més àmplia de colors, vaig fer el mateix amb globus de diferents colors.



*Imatge VII.1. Material per la pràctica d'obtenció de paràmetres de color. Font: pròpia.*

Color	L	A	B	To	Lluminositat	Puresa
Blanc	90,05	-1,88	10,07	100,57	90,05	10,24
Rosa	54,37	47,57	9,98	11,85	54,37	48,61
Vermell	50,62	52,45	22,74	23,44	50,62	57,17
Taronja	56,59	52,84	50,41	43,65	56,59	73,03
Taronja daurat	65,86	19,25	49,2	68,63	65,86	52,83
Groc	90,35	-12,92	63,2	101,55	90,35	64,51
Verd clar	66,27	-43,12	60,05	125,68	66,27	73,93
Verd fosc	44,16	-34,89	15,59	155,92	44,16	38,21
Blau clar	37,18	4,21	-42,41	275,67	37,18	42,62
Blau fosc	30,66	10,35	-27,83	290,4	30,66	29,69
Violeta	40,25	29,31	-33,37	311,29	40,25	44,41
Negre	25,68	0,44	-3,37	277,44	25,68	3,40

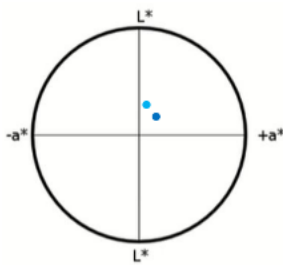
*Taula VII.1. Taula de les coordenades CieLAB i propietats psicofísiques dels globus de colors. Font: elaboració pròpia.*

## Annex VIII. Exemple de situació d'un color a l'espai de color CieLAB

Globus de colors blau clar i blau fosc:

Color	L	A	B	To	Lluminositat	Puresa
Blau clar	37,18	4,21	-42,41	275,67	37,18	42,62
Blau fosc	30,66	10,35	-27,83	290,4	30,66	29,69

Taula VIII.1. Taula de les coordenades CieLAB i propietats psicofísiques dels globus blau clar i blau fosc. Font: elaboració pròpia.

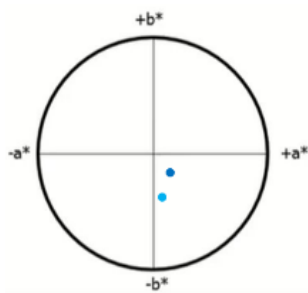


Un cop situats el color blau clar i blau fosc en el pla acromàtic (L i A) podem observar que:

- El blau clar té un valor de L més elevat que el blau fosc, per tant té una lluminositat més elevada (s'acosta més a blanc).

Imatge VIII.1. Localització del color blau clar i blau fosc en el pla acromàtic de l'espai de color CieLAB. Font: Elaboració pròpia.

Amb els punts marcats en el pla cromàtic (B i A) podem establir que:



- Els dos colors, els quals representen tonalitats blaves, estaran en el quart quadrant (entre 270 i 360 graus).
- El blau clar s'acosta més a la vora de la circumferència, està més separada del que seria l'escala acromàtica, per tant tindrà una puresa més elevada que el blau fosc i s'acostarà més al que és el blau de l'espectre visible.

Imatge VIII.2. Localització del color blau clar i blau fosc en el pla cromàtic de l'espai de color CieLAB. Font: Elaboració pròpia.

## Annex IX. Experiment: Estudi del temps d'explosió de globus segons el color

### Hipòtesi:

- Els colors que a simple vista es veuen més clars, tardaran més temps en explotar. Al revés amb els que es veuen més foscos. Per tant, l'ordre en què els globus explotaran correspondrà a l'ordre en què estan ordenats segons l'efecte albedo.

### Objectius:

- Contrastar les dades obtingues en l'experiment 2.
- Experimentar l'afecte del color en un altre tipus d'objecte, els globus.

### Material:

- 12 globus de colors diferents.
- 1 lupa
- 1 inflador
- Cronòmetre

### Variable a controlar:

- Temps d'explosió (segons) en funció del color.

### Procediment:

1. Inflem tots els globus amb la mateixa quantitat d'aire amb l'inflador (3 manxades).
2. Exposem un globus al Sol, amb l'ajuda d'una altra persona començar a cronometrar el temps alhora que col·loquem la lupa a una certa distància del globus enfocant-lo, de tal manera que es centri tota l'energia solar en un punt i que es vegi dibuixat al globus un cercle com més petit millor. Esperem a que exploti i parem de cronometrar.
3. Anotem el resultat i repetim el procediment amb la resta de globus.



*Imatge IX.1. Exposició del globus negre a la llum solar. Font: pròpia.*

**Resultats:**

COLOR	DIA	HORA	TEMPERATURA AMBIENT (°C)	TEMPS	TEMPS EXPLOSIÓ (segons)
Blanc	3/8/2022	16:30h - 16:45h	30	Assolellat	No explota
Groc	3/8/2022	16:30h - 16:45h	30	Assolellat	No explota
Verd clar	3/8/2022	16:30h - 16:45h	30	Assolellat	1,50
Taronja daurat	3/8/2022	16:30h - 16:45h	30	Assolellat	4,18
Taronja	3/8/2022	16:30h - 16:45h	30	Assolellat	1,07
Rosa	3/8/2022	16:30h - 16:45h	30	Assolellat	2,30
Vermell	3/8/2022	16:30h - 16:45h	30	Assolellat	2,13
Verd fosc	3/8/2022	16:30h - 16:45h	30	Assolellat	2,12
Violeta	3/8/2022	16:30h - 16:45h	30	Assolellat	2,19
Blau	3/8/2022	16:30h - 16:45h	30	Assolellat	2,57
Blau fosc	3/8/2022	16:30h - 16:45h	30	Assolellat	1,36
Negre	3/8/2022	16:30h - 16:45h	30	Assolellat	1,37

Taula IX.1. Resultats de l'experiment 3. Font: elaboració pròpia.

**Conclusions:**

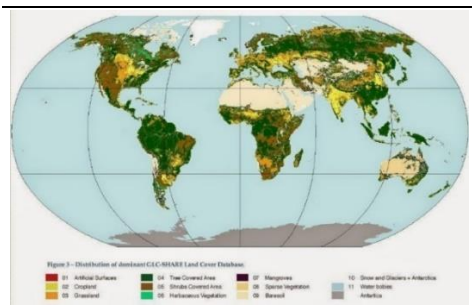
COLOR	% albedo segons LAB	% albedo segons RGB	% albedo mitjà	TEMPS EXPLOSIÓ (segons)
Blanc	90,05	92,03	91,04	No explota
Groc	90,35	87,06	88,705	No explota
Verd clar	66,27	50,85	58,56	1,50
Taronja daurat	65,86	49,41	57,635	4,18
Taronja	56,59	51,9	54,245	1,07
Rosa	54,37	53,07	53,72	2,30
Vermell	50,62	50,2	50,41	2,13
Verd fosc	44,16	43,92	44,04	2,12
Violeta	40,25	45,88	43,065	2,19
Blau	37,18	43,53	40,355	2,57
Blau fosc	30,66	31,63	31,145	1,36
Negre	25,68	27,58	26,63	1,37

Taula IX.2. Percentatges d'albedo dels globus de colors i temps d'explosió. Font: pròpia.

- S'ha de tenir en compte que és un experiment poc precís amb un gran error humà (enfocar la lupa en el globus de la mateixa manera en tots els globus). És per aquest motiu que alguns dels resultats no segueixen la hipòtesi inicial marcada.
- Tot i això, el groc i el blanc, que són els colors més clars, per tant tenen un albedo més alt, no han explotat, atès que la majoria de la radiació solar que els arriba, la reflecteixen.
- També, dos dels colors més foscos com el blau fosc o el negre, han sigut dels més ràpids en explotar, ja que enlloc de reflectir la majoria de la radiació, l'absorbeixen.

Annex X. Escrit de Juan Martín Martín publicat en el seu blog de geografia de data 6/05/2014.

## Títol: “El suelo urbano se triplica a nivel mundial (desde que se inicio el S.XXI)”

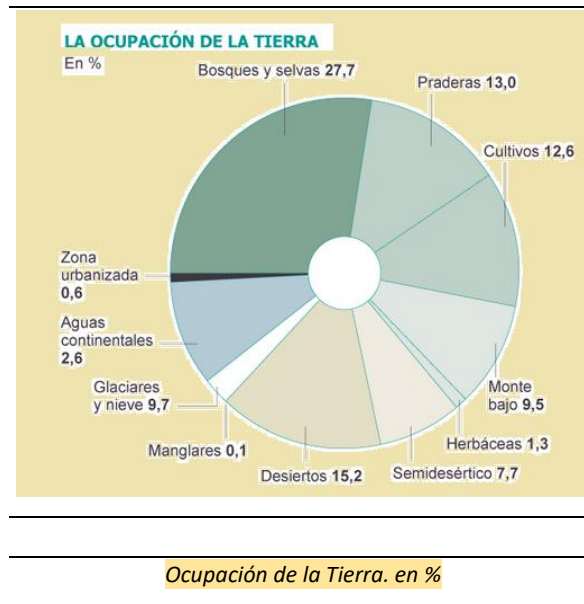


Ocupación de la Tierras. Mapa.

Global Land Cover-ACCIÓN del año 2014

Parece que el **proceso de urbanización en el mundo es imparable**. No deja de crecer. la urbanización va comiendo terreno a pasos agigantados. En el último trabajo, el *Global Land Cover-SHARE* que ha publicado la Organización para la Alimentación y la Agricultura de la ONU (FAO), se considera ocupado artificialmente ya el 0,6% del terreno. La propia FAO hace una comparación con otro mapa similar, *el GLC2000*, de hace 14 años.

Si el aumento de la superficie construida es grande en términos relativos, en términos absolutos lo es más **la pérdida de superficie dedicada a zonas arboladas (bosques o selvas incluidas)**. Los pulmones del planeta, clave por su absorción de dióxido de carbono y emisión de oxígeno, sufren una reducción continua. En 2000 ocupaban el 29,4% de su superficie; en 2013, había bajado al 27,7%. **Saber más**



Aquest quadre, tal com diu l'autor en el seu blog representen els percentatges de la part sòlida de la superfície de la Terra, que és aproximadament el 30%. El 70% restant són els mars i els oceans. Per tant, els percentatges de l'estudi es multiplicaran per 0,3 per passar-ho a superfície total de la Terra.

El percentatge de mont baix l'he dividit en dos, 50% verd i 50% taronja.

L'estudi de percentatge del color blau és la suma del 70% de mars i oceans de la Terra, més les aigües continentals.

A partir d'aquest escrit, m'ha facilitat trobar els percentatges aproximats de cada color a la superfície de la Terra. Per fer-ho, he fet les següents agrupacions i càlculs:

#### **A) VERD**

(%Bosc i selves + %prats + %cultius + ½ %mont baix + %herbàcies) x 0,3 = % de verd.

% de verd = (27,7 + 13 + 12,6 + 4,75 + 1,3) x 0,3 = **17,81% de verd.**

#### **B) TARONJA**

(%Semideserts+ %deserts + %manglars + ½ %mont baix) x 0,3 = % de taronja.

% de taronja = (7,7 + 15,2 + 0,1 + 4,75) x 0,3 = **8,3% de taronja.**



**C) BLANC**

(%Glaciars i neu) x 0,3 = % de blanc.

9,7 x 0,3 = **2,91% de blanc.**

**D) NEGRE**

(%Zona urbanitzada) x 0,3 = % de negre.

0,6 x 0,3 = **0,18% de negre.**

**E) BLAU**

(%Aigües continentals) x 0,3 + 70% = % de blau.

2,6 x 0,3 + 70 = **70,78% de blau.**

