



**XVII Premi PRBB al millor treball de recerca en
Ciències de la Salut i de la Vida**

2022

Treball guanyador del 1r premi

Fotoprotectors solars

Cesc Anguera i Marçal Armengol

Tutora: Àngels Carrera

Institut Pau Vila (Sabadell)

FOTOPROTECTORS SOLARS



ABSTRACT

Aunque no nos damos cuenta, la radiación solar es la protagonista de muchas muertes silenciosas. En España, dos de cada tres cánceres de piel están directamente relacionados con la radiación solar. Por consiguiente, decidimos elaborar un trabajo para concienciar a la población.

Con relación al marco teórico, los objetivos planteados han sido; explicar la radiación solar, los factores que la hacen alterar, los rayos UV y sus efectos en la salud de los humanos. Por otra parte, se ha explicado la fotoprotección, los fotoprotectores y como estos se deben aplicar. En cuanto a la parte práctica, el objetivo principal ha sido comprobar si las propiedades de diferentes fotoprotectores: uno de nuevo, uno de abierto doce meses, uno de caducado y uno hecho por nosotros son parecidas. El último objetivo ha sido investigar sobre el mercado de la fotoprotección.

El método de trabajo empleado en el bloque teórico ha sido la indagación de información utilizando Internet, libros y artículos científicos. En la parte práctica hemos utilizado material de laboratorio y hemos realizado un amplio estudio de mercado.

Los resultados obtenidos han sido una crema realizada por nosotros, la cual se ajusta a las características de una de nueva. Seguidamente, se ha visto que la crema caducada no nos protege del Sol. También hemos logrado obtener una tabla comparativa entre un gran abanico de diferentes productos.

Se han llegado a las conclusiones de que un fotoprotector realizado en condiciones no profesionales puede ser funcional. Así mismo, se ha visto que una crema caducada pierde sus propiedades básicas. La principal conclusión del estudio de mercado es que en función del tipo de fotoprotector (crema, leche, bruma y aceite) el ingrediente principal será diferente.

Palabras clave: *cáncer de piel, radiación solar, rayos UV, fotoprotección y fotoprotectores.*

ABSTRACT

Even though we do not notice it, solar radiation is the main cause of various unperceived deaths. In Spain, two out of three skin cancers are related to radiation. Because of that, we did a labour to raise awareness.

Regarding the theoretical part, the objectives that were propped are to explain solar radiation, the factors that make it vary, the UV rays and their effect on our body. Furthermore, photoprotection, photoprotectors and how to apply them have all been explained. Looking at the practical part, the main objective was proving if the qualities of various photoprotectors: an unused one, an opened one, an expired one and, finally, one created by ourselves were similar. Another objective was to investigate about the photoprotection market.

The methodology used in the theoretical part, was the research using Internet, books, and scientific articles. In the practical part, we used laboratory material and we elaborated a vast market study.

The results achieved have been a sunscreen created by ourselves which adjusts with the qualities of a new one. In addition, we established that an expired sunscreen does not protect us from the sun. We have also achieved a comparative table with a great expense of products.

We have got to the conclusion that a photoprotector made in non-professional conditions can be functional. Moreover, we have seen that an expired one loses its main characteristics. The primary conclusion of the market study is that depending on the type of a photoprotector (cream, oil, spray...) the main ingredient changes.

Key words: *skin cancer, solar radiation, UV radiation, photoprotection, photoprotectors.*

ÍNDEX

1.	INTRODUCCIÓ	9
1.1.	TEMA DEL TREBALL I OBJECTIUS	9
1.1.1.	<i>Hipòtesis</i>	9
1.2.	MOTIVACIÓ	10
1.3.	RELLEVÀNCIA CIENTÍFICA.....	10
1.4.	METODOLOGIA.....	11
2.	MARC TEÒRIC	13
2.1.	LA RADIACIÓ SOLAR.....	13
2.1.1.	<i>Que és i com es forma</i>	13
2.1.2.	<i>L'espectre electromagnètic</i>	13
2.1.2.1.	<i>L'espectre de la radiació solar</i>	14
2.1.3.	<i>Direcció d'incidència de la irradiació solar</i>	16
2.2.	RADIACIÓ UV.....	17
2.2.1.	<i>L'IUV</i>	18
2.2.2.	<i>Factors que influeixen a la radiació UV</i>	19
2.2.3.	<i>Radiació UV arreu del món</i>	21
2.3.	EFFECTES DE LA SALUT DESPRÉS DE L'EXPOSICIÓ DE RAJOS UV	23
2.3.1.	<i>Efectes a llarg termini a la sobreexposició solar</i>	24
2.3.2.	<i>Efectes a curt termini a la sobreexposició solar</i>	28
2.3.3.	<i>Beneficis de la radiació ultraviolada</i>	29
2.4.	FOTOPROTECTORS SOLARS	30
2.4.1.	<i>Història de la fotoprotecció</i>	30
2.4.2.	<i>Tipus de fotoprotecció</i>	31
2.4.3.	<i>Càlcul del FPS</i>	32
2.4.4.	<i>Recomanació d'ús de fotoprotectors</i>	35
3.	MARC PRÀCTIC	39
3.1.	REALITZACIÓ D'UN FOTOPROTECTOR	39
3.2.	CONTROL DE QUALITAT I COMPARACIÓ DE DIFERENTS FOTOPROTECTORS	43

3.2.1.	<i>Introducció</i>	43
3.2.2.	<i>Control biològic</i>	44
3.2.3.	<i>Control d'acidesa o càlcul del pH</i>	50
3.2.4.	<i>Absorció de la radiació</i>	52
3.2.5.	<i>Qualitat de l'emulsió</i>	57
3.2.6.	<i>Refracció de les cremes</i>	59
3.2.7.	<i>Anàlisi qualitatiu</i>	61
3.3.	MOSTRARI I COMPARACIÓ DE DIFERENTS ETIQUETES	64
3.3.1.	<i>Introducció</i>	64
3.3.2.	<i>Anàlisi general</i>	65
4.	CONCLUSIONS	71
5.	ANNEX	73
5.1.	PREPARACIÓ DEL MEDI D'UNA PLACA DE PETRI	73
5.2.	TAULA DE L'ESTUDI DE MERCAT DE LES ETIQUETES	76
6.	BIBLIOGRAFIA I WEBGRAFIA	79

INTRODUCCIÓ

Tema del treball i objectius

El tema principal d'aquest treball, com bé ens indica el nom són els fotoprotectors solars. Per emmarcar, justificar i ubicar el tema principal, hem fet una introducció teòrica sobre les radiacions. On ens hem centrat en la solar i els raigs UV, ja que aquests són el motiu pel qual ens apliquem els fotoprotectors. Pel que fa a la radiació UV hem parlat de la seva classificació, de com incideix a la superfície terrestre i dels seus efectes en la salut.

Un cop sabem de què ens protegeixen els fotoprotectors, vam indagar en aquests. N'hem explicat la història, els tipus, l'aplicació i hem donat recomanacions d'ús d'aquests productes. Un cop adquirits els coneixements bàsics hem realitzat un fotoprotector a un laboratori no professional i hem efectuat un control de qualitat d'aquest juntament amb 3 altres cremes. Per finalitzar hem fet un estudi de mercat i d'etiquetatge en el camp de la fotoprotecció, el qual engloba tota la informació apresada.

Amb l'elaboració d'aquest treball ens hem marcat els següents objectius:

- Conscienciar a la població de la importància de protegir-nos del sol.
 - Definir el concepte de radiació ultraviolada i l'IUV.
 - Explicar de quina manera reacciona el nostre organisme davant la radiació ultraviolada.
- Elaborar un fotoprotector.
 - Comprovar que aquest és funcional i aplicable.
- Realitzar un control de qualitat de diferents fotoprotectors.
 - Saber si un producte caducat segueix sent funcional.
 - Saber si el mateix producte després d'haver estat obert un any disposa de les mateixes qualitats inicials.
- Fer un estudi de mercat i les etiquetes en la fotoprotecció.
 - Conèixer quina disponibilitat de productes hi ha.
 - Conèixer la composició general dels productes del món de la fotoprotecció.

Hipòtesis

Les hipòtesis inicialment plantejades, les quals seran comprovades o refutades a la part pràctica són:

- El fotoprotector propi complirà la seva funció principal, dissipar els raigs UV.
- Un fotoprotector professional tindrà millors qualitats, com la textura o l'emulsió que el que realitzarem nosaltres
- Un fotoprotector caducat i un d'obert 12 mesos no seran capaços d'absorbir les radiacions UV.
- Un fotoprotector caducat presentarà fongs, llevats o bacteris nocius pel nostre cos.

- Les cremes que presentin un SPF més elevat tindran un preu superior a la mitjana.
- El preu d'un fotoprotector varia entre marques encara que aquests tinguin unes propietats semblants.
- La majoria de cremes que es venen faran ús de filtres químics.
- La majoria de fotoprotectors del mercat presentaran un SPF de 50.

Motivació

Abans d'escollir el tema definitiu, teníem clar que volíem estudiar i fer recerca d'un tema relacionat amb la química. Vam contemplar diverses opcions, i coincidint amb l'època d'estiu vam pensar en la idea de les cremes solars. A mesura que anàvem indagant en aquest tema, se'ns van ocórrer diferents branques relacionades amb la fotoprotecció que ens van semblar molt curioses per a estudiar.

Ràpidament, ens vam adonar que seria un tema molt interessant i extens, ja que ens permetria esplaïar-nos en diversos àmbits científics que també ens agradaven. Tot i que ens seguiríem centrant en l'aspecte químic durant la realització de la part pràctica, també podríem investigar sobre temes físics en l'explicació de la radiació i biològics en l'explicació dels efectes per la salut i l'anàlisi biològic.

Un altre aspecte que va fer decantar-nos per aquest tema va ser la tendència que hi ha en el nostre cercle familiar i d'amistats d'exposar-se a la radiació solar desprotegits. Creiem que a Espanya, a diferència d'altres països, hi ha una gran part de la població que va a la platja regularment durant els mesos d'estiu. Això ens va fer pensar que potser molta gent estava desinformada en el tema. Conèixer les repercussions que hi ha a la sobreexposició solar va fer que la fotoprotecció es convertís en el principal centre d'interès del nostre treball.

Per altra banda, també ens va agradar la part de motivació moral que implica aquest treball. Ens va exaltar la idea que el nostre treball fos capaç de fer entendre i conscienciar al lector sobre la importància de protegir-nos del sol.

El que finalment ens va fer decantar per aquest tema va ser la possibilitat de realitzar un producte final, un fotoprotector.

Rellevància científica

L'any 2017 es van diagnosticar només a Espanya un total de més de 40.000 casos d'eritemes a la pell causats per la radiació solar. Aquesta és una prova més que la radiació solar té un gran impacte en la salut de la població. Per tant, la fotoprotecció té una important responsabilitat a l'hora de frenar aquests números. És per això, que creiem que aquest tema genera força rebombori entre la població, sobretot en les èpoques més caloroses. Segurament provocada, per la tendència generalitzada a la desinformació sobre l'ús de fotoprotectors, els factors que fan variar la intensitat dels raigs UV, el gran ventall d'efectes negatius que causen els raigs UV, com influeix el temps d'obertura en una crema, etc. Ja que és força comú que la gent a vegades no tingui el coneixement bàsic sobre aquest camp de la cosmètica i ,per tant,

no facin un ús correcte dels fotoprotectors. Així doncs, mitjançant aquest treball tenim el propòsit de poder resoldre tots aquests dubtes tan freqüents alhora de protegir-nos del sol.

Per altra banda, el camp de la fotoprotecció és cada vegada més un àmbit en el qual s'hi dedica una major despesa econòmica, per a la millor qualitat de fotoprotectors. Això ho podem veure reflectit en l'empresa catalana *Roka Furadada*, la qual des de l'any 2019 estudia i treballa amb la possibilitat de llençar al mercat una crema solar "intel·ligent". L'octubre d'aquest mateix any, ja han captat 3,2 milions d'euros per fer el salt al mercat.

Metodologia

Aquest treball consta de dos grans blocs, el primer és un bloc teòric i el segon és pràctic. Aquest segon apartat té una major importància al conjunt global del treball.

La metodologia emprada pel marc teòric ha estat la recerca d'informació a internet, articles científics i algun llibre. Vam seleccionar les idees més importants que vam trobar en la nostra recerca, i les vam plasmar amb un enfocament en el tema de la fotoprotecció. Hem inclòs també fotografies i enumeracions per a una millor comprensió del lector. Per altra banda, també hem incorporat algun esquema o taula que ajudés a organitzar les idees.

En el marc pràctic, el qual consta de tres grans subapartats, s'ha realitzat de la següent manera. En primer lloc, la realització del fotoprotector i la comparació entre les cremes, l'hem feta un laboratori professional emprant diferents tècniques de laboratori i materials i substàncies específiques en cada apartat. Aquestes són definides més en profunditat al cos del treball. En segon lloc, per fer l'anàlisi de mercat, vam visitar diferents punts de venda de fotoprotecció, centres comercials, farmàcies... Vam fotografiar els productes que ens deixaven per a la posterior elaboració d'una àmplia i detallada taula. Vam traslladar la informació de la taula a un recull de gràfics.

Per a la realització del treball hem fet ús dels següents programes informàtics. Hem utilitzat *Word* i *Google Docs* per la redacció del treball. S'ha fet servir l'*Excel* per crear els gràfics i taules. La web que hem fet servir pel disseny de la portada ha estat *Canva*. Finalment, hem fet servir *Gitmind* per l'elaboració d'esquemes.

Durant tot el treball s'ha procurat confeccionar una estètica general que fos el més visual possible pel lector. Ergo, hem intentat buscar les imatges amb una millor resolució i hem realitzat les taules i gràfics emprant el sistema de colors de l'escala *Hex*, creant una harmonia de colors que fa més fàcil la comprensió d'aquestes mateixes.

MARC TEÒRIC

La radiació solar

Que és i com es forma

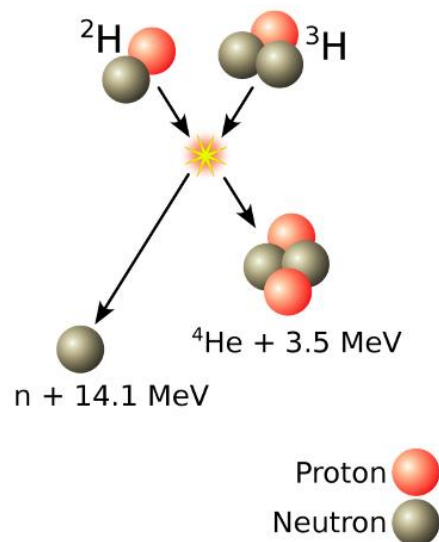
La radiació solar és el conjunt d'ones electromagnètiques emeses pel Sol cap a l'espai. Aquestes ones electromagnètiques es creen gràcies a la fusió nuclear, que és un procés que es duu a terme a l'interior de l'estrella del Sistema Solar.

La fusió nuclear consisteix en la unió de diversos nuclis atòmics de càrrega similar per acabar formant un nucli més pesat. Durant aquest procés, s'allibera o s'absorbeix una gran quantitat d'energia i això permet entrar a la matèria en un estat fluid amb càrrega i sense equilibri o estat plasmàtic. Si la fusió es fa entre dos nuclis que tenen una massa menor que la del ferro, s'alliberarà energia, si és el cas contrari; l'energia s'absorbirà.

En el cas que estudiem nosaltres, es fusionen una gran quantitat d'àtoms d'hidrogen en l'interior del Sol (veure *imatge 1*). Pel fet que el nucli de l'hidrogen és més petit que el del ferro, aquesta fusió nuclear allibera grans quantitats d'energia la qual anomenem radiació solar.

Si suposem que el Sol actua com un cos negre, és a dir, un cos ideal que absorbeix tota l'energia i tota la llum que permet estudiar l'emissió de radiació electromagnètica, s'afirma que la radiació solar segueix la Llei de Planck, ideada per Max Planck, aquesta és molt important perquè ens permet establir la radiació electromagnètica que emet un cos negre a una temperatura fixa i en equilibri tèrmic. Així doncs, com que sabem que aproximadament la temperatura de la superfície del Sol és d'uns 6000°K (5727°C) i que el Sol actua de manera similar a la d'un cos negre, gràcies a la llei de Planck es pot calcular que la radiació solar es distribueix de l'infraroig fins a l'ultraviolat.

La radiació solar és una energia que es transmet en forma d'ones electromagnètiques que són capaces de propagar-se a través de l'espai. Així doncs, des que surten del Sol travessen l'espai interplanetari fins a arribar a la Terra.

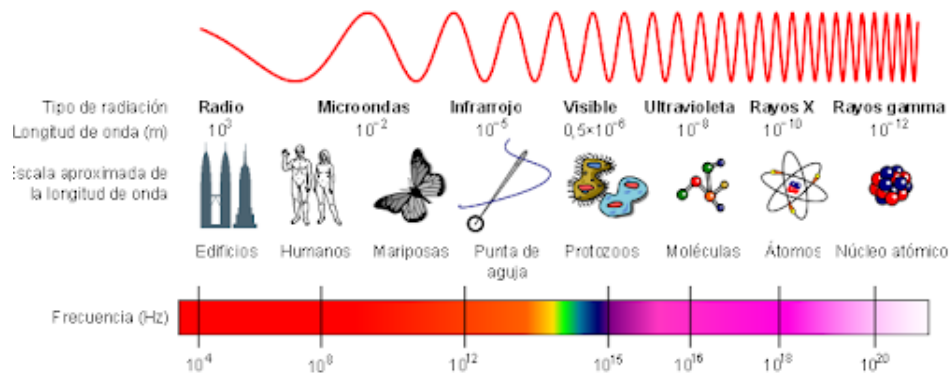


Imatge 1: fusió nuclear d'àtoms d'hidrogen

L'espectre electromagnètic

L'espectre electromagnètic està format per tots els diferents tipus d'ones electromagnètiques en funció de la seva longitud d'ona i freqüència. Aquest espectre engloba des de les ones de ràdio (amb la longitud més gran d'ona) fins als rajos gamma (els més energètics i de menor longitud d'ona). Els rajos ultraviolats, els quals són els que irradien la nostra pell (dermis i epidermis) es troben situats dins l'espectre electromagnètic. Concretament, les ones amb una longitud d'ona d'entre uns 100 nm fins a uns 400 nm, seran rajos de radiació solar que afectaran la nostra pell, ja que estaran a l'espectre dels ultraviolats; com més gran sigui

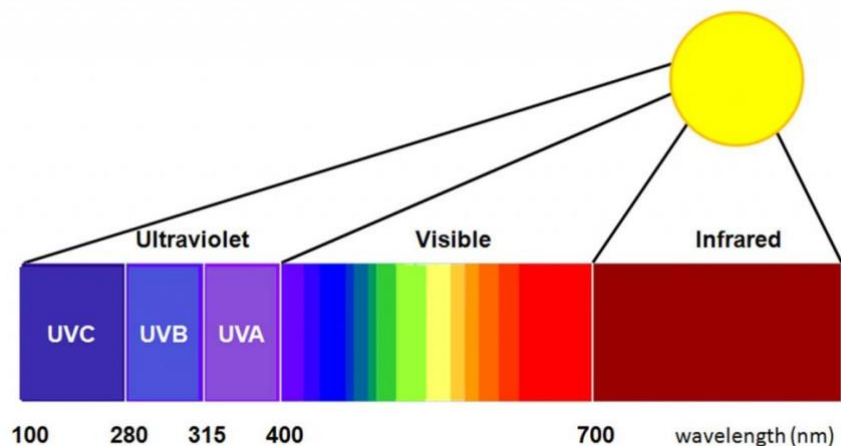
aquesta, menys freqüència tindrà l'ona en qüestió. Convé recordar que longitud d'ona (λ) i freqüència (f) són magnituds inversament proporcionals, que segueixen l'equació: $c = \lambda \cdot f$; on c és la velocitat de les ones electromagnètiques al buit ($3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$). Els diferents tipus d'ones electromagnètiques són les següents (veure *imatge 2*).



Imatge 2: espectre electromagnètic

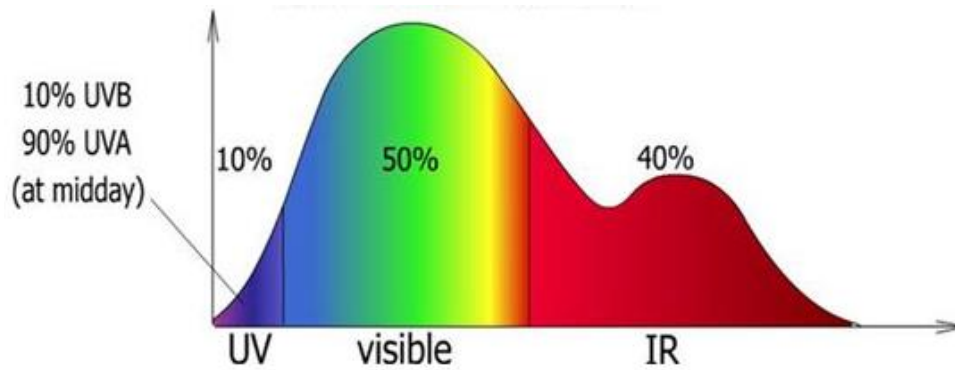
L'espectre de la radiació solar

El Sol mitjançant la fusió nuclear d'àtoms d'hidrogen i d'heli, ens fa arribar rajos solars els quals es troben englobats dins l'espectre de la radiació solar. L'espectre de la llum emesa pel sol comprèn des de l'ultraviolat (100-400nm de longitud d'ona) fins a l'infraroig (700-1000nm de longitud d'ona). Dins de l'espectre de la radiació solar (veure *imatge 3*) trobem també l'espectre de la llum visible (aquella el qual els éssers humans som capaços de veure) i aquesta avarca dels 400 als 700nm de longitud d'ona.



Imatge 3: espectre de la radiació solar

La proporció dels diferents tipus d'espectres de radiació solar (veure *imatge 4*) que el Sol emet i, per tant, arriben a la superfície terrestre és aproximadament de; 10% de radiació ultraviolada (on un 10% són UVB i el 90% UVA), 50% de llum visible i un 40% de radiació infraroja. Aquest seria un dels motius pels quals hi ha vida a la Terra, ja que si el % de la radiació UV fos 5 cops més elevat tots els organismes morrien.



Imatge 4: proporció del % de tipus de radiació solar que arriba a la Terra

Així doncs, com hem après anteriorment, podem afirmar que el sol incideix a la Terra de tres formes diferents:

Radiació ultraviolada (UV): aquesta radiació és de les 3 la qual té una longitud d'ona més petita. En altres paraules, és la radiació amb una major quantitat d'energia, ja que a menys longitud d'ona, més freqüència i, per tant, més energia. Aquesta energia té la capacitat d'interferir els nostres enllaços intermoleculars i així doncs perjudicar la nostra salut. Aquestes ones són perilloses, però ho podrien ser molt més, si no fos per la capa d'ozó (la capa més externa de l'atmosfera) la qual absorbeix notòriament aquestes ones.

Hi ha 3 tipus diferents de radiació ultraviolada, i aquests són:

- **Ultraviolat C (UVC):** la seva longitud d'ona va des dels 100 als 279nm i és completament absorbida per la capa d'ozó i atmosfera.
- **Ultraviolat B (UVB):** la seva longitud d'ona va des dels 280 als 314nm i és majoritàriament absorbida per la capa d'ozó.
- **Ultraviolat A (UVA):** la seva longitud d'ona va des dels 315 als 399 nm i aquesta no és absorbida per la capa d'ozó.

Radiació visible o llum: aquest és l'interval de l'espectre de la radiació solar en el qual el Sol ofereix la seva màxima extensió. Podem anomenar la radiació visible com a l'espectre electromagnètic que l'ull humà és capaç de percebre. A la radiació electromagnètica en aquest rang de longituds d'ona se l'anomena llum visible o simplement llum. No hi ha límits exactes en l'espectre visible: l'ull humà típic respondrà a longituds d'ona de 380 a 750 nm, encara que en casos excepcionals algunes persones poden ser capaços de percebre longituds d'ona des de 310 fins a 1050 nm. Cada conjunt de longitud d'ones correspon a un color determinat, com podem observar en la següent taula (veure *taula 1*).

Color	Interval de longitud d'ona	Interval de freqüència
Violat	380-430nm	790-700THz
Blau	430-500nm	700-600THz
Cian	500-520nm	600-580THz
Verd	520-565nm	580-530THz
Groc	565-590nm	530-510THz
Taronja	590-625nm	510-480THz
Vermell	625-740nm	480-405THz

Taula 1: longitud d'ona i freqüència de cada espectre que determina cada color de la llum visible

Radiació infraroja (IR): radiació amb una longitud d'ona més llarga, i en conseqüència amb menys quantitat d'energia. A l'entrar en contacte amb aquests rajos, es produeix un agitament molecular, derivant així, un augment de la temperatura. A diferència dels rajos de la llum, que eren percebuts pels fotoreceptors i, per tant, com a llum, aquests ho són pels termoreceptors. Els quals són terminacions nervioses que es troben a la pell i fan que els percebem en forma de calor. Cal destacar que aquests no són nocius per la nostra salut. Els rajos infraroigs són classificats així:

- Infraroig proper (700-5000nm)
- Infraroig mitjà (5000-30000nm)
- Infraroig llunyà (30000-1000000nm)

Direcció d'incidència de la irradiació solar

Per determinar el comportament de la irradiació solar en ser reflectida, cal tenir en compte la direcció amb la qual aquesta incideix sobre la superfície terrestre i els cossos que hi hagi. La direcció dels rajos reflectits dependrà de la direcció d'incidència d'aquests. Podem classificar els tipus d'irradiació solar en 3 grups:

Irradiació solar directa: aquella que es rep directament del Sol sense cap desviació en la trajectòria fins a la superfície terrestre.

Irradiació solar difusa: aquella la qual la seva direcció ha estat modificada per diversos factors externs, com ara la pluja, la densitat de l'atmosfera, partícules, núvols, reemissions d'altres coses, etc. És per això, que es considera que aquest tipus d'irradiació està present durant tot el dia i prové de totes direccions. Un clar exemple, seria un dia ennuvolat.

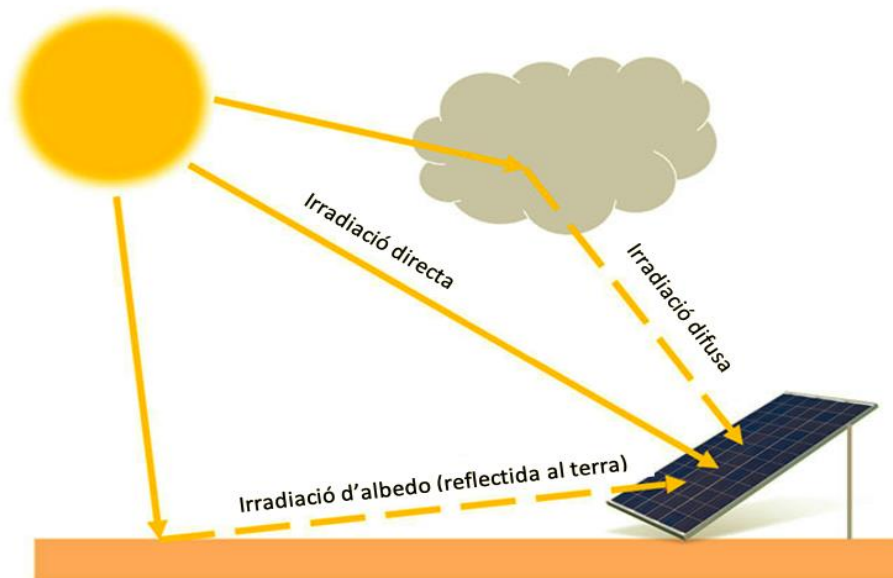
Irradiació solar d'albedo: aquella la qual recull tots els rajos reflectits en superfícies o objectes de la irradiació solar directa o difusa. L'albedo representa el percentatge de la irradiació que qualsevol superfície reflexa respecte a la irradiació que incideix sobre ella. Cal destacar que aquest és major en superfícies clares i que a la Terra l'albedo és de 37-39%. El qual es calcula amb la següent fórmula (veure fórmula 1).

$$\alpha = (1 - D)\bar{\alpha}(\theta_i) + D\bar{\bar{\alpha}}$$

α = albedo
 D = proporció d'il·luminació difusa
 $\bar{\alpha}(\theta_i)$ = reflectància direccional-hemisfèrica en l'angle zenital solar
 $\bar{\bar{\alpha}}$ = reflectància bi-hemisfèrica

Fórmula 1: càlcul d'albedo

La suma de les tres irradiacions s'anomena irradiació total incident (veure *imatge 5*).



Imatge 5: diferents tipus d'irradiació solar

Radiació UV

Gràcies a Isaac Newton i al seu famós experiment del prisma de vidre es va poder constatar l'any 1672 que la llum estava formada per una sèrie de radiacions que van del roig fins al violeta.

L'any 1800, l'Alemany William Herschel va descobrir l'existència de radiacions invisibles per a l'ull humà que es comportava d'una manera semblant a la llum visible. Va descobrir els rajos infrarojos.

Així doncs, tan sols un any més tard del descobriment dels infrarojos, l'any 1801, Ritter va descobrir la radiació ultraviolada. Va realitzar un experiment senzill submergint un paper en clorur de plata i comprovant com la llum feia que aquest es tornés més obscur. D'aquesta manera Ritter va constatar que hi havia un altre tipus de radiacions invisibles, aquesta vegada amb una longitud d'ona més petita que el violeta.

L'IUV

La radiació ultraviolada és la que té un major impacte en els humans i de la que ens protegem en aplicar un fotoprotector, ja que una exposició prolongada a aquesta provoca diversos efectes nocius al cos humà tant a curt com a llarg termini.

En les darreres dècades, a més, amb la degradació de la capa d'ozó (que s'encarrega d'absorbir la radiació ultraviolada) causada per l'emissió de diferents aerosols a l'atmosfera, la quantitat de rajos UV que arriben al planeta Terra és cada vegada més gran. Això, s'ha convertit en un problema molt gran i va portar a crear l'índex de la UV solar mundial (IUV).

L'any 2005, la "Organització Mundial de la Salut" (OMS), en veure que els diferents índexs que s'ideaven arreu del món eren incompatibles entre si, va decidir estandarditzar-los. Actualment s'utilitza a la gran majoria de països. Aquest sistema és molt útil, ja que ensenya d'una manera senzilla i fàcil de recordar fent ús de colors, icones i pictogrames a tota la població de quina manera s'ha de protegir.

L'IUV és adimensional i va del 0 (sense risc) a l'11 (amb un risc molt elevat). Quan es calcula normalment s'arrodoneix al nombre enter més pròxim. La fórmula general (veure *fórmula 2*) va ser establerta per la "World Health Organization" (WHO), la "World Meteorological Organization" (WMO) i l'OMS entre altres entitats.

$$I_{UV} = K_{er} \cdot \int_{250nm}^{400nm} E_{\lambda} \cdot S_{er}(\lambda) d\lambda$$

E_{λ} = Irradiància d'espectre solar (l'espectre solar que és transmet a través de l'atmosfera) que varia amb el dia, l'estació i la latitud. S'expressa en W/m^2

$S_{er}(\lambda)$ = Espectre d'acció abans de l'aparició de eritema en la pell humana.

K_{er} = Una constant ($40 m^2/W$)

$d\lambda$ = Diferencial de la longitud d'ona que s'utilitza en la integració

Fórmula 2: càlcul de l'IUV

Encara que la fórmula pel càlcul sigui igual per a tots els països, cada regió usa diferents satèl·lits i ordinadors que els proporcionen la informació necessària per a trobar el valor de l'IUV. Per exemple, als Estats Units d'Amèrica, la "U.S National Weather Service" calcula el IUV del seu país amb un ordinador que relaciona la concentració d'ozó de l'estratosfera (mesurada amb satèl·lits) amb el volum de núvols i l'elevació del terreny. Així doncs, s'obté el valor necessari en qüestió de minuts i amb molta precisió sense que ningú hagi d'utilitzar la fórmula abans mostrada.

Cada valor de l'IUV va assignat a una quantitat d'exposició als raigs ultraviolats i a un color perquè sigui més fàcil de reconèixer per a la població (veure *taula 2*).

IUV	Exposició als raigs	Color
<2	Baixa	Verd
3-5	Moderada	Groc
6-7	Alta	Taronja
8-10	Molt alta	Vermell
>11	Extremadament alta	Lila

Taula 2: assignació dels valors de l'IUV

Factors que influeixen a la radiació UV

La radiació UV que arriba a la Terra no és sempre la mateixa. De fet, varia molts cops cada dia i durant l'any. Així doncs, l'índex de radiació ultraviolada també pot canviar de valors en qüestió d'hores. D'aquesta manera, s'han establert diferents factors que influeixen en la radiació UV i, per tant, també s'han de tenir en compte a l'hora de protegir-nos d'aquests raigs.

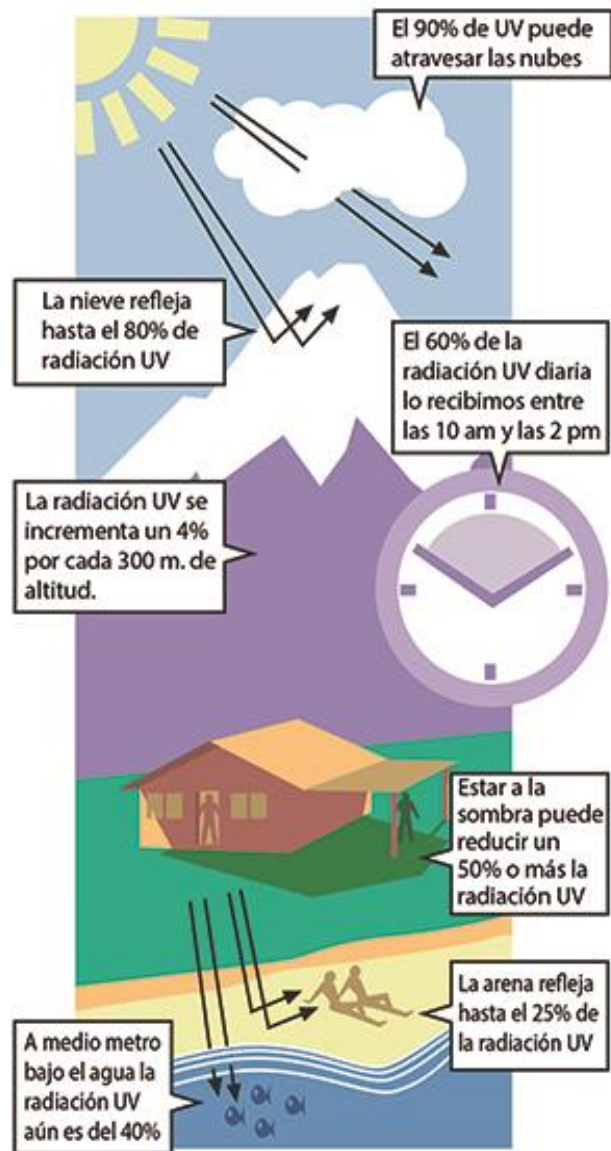
Els factors que influeixen en la radiació UV (veure *imatge 6*) són els següents:

- 1. L'alçada del sol:** normalment, com més alt veiem el sol en el cel més intensa és la radiació UV que rebem. Així doncs, hi ha diferent variació depenent de l'hora del dia que és i de l'estació de l'any en la que ens trobem. Quan hi ha més intensitat de radiació segons l'alçada del sol és a l'estiu durant el migdia solar que, en la majoria de regions, sol ser entre les 12:00 i les 14:00. Entre aquestes hores, una persona rep fins al 60% de la radiació UV que s'emet en tot el dia.
- 2. La ubicació geogràfica:** depenent de la part del planeta Terra on ens considerem, rebem més o menys radiació UV. La part del planeta que més perjudicada està per aquesta raó és la zona de l'equador, en països com Equador, Perú o Colòmbia arriba una gran quantitat de radiació mentre que, a països allunyats de l'equador, com Noruega o Islàndia la radiació que hi arriba és molt més baixa. Això és degut al fet que els raigs solars incideixen quasi directament en zones equatorials i ho fan de manera més inclinada en zones més properes als pols.
- 3. L'altitud:** les zones del nostre planeta més elevades estan exposades a més radiació UV que les ensotades. Això és degut al fet que, en zones d'alta muntanya, els raigs solars han de travessar una part més petita de l'atmosfera i, per tant, hi arriba més radiació ultraviolada que en zones més baixes on els raigs del sol han de travessar tota l'atmosfera. Es calcula que, cada 1000 metres que estiguem per sobre del nivell del mar, la radiació UV augmenta entre un 10 i un 12%.
- 4. La nuvolositat:** els núvols sempre capten una part de la radiació UV així que la intensitat més alta d'aquesta la trobarem quan no hi hagi núvols. Això és així, ja que les gotes d'aigua i els cristalls de gel (que formen els núvols) ajuden a la dispersió de la radiació UV gràcies al fenomen conegut com a dispersió de Mile.

Tot i això, una gran part de la radiació travessa els núvols i arriba a la superfície terrestre. En llocs propers a la costa, els núvols deixen passar un 90% de la radiació solar, ja que no se solen formar núvols densos. Per altra banda, en les zones de muntanya es formen cobertures de núvols molt més denses que generen les precipitacions fortes. Aquests núvols normalment retenen prop d'un 50% de la radiació ultraviolada.

5. **La contaminació:** la contaminació, al contrari de la creença popular, fa un afecte similar al dels núvols i ens protegeix de la radiació UV. D'aquesta manera, en zones urbanes la radiació ultraviolada pot ser més baixa que en zones on la contaminació no afecta.

6. **Quantitat d'ozó:** la quantitat de radiació que arribi a la superfície de qualsevol lloc està relacionada amb la capa d'ozó que aquest lloc tingui sobre seu. L'ozó present en l'atmosfera és el principal difusor de la radiació ultraviolada en el nostre planeta i, per tant, els llocs on hi ha el forat en la capa d'ozó (o simplement aquesta capa és més fina) reben una quantitat de raigs UV molt més elevada. Les zones més perjudicades per aquest problema són el nord i el centre de Sud-amèrica, l'atlàntic tropical i el centre d'Àfrica.



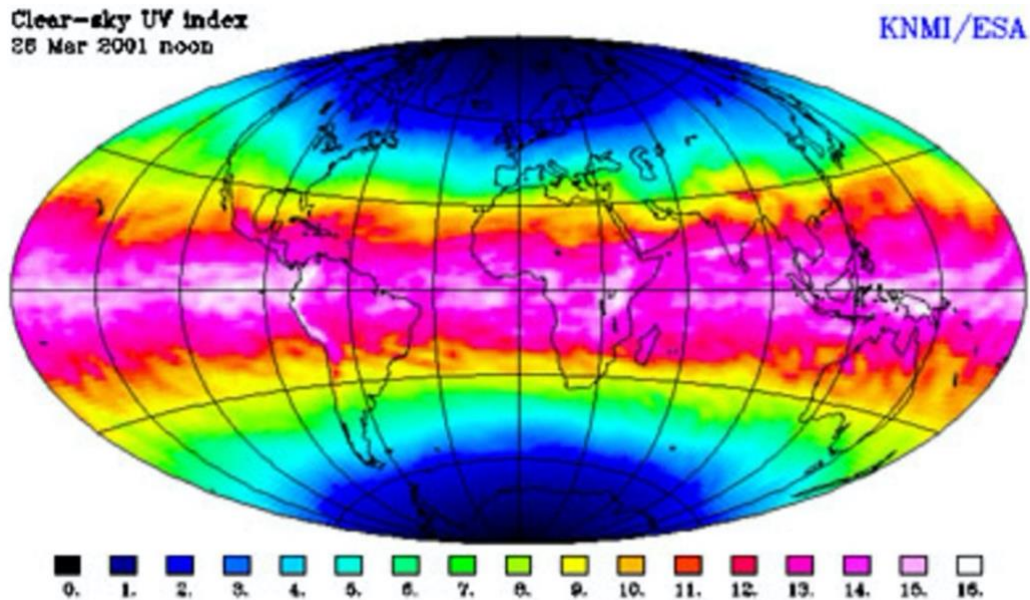
Imatge 6: factors que afecten a la radiació

7. **La reflexió del terra:** depenent d'en quina superfície ens trobem, la radiació ultraviolada es reflectirà o es dispersarà en major o menor quantitat. Per exemple, la neu reflecteix un 80% de la radiació ultraviolada que l'hi arriba, l'asfalt de les carreteres en reflecteix un 12% la sorra blanca de la majoria de platges de Catalunya un 15% i l'aigua del mar un 25%.

8. **On siguem:** evidentment, el lloc on ens trobem amb més normalitat afecta la radiació ultraviolada que rebem. Per exemple, una persona que treballa a l'interior reben entre un 10 i 20% de la radiació que reben les persones que treballen a l'exterior diàriament durant l'any. També sabem que a l'ombra la radiació es redueix fins a un 50% i que sota l'aigua la radiació és més baixa que a la superfície.

Radiació UV arreu del món

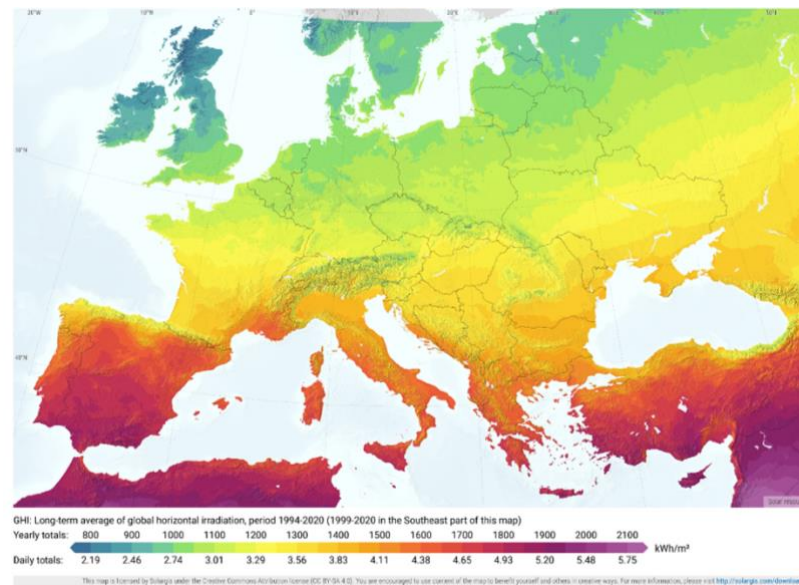
Com podem suposar, no a tot el món arriben les mateixes quantitats de radiació UV cada any. Aquesta dada és variable, però normalment veiem que els països més afectats per aquest tipus de radiació es troben més a prop de l'Equador i els menys afectats es troben separats dels tròpics de càncer i de capricorn. Gràcies als satèl·lits de la "European Space Agency" (ESA) sabem com la radiació estava distribuïda arreu del món l'any 2001. (Veure *imatge 7*)



Imatge 7: IUUV arreu del món (2001)

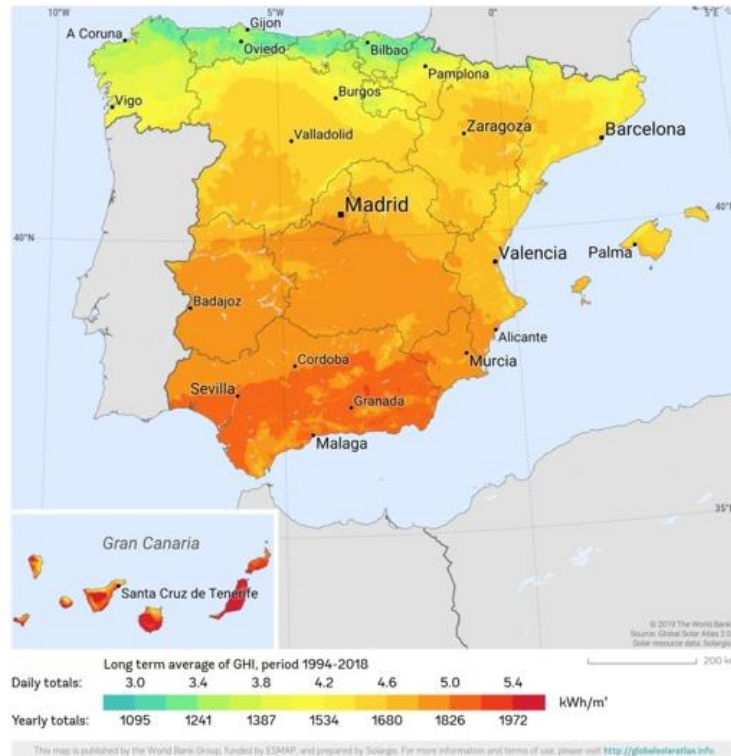
Segons l'“Agència Espacial Civil Equatoriana” (EXA), els països més irradiats en un any són Equador, Perú i Colòmbia. Tot i això, és a un país veí del Perú, Bolívia, on s'ha registrat l'IUV més elevat de la història.

Pel que fa a Europa, la radiació UV es distribueix de la mateixa manera que arreu del món. Trobem una major intensitat als països més propers de l'Equador (com podria ser Espanya) i n'hi ha una menor quantitat als països nòrdics com Noruega. A les illes prop del pol nord, com Gran Bretanya i Islàndia, la radiació també es baixa. Gràcies a l'empresa Solargis, coneixem la irradiació que ha arribat durant els últims deu anys a la superfície d'Europa (veure *imatge 8*).



Imatge 8: radiació a la superfície d'Europa

A Espanya veiem que la part del nord (més propera a l'equador) té una irradiació d'UV més alta que la part del sud. En general veiem que les zones costaneres no obtenen tanta irradiació com les de l'interior a causa de l'elevació del terreny. Les regions on trobem la màxima irradiació són Granada i les illes Canàries. Això és degut al fet que es troben prop del centre de la Terra. Veiem el màxim d'intensitat de radiació UV a l'illa de Tenerife. Això s'explica, ja que és on considerem la zona més alta d'Espanya, el Teide. Per altra banda, les zones amb menys intensitat de raigs UV són Bilbao i Gijón (veure *imatge 9*).



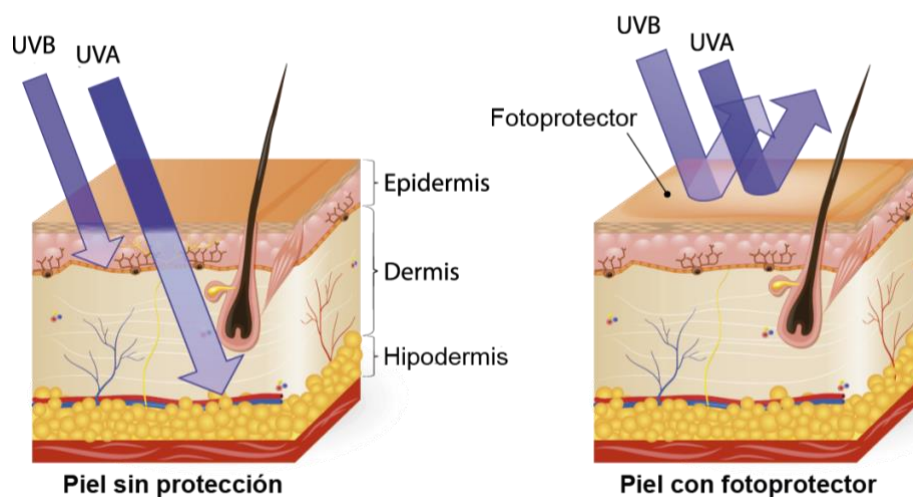
Imatge 9: Radiació a la superfície d'Espanya

Efectes de la salut després de l'exposició de rajos UV

Per a la salut del nostre organisme, petites dosis de radiacions ultraviolades són positives, degut a que afavoreixen entre d'altres a la producció de vitamina D, procés que explicarem més endavant. Això sí, si realitzem una exposició en excés a elles, incloent-hi fins i tot també els llits bronzejador i determinades làmpades, ens exposem a un major risc de patir; fotoenvelliment, cremades a la pell, cataractes i malalties oculars, insolacions o cops de calor i diferents tipus de càncer de pell.

Abans de començar a explicar els efectes positius i negatius anomenats anteriorment, és clau determinar com cada tipus de raig ultraviolat (UVA, UVB, UVC) pot interferir i alterar el funcionament correcte del nostre organisme (veure *imatge 10*):

- Els **raigs UVA**, és a dir els raigs ultraviolats menys energètics, poden acabar danyant les cèl·lules de l'ADN, mitjançant l'envelliment de les cèl·lules de la pell. Aquest tipus de raigs solen anar lligats a efectes negatius de llarg termini, com ara bé des d'algun tipus de càncer fins a unes cataractes.
- Els **raigs UVB**, els quals emeten una mica més d'energia que els UVA, a diferència dels UVA poden afectar directament, és a dir a curt termini, en l'ADN de les cèl·lules de la pell. És per això que són el principal motiu del càncer de pell i cremades solars.
- Els **raigs UVC**, tot i ser els que més energia produeixen, no poden penetrar l'atmosfera i, per tant, rarament tenen algun impacte en la nostra salut.



Imatge 10: penetració dels raigs UVA i UVB a la pell dels humans amb i sense fotoprotecció solar

És important i cal destacar que els nivells de penetració dels raigs UVA i UVB a la pell són diferents. En primer lloc, el 70% de la radiació UVB és absorbida per l'estrat cònic de l'epidermis. En canvi, per altra banda, el 70-80% de la radiació UVA és absorbida per cèl·lules de la dermis i melanòcits de l'epidermis basal.

Efectes a llarg termini a la sobreexposició solar

Primerament, explicarem els efectes sobre la salut que han estat causats per a llargues exposicions d'aquests tipus de radiacions, que generalment tenen efectes a llarg termini. Aquests efectes se centren en la pell, ulls i sistema immunitari. En aquest treball només ens centrarem en els efectes sobre la pell, ja que els fotoprotectors no ens poden protegir els ulls o el nostre sistema immunitari.

Efectes sobre la pell

Exposar-se excessivament a les radiacions ultraviolades del Sol, pot suposar uns elevadíssims efectes negatius a través de diferents tipus d'alteracions a la pell, com per exemple el fotoenvelliment, o el càncer, un dels efectes més perillosos i importants a tenir en compte. El qual podem definir com un creixement descontrolat de cèl·lules del nostre cos, que pot passar en qualsevol tipus de cèl·lula i expandir-se a altres àrees.

Càncer de pell:

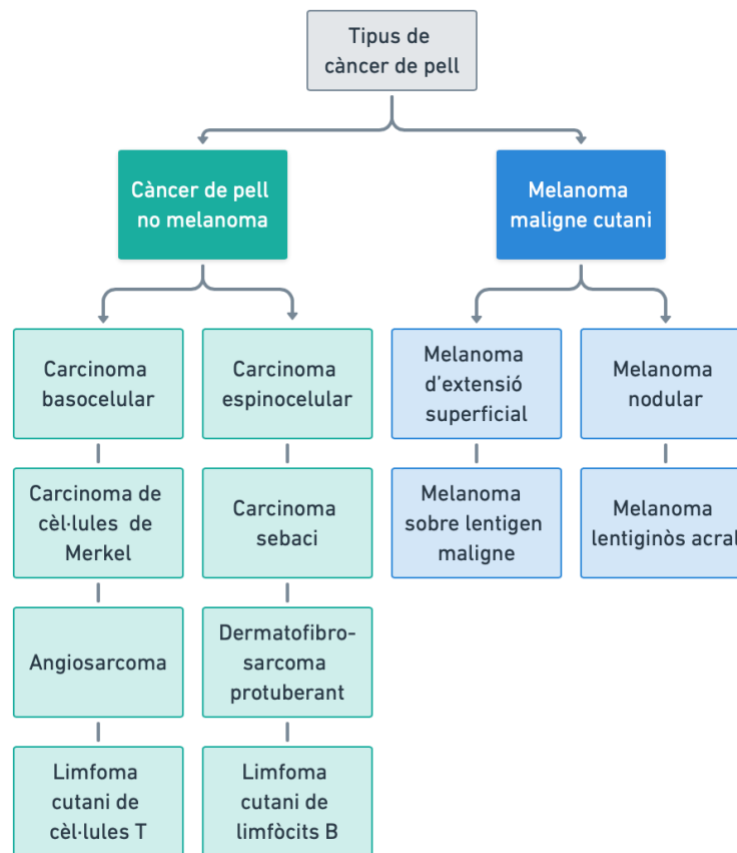
El concepte càncer és molt ampli i engloba més de 200 tipus de malalties. Davant l'aparent distància de semblança, tots els càncers tenen un denominador en comú: les cèl·lules canceroses adopten la capacitat de multiplicar-se i disseminar-se constantment per tot l'organisme sense control.

El procés de divisió de les cèl·lules és regulat per una sèrie de mecanismes de control, que indiquen a la cèl·lula quan ha de dividir-se i quan no. Quan es produeix un mal irreparable a la cèl·lula, es produeix una autodestrucció, impedit que ho heretin les cèl·lules filles. Quan aquests mecanismes de control s'alteren en una cèl·lula, aquesta i els seus descendents inicien una divisió sense control, que amb el temps resultaran en un tumor, el qual pot ser benigne o maligne (càncer).

A part de saber què és un càncer, cal saber quin és el motiu o causant de la seva aparició i tenir una alta consciència de la rellevància de la fotoprotecció davant els raigs ultraviolats. El càncer es produeix per una modificació als gens que controlen la forma com funcionen les nostres cèl·lules, més concretament en la forma en què creixen i es divideixen. És a dir, és una malaltia genètica. Aquestes modificacions o canvis genètics causants del càncer poden ser heretats dels progenitors, poden ser esdevinguts com a resultat d'errors en la divisió cel·lular o bé poden ser per l'entrada en contacte amb agents externs al nostre organisme els quals s'anomenen carcinògens. Aquests agents externs, anomenats carcinògens, engloben un gran ventall de substàncies químiques, com des de l'arsènic que afecta els pulmons i la pell fins al clorur de vinil que afecta el fetge, i també una extensa varietat de radiacions, on ens centrarem en la radiació ultraviolada.

Tot i que les radiacions UV poden originar diferents tipus de càncers, el tractament és sempre el mateix. Aquest es basa en primer la seva detecció mitjançant una biòpsia i després es realitza una escissió quirúrgica. També es palpen o s'observen els ganglis limfàtics adjacents a través d'una limfadenectomia regional per tal d'avaluar si s'ha produït una metastasi. Si el resultat ho confirma, la malaltia es considera avançada i respon als tractaments de quimioteràpia (la utilització de fàrmacs per així destruir les cèl·lules canceroses).

Els diferents tipus de càncer es classifiquen principalment, per si formen o no formen melanoma a la pell (veure *imatge 11*). Un melanoma és l'aparició d'un lunar o taca normalment de color marró a la pell.



Imatge 11: esquema dels principals tipus de càncer de pell

El carcinoma basocelular i el carcinoma espinocelular són amb bastanta diferència els més freqüents dins de tots els càncers de pell, i és per això que aquests seran els càncers on aprofundirem.

Carcinoma basocelular

El carcinoma basocelular (CBC) o el carcinoma de cèl·lules basals és la forma més comuna de càncer de pell i la més freqüent de tots els tipus de càncer i en les persones d'edat avançada. Majoritàriament els CBC apareixen en àrees del cos exposades al Sol, sobretot a la cara, coll, orelles, cuir cabellut, espatlles i esquena.

Els CBC són creixements descontrolats i anòmals o lesions que apareixen a les cèl·lules basals (com bé el seu nom indica), les quals s'alineen a la capa més profunda de l'epidermis. A conseqüència del càncer basal, les cèl·lules de la capa inferior de l'epidermis esdevenen canceroses.

La sobreexposició solar a llarg termini o una exposició solar ocasional intensa i àmplia (principal causant de les cremades solars) generen danys que es poden transformar en un CBC. No obstant això, hi ha altres factors a tenir en compte com a factor de risc a l'hora de contraure un CBC. El bronzejat artificial, la radiació UV que emeten els llits solars augmenten

el risc de desenvolupar un CBC. Al superar els 50 anys les probabilitats de contraure un CBC augmenten, ja que acumulem exposició solar i danys causats pel Sol. Per altra banda també els individus amb fenotip de pell clara o pigada, cabell ros o pèl-roig, ulls verds, blaus o grisos i moltes pigues són els més propensos a desenvolupar aquest tipus de càncer. Cal destacar també com a factors de risc; els antecedents familiars de càncer de pell, prendre medicaments immunosupressors i l'exposició a l'arsènic.

El carcinoma basocelular creix a poc a poc i, generalment, és indolor. Aquests s'assemblen a llagues obertes, taques vermelles, creixements rosats o cicatrius. També poden semblar nòduls perlats, translúcids i amb relleu, els quals han travessat la pell i sagnen, i d'altres, a simple vista, semblen patologies de la pell no canceroses com la psoriasi, els èczemes o una simple cicatriu. Si s'observa alguna de les 5 senyals d'alarma següent, és important acudir l'abans possible a un centre mèdic

1.- Una llaga oberta que no es cura, pot sagnar, supurar o formar una crosta i que estigui oberta més de tres setmanes (veure *imatge 12*).



Imatge 12

2.- Una protuberància brillant o un nòdul perlat o clar i sovint rosat, vermell o blanc. Pot arribar a confondre's amb una piga (veure *imatge 13*).



Imatge 13

3.- Una taca vermellosa o un àrea irritada que sovint pica i fa mal i que apareix a la cara, espatlles, tors, braços o cames (veure *imatge 14*).



Imatge 14

4.- Una zona blanca, groga o similar a una cicatriu de cera amb vores no gaire ben definides, pot indicar presència d'un CBC invasiu i agressiu (veure *imatge 15*).



Imatge 15

5.- Un petit creixement rosat amb una vora lleugerament elevada i una esquerdada amb una crosta al centre que, amb el temps, pot desenvolupar petits vasos sanguinis superficials (veure *imatge 16*).



Imatge 16

Carcinoma espinocelular

El carcinoma espinocelular és un tumor maligne que avança més lentament que el melanoma i és mortal en menys freqüència, aquest és més comú en persones d'edat avançada (uns 70 anys) o de pell clara. El carcinoma espinocelular generalment no és mortal, però pot ser agressiu. Aquest si no és tractat pot créixer o disseminar-se a altres parts del cos, i aleshores pot causar complicacions greus. Ja que aquest es produeix a la pell i és de fàcil i ràpida detecció. No obstant, la transició des de l'àrea de pell prèviament danyada transcorre amb freqüència inadvertida, és a dir, és un càncer invasiu que pot infiltrar-se a la dermis profunda i estendre's fins als ganglis o d'altres òrgans. Per tant, és més perillós que el carcinoma basocelular.

La majoria dels carcinomes espinocelulars són el resultat de l'exposició perllongada a la radiació ultraviolada (UV), ja sigui de la llum solar, dels llits solars o dels llums de bronzejat. Evitar la llum ultraviolada ajuda a reduir el risc de patir carcinoma de cèl·lules escamoses de la pell i altres formes de càncer de pell.

El carcinoma espinocelular es desenvolupa a partir de les cèl·lules que es troben a la capa espinosa de l'epidermis. Així doncs, també és conegut com a epitelioma espinocelular i és el segon tipus de càncer de pell més freqüent. Majoritàriament, és més comú en homes que en dones. A l'Europa central, es registren aproximadament entre 20 i 30 nous casos de carcinoma espinocelular a l'any per cada 100.000 habitants.

El carcinoma espinocelular adopta la majoria de les vegades la forma d'una lesió sobre elevada de color vermellós que presenta al centre una lleu úlcera que pot sagnar. També pot aparèixer sota la forma d'un nòdul o d'una petita placa. Pot localitzar-se en els llavis (veure *imatge 17*) en les persones que fumen, en la llengua i les mucoses genitals.



Imatge 17: carcinoma espinocelular de tipus labial

Els diferents tractaments d'aquesta malaltia són els següents; criocirurgia, realitzat mitjançant nitrogen líquid, radioteràpia, i altres teràpies com la immunoteràpia, electrocoagulació i una cirurgia convencional o de Mohs.

Efectes a curt termini a la sobreexposició solar

Cremades solars:

En passar poc temps de l'exposició solar apareixen el que anomenem cremades solars (veure *imatges 18 i 19*). Aquestes es caracteritzen per l'envermelliment i el dolor de la pell. Aquest fenomen s'anomena eritema i és causat per la mort o el mal causat a les cèl·lules de la nostra pell. Si l'exposició és molt prolongada l'eritema es pot presentar amb altres símptomes com la formació d'edemes o ampolles, la inflamació o la caiguda parcial de l'epidermis.

L'eritema és bàsicament causat per la radiació ultraviolada de tipus B. Aquests només penetren la dermis en la majoria de casos però algun cop arriben a la unió entre l'epidermis i la dermis. Aquests tipus de raigs mai arriben a la part hipodèrmica, si ho fessin causarien un impacte més gran a la salut que tan sols la cremada solar. En alguns casos els raigs U.V.A també poden causar aquests tipus d'eritema però no és tan comú ja que es necessitaria fins a una intensitat d'irradiació 1000 vegades més gran que en el cas del UVB. L'enrogiment d'aquestes cremades solars apareix després d'unes 12 i 24 hores de l'exposició. La facilitat amb la qual un individu presenta l'eritema depèn de l'exposició prèvia als raigs i del fototipus que presenti aquest.



Imatges 18 i 19: cremades solars (amb i sense butllofes)

Bronzejat:

Consisteix en l'enfosquiment de la pell d'un individu poc després de l'exposició a la radiació ultraviolada. Això és causat per l'oxidació i activació d'un pigment que tenim de forma natural al nostre cos anomenat melanina. Aquesta la produeixen els melanòcits i ens serveix com a protector de la radiació. La quantitat de melanina que cada individu presenta en el seu cos i per tant el bronzejat que aquest aconseguirà depèn de la genètica.

Existeix la creença errònia que a l'estar bronzejat és un símbol de protecció contra la radiació. Aquesta es falsa perquè la protecció ens la dona la melanina i el bronzejat no augmenta ni disminueix la quantitat que tenim d'aquesta. De tota manera, la melanina tampoc ens protegeix de tots els raigs ultraviolats sinó que tant sols ho fa dels de tipus B. D'aquesta manera, aquesta creença falsa que el bronzejat ens protegeix encara es fa més perillosa ja que els UVA penetren fins a capes més interiors de la pell i ens deixen canvis en el cos que poden ser irreversibles com la carcinogènesi cutània o la degeneració del col·lagen.

Insolació i cop de calor:

Les insolacions, ictus solars o hipertèrmies passen per unes temperatures molt elevades i les pèrdues de sals i líquids del cos. Aquesta normalment apareix quan el nostre cos no és capaç de refredar-se mitjançant els seus mètodes naturals i, per tant, perd molta aigua. Els símptomes que apareixen durant les primeres fases d'una insolació són la somnolència, les nàusees, el vòmit, la cefalea (dolor en el cap) i coïssor en la pell.

La majoria d'insolacions solen passar en temps d'estiu i en llocs on la població està molt exposada a la calor com en platges o piscines públiques. Les insolacions són més comunes en infants de menys de 8 anys i adults de més de 65 anys.

Un cop de calor és una insolació en el seu estat màxim. Mentre que una insolació es pot solucionar fàcilment col·locant a l'individu afectat en una zona afectada per l'ombra o refredant-lo amb aigua, un cop de calor és més difícil de sobreposar i normalment requereix atenció mèdica. Els símptomes d'un cop de calor són els mateixos que en la insolació però en un grau més elevat. Encara que no sigui el cas més comú un cop de calor no tractat pot provocar la mort.

Beneficis de la radiació ultraviolada

La radiació ultraviolada també té beneficis per al nostre organisme i és molt important que estiguem en contacte amb aquesta cada dia almenys uns minuts aplicant un fotoprotector amb un SPF baix o sense la presència d'aquest depenent del fototipus de l'individu. Els principals beneficis que ens aporta l'exposició al sol són:

- Millora la salut cardiovascular.
- Augment de les defenses del sistema immunològic.
- Estimulació de les terminacions nervioses.
- Disminució de la incidència d'infeccions pulmonars.
- Millora de la respiració en individus amb asma.
- Millors en l'acne facial.
- Secreció de la vitamina D.

L'últim d'aquests punts és el més important ja que la vitamina D ens aporta una gran quantitat de beneficis i l'única manera d'obtenir-la és mitjançant els rajos UV. La vitamina D ens permet sintetitzar el calci que forma les nostres dents i ossos, així doncs, una bona quantitat de vitamina D (i una dieta que contingui sals fosfatades) ens permeten evitar patologies com l'osteoporosi (fragilitat en els ossos) i el raquitisme. També es creu que la síntesi correcta d'aquesta vitamina permet protegir-nos contra un cert nombre de càncers. Aquesta vitamina ens protegeix del desenvolupament 17 càncers, sent els més comuns d'aquests el de mama, el de còlon i el de pròstata.

La radiació ultraviolada també és coneguda pels seus efectes a la conducta. S'afirma que l'exposició a aquests raigs permet augmentar la producció d'un neurotransmissor anomenat serotonina. Aquest neurotransmissor està relacionat en gran part amb la sensació de relaxament i benestar. D'aquesta manera es diu que l'exposició al sol ens protegeixen o fan decreixer la intensitat del cansament, l'estrès i la depressió.

Un estudi recentment publicat a “ACS nano” dut a terme per Andreas Meyerhans i Joan Rosell (professors de les universitats Pompeu Fabra i Robira i Virgili respectivament) junt amb altres investigadors afirma que la radiació UVC pot servir per a erradicar el SARS-CoV-2. Segons els estudis, si s’instal·lessin llums emissores d’aquesta radiació als conductes de ventilació o s’encenguessin en superfícies concorregudes un cop tancades, el virus es podria destruir de manera segura i eficient de superfícies i l’aire, creant d’aquesta manera un espai més segur. Davant d’aquesta opció varies empreses estan discutint si s’ha d’aplicar aquesta mesura.

Fotoprotectors solars

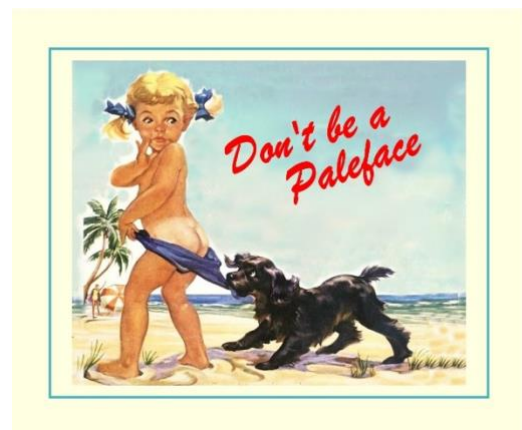
Història de la fotoprotecció

Encara que les antigues civilitzacions no coneguessin que els feia cremar-se quan estaven treballant davant del sol, sempre hi ha hagut mètodes per a tapar-se i evitar les cremades.

Durant segles també s’ha utilitzat una pasta d’òxid de zinc per a protegir-se del sol. Es diu que aquest remei es va utilitzar durant tota la edat mitjana i que, inclús a principis del segle XIX era popular. L’òxid de zinc ens protegeix de la radiació UVA i UVB, així doncs, encara ara una part considerable de les cremes de filtre físic que es troben al mercat en contenen. Tot i això, la pasta que s’utilitzava antigament no era completament eficaç i tampoc s’absorbia a la pell, deixant una capa blanca sobre aquesta que s’havia de retirar després de cada ús.

Pel que fa a la crema solar més recent, es creu que va tenir els seus inicis en la Segona Guerra Mundial. Durant aquesta, els militars es cremaven majoritàriament durant les seves missions aèries. Això va fer que el govern dels Estats Units demanés una solució per a aquest problema. Aleshores es van començar a fabricar les primeres cremes que tant sols utilitzaven els militars estatunidencs. No va ser fins al 1944, però, quan la crema es va popularitzar i la va començar a fer servir més gent. La va inventar el farmacèutic Benjamin Green utilitzant un derivat del petroli. Aquest va fundar la marca Coopertone que procedeix del anglès “cooper”, bronze i “tone” que vol dir to, formulant el nom de l’empresa que vol dir “color de bronze” com suposadament quedava la pell després d’utilitzar el seu producte.

Coopertone va anar modernitzant la seva fórmula (l’actual no té quasi cap component igual que la de Benjamin Green) i actualment és l’empresa líder en fotoprotecció dels Estats Units, facturant uns 9 bilions de dòlars cada any. Coopertone es va fer famós l’any 1953 amb el seu logotip (veure *imatge 20*) que mostrava una nena en banyador a la qui un gos li estirava el banyador, ensenyant que tenia la part de la cintura més blanca que la resta del cos.



Imatge 20: anunci amb el logotip de Coopertone

Tot i que el concepte actual de crema solar va ser ideada per Benjamin Green, es creu que la fórmula que encara s'utilitza per aquesta la va trobar l'Àustriac i estudiant de química Franz Greiter l'any 1962. Es diu que la va trobar ja que es cremava pel fet que esquiva i escalava en els seus temps lliures. Aquesta fórmula utilitzava una versió del benzoat, un químic que ens protegeix de la radiació ultraviolada. Greiter també va ser un dels primers homes en introduir el terme del SPF en la fotobiologia.

Tipus de fotoprotecció

Els fotoprotectors es poden presentar de diferents maneres: cremes, llets, gels, barres sòlides, esprais, maquillatges... Aquesta gran varietat ens permet una gran especificitat quan parlem de l'aplicació i cada usuari es pot sentir còmode amb el gran nombre de possibilitats. A part de la comoditat, la varietat també ens permet la possibilitat de tractar un problema cutani subjacent al mateix temps que ens protegim de la radiació UV. Així doncs, una persona amb xerosis (pell seca) es beneficiarà més utilitzant un fotoprotector presentat en crema, ja que solen tenir més lípids. Per altra banda, els usuaris amb seborrea (pell greixosa) es beneficien més utilitzant un fotoprotector presentat en forma d'esprai. Els usuaris amb dermatitis atòpica solen utilitzar una mescla de fotoprotector entre gel i crema que s'absorbeix amb molta facilitat. Tot i això, un metge ha de recomanar quin tipus de crema hauria d'utilitzar un pacient amb dermatitis atòpica.

Els fotoprotectors també es poden classificar tenint en compte com actuen de la següent manera:

- **Químics:** aquests absorbeixen la radiació ultraviolada. Estan formats per molècules que tenen grups cromòfors en la regió del UV. Els cromòfors són els àtoms d'una molècula que tenen electrons capaços d'absorbir energia i excitar-se, arribant a estats de major energia. Els electrons dels cromòfors utilitzats capten la intensitat dels raigs UV i l'emeten com a radiació tèrmica, inofensiva per la pell humana. Aquest tipus de fotoprotectors necessiten uns 30 minuts per a fer el seu efecte i s'han d'aplicar amb antelació. A més, són absorbits per la pell i, per tant, no són recomanats per a nadons i no es poden utilitzar en pells lesionades (per cicatrius recents, cremades, tractaments làser...)

Aquests tipus de fotoprotectors són els que trobem normalment als supermercats ja que és fan amb productes més fàcils d'aconseguir (són més barats) i són més cosmètics, no deixen cap tipus de residu a la pell.

Els fotoprotectors químics es formen per diverses substàncies que són regulades per la "Legislació Cosmètica Espanyola", que indica el percentatge de cada substància màxima que pot haver-hi en un cosmètic. Normalment es formen per l'àcid 4-aminobenzanoic (o PABA per les seves sigles en anglès) i els seus derivats. També es poden formar per acrilats, benzofenones, derivats dels salicilats entre d'altres. Depenent de l'espectre que absorbeixen els fotoprotectors químics es divideixen en:

- **Físics:** aquests reflecteixen la radiació ultraviolada. Són formats per substàncies inertes com pols minerals i els més comuns són el diòxid de titani, l'òxid de zinc, la mica... Al contrari dels químics, aquests tenen un efecte que s'anomena "ècran" del francès, "pantalla" que reflexa cap a l'exterior quasi tot l'espectre electromagnètic

D'aquesta manera, fan que no tinguem eritema per culpa de les cremades solars però també ens priven de bronzejar-nos.

Aquest tipus de fotoprotectors no es troben tant en supermercats ja que tampoc tenen tants compradors. Això és degut a que són un producte menys cosmètic que el químic perquè deixen una capa blanquinosa sobre la pell.

Els fotoprotectors físics no són absorbits per la nostra pell i no contenen substàncies que pugin irritar, per tant, són recomanables per nadons, pells lesionades i intoleràncies als filtres químics.

- **Biològics:** aquests potencien el sistema immunològic cutani. Són el tipus de filtre més nou i està dirigit al públic que utilitza la cosmètica natural. Són basats en diferents tipus d'antioxidants que es troben en productes quotidians i naturals (normalment d'extractes vegetals). Els fotoprotectors de filtre biològic només ens protegeixen dels raigs UVB, deixant pas als UVA. Així doncs, ens ajuden contra el fotoenvelliment cel·lular i la majoria dels càncers de pell. Tot i això, no ens protegeix de les cremades solars ni del eritema.

Hem de tenir en compte que tot i que hi ha diferents tipus de filtres, no tots els fotoprotectors que trobem al mercat estan formats per un sol tipus de filtre. Amb els anys, s'està començant a popularitzar la pràctica d'ajuntar diferents tipus de filtre que és complementen fàcilment. Per exemple, de manera comuna, s'ajunten el filtre químic amb el biològic en un mateix fotoprotector per tal d'arribar també als consumidors de la cosmètica natural. Tot i que es barrejin dos filtres, sempre n'hi ha un que preval sobre l'altre, això dependrà del percentatge d'agent actiu que hi hagi en més quantitat en cada producte.

Càlcul del FPS

L'SPF que sempre veiem als envasos dels nostres fotoprotectors és un terme utilitzat arreu del món per a conèixer quant ens protegeix el producte que comprem. Aquest mètode va ser introduït per primera vegada l'any 1956 per Rudols Shulze però va ser popularitzat i introduït en la majoria de productes l'any 1974 per Greiter. Aquests s'usava de la mateixa manera que s'utilitza en l'actualitat.

Les lletres de SPF són unes sigles que venen de l'anglès "sun protection factor". És per això que es normal, en països hispano-parlants, trobar en alguns envasos l'etiqueta de FPS ja que traduït al castellà es diu "factor de protecció solar", tot i això, les dues sigles signifiquen i indiquen el mateix.

El valor del SPF (veure *fórmula 3*), és un nombre enter positiu que ens indica quin és el múltiple de temps al que es pot exposar la pell protegida per a aconseguir el mateix efecte eritematós que s'obtidria si no s'hagués aplicat cap tipus de protecció. Dit d'una altra manera, és el nombre de vegades que s'augmenta la protecció contra la radiació natural que te la nostra pell davant dels raigs UV. D'aquesta manera, l'SPF no ens indica si un fotoprotector ens protegeix més o menys ja que això dependrà de la resistència natural de la pell de cada individu.

$$SPF = \frac{DEM \text{ de la zona protegida}}{DEM \text{ de la zona sense protecció}}$$

DEM = Dosis mínima d'eritema (en minuts)

Fórmula 3: càlcul del SPF

La DEM de la zona sense protecció, pot ser difícil de calcular i no té el mateix valor per a tots els humans. És un valor que ens indica el nombre mínim de minuts que s'han d'irradiar a un individu amb raigs ultraviolats fins que aparegui eritema en la seva pell. Així doncs, l'SPF no és un valor absolut, aquest tan sols ens dona una orientació de quant de temps podem estar protegits. Tot i això, no només la sensibilitat del nostre tipus de pell a les cremades (DEM) afecta el valor del SPF (encara que és la variable amb més efecte), la manera en com apliquem el fotoprotector, la suor de cada individu, la resistència a l'aigua i la quantitat de loció aplicada també són factors que poden fer variar amb major o menor quantitat el valor del SPF. D'aquesta manera, hem de ser conscients a l'aplicar un fotoprotector, que segurament SPF que s'indica a l'envasament no és la protecció que se'ns oferirà (normalment aquesta serà menor).

Fototipus:

El fototipus és la capacitat que té la pell de qualsevol individu per adaptar-se a l'exposició solar. Tothom neix amb un grau de tolerància als raigs U.V. diferent que depèn de la pigmentació de la pell, els ulls, el cabell entre altres factors. El fototipus és un valor enter positiu que va entre l'1 i el 6. Així doncs, el fototipus ens serveix per a tenir una idea més exacte de quant temps ens protegirà un fotoprotector (fent el càlcul amb l'SPF) i ens permet conèixer aproximadament el valor de DEM que té la nostra pell.

El fototipus es basa segons la quantitat de melanina que presenta la nostra pell. Les eumelanines (el tipus de melanines que abunden més en els humans) són un pigment natural que s'encarrega de la coloració marró o negra de la pell, pupil·les i cabells de cada individu. A part de colorar el nostre cos, les melanines són una protecció natural que fabrica el nostre cos en major o menor quantitat que evita la radiació ultraviolada. La melanina es pot veure afectada pels següents dos tipus de radiació:

- 1. UVA:** quan aquests entren en contacte amb la nostra pell, la melanina s'oxida de manera quasi instantània i això resulta en un bronzejat ràpid però no és de llarga durada. Aquests raigs normalment no causen eritema solar però no són inofensius. Poden provocar signes d'envelliment prematur com arrugues profundes, taques solars i pèrdua d'elasticitat en la pell. Si estem exposats a aquesta radiació durant un període llarg de temps, la melanina no pot absorbir completament els raigs i podem acabar desenvolupant un càncer.
- 2. UVB:** aquests activen la melanina en lloc d'oxidar-la i fan que l'individu experimenti un bronzejat durador però que apareix de manera menys instantània que quan ens oposem als raigs U.V.A. En aquest cas, quan hi ha una sobreexposició a aquesta radiació, la melanina es veu incapaç d'absorbir els raigs i provoca eritema amb envermelliment a la zona on hi ha hagut l'exposició.

Així doncs, podem arribar a la conclusió senzilla que com més melanina tingui un individu tindrà una pell, cabells i ulls més foscos i com menys melanina tingui seran més clars. També sabem que si un individu té una gran quantitat de melanina al cos, aquesta s'oxidarà o activarà amb més facilitat i, per tant, aquesta persona tindrà molta facilitat per bronzegar-se i no presentar cremades solars. Seguint aquestes dues afirmacions, Flitzpranck va dividir la pell en sis tipus (veure *taula 3*) definint-los de la següent manera:

- **Fototipus I:** aquestes són persones amb el cabell roig, ulls clars (normalment blaus) i pell molt blanca. Es cremen amb molta facilitat després de l'exposició i solen presentar caiguda de pell quan tenen eritema solar. No es bronzegen mai i solen ser de països Nòrdics. És recomana protecció molt alta, SPF 50 o més.
- **Fototipus II:** aquestes són persones amb el cabell roig o ros, ulls clars, pell blanca i pigues o taques a quasi tot el cos. Es cremen fàcilment i a alguns els cau la pell després de l'exposició. Es bronzegen molt lleugerament i solen ser de països del nord d'Europa. Es recomana protecció alta, SPF 50.
- **Fototipus III:** aquestes són persones que es caracteritzen per la seva pell blanca i el cabell castany. És un dels fototipus que s'associa a més població del sud-est d'Europa i de la majoria d'Amèrica del nord. Els individus inclosos en aquest fototipus és pigmentant però es cremen amb certa facilitat. La protecció recomanada és d'SPF 30.
- **Fototipus IV:** aquestes són persones amb la pell lleugerament pigmentada i de cabells i ulls foscos. Es bronzegen amb facilitat i normalment no presenten eritema després de l'exposició. Aquest fototipus també s'associa a una part gran de la població. La majoria de gent que viu prop del mediterrani presenta aquest tipus de pell. Es calcula que a Espanya prop d'un 60% de la població té aquest fototipus. La protecció recomanada és d'SPF 30 o 15.
- **Fototipus V:** aquestes són persones amb la pell i els ulls foscos. No es cremen quasi mai i es bronzegen de manera ràpida i intensa. La majoria d'individus amb aquest fototipus es troba a llatinoamericà. Per a aquest fototipus cal un fotoprotector de SPF baix.
- **Fototipus VI:** aquestes són les persones amb la pell negra. Es cremen només puntualment. Aquest fototipus és abundant a Àfrica. Per a aquest fototipus no cal protecció si l'exposició no és molt perllongada i si ho és tan sols cal un SPF baix.

Cal tenir clar que el fototipus també és una mesura aproximada i que no en tots els casos funcionarà correctament. Si es vol conèixer de manera exacta el fototipus d'un individu i, d'aquesta manera, l'SPF que aquest hauria d'utilitzar, s'ha d'acudir a un dermatòleg professional.

Fototipus	To de pell	Color de cabell	Color d'ulls	Cremades solars	Bronzejat	Protecció (SPF)
I	Molt clar	Pèl-roig	Blaus-verds	Sempre i intenses	Molt poca	50+
II	Clar	Ros	Blaus	Sempre	Poca	50
III	Clar	Ros-castany	Blaus-marrons	Sovint	Poca	30
IV	Clar- Obscur	Castany	Marrons	A vegades	Mitjana	15-30
V	Obscur	Castany- Negre	Marrons	Poques	Molta	8
VI	Negre	Negre	Negres	Quasi mai	Molta	8

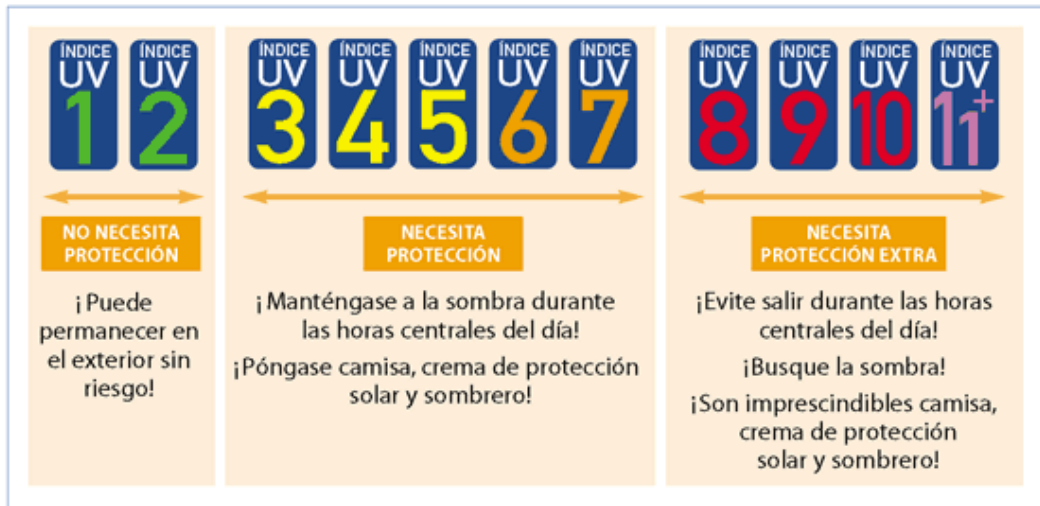
Taula 3: relació del fototipus amb les seves característiques

Recomanació d'ús de fotoprotectors

Els governs de diferents països intenten transmetre missatges senzills i fàcils de recordar a la població per intentar sensibilitzar sobre la importància de la fotoprotecció. Les recomanacions bàsiques que sempre es donen són:

- Evita l'exposició al Sol sense protecció.
- Redueix l'exposició al sol entre les 9h del matí i les 16h de la tarda.
- Intenta estar el màxim temps possible a l'ombra.
- Empra roba que et protegeixi, vestint barrets d'ala ampla, mànigues llargues i ulleres de sol que bloquegin els raigs ultraviolats.
- Evita els llits solars.
- Protegeix els infants de menys de 14 mesos d'edat.
- Utilitza cremes de protecció solar amb un factor de protecció solar que sigui més elevat de 15 repetides vegades a les zones exposades al Sol.

Aquestes recomanacions bàsiques, s'han de seguir en més o menys mesura depenent de l'índex de radiació ultraviolada que hi hagi a la zona on ens trobem. Per això també és precís que el govern informi a la població sobre el significat del IUV i indiqui el seu valor cada dia, o en els dies de més perill. Pel que fa al "Gobierno del Estado Español" aquest ens mostra un seguit de pictogrames dels diferents IUV, assenyalant-nos el seu greu de perillositat i mesures que haurem de tenir en compte (veure *imatge 21*).



Imatge 21: taula de l'Estat dels diferents IUUV

Perquè la població conegui el valor de l'índex de radiació ultraviolada, es van implementar els *solmaforos* o *semàfors de Sol* (veure imatge 22). Aquesta invenció es va iniciar l'any 2004 a Xile per la "Corporación de Fomento de la Producción". Es tracta d'un sensor òptic amb una aparença semblant a la d'un semàfor però amb cinc colors diferents. El "solmáforo" s'encarrega de calcular l'IUV i mostrar-lo encenent un dels seus colors. Aquests són: el verd (IUV baix), el groc (IUV mitjà), el taronja (IUV alt), el vermell (IUV molt alt) i el violeta (IUV extrem).



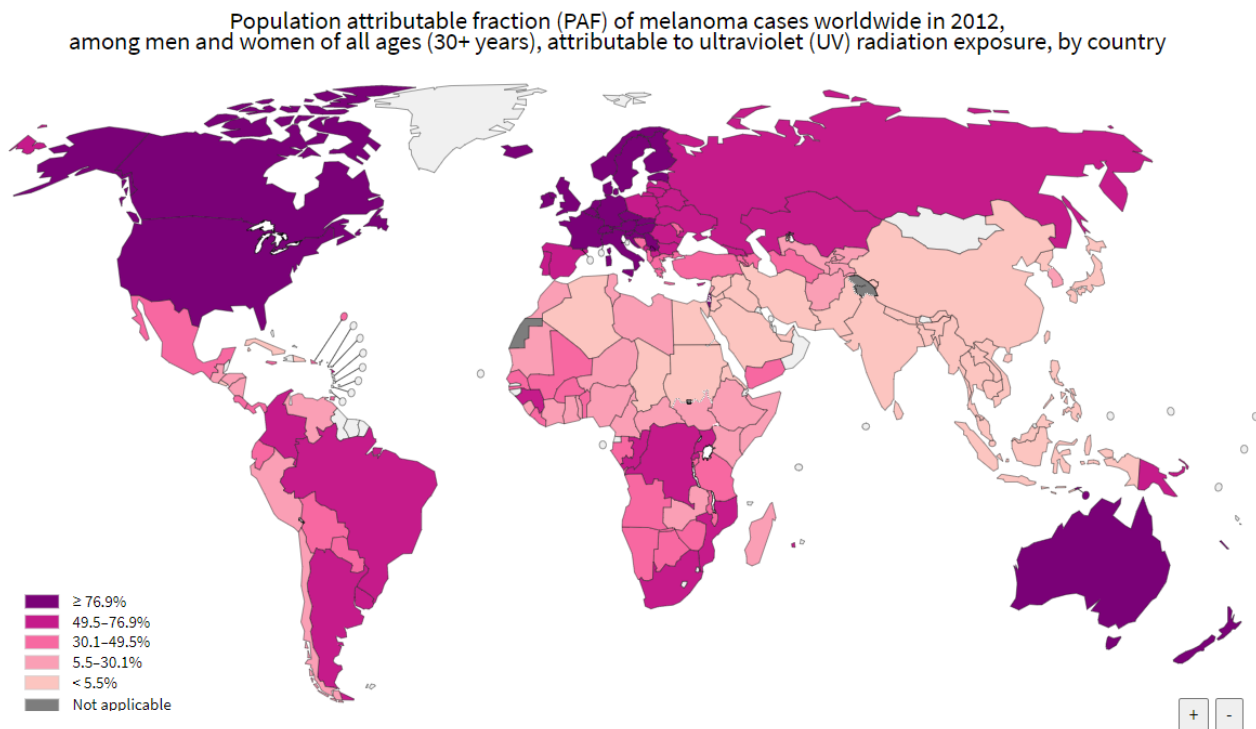
Imatge 22: "solmáforo" utilitzat a Xile

Encara que no hi hagi sensació de calor o sigui un dia ennuvolat, hem d'anar amb compte amb la radiació ultraviolada. Com a exemple d'això, veiem que el percentatge de melanomes diagnosticats que s'atribueixen a la UV es troben majoritàriament a països propers als pols, que no solen ser molt càlids i tampoc hi arriba molta radiació.

Això és degut a que la població d'aquests països no es solen protegir gaire. Normalment es comet l'error de pensar que en els dies freds (com solen ser a Noruega, un país amb un 92,6% de melanomes associats a la radiació) no cal aplicar una capa de fotoprotector. A més, en

països com aquest la neu és més comuna que en països prop de l'equador i, aquesta, reflecteix una gran part dels UV, causant que ens irradiem més que en llocs sense neu. Si a tot això li afegim que normalment els habitants dels països nòrdics tenen una pell molt clara i que pot resistir pocs minuts davant d'aquests raigs, no ens sorprèn que siguin aquests països els que se'ls hi atribueix un gran percentatge de melanomes associats als U.V tot i que tampoc siguin els països més irradiats.

Gràcies a la informació recopilada per la "Word Health Organization" (WHO) podem veure com és el mapa del món per països segons el percentatge de mielomes atribuïbles a la radiació UV (veure *imatge 23*)



Imatge 23: percentatge per països de mielomes atribuïbles a la radiació UV.

MARC PRÀCTIC

Realització d'un fotoprotector

La realització del nostre fotoprotector va ser duta a terme a un laboratori professional. On disposàvem de tot l'equipament i utensilis de laboratori juntament amb les substàncies necessàries per al nostre producte final. El fotoprotector el vam fer guiant-nos amb les indicacions d'una pràctica que realitzen els alumnes de química del centre. A continuació s'explica els materials, la composició (que disposa de dues fases; l'oliosa i aquosa) i procediments duts a terme.

Materials:

- Termòmetre
- Placa calefactora
- Vas de precipitats
- Vareta de vidre
- Espàtula
- Balança electrònica
- Pipeta Pasteur
- Pinça de fusta
- Pesa substàncies (sabatilla)

Composició:

- Fase aquosa
 - Trietanolamina (1,18%)
 - Aigua desionitzada (78,43%)
- Fase oliosa o lipídica
 - Monoestearat de gliceril AE (6,27%)
 - Estearina (*Àcid esteàric*) (2,35%)
 - Alcohol cetílic (0,78%)
 - Miristat d'isopropil (6,27%)
 - Neo Heliopan (*metoxidibenzoilmetà*) (2,35%)
 - Parsol Ultra (2,35%)
- Aromes i conservants
 - Àcid Napagin
 - Essència de Jasmin
 - Essència de Bambú

**Les aromes i conservants no es tenen en compte per la composició, ja que els seus valors són negligibles. Cal destacar també que vam emprar les quantitats determinades per a fer 100mL de producte.*

Elaboració i resultat final:

Com que el nostre fotoprotector té una fase oliosa i una fase aquosa primer vam realitzar ambdues per separat i després mitjançant canvis de temperatura vam fer que aquestes s'integressin mútuament i no es formessin micel·les.

La preparació prèvia abans de començar amb les fases va ser preparar el bany maria. Vam emprar dos vasos de precipitats de més de 600mL omplerts d'aigua i els vam posar a escalfar a la placa calefactora. Vam introduir un termòmetre dins dels vasos, ja que calia que comencéssim amb el bany maria quan l'aigua tingués una temperatura de 70°C en la fase oliosa i de 75°C en la fase aquosa.

Mentre esperàvem que l'aigua adquirís la temperatura adequada, vam començar amb la preparació de les fases. Servint-nos de la balança electrònica i d'un vas de precipitats vam pesar els components necessaris i vam deixar els químics d'ambdues fases en dos vasos de precipitats diferents (veure *imatges 24 i 25*). En el moment de pesar vam utilitzar la pipeta Pasteur per a ser més precisos en els components líquids, i una espàtula o "sabatilla" en els sòlids. Cal destacar entre els diferents components; el Parsol Ultra i el Neo Heliopan. Ja que aquests són els filtres químics solars, que aporten protecció davant UVB i UVA respectivament.



Imatge 24: preparació fase aquosa

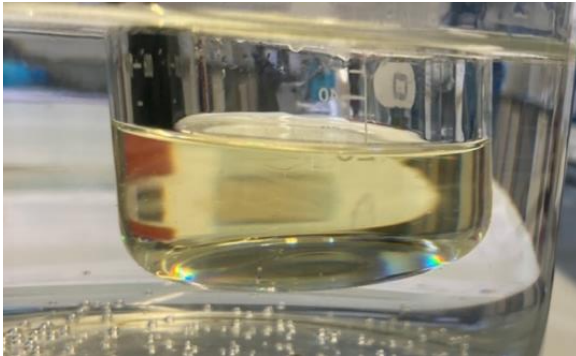


Imatge 25: preparació fase lipídica

Un cop vam tenir els vasos de precipitats amb els components corresponents i l'aigua del bany maria era a la temperatura idònia vam començar amb la integració de cada fase. Amb l'ajuda d'unes pinces de fusta subjectàvem els vasos de precipitats dins l'aigua calenta (veure *imatge 26*). Vam remenar amb la vareta de vidre cada una de les fases per separat fins que aquestes adquirien una homogeneïtat notable. Cal indicar que, en la fase oliosa, la integració de tots els components va requerir més temps, ja que aquests eren majoritàriament sòlids i ,per tant, s'havien de fondre (veure *imatges 27 i 28*).



Imatges 26: realització del bany maria amb ajut de les pinces



Imatges 27 i 28: fase oliosa abans i després d'homogeneïtzar-se

Passats uns 10 minuts, les dues fases ja van tenir la seva consistència homogènia adequada. Així doncs, vam enretirar els vasos del bany maria i vam abocar la fase oliosa a l'aquosa. Al principi, degut a que la temperatura seguia sent elevada, la consistència era força líquida i translúcida. Vam introduir un termòmetre dins la dissolució i vam anar barrejant amb la vareta de vidre, fins que la temperatura va assolir els 40°C, una consistència untuosa i menys líquida i un color més blanquinós (veure *imatge 29*).

Un cop vam adquirir la consistència adequada, l'olor que desprenia era neutre. Entre un ampli ventall de diferents essències vam decidir que les més adequades per aquest tipus de producte serien les de bambú i Jasmin. Vam introduir unes gotes dels líquids a la crema i vam barrejar-ho amb la vareta fins que s'integressin bé i obtinguéssim l'olor desitjada. També vam afegir aleshores l'àcid Napagin que actua com a conservant i permet que la crema tingui més durabilitat.



Imatge 29: integració d'ambdues fases amb la vareta de vidre vigilant la temperatura

Un cop afegits el conservant i els aromatitzants, el nostre fotoprotector ja estava finalitzat. D'aquesta manera, vam traslladar la crema, del vas de precipitats a cinc petits recipients, d'uns aproximadament 20mL (veure *imatges 30 i 31*). Com que no disposàvem de les eines necessàries, no van quedar al 100% hermètics.



Imatge 30

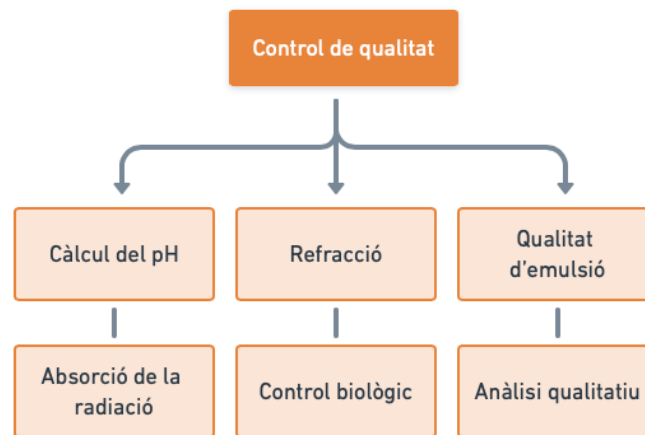


Imatge 31

Control de qualitat i comparació de diferents fotoprotectors

Introducció

En aquest apartat del marc pràctic s'elabora un anàlisi de les diferents propietats físiques, químiques i biològiques (control de qualitat) que tenen 4 fotoprotectors. Els controls de qualitat sempre són realitzats quan una empresa ha de llençar un producte al mercat o bé ocasionalment, això es fa per a preservar la seguretat del consumidor. Els controls de qualitat dins del comerç, van des del sector alimentari fins al sector de la cosmètica. En el nostre cas hem realitzat un control de qualitat menys complex que els que es realitzen a empreses grans, degut a la falta de recursos. El nostre control de qualitat consta de 6 determinacions o proves (veure *imatge 32*) les quals ens permetran saber les qualitats de cada fotoprotector analitzat.



Imatge 32: esquema de les diferents proves del control de qualitat

Vam triar els següents fotoprotectors:

- La Roche-Posay 50+ - **Nova**: aquesta va ser oberta tan sols per a fer les comprovacions i ens serveix per a saber quines han de ser les qualitats adequades d'un fotoprotector funcional. És de filtre químic i creiem que és una marca fiable i molt comprada i, per tant, tindrà un bon rendiment.
- La Roche-Posay 50+ - **Oberta 12 mesos**: aquesta havia estat utilitzada prèviament i feia un any que era oberta. Vam triar que fos un any després d'estar oberta, ja que segons s'indica en l'etiqueta el PAO era de dotze mesos. Aquest és el mateix model que la nova (filtre químic), així podem arribar a saber si la crema té un gran deteriorament de les propietats.
- Yves Rocher Solaire Peau Parfaite 30 - **Caducada**: aquesta tenia la data de caducitat vençuda i ens serveix per comprovar si ens protegiria de la mateixa manera una crema caducada que una de no caducada.
- Realitzada per nosaltres - **Nostra**: aquesta la vam fer al laboratori i just després de la seva realització, vam fer-ne el control de qualitat. Aquest ens servirà per a reconèixer si un fotoprotector fabricat a un laboratori tindrà les mateixes característiques i propietats, que un fotoprotector realitzat per una empresa especialitzada i amb totes les eines i substàncies especialitzades. Aquesta crema també té un filtre químic que ens permet fer la comparació amb la crema que vam testar nova i completament funcional.

Control biològic

L'anàlisi biològic ens serveix per a comprovar si es forma algun tipus de vida en un fotoprotector. Aquest anàlisi està estructurat en dues parts. En la primera, es fa un banc de dissolucions amb les cremes i s'esperen algunes hores per a observar si apareixen colònies. Fer un banc de dissolucions és molt important si no estem segurs de les quantitats de colònies que apareixeran. D'aquesta manera, si observem uns valors molt grans en una dissolució concertada, podem saber-ne el valor estudiant les dissolucions més diluïdes. En el nostre cas vam pensar que el més adequat era fer un banc fins a g/mL, ja que creiem que no obtindríem una gran quantitat de colònies. La segona part de l'estudi només es pot fer en el cas que en la primera hagin aparegut colònies. Si n'hi ha, es tracta d'observar aquesta colònia amb el microscopi i determinar de quin bacteri, fong o llevat es tracta.

Aquesta última part és també molt important, ja que depenent de quin tipus de microorganisme es formi, aplicar la crema pot ser perjudicial. No perquè apareguin més quantitat de colònies una crema és perjudicial, ja que, simplement, poden aparèixer colònies de microorganismes que no afecten la nostra salut.

Materials:

- Tubs d'assaig
- Pipeta
- Vas de precipitats
- Bàscula electrònica
- Espàtula
- Vòrtex
- Autoclau
- Cinta indicadora d'esterilitzat
- Cinta i retolador (pel marcatge)
- Càpsula de flux laminar
- Micropipetes
- Nansa d'hidralsgui
- Plaques de petri (PCA)
- Plaques de petri (Sabouraud)
- Conta colònies
- Portaobjectes
- Cobreobjectes
- Microscopi òptic
- Nansa de Kolle

Substàncies:

- Aigua desionitzada
- Oli d'immersió
- Fotoprotectors solars
- Blau de metilè

Procediments:

Per començar, havíem de realitzar un banc de dissolucions. Per fer-ho, vam omplir set tubs d'assaig amb 9 ml d'aigua desionitzada en cada un. Això ho vam fer amb l'ajuda d'una pipeta. Seguidament, vam mesurar 1 gram de fotoprotector en un vas de precipitats amb la bàscula electrònica. Després, amb una espàtula vam afegir el fotoprotector en un dels tubs d'assaig amb aigua desionitzada, aquell tub seria el de la concentració inicial. Per homogeneïtzar la dissolució en l'interior del tub, un pas molt important, ja que si no es fa podem perdre una part del fotoprotector, vam fer servir el vòrtex.

En segon lloc, un cop la dissolució inicial va estar ben homogeneïtzada, amb l'ajuda de la micropipeta vam mesurar un mil·lilitre d'aquesta dissolució i vam abocar-la en l'interior d'un altre tub d'assaig amb aigua desionitzada i vam tornar a fer servir el vòrtex per a homogeneïtzar de nou la dissolució (veure *imatge 33*). En l'interior d'aquest tub d'assaig, per tant, teníem una mescla entra crema i aigua desionitzada més baixa que en la inicial. A aquesta se la va anomenar la concentració de 10^{-1} . Seguidament, a aquesta dissolució també se li va extreure un mil·lilitre de contingut i es va abocar a un altre tub d'assaig per a aconseguir la concentració de 10^{-2} . Aquest procés és va repetir fins a arribar a la concentració de 10^{-6} (veure *imatge 34*). Vam repetir el procediment un total de 4 vegades, un per cada fotoprotector que volíem analitzar. Seguidament, vam col·locar cinta indicadora d'esterilitzat en els tubs d'assaig ja que els havíem d'introduir a l'autoclau.



Imatge 33: homogeneïtzació gràcies al vòrtex



Imatge 34: banc de solucions

En tercer lloc, vam esterilitzar els bancs de dissolucions i el material que necessitàvem per a la següent part del procediment. Això ho vam fer gràcies a l'autoclau que havíem omplert prèviament amb l'aigua desionitzada pertinent. És important esterilitzar el material quan es fa qualsevol prova relacionada amb microorganismes per tal d'aconseguir uns resultats verídics. Si no esterilitzem el material no podem saber si els microorganismes es troben en la mostra a estudiar o, simplement, es troben en l'ambient.

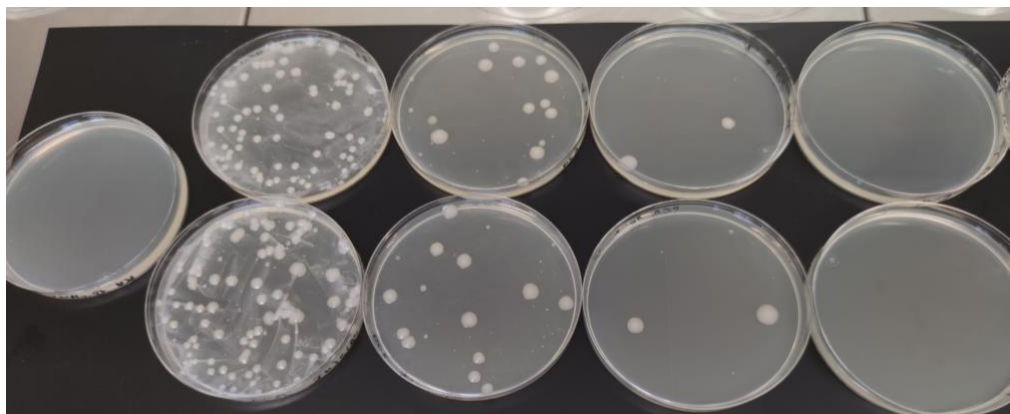
En quart lloc, un cop el material va ser esterilitzat (ho vam poder comprovar gràcies a la cinta indicadora d'esterilitzat), vam traslladar-nos a la càpsula de flux laminar. Aquesta havia estat esterilitzada amb anterioritat gràcies als raigs UV i ens permetria realitzar la sembra de la mostra en condicions òptimes. Així doncs, vam començar amb la sembra. Vam posar, amb

l'ajuda de les micropipetes, 1 mL de cada dissolució en dues plaques de petri que havíem fet prèviament (veure *imatge 35*), una de PCA i l'altre de sabouraud (veure *annex 5.1*), i ens vam assegurar que les dissolucions quedaven ben integrades amb el medi de la placa fent moviments circulars amb una nansa d'hidralsgui (veure *imatge 36*). Aquest procediment, el vam realitzar quatre cops per duplicat. És a dir, teníem una sembra de totes les dissolucions del banc de cada crema dos cops. Les rèpliques les vam fer, ja que en el cas que alguna placa és contaminada durant el procediment degut al contacte de les mans amb el medi de les plaques o a algun estri mal esterilitzat, poguéssim tenir una rèplica del mateix per a assegurar els resultats. D'aquesta manera, teníem 96 plaques de petri (48 de PCA i 48 de sabouraud) sembrades.



Imatge 35: afegint 1 ml de solució a la placa *Imatge 36: escampant la solució pel medi amb la nansa*

En cinquè lloc, un cop la sembra va estar acabada i vam esperar uns tres dies per a l'aparició de colònies (veure *imatge 37*), vam fer el comptatge d'aquestes. El vam realitzar gràcies a un conta colònies que ens permetia minimitzar els errors (veure *imatges 38 i 39*). Tot i així, per si de cas, el comptatge es va fer dos cops i, en cas de valors diferents, es va donar com a correcte el valor mitjà entre aquests dos.



Imatge 37: colònies que van aparèixer al cap de tres dies

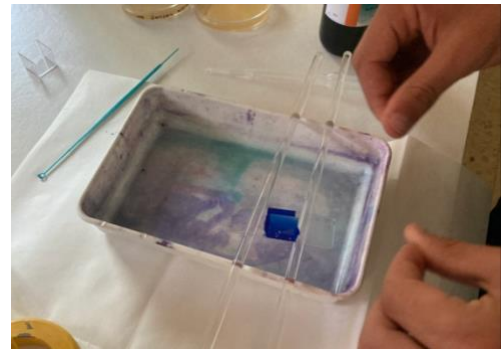


Imatge 38 i 39: comptatge del nombre de colònies amb el conta colònies

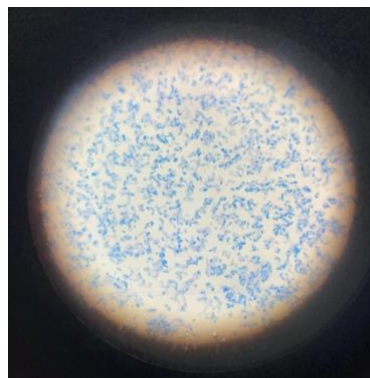
En sisè lloc, vam fer l'anàlisi de la colònia apareguda. Vam obrir una placa de petri amb presència de la colònia i, amb l'ajuda d'una nansa de Kolle esterilitzada, vam col·locar la mostra en un portaobjectes (veure *imatge 40*). Vam realitzar una tinció vital amb blau de metilè, ja que era necessari un medi de contrast per a l'observació de la mostra (veure *imatge 41*). Finalment, vam col·locar un cobreobjectes sobre la mostra ja tenyida i la vam col·locar en el microscopi per a poder determinar de quina es tractava (veure *imatges 42 i 43*).



Imatge 40: agafant una mostra de colònia amb la nansa



Imatge 41: mostra tenyida



Imatge 42 i 43: observació de la colònia amb el microscopi

Anàlisi i resultats:**Recompte de colònies:**

Un cop fet el comptatge de colònies de les diferents plaques de petri, vam obtenir els següents resultats (veure *taula 4*).

	Concentració (g/ml)	Nombre de colònies			
		PCA		Sabouraud	
		R1	R2	R1	R2
Nova	Inicial	88	72	0	0
	10 ⁻¹	4	4	0	0
	10 ⁻²	1	1	0	0
	10 ⁻³	0	0	0	0
Oberta 12 mesos	Inicial	192	211	0	0
	10 ⁻¹	39	45	0	0
	10 ⁻²	5	8	0	0
	10 ⁻³	0	0	0	0
Caducada	Inicial	0	0	0	0
	10 ⁻¹	0	0	0	0
	10 ⁻²	0	0	0	0
	10 ⁻³	0	0	0	0
Nostra	Inicial	2	2	0	0
	10 ⁻¹	1	1	0	0
	10 ⁻²	0	0	0	0
	10 ⁻³	0	0	0	0

Taula 4: taula del nombre de colònies formades

Com observem a la taula, en el medi del Sabouraud, el nombre de colònies que van aparèixer és sempre 0. Aquests valors tenen sentit, ja que aquest tipus de medi només indica el creixement de fongs i llevats. És normal que en un producte cosmètic no apareguin llevats o fongs (encara que aquests estiguin caducats), ja que aplicar un fong a la pell és molt dolent per l'epidermis. Per altra banda, l'aparició de bacteris és més comuna.

En la taula no s'han posat els valors del banc de dissolucions més baixes de 10⁻⁴, ja que les colònies eren sempre nul·les. De fet, només va haver-hi aparició de colònies en concentracions de 10⁻² i superiors a aquesta. És un valor que té sentit, ja que la presència de colònies en concentracions molt baixes indica que la concentració inicial estava molt contaminada.

Nova: observem presència de colònies a les plaques amb concentració inicial, de 10⁻¹ i de 10⁻². El nombre de colònies no és desorbitat, ja que a partir de 10⁻³ no n'hi ha presència. L'ingredient emprat en la crema de *La Roche-Posay* com a conservador i antimicrobià, és el phenoxyethanol. Aquest no té unes males propietats, no permet l'aparició de fongs i de llevats, però en l'erradicació de colònies bacterianes no té una repercussió tan eficaç. Aquest ingredient ha estat el centre de controvèrsia al món de la cosmètica europea, ja que l'informe de l'ANSM (Agencia Nacional para la Seguridad de los Medicamentos) del 2012 afirma que aquest és danyí per la nostra salut i té una toxicitat hepàtica. Així doncs a la Unió Europea

només es permet una concentració de l'1% en phenoxyethanol. Aquesta baixa concentració de l'antimicrobià pot ser la causa de l'aparició de colònies.

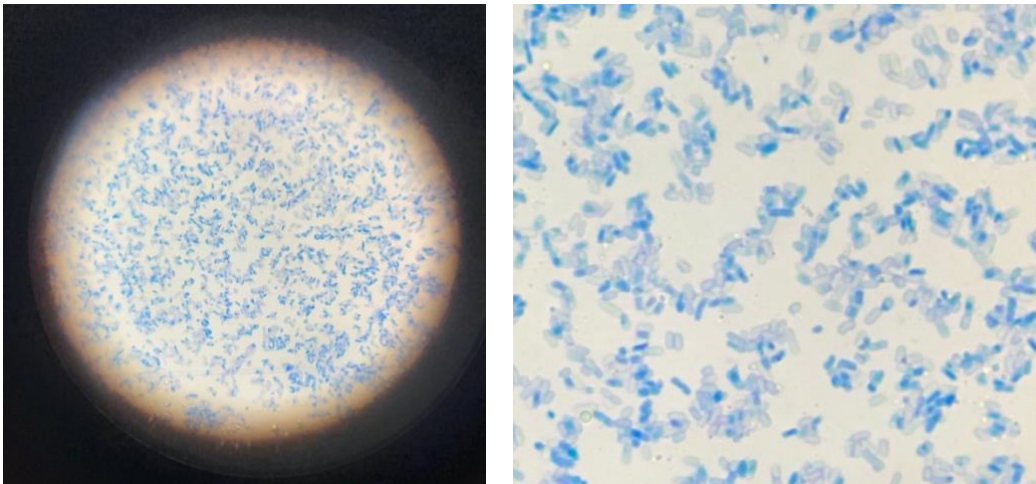
Oberta 12 mesos: en aquest cas l'aparició de colònies és força semblant que en la crema nova, ja que l'antimicrobià és el mateix al tractar-se de la mateixa marca. El nombre, però, és més elevat pel fet que ha estat més temps oberta i exposada a l'aire i la pols, el qual comporta un major risc en l'aparició de bacteris.

Caducada: la presència de colònies és nul·la en totes les concentracions. Aquest valor inicialment ens va fer pensar que havíem comès algun error en fer l'anàlisi biològic i, fins i tot, vam contaminar una placa per a assegurar-nos que no hi havia cap incongruència. Aquests resultats, doncs, s'expliquen ja que la crema caducada de la marca Yves Rocher utilitza el sorbat de potassi. Aquest és un antimicrobià i conservant que també s'utilitza en l'àmbit de l'alimentació (sobretot en productes làctics) i que té un impacte molt eficaç en l'eliminació de bacteris en productes cosmètics.

Nostra: es visualitzen uns resultats amb colònies molt baixes. Això s'explica, ja que l'anàlisi biològic es va fer just quan acabàvem de fer la crema. Per tant, no va haver-hi molt temps per a la contaminació. De fet, si el fotoprotector s'hagués realitzat en condicions professionals i estèrils, la formació de colònies bacterianes hauria de ser nul·la.

Estudi de la colònia:

Quan vam fixar-nos en les colònies que vam obtenir, és va constatar que totes les obtingudes eren les mateixes. Tenien un aspecte blanquinós i viscos. Un cop vam observar la mostra amb el microscopi vam veure el següent (veure *imatge 44 i 45*)



Imatge 44 i 45: bacteri vist amb el microscopi

Per la forma allargada dels bacteris, vam constatar que les colònies eren de bacteris *bacillus subtilis*. Aquests són un tipus de bacteris molt freqüents en l'ambient i en el sòl. Tot i la presència d'aquests microorganismes aparentment alarmant, cal destacar que aquests no poden tenir cap repercussió en la nostra salut quan entren en contacte amb la nostra pell. Els *bacillus* són aerobis i només tenen repercussions negatives en cas de ser ingerits.

Control d'acidesa o càlcul del pH

Aquest control és necessari, ja que qualsevol producte cosmètic ha de tenir una acidesa adequada per a aplicar-la sobre la pell. L'escala del pH va del 0 fins al 14. Una substància es considera àcida quan el seu pH està entre els valors del 0 al 6, es considera neutre (com l'aigua) en els valors propers al 7 i alcalina o bàsica del 8 al 14. Un fotoprotector, com que és un producte cosmètic que s'ha d'aplicar a la pell hauria de tenir un pH força neutre per no malmetre'ns la pell. El material i substàncies per a aquesta comprovació són: el pH-metre, les tires de paper indicador de pH, balança electrònica, vas de precipitats, cada tipus diferent de crema i aigua destil·lada.

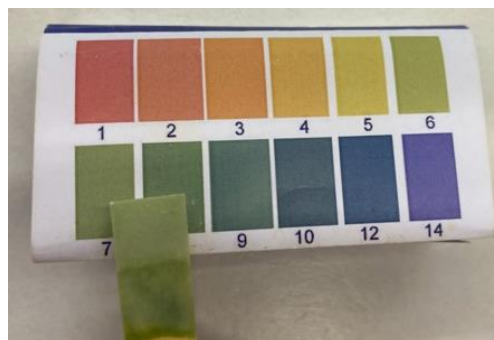
Procediment:

Vam pesar 1 gram de crema en la bàscula electrònica i li vam agregar 50 mL d'aigua destil·lada per a obtenir una dissolució. Aquest procediment el vam realitzar de la mateixa manera en totes les 4 cremes diferents. Abans d'utilitzar el pH-metre, vam haver de calibrar-lo submergint l'elèctrode (que detecta l'activitat dels ions) en tres dissolucions diferents amb un pH àcid (4,2), neutre (7) i bàsic (9,4). Un cop realitzat el calibratge vam introduir l'elèctrode en les diferents solucions de crema i aigua destil·lada (veure *imatge 46*). Això ho vam fer dues vegades en cada cas per a poder fer una mitja i obtenir un valor més precís.



Imatge 46: pH-metre mesurant la crema nova

Per altre banda, vam mesurar el pH de nou amb el paper indicador (veure *imatge 47*). Això ho vam fer amb la solució anterior i submergint una tira petita del paper. Aquesta va ser una comprovació ràpida, per a reafirmar les dades obtingudes anteriorment.



Imatge 47: paper indicador

Resultats i anàlisi:

Aquests són els valors obtinguts (veure *taula 5*).

Fotoprotector	1a mesura	2a mesura	Mitjana
Nova	7,8	7,9	7,85
Oberta 12 mesos	7,7	7,7	7,7
Caducada	7,7	7,9	7,8
Nostra	8,0	8,1	8,05

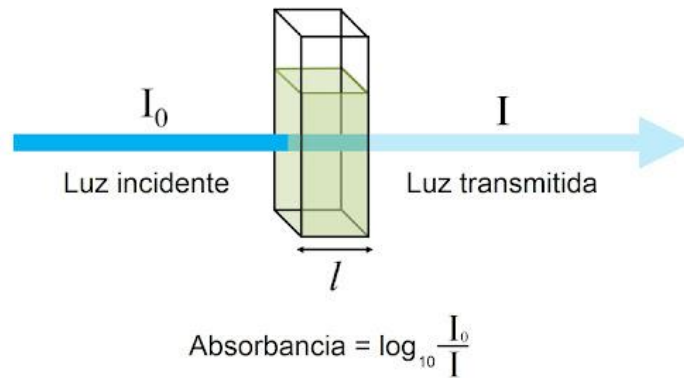
Taula 5: pH obtingut de les diferents cremes

Com podem veure els valors són molt similars entre les diferents cremes. Així doncs podem observar que encara que un fotoprotector estigui caducat o obert l'acidesa no variarà i no serà nociu per la pell. Observem que el valor de la crema feta per nosaltres té un pH una mica més bàsic que les altres (sense perjudicar la pell al ser aplicat) això segurament és degut a que quan es fabriquen cremes solars en grans quantitats s'utilitzen uns valors molt elevats de components i és molt difícil que hi hagi un error notable. Pel contrari, en la que vam fer nosaltres (només 100 mL) era més possible desviar-se del % en la quantitat de cada component i que el pH es veies afectat.

Absorció de la radiació

Aquesta comprovació és una de les més importants, ja que gràcies a ella podem conèixer si un fotoprotector absorbeix els raigs ultraviolats (UVA, UVB i UVC). D'aquesta manera sabem quin fotoprotector compleix la seva funció principal, que és protegir-nos d'aquests.

Per a realitzar aquesta part experimental hem requerit d'un espectrofotòmetre. Aquest calcula l'absorbància de les diferents longituds d'ona d'una substància. Ho fa enviant diferents raigs amb les longituds d'ones indicades prèviament, les quals travessen la substància (que es troba en una cubeta de quars) i arriben a un receptor que detecta la longitud d'ona dels raigs que arriben, calculant així la quantitat d'absorbància de la substància (veure *imatge 48*).



Imatge 48: càlcul de l'absorbància

Material i substàncies:

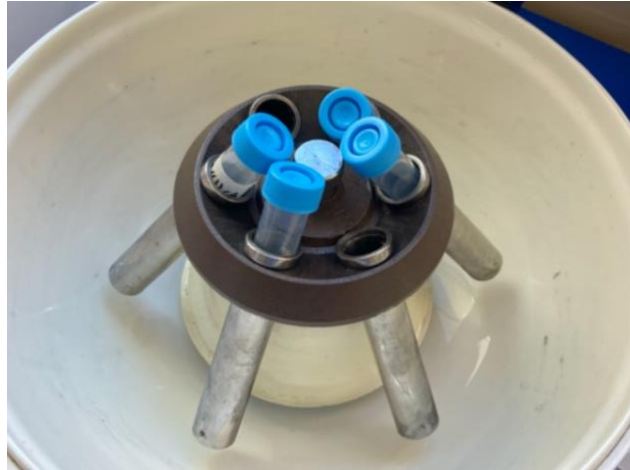
- Espectrofotòmetre
- Centrifugadora
- Cubetes de quars
- Vòrtex
- Pipetes
- Tubs
- Matràs 25 mL
- Bàscula electrònica
- Preparació bany maria:
 - Placa calefactora
 - Vas de precipitats
- Aigua destil·lada
- Alcohol isopropílic
- Fotoprotector solar

Procediment:

En un tub de centrifuga vam pesar aproximadament 20 mg de protector solar fent ús de la bàscula electrònica, hi vam afegir 5 mL d'alcohol isopropílic, per a una millor integració, vam utilitzar el vòrtex (veure *imatge 49*). Vam escalfar en un bany maria la dissolució a 45-50° durant un minut. Vam deixar refredar la dissolució a temperatura ambient una estona i la vam posar a la centrifugadora a 3000 rpm durant 5 minuts (veure *imatge 50*). Tot aquest procediment és útil, ja que necessitem una màxima integració del fotoprotector en la dissolució.



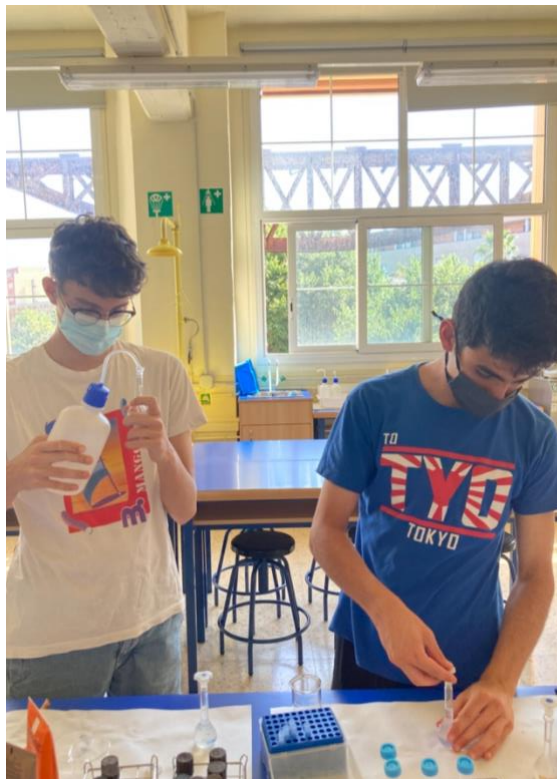
Imatge 49: integració de la crema amb el vòrtex



Imatge 50: tubs amb les diferents solucions de cremes a la centrifugadora

Fent ús de pipetes vam col·locar 1mL de la dissolució centrifugada amb quantitats de cada fotoprotector en un matràs de 25mL. Vam completar el volum del matràs amb aigua destil·lada (veure *imatge 51*).

Abans de l'escombrat del fotoprotector, vam realitzar una prova de calibratge (veure *imatge 52*), omplint la cubeta amb alcohol, per a minimitzar l'error. Posteriorment, vam realitzar l'escombrat pel fotoprotector. Aquest procés el vam dur a terme amb cada un dels fotoprotectors.



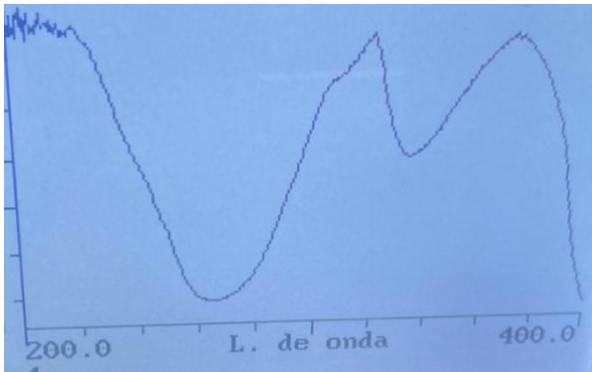
Imatge 51: omplint el matràs fins a 25 mL amb aigua destil·lada



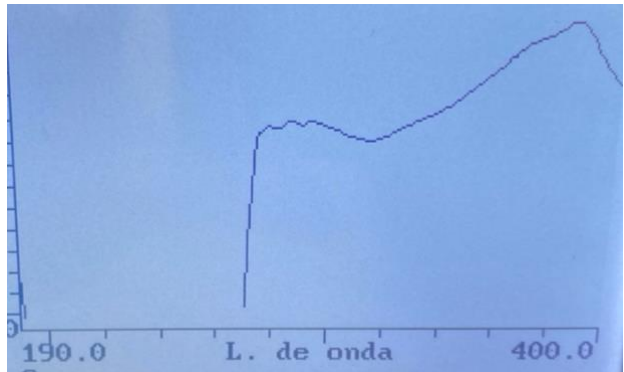
Imatge 52: calibratge de l'espectrofotòmetre

Resultats:

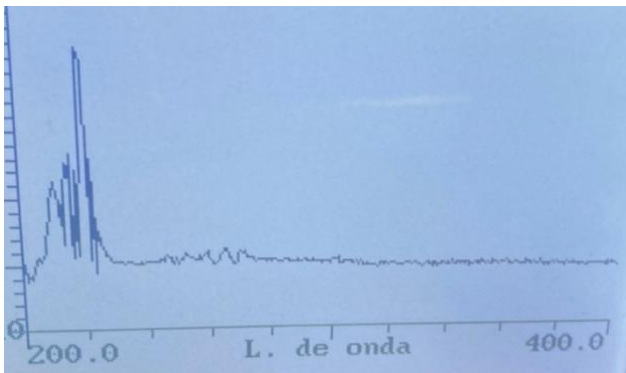
Un cop realitzat l'escombrat amb cada un dels fotoprotectors hem obtingut diferents gràfics (veure gràfics 1-5) on trobem l'absorbància en l'eix de les Y i la longitud d'ona en l'eix de les X.



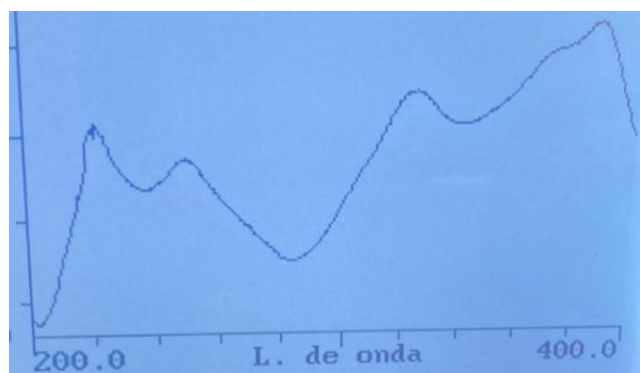
Gràfic 1: crema nova



Gràfic 4: crema nostra

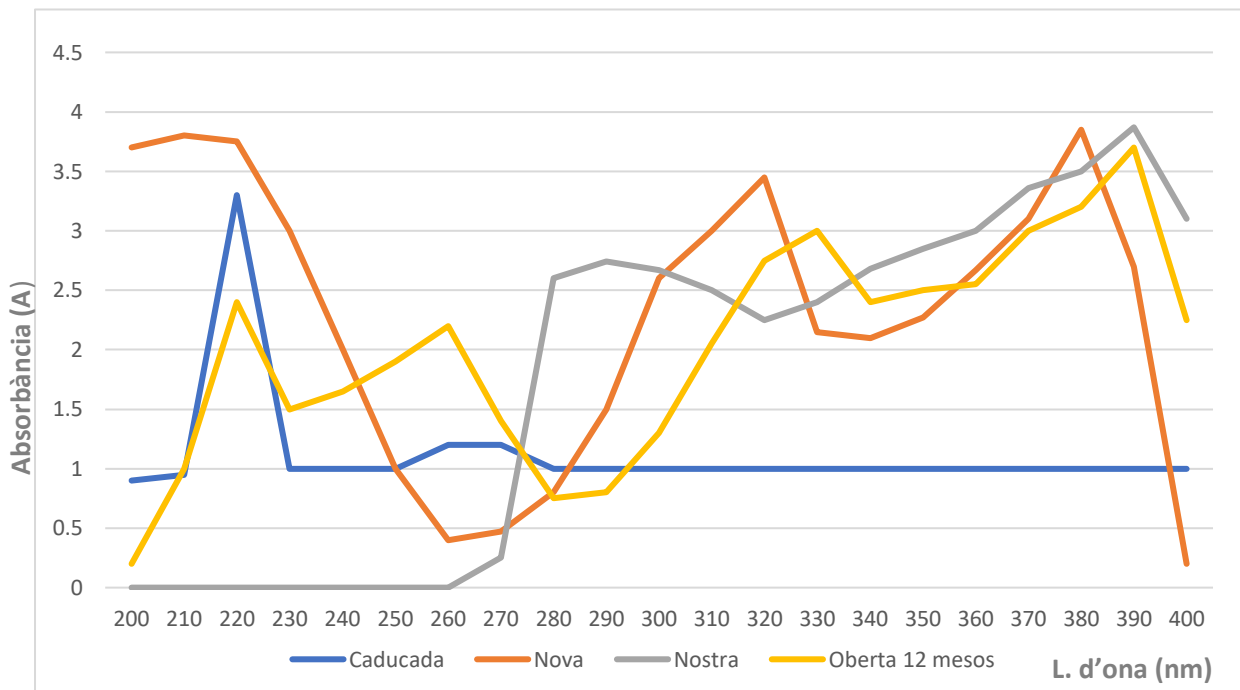


Gràfic 1: crema caducada



Gràfic 2: crema oberta 12 mesos

Comparativa d'absorció de les diferents cremes



Gràfic 5: diferents cremes solars

Anàlisi:

Els resultats els podem obtenir amb més facilitat observant el *gràfic 5* que és una aproximació feta per nosaltres de la comparativa dels *gràfics 1-4*. La realització d'aquest gràfic és una eina que ens serveix molt per a l'anàlisi, ja que aquest el farem comparant la forma que tenen les gràfiques de cada tipus de fotoprotector. Analitzar d'aquesta manera ens és més útil que comprovar el valor de l'absorbància, ja que aquest és un valor adimensional que pot induir a confusions.

Ens hem de fixar en com és d'alta la corba que crea el gràfic depenent de la longitud d'ona en cada cas. Veurem que moltes vegades hi ha un pic en cada tipus de radiació U.V. Per això hem de recordar que l'UVA va d'una longitud d'ona dels 310-400 nm; l'UVB dels 280-310 nm i l'UVC dels 100-280 nm. Si en aquestes longituds d'ones observem un punt màxim en la gràfica això significarà que hi ha absorbància i, per tant, protecció, d'aquesta porció dels ultraviolats. Com més alt sigui el pic en aquests llocs, més alta serà la protecció que obtenim. D'aquesta manera analitzant els resultats en cada crema veiem que:

Nova: observem un pic molt elevat en els 230 nm que ens indica una fotoprotecció completa dels UVC. Veiem un decreixement fins als 280 nm i, seguidament, el pendent del gràfic torna a augmentar fins a realitzar un pic també molt elevat als 300 nm. Aquest ens indica que obtenim una protecció davant dels raigs de tipus UVB. Finalment, veiem un pic als 370 nm que indica la protecció contra els UVA. Els resultats d'aquest fotoprotector són els esperats. Presenta una protecció completa davant de tots els ultraviolats amb els pics més en comparació a la resta de fotoprotectors.

Oberta 12 mesos: veiem un pic als 220 nm que ens indica la protecció contra els UVC. Aquest pic, però, és molt més baix que el de la crema nova, significat que en aquesta longitud d'ona la protecció no serà tan elevada com en la nova. En la resta del gràfic podem veure una similitud amb la nova força exacte però amb uns pics una mica més baixos. D'aquesta manera podem confirmar que un fotoprotector després d'estar obert 12 mesos perd part de la seva absorció de la radiació, sobretot en la part del UVC. Aquesta pèrdua en concret no és la que més preocupa, ja que els UVC arriben en una quantitat molt petita a la superfície terrestre i si no en tenim tanta protecció no suposa un problema greu. Així doncs el fotoprotector segueix sent funcional i aplicable tot i que ha perdut una part de la seva absorbància. Tot i així ens protegeix de la gran majoria de UV.

Caducada: podem remarcar un únic pic força elevat en els 230 nm que ens indica una protecció correcta contra els raigs UVC. La resta del gràfic, però, és quasi bé pla amb poca absorbància. Observem una alteració molt petita prop d'una longitud d'ona de 280 nm que pot indicar una protecció negligible contra els UVB, que segurament havia estat elevada quan el fotoprotector no era caducat. No hi ha absorbància dels 310 fins als 400 nm indicant que la protecció contra els UVA és nul·la. Aquest fotoprotector no és funcional. Només protegeix dels raigs UVC i aquests són els que menys afecten l'ésser humà. No presenta cap tipus de protecció més enllà que una absorbància insuficient en la longitud propera l'UVB i no ens protegeix dels UVA, els raigs que més incidència tenen a la superfície terrestre. Si ens apliquéssim aquest producte per estar exposats prou temps a la radiació, amb una alta seguretat observariem cremades solars i taques a la pell amb el temps.

Nostra: observem una protecció completament nul·la davant dels raigs UVC, ja que no tenim absorptió fins a una longitud d'ona de 280 nm, on comença l'espectre de l'UVB. Davant aquest tipus de radiació no veiem un pic molt clar tot i que sí que observem que hi ha absorció de la radiació. Això ens indica que la protecció contra l'UVB sí que és present, però és mitjana, més baixa que en el cas del fotoprotector nou i que l'obert 12 mesos. En canvi, podem veure el pic més alt (una mica més que en el fotoprotector nou) prop dels 400 nm, indicant-nos una protecció excel·lent contra els UVA. Aquesta crema és funcional tot i no donar-nos protecció l'UVC, això s'explica, ja que la proporció que rebem d'aquests raigs és de menys de l'1%. Tot i això, la protecció que tenim davant dels UVB és la millor fent que no sigui el fotoprotector més eficient dels 4. La baixada tan abrupta a l'arribar als 280 nm s'explica, ja que per a la realització de la crema, es van usar uns filtres molt específics per a l'UVA i l'UVB, que no cobrien els UVC. Això no passa en altres cremes realitzades per empreses, ja que s'utilitzen filtres més complexos que permeten una protecció en tot l'UV i no només per fraccions com ha estat el nostre cas.

Qualitat de l'emulsió

Una emulsió és una mescla estable entre dos líquids immiscibles que tendeixen a separar-se (en el nostre cas la part oliosa i aquosa de la crema). Analitzar la qualitat de l'emulsió ens permet conèixer si hi ha una gran quantitat d'aire dins de l'emulsió o no, i si el component que actua d'emulsionant segueix fent la seva funció. Una emulsió feta a la perfecció no presenta aire ni micel·les mentre que una d'incorrecte sí que en presenta. Aquest control és força important perquè si l'emulsió no és bona, a l'hora d'aplicar un fotoprotector serà més difícil la seva absorció i l'extensió. Per a fer l'anàlisi vam necessitar: microscopi òptic, cobreobjectes, portaobjectes i una gota de cada fotoprotector.

Procediment:

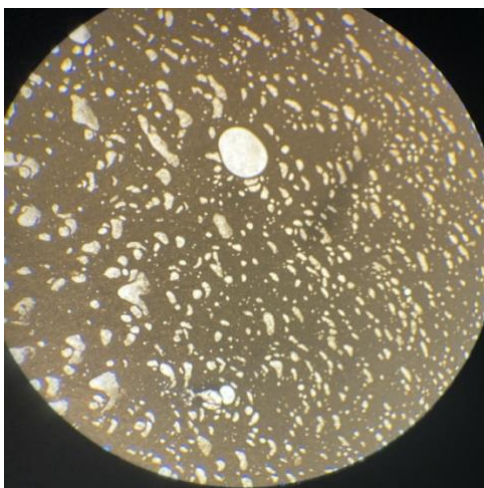
Per començar, vam col·locar una gota de fotoprotector sobre el portaobjectes i vam cobrir-ho amb el cobreobjectes. Després, vam fer pressió sobre el cobreobjectes per aconseguir que la crema estigués el màxim estesa possible. A continuació, vam agafar la mostra i la vam posar al microscopi òptic (MO). Vam regular i vam utilitzar l'objectiu de 40 augments fins a obtenir les imatges més nítides possibles de l'emulsió (veure *imatge 53*). Aquest procés el vam repetir amb cada crema.



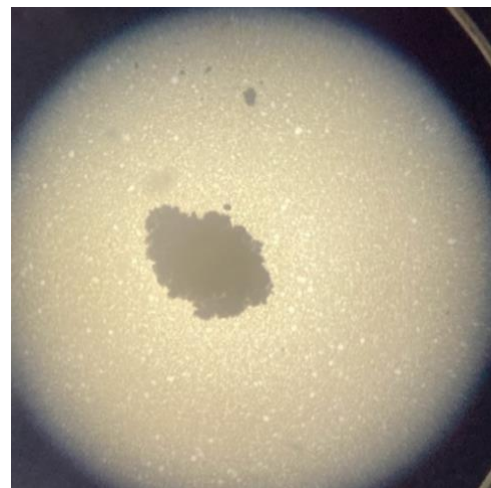
Imatge 53: observant l'emulsió al MO

Resultats i anàlisis:

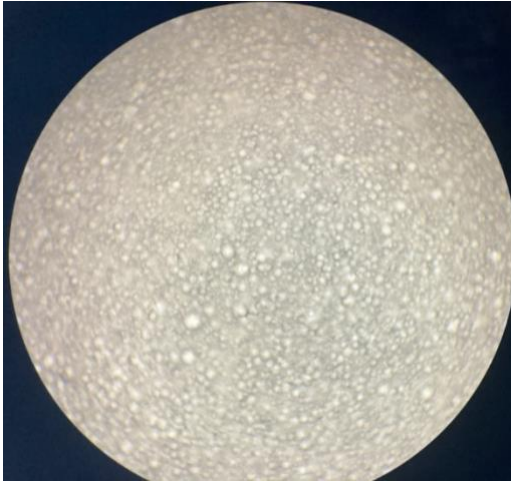
Un cop vam mirar a través del microscopi vam obtenir imatges de les 4 diferents emulsions al microscopi (veure *imatges 54-57*). Per analitzar la qualitat de l'emulsió ens hem de fixar en si hi ha presència o no de taques o punts grans quan l'observem amb el microscopi les quals són una indicació de l'entrada d'aire a l'emulsió. Per altra banda, també és important que l'emulsió sigui homogènia serà un indicador que la fase oliosa està ben integrada a l'aquosa.



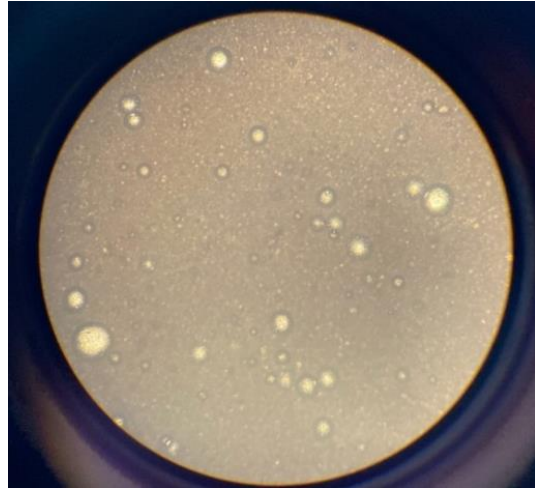
Imatge 54: emulsió de crema caducada



Imatge 55: emulsió de crema oberta 12M



Imatge 56: emulsió de crema nova



Imatge 57: emulsió de crema nostra

Nova: com podem veure a la imatge, l'emulsió de la crema nova és molt bona. Observem que no presenta cap taca o punt destacable i l'emulsió és homogènia. Això és degut al fet que la crema ha estat realitzada en condicions professionals, l'embasament ha estat realitzat en ambients hermètics no permetent l'entrada d'aire.

Oberta 12 mesos: veiem en la fotografia que l'emulsió presenta una taca molt clara (que no era l'única), mostrant una entrada d'aire. Tot i això, l'emulsió és homogènia. Aquest fet es pot explicar, ja que tot i l'envàs també s'ha fet en condicions hermètiques, al ser utilitzat durant 12 mesos, s'ha permès l'entrada d'aire a poc a poc i s'ha acabat deteriorant la qualitat de l'emulsió.

Caducada: en la imatge podem comprovar que l'emulsió d'aquest fotoprotector és clarament la pitjor. Hi ha una diferència clara entre la part oliosa i la part aquosa, es tracta d'una emulsió heterogènia. A més, observem l'entrada d'aire en l'emulsió. La descomposició de l'emulsió es pot explicar, ja que segurament el component emulsionant del fotoprotector ha passat la seva data de venciment i, per tant, ha deixat de fer el seu efecte. L'entrada d'aire, de la mateixa manera que en la crema oberta 12 mesos, es pot explicar per què el fotoprotector fa temps que ha estat obert.

Nostra: es presenta una emulsió amb alguna taca causada per l'entrada d'aire. Es tracta d'una emulsió homogènia, és pot comparar a la crema oberta 12 mesos. Aquesta formació de taques per aire, pot ser deguda a que l'envasament del nostre fotoprotector no va ser realitzat en condicions hermètiques.

Refracció de les cremes

La refracció és el procés pel qual, quan una ona de llum incideix sobre la superfície de separació entre dos medis una part de la seva energia es transmet al segon medi canviant-ne la direcció de propagació. Aquest valor s'expressa amb l'índex de refracció, el qual és un valor adimensional. L'índex de refracció es pot calcular mitjançant la llei de Snell (veure fórmula 4) o amb la fórmula general de l'índex de refracció (veure fórmula 5). Nosaltres en aquest cas, ho hem calculat fent servir el refractòmetre. Aquesta valoració és important, ja que cal que l'índex de refracció d'una crema sigui similar al de l'aigua (1,33) i no molt elevat, ja que això indicaria una presència molt alta de components químics aliens a l'aigua. Els materials i substàncies necessàries per a aquesta comprovació senzilla, van ésser el refractòmetre, les cremes i alcohol.

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$

n_1 = Índex de refracció (primer medi)
 n_2 = Índex de refracció (segon medi)
 $\sin \alpha$ = angle de refracció (primer medi)
 $\sin \beta$ = angle de refracció (segon medi)

Fórmula 4: llei de Snell

$$n = \frac{c}{v}$$

n = Índex de refracció
 c = Velocitat de la llum al buit
 v = Velocitat de la llum al medi

Fórmula 5: càlcul de índex de refracció

Procediment:

Per a calcular els diferents índexs de refracció, primer vam netejar amb alcohol i l'ajuda de paper el prisma principal on després vam aplicar les diferents cremes (veure imatge 58). Aquest procés el vam realitzar 3 vegades amb cada un dels diferents fotoprotectors, per a tenir un índex més precís. Després de cada comprovació, tornàvem a netejar el prisma per evitar una mala mesura. Ho netejàvem amb especial atenció en el moment que canviem de fotoprotector, ja que podrien tenir un índex força variat.



Imatge 58: mesura del medi de refracció de la crema feta per nosaltres

Resultats i anàlisi:

Aquests són els valors obtinguts (veure *taula 6*):

Fotoprotector	1a mesura	2a mesura	3a mesura	Mitjana
Nova	1,3734	1,3801	1,3817	1,3784
Oberta 12 mesos	1,4116	1,4093	1,4103	1,4104
Caducada	1,3915	1,3867	1,3872	1,3884
Nostra	1,3867	1,3867	1,3879	1,3871

Taula 6: Índex de refracció de les diferents cremes

Podem observar que l'error entre les diferents mesures són molt baixos. Això ens indica que el refractòmetre que vam utilitzar estava calibrat de manera correcta.

També podem apreciar que els resultats de la crema nova, caducada i la realitzada per nosaltres són molt semblants. Veiem que només canvia en alguna centèsima l'índex de refracció. Observem que els valors obtinguts són semblants i sempre superiors a l'índex que ha de tenir l'aigua. Això ens indica que els fotoprotectors estan en estat correcte i no hi ha cap anomalia.

El resultat que més es diferencia dels altres és el de la crema oberta 12 mesos. Observem que té un índex algunes dècimes per sobre del que seria l'esperat en el seu cas. Això pot ser degut a l'entrada continuada d'oxigen i agents externs a la crema durant el seu període d'utilització. Tot i aquesta variació en l'índex de refracció, la crema es pot seguir utilitzant i a priori funcionarà, sense deixar-nos de protegir del Sol.

Anàlisi qualitatiu

Aquest anàlisi és important, ja que tot i que coneixem les propietats de cada crema també és important saber si la percepció d'una crema caducada o no professional és diferent als ulls dels usuaris que un fotoprotector en perfectes condicions. Per altra banda, és un apartat molt a tenir en compte per les empreses, ja que el seu producte no només ha de complir amb la fotoprotecció, sinó que ha de ser atractiu als sentits per a obtenir el major número de vendes.

Per això vam idear una sèrie de preguntes a un seguit d'enquestats sobre la percepció personal que tenien de cada fotoprotector. Cal destacar que en cap moment no tenien el coneixement de quin fotoprotector estaven valorant, per tal que no es veies influenciada la seva valoració. En aquesta prova es van avaluar els següents aspectes; aroma/olor, color/aspecte i tacte/sensació a la pell.

Aroma/olor:

Aquesta prova va ésser la primera que se'ls va demanar als enquestats i es va realitzar amb els ulls tancats, perquè en cas contrari potser s'hagueren guiat per la seva aparença. Respecte a les diferents cremes, les valoracions van ser les següents:

- **Nostra:** es va comentar que l'olor d'aquesta no era molt notable, però si era perceptible. Alguns dels voluntaris van afirmar que l'aroma els recordava a la convencional crema de sol de la marca *Nivea*, alguns altres els recordava a flors.
- **Nova:** en aquest cas, a diferència de l'anterior, es generalitzava la idea que l'aroma era força menys notable i bastant neutre.
- **Caducada:** es va constatar que aquesta era la crema que desprenia una aroma més remarcable. Es va dir que recordava a flors, vainilla i fruites tropicals.
- **Oberta 12 mesos:** amb diferència es va dir que aquesta pràcticament tenia un aroma imperceptible.

Color/ aspecte:

La prova es va fer en segon terme, i en aquesta se'ls demanava l'opinió que els hi semblava la crema en una primera ullada. Les valoracions van ser les següents:

- **Nostra:** l'aspecte va ser definit com a correcte, presentava un color blanc i brillant. També es va comentar que semblava tenir una densitat elevada.
- **Nova:** en aquest cas, tot i que a algú li va agradar, la tendència era dolenta, es va comentar que presentava un color força groguenc.
- **Caducada:** l'opinió total va ser que era la de pitjor aspecte, ja que tenia un color marronós i aparentava poca consistència.
- **Oberta 12 mesos:** va abundar la idea que era la crema que disposava d'un millor color i aspecte. El color era molt similar a la primera crema, però tenia un millor aspecte.

Tacte/sensació a la pell:

En aquesta prova vam demanar que cada enquestat agafés una petita mostra de cada fotoprotector i l'escampessin pel seu avantbraç, ideal per aquesta valoració perquè no té molts pèls, que interfereixen en el tacte.

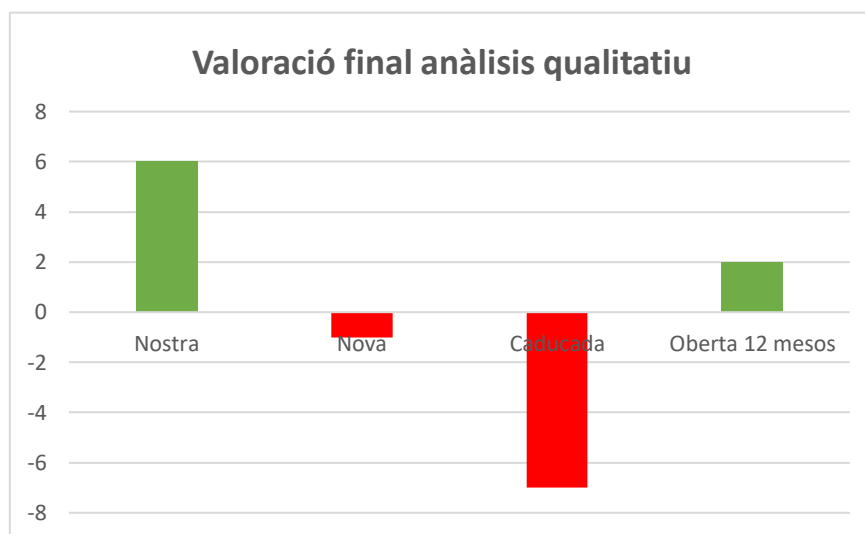
- **Nostra:** es va dir que el tacte era força bo, però que tardava bastant temps en ser absorbida per la pell.
- **Nova:** en aquest cas el tacte es va dir que era molt semblant al de la primera crema. L'absorció era una mica millor.
- **Caducada:** es va comentar que era una crema bastant líquida amb un tacte oliós no tan agradable. Tot i això, l'absorció era molt bona (segons els usuaris).
- **Oberta 12 mesos:** es va dir que tenia un aspecte i absorció molt semblants a la crema nostra i a la nova.

Per clarificar l'anàlisi, disposem de la següent taula comparativa (veure *taula 7*)

	Aroma/olor	Color/aspecte	Tacte/sensació a la pell
Nostra	Força notori	Blanc, agradable	Correcte, absorció lenta
Nova	Poc notori	Grogüenc, poc agradable	Correcte, absorció normal
Caducada	Molt notori	Marró, desagradable	Oliós, "ràpida" absorció
Oberta 12 mesos	Gens notori	Blanc, agradable	Correcte, absorció lenta

Taula 7: taula qualitativa de les diferents cremes

Posteriorment, els vam plantejar la pregunta de si en un hipotètic cas on totes les cremes complissin amb la seva funció de protegir-nos del sol, quina es quedarien per a la seva aplicació. Per altra banda, també els vam preguntar quina seria l'última crema que es quedarien. A partir d'aquesta pregunta vam poder elaborar un gràfic (veure *gràfic 6*), en el que si la crema era escollida com la que es quedarien rebia "un punt" i si ho era com l'última que escollirien, aquesta se li restava "un punt".



Gràfic 6: valoració qualitativa global

Amb els resultats obtinguts en aquest anàlisi, podem extreure diverses conclusions. Primerament, veiem que quan una crema està caducada, aquesta degut a la seva pèrdua de l'emulsió estudiada anteriorment, es transforma en una textura més oliosa, la qual fa que la crema es separi en la part oliosa i aquosa, i aquesta dona una falsa sensació d'una ràpida absorció. Pel contrari, les altres cremes tenen una consistència més densa.

Si ens fixem en la valoració del seu color, veiem que els colors neutres, com el blanc transmeten més bona impressió a diferència dels que no ho són tant com tons més groguencs o marronosos, segurament ja que associem crema solar al color blanc.

En l'apartat d'olor o aroma, veiem com la nostra crema i la caducada tenen força més olor, segurament ja que deuen tenir un major grau de composició d'aromatitzants. Aquest punt el podem destacar com a un punt valorat positivament entre els enquestats.

En la valoració final, podem veure com juga un paper molt més important l'aspecte o color que l'olor, ja que la crema caducada és la que obté una pitjor valoració global. És sorprenent també que la crema realitzada per nosaltres sigui la que té una millor valoració, tenint en compte que no disposàvem de les condicions de treball en les quals es van fer les altres cremes.

Mostrari i comparació de diferents etiquetes

En aquesta part del marc pràctic, realitzarem un exhaustiu anàlisi de l'etiquetatge en una gran varietat de fotoprotectors solars diferents (diferents marques, diferents FPS, diferents filtres, etc.) (veure *annex 5.2*). Però abans d'introduir aquesta part, és apropiada una introducció de l'etiquetatge en els fotoprotectors solars, per a després comprendre millor l'anàlisi general.

Introducció

Tots els fotoprotectors solars, com qualsevol altre producte cosmètic, requereixen d'una etiqueta amb una sèrie de valors i informació indicatius del producte. La legislació vigent marcarà el contingut de les etiquetes d'aquest tipus de productes, de manera que trobarem uns textos i símbols específics en cada un dels envasos. Per exemple, els fotoprotectors han de complir les indicacions obligatòries dels productes cosmètics, però a més d'incloure en les seves etiquetes dades específiques que reflecteixin la seva eficàcia, com els índexs de protecció solar, i que aportin suficient informació al consumidor.

Tot això ho vam comprovar després d'una extensa recerca de més de 60 tipus diferents de fotoprotectors per diferents supermercats i farmàcies. La gran part de l'etiquetatge de les cremes constava de les següents informacions o dades:

- **FPS (Factor de protecció solar)** (veure *imatge 59*): informa sobre el nombre de vegades que el fotoprotector augmenta la defensa de la pell davant de les cremades que produeix la radiació UVB i s'indica amb un nombre: 6-10: baixa protecció; 15-20-25: protecció mitjana; 30-50: alta protecció, i 50 +: molt alta protecció.



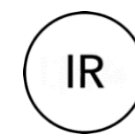
Imatge 59

- **Protecció davant els rajos UVA** (veure *imatge 60*): aquest símbol significa que el producte compleix amb les condicions de la CE de protecció enfront de la radiació UVA. Alguns fotoprotectors indiquen que també ens protegeixen dels UVA llargs.



Imatge 60

- **Protecció davant de IR (radiacions infraroig-A)** (veure *imatge 61*): les etiquetes d'aquests productes han d'indicar també quin tipus de protecció proporciona el producte enfront d'aquest tipus de radiació, responsables de l'envelliment prematur de la pell.



Imatge 61

- **PAO (Period After Opening)** (veure *imatge 62*): aquest valor ens indica la data de caducitat un cop obert l'envàs, es presenta amb un petit símbol i es sol representar en mesos, cal destacar que en les cremes solars, generalment és de 12 mesos.



Imatge 62

- **Pictograma inflamable** (veure *imatge 63*): símbol que ens indica que hem d'allunyar el producte d'altres temperatures, flames o espurnes. Generalment, es troba en els fotoprotectors solars d'esprai, ja que tenen un elevat contingut en alcohol.



Imatge 63

- **Ingredients:** el fotoprotector ha d'incloure un llistat amb el seguit d'ingredients que s'han emprat en la realització del producte i aquests van ordenats per ordre decreixent de concentració.
- **Resistent a l'aigua / molt resistent a l'aigua:** si el fotoprotector no perd la seva capacitat protectora després de 40 minuts d'immersió a l'aigua, les etiquetes han d'incloure la frase «resistent a l'aigua». Si no la perd fins després de 80 minuts, la indicació serà «molt resistent».
- **Accelerador del bronzejat:** hi ha fotoprotectors que inclouen principis actius com la tirosina, que afavoreixen la fabricació de melanina.
- **Acció hidratant:** porten substàncies antioxidants (vitamina E) i nutritives (olis) ideals per a la pell madura.
- **Textura del fotoprotector:** cada fotoprotector té una textura diferent, com ara bé;, llet solar, crema solar, oli esprai o bruma solar. Les textures van bé per cada tipus de pell, per exemple les que són "oil-free" van bé per a les pells greixoses.

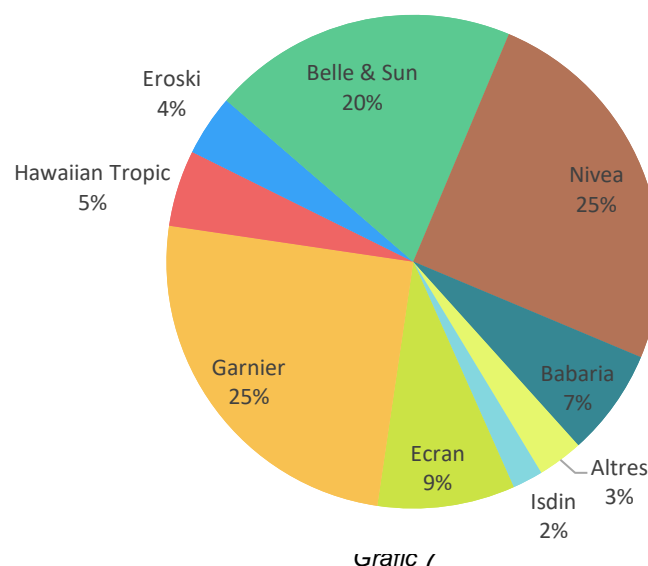
Anàlisi general

En aquest apartat farem un anàlisi de; la distribució dels diferents tipus de marques al mercat, el temps de caducitat després d'obrir l'envàs, quin SPF és el més comú al mercat, quins són resistents a l'aigua, quins disposen de capacitat bronzejadora, el preu que tenen i quins diferents ingredients formen la seva composició.

▪ Distribució de marques al mercat.

Hem realitzat comparativa de quants productes diferents té cada marca, així podem saber si una marca té molta o poca varietat de productes. En el gràfic (veure *gràfic 7*) s'indica el percentatge de fotoprotectors que trobaries, segons el nostre anàlisi.

Distribució de marques al mercat



Veiem que les marques amb més varietat són *Nivea*, *Garnier* i *Belle&Sun*, ja que tenen molta opcionalitat al tenir productes especialitzats per nens, només facials i per a pells seques.

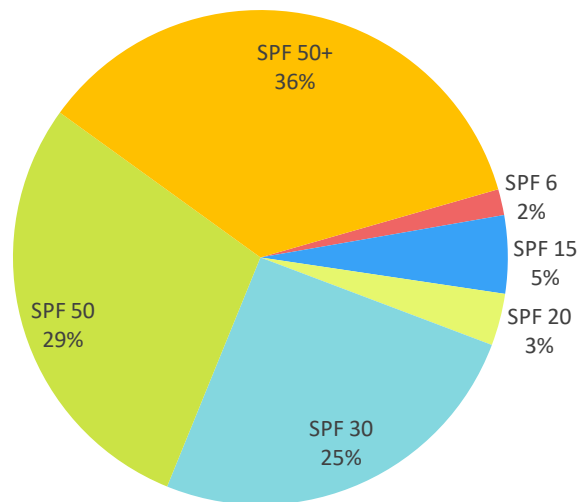
▪ **Caducitat després d'obrir o PAO**

Entre els diferents fotoprotectors analitzats hem observat que un 75% d'aquests tenen una caducitat després d'haver obert l'envàs de 12 mesos. Un 18 % no tenen PAO, ja que aquests fotoprotectors al ser d'aplicació amb esprai o bruma a l'aplicar-ne no entra oxigen a l'envàs i, per tant, tampoc entra en contacte amb el fotoprotector i aquest no es deteriora amb el temps. I finalment un 3,5% té un PAO de 10 mesos i l'altre 3,5% sobrant de 8 mesos.

▪ **SPF**

Gràcies a aquest anàlisi podrem conèixer quin és el factor de protecció que és més present en les cremes i, per tant, també podem suposar que el que més es fabriqui també és el més demandat. Aquesta distribució es veu representada en el gràfic (veure *gràfic 8*). Podem veure una relació creixent entre el SPF i el percentatge de cremes. Així doncs, arribem a la conclusió que quan més alt es l'SPF més demanda té una crema.

Diferents SPF al mercat



Gràfic 8

▪ **Resistència a l'aigua**

Amb la realització d'aquest anàlisi hem pogut saber que majoritàriament els fotoprotectors són resistents o bé molt resistents a l'aigua, concretament amb un 75%. La resta en canvi, és a dir el 25% no ho són. Cal destacar que dintre d'aquest 25% un 10% es tracta de cremes facials o de rostre, fet amb el que podem deduir que aquestes no han estat elaborades per a ser emprades a la platja o piscina. Per altra banda, la majoria dels fotoprotectors resistents a l'aigua disposen d'ocotocrilè, ja que aquest és un filtre fotoprotector amb resistència a l'aigua.

- **Capacitat bronzejadora**

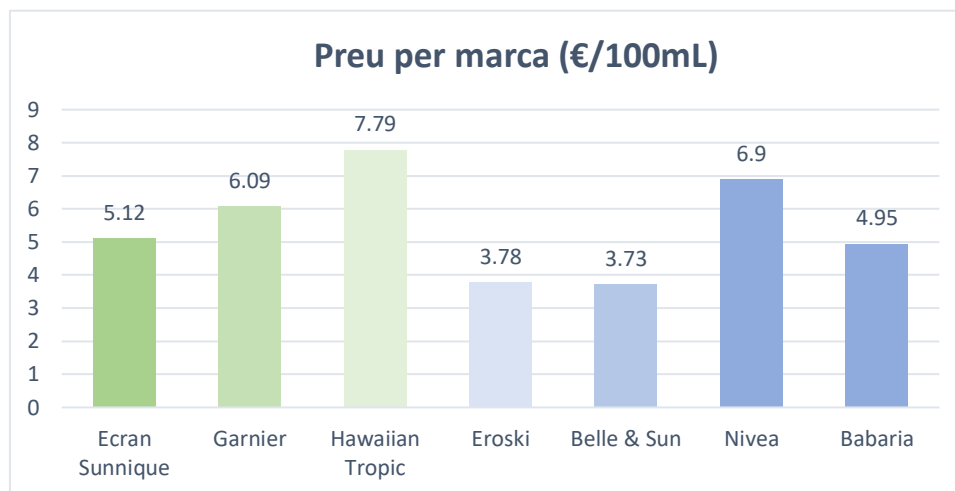
Hi ha certs fotoprotectors solars que a part d'aportar-nos fotoprotecció, també ens aporten la capacitat d'activar la melina, o en altres paraules, de bronzejar-nos. Només un 22% dels fotoprotectors, disposen de la capacitat de bronzejar, en canvi l'altre 78% no accelera el nostre bronzejat, però si té altres propietats com les d'hidratar la pell o refrescar-nos. Per altra banda, si ens endinsem més en la taula d'ingredients dels fotoprotectors que bronzegen veiem que aquests sempre disposen o bé d'acetil tirosina o d'oli tirosina, les quals són dues substàncies derivades de l'aminoàcid L-tirosina. Aquestes substàncies participen en la formació de la melina i proporcionen un fort i ràpid bronzejat.

- **Preu per 100ml**

Per a analitzar el preu vam veure que no tenia sentit utilitzar el que s'indicava a l'envàs, ja que cada envàs contenia diferent quantitat de fotoprotector. Així doncs, vam decidir que la manera que tenia més sentit per a fer aquest anàlisi era calculant el preu que tenia cada fotoprotector per 100ml. Fent una mitjana aritmètica de tots els valors obtinguts, veiem que el preu mitjà a Sabadell per 100ml de fotoprotector està als 9.085€/mL.

- **Preu per marques**

Per trobar el preu a la que cada marca posa al mercat els seus productes vam fer una mitjana aritmètica dels preus de les etiquetes analitzades. Per a obtenir un valor que fos realista, vam obviar els preus més elevats de cada marca, ja que aquests solen ser de cremes facials que, al haver-n'hi una quantitat més petita, el preu per 100mL és més elevat (veure *gràfic 9*)



Gràfic 9

Els resultats no ens sorprenen, i veiem que les marques més grans com Eroski, poden oferir els seus fotoprotectors a un preu significativament més baix. Pel que fa a Belle&Sun, observem que té un preu molt semblant al d'Eroski. Això es pot explicar perquè Belle&Sun és una marca registrada per Eroski i, per tant, poden oferir un preu molt semblant.

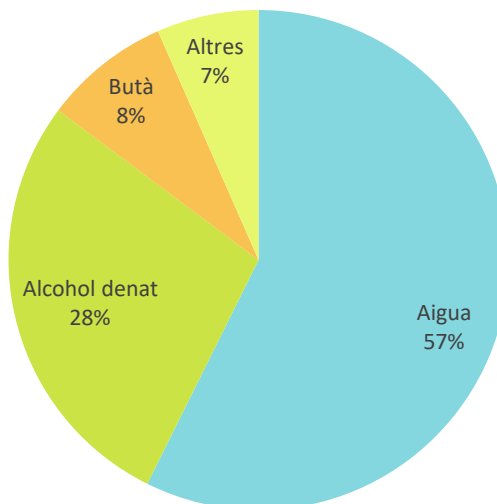
Veiem que la marca amb els preus més elevats és Hawaiian Tropic. Aquesta tampoc és una dada que ens sorprengui, ja que Hawaiian Tropic és una empresa més petita

que d'altres i que utilitza uns ingredients majoritàriament més naturals que solen tenir un preu més alt que els químics o sintètics. La pujada de preu també es pot deure a l'empaquetatge biodegradable que caracteritza aquesta marca. Aquest tipus d'empaquetatge sol suposar una despesa més elevada per la marca i aquesta es veu reflectida en els preus.

▪ **Ingredients**

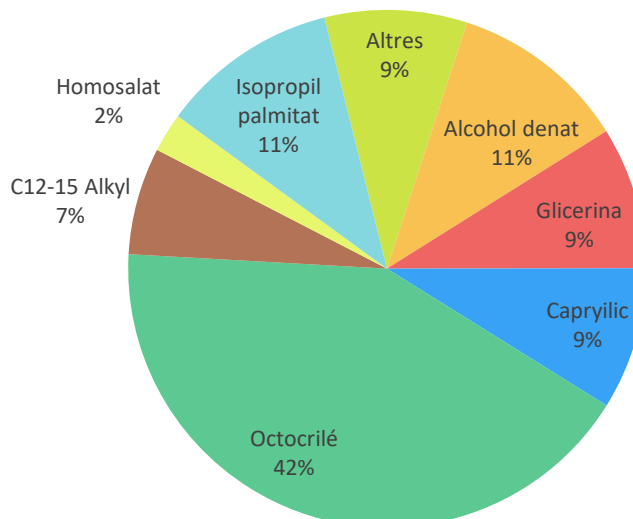
Pel que fa en la part de la composició de substàncies químiques dels fotoprotectors, és a dir els ingredients, veiem en cada fotoprotector, un gran ventall d'ingredients. Això és degut a què per a obtenir un producte de gran qualitat, faran falta una gran varietat de substàncies per a cada característica que es busca, com ara bé, la consistència, la textura, l'olor, la durabilitat, etc. Principalment, en el que ens hem fixat ha estat en els 3 primers ingredients que apareixen, és a dir els 3 ingredients amb més concentració en el fotoprotector. Hem vist, per tant, les proporcions dels diferents ingredients (veure gràfics 10-12)

Proporció del primer ingredient



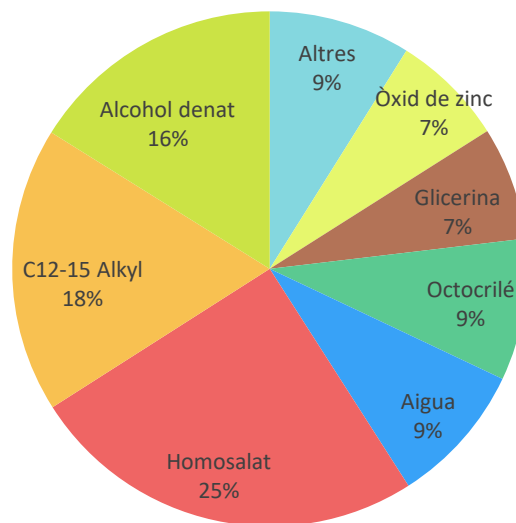
Gràfic 10

Proporció segon ingredient



Gràfic 11

Proporció del tercer ingredient



Gràfic 12

Els ingredients que s'utilitzen en els fotoprotectors són:

- **Aigua:** aquesta és una base molt comuna en cosmètics, ja que és una substància molt econòmica, amb un pH neutre ideal per la pell i bastant extensible.
- **Alcohol denat:** aquesta és una de les bases més utilitzades per a cremes que s'apliquen com a esprai tot i que també és present en llets solars. És un tipus d'alcohol refinat molt utilitzat també en productes de cosmètica com la laca. Té propietats que funcionen molt bé en els fotoprotectors com l'antimicrobiana o el seu poder dissolvent. Aquest fa que sigui senzill que la resta de components es dissolguin correctament en la dissolució.
- **Butà:** és un tipus d'aerosol que tan sols s'utilitza en cremes d'aplicació de tipus esprai. Es sol utilitzar butà abans que qualsevol altre aerosol, ja que aquest té una baixa emissió en CO₂ i poc impacte en el medi ambient.
- **C12-15 Benzoat d'alquil:** s'utilitza en cosmètics com a suavitzant i emulsionant. És l'antimicrobià que més es fa servir en cremes solars tot i que és més present en productes per a nens degut a que manté les pells en bones condicions.
- **Homosalat:** aquest ingredient és un filtre que protegeix dels rajos UV i n'inhibeix els seus efectes nocius. Quasi només es troba en fotoprotectors tot i que també és present en algunes cremes facials. També fa la funció de reduir l'olor de la crema.
- **Octocrilè:** aquest ingredient també és un filtre que capta els rajos UV. Aquest es centra en la inhibició dels UVA i els UVB. També hi és present, ja que té una lleu resistència a l'aigua.

- **Glicerina:** aquesta s'utilitza majoritàriament per la seva funció hidratant. És inodora i transparent i s'utilitza àmpliament en la cosmètica.
- **Òxid de zinc:** s'utilitza bàsicament en cremes solars i tan sols és present en d'altres productes com el desodorant. És un filtre solar que capta els rajos UV i s'utilitza com a filtre físic de fotoprotectors majoritàriament sòlids.
- **Palmitat d'isopropil:** s'empra bàsicament en espumes de dutxa, llet desmaquillant i cremes solars. És un lubricant per a la pell que permet la cohesió entre diferents ingredients cosmètics, suavitza la pell, redueix o inhibeix el sabor bàsic del producte i aporta un bon aroma.
- **Caprylic:** és un derivat de l'oli de coco que repara la pell i és resistent a la humitat. És de fàcil absorció i no irrita la pell.

CONCLUSIONS

La falta de protecció davant una llarga sobreexposició al sol presenta un greu perill per a la nostra societat, ja que cada any veiem un elevat nombre de casos de carcinomes basocelulars i espinocelulars, els càncers de pell més freqüents provocats per la radiació UV, més en concret l'UVA i l'UVB. Per sort, actualment disposem dels fotoprotectors, els quals ens aïllen d'aquests perills. No obstant, creiem que hi ha una desinformació en la població sobre la fotoprotecció. És important a l'hora d'aplicar-nos-els tenir uns coneixements previs, com; quin és el teu fototipus, que indica l'SPF, quins són els factors que fan variar la incidència de la radiació, saber si ha caducat, etc.

També creiem que hi ha una tendència escampada entre la gent a utilitzar un fotoprotector sense considerar si la data de caducitat o PAO ha exhaurit. En base això hem analitzat en un control de qualitat les diferents característiques de quatre cremes i hem obtingut diferents conclusions en cada apartat.

Pel que fa a l'anàlisi biològic, en primer lloc, vam observar que independentment de si una crema ha estat oberta o s'ha caducat, no apareixeran mai ni floridures ni llevats. Això és degut a que les substàncies antifúngiques seguiran fent la seva funció. Respecte al creixement de bacteris, observem que aquest depèn de dos factors, la concentració de substància antimicrobiana i el temps que ha estat obert. Els bacteris que apareixen, però són *bacillus subtilis*, els quals no són perjudicials per la pell.

Parlant del control de pH, arribem a la conclusió que tots els fotoprotectors són neutres amb tendència a un pH bàsic (7,8 pH). Però el nostre té un petit augment en la basicitat, fet que segurament ve donat per la falta de disposició d'estris més precisos.

En l'absorció de la radiació, s'observa que una crema no caducada, però amb el PAO exhaurit, perd una mica d'absorció, però no és rellevant. En canvi, un fotoprotector caducat no ens protegeix dels raigs UVA i UVB, per tant, no és funcional. Observem que la nostra no absorbeix radiació UVC, perquè no té integrats uns filtres tan professionals, no obstant, és funcional.

Amb l'estudi de la qualitat de l'emulsió, hem determinat que la crema caducada presenta una emulsió heterogènia, per tant, dolenta ja que l'agent emulsionant ha perdut funcionalitat. Aquest fotoprotector no s'absorbirà tan fàcilment en la pell. En les cremes no caducades s'observa més entrada d'aire amb relació al temps que ha estat oberta.

Pel que fa a la refracció, observem que la crema que ha estat oberta té un major índex de refracció donada per l'entrada d'agents externs. Aquesta variació, però, no té un efecte important en la funcionalitat.

Si ens fixem en l'anàlisi qualitatiu, veiem que el color d'un producte influeix molt en la impressió d'aquest sobre el consumidor i que solen agradar més els colors neutres. També observem que l'olor es perd amb el pas del temps, fet propiciat per la pèrdua de l'efecte de les substàncies aromàtiques. Veiem que en la crema caducada, hi ha una falsa sensació d'absorció ràpida i tacte oliós, causada per la baixa qualitat d'emulsió.

A les conclusions que podem arribar respecte la creació del nostre fotoprotector i comparació de qualitats són que un fotoprotector realitzat en un laboratori no professional i no enfocat a la fotoprotecció, és funcional però no disposa del mateix ventall de propietats i garanties que una crema professional. Pel que fa a la crema caducada, veiem que aquesta no és funcional,

ja que no absorbeix radiació UVA ni UVB i hi ha un deteriorament de les propietats. Un crema amb el PAO exhaurit segueix sent pràcticament funcional, però té una disminució de qualitats. Com és evident, la crema nova presenta les millors qualitats i una completa absorció dels raigs UV. Així doncs, la nostra recomanació seria fixar-nos sobretot en la data de caducitat d'una crema solar i no aplicar-la si està caducada. I intentar evitar-la en el cas de tenir el PAO exhaurit.

Referent al mostrari i comparació d'etiquetes, arribem a les conclusions que en tots els fotoprotectors solars hi han de constar dades específiques del producte que donen informació al consumidor. Altrament, veiem que les marques amb més presència a Sabadell són *Nivea* i *Garnier*, i que la més cara és *Hawaiian Tropic*. Observem que la majoria de fotoprotectors solars tenen un SPF de 50+ i una resistència a l'aigua. Els fotoprotectors que contenen substàncies activadores de la melina acceleren el bronzejat. En últim lloc, arribem a la conclusió que com es presenta un fotoprotector (llet solar, crema solar, oli, esprai, etc) influeix en quins són els ingredients principals d'aquest. Les llets i cremes solars presenten com a primer ingredient l'aigua, en canvi, els olis i esprais, l'alcohol denat.

Durant el procés de realització aquest treball de recerca el problema principal amb el qual ens hem topar ha estat amb la selecció d'informació i l'enfocament del tema. En un primer moment, no teníem molt clar sobre quins aspectes parlar en el marc teòric, però gràcies a l'ajuda de la nostra tutora, vam resoldre el problema. Per altra banda, durant l'anàlisi biològic pensàvem que no havíem dut a terme bé l'experiment, ja que no hi havia presència de cap colònia. Vers el problema vam contaminar una de les plaques amb la mà i en obtenir colònies vam constatar que no s'havia comès cap error.

Per millorar i prosseguir amb la investigació dels fotoprotectors pensem que es podria fer una comparativa de les qualitats entre cremes amb filtres diferents. També, seria possible ampliar el nostre anàlisi dels ingredients, ja que aquests són molt extensos i es pot investigar sobre quina funció realitza cada un d'ells.

Un cop acabat el treball, les nostres sensacions són força positives. Tenim un fort sentiment de satisfacció, ja que creiem que hem fet una bona feina i que aquest projecte servirà per conscienciar als lectors sobre com s'han de protegir davant el sol. També creiem que pot servir com una bona font d'informació per a treballs posteriors relacionats amb el món de la cosmètica i la química.

La realització d'aquest treball ens ha ajudat molt a desenvolupar la nostra experiència i la nostra forma de treball dins un laboratori. Al llarg de la recerca hem adquirit i assolit una sèrie de coneixements que ens poden ser útils pels estudis universitaris. Hem gaudit molt en aquest quasi any d'elaboració del treball i hem passat bons moments al laboratori.

ANNEX

Preparació del medi d'una placa de Petri

Per a poder realitzar l'anàlisi biològic, requeríem de plaques de petri per a comprovar el creixement. No sabíem quin tipus de vida podia arribar a sorgir en els fotoprotectors i, per tant, vam pensar que el més adequat seria fer dos tipus diferents de plaques. Una de PCA i l'altre de sabouraud.

PCA: Acrònim de l'anglès "place count agar". Es tracta de l'agar ideal pel creixement de colònies microbianes. Conté nitrogen, vitamines, minerals i aminoàcids que permeten la formació de la gran majoria de microorganismes, centrant-se en *Escherichia coli*, el *Staphylococcus aureus* i el *Bacillus subtilis*.

Sabouraud: També conegut amb la traducció catalana "saboró". És un tipus d'agar que serveix per a potenciar el creixement de llevats i fongs filamentosos (basant-se sobretot en el dermatofytes). El medi està format majoritàriament per peptones i glucoses. Sobretot és molt recomanable en mostres biològiques amb una alta càrrega de flora bacteriana com podrien ser pèls, ungles o excrements.

Materials:

- Termòmetre
- Agitador magnètic (també conté una placa calefactora)
- Espàtula
- Vareta de vidre
- Autoclau
- Càpsula de flux laminar
- Plaques de petri (només el suport)
- Tub aforat
- Vas
- Bàscula electrònica
- Cinta indicadora d'esterilització.
- Cinta i retolador (pel marcatge)
- Guants

Substàncies:

- PCA
 - Aigua desionitzada (1 litre)
 - Medi de PCA (23,5 grams)
- Sabouraud
 - Aigua desionitzada (1 litre)
 - Medi de sabouraud (42,5 grams)

Elaboració:

Per començar, vam col·locar en un tub aforat gran (d'una mica més d'un litre de capacitat) l'aigua desionitzada. Aleshores, amb l'ajuda d'una espàtula vam pesar les quantitats dels medis de sabouraud i de PCA necessaris en cada cas a la bàscula electrònica. Vam dipositar els dos medis sòlids en diferents vasos.

En segon lloc, vam integrar els medis amb l'aigua desionitzada. D'aquesta manera, vam obtenir dos vasos que contenen o bé l'aigua amb sabouraud o bé aquesta amb PCA. Després, vam posar els vasos sobre diferents agitadors magnètics i els vam col·locar una mosca en el seu interior amb l'objectiu d'integrar les dues parts de la dissolució. Vam pujar la temperatura d'ambdues plaques fins a 80. Amb l'agitador magnètic vam aconseguir que es formés una dissolució homogènia.

En tercer lloc, vam col·locar un termòmetre dins de les dissolucions i vam esperar a que aquestes es refredessin. Quan aquestes van estar entre 44°C i 47°C vam abocar-les a un recipient més petit i fàcil de manejar.

Aleshores havíem d'esterilitzar els medis. És important fer-ho i treballar en les condicions més netes possibles, ja que en l'anàlisi que fèiem s'observaven els microorganismes. Si no es treballa en un ambient estèril no sabem si els microorganismes apareixerien perquè la mostra estudiada està contaminada o bé perquè els microorganismes han vingut de l'exterior (en la pols o bé en l'aire). Així doncs, vam col·locar una cinta indicadora d'esterilització als dos recipients per assegurar-nos que l'esterilització és duia a terme amb èxit i vam col·locar el nostre material en l'autoclau a 121 durant 20 minuts. Per a preparar l'autoclau vam haver d'afegir-hi aigua desionitzada (veure *imatges 64 i 65*)

Mentre esperàvem a l'esterilització del nostre material vam obrir la radiació UV de la càpsula de flux laminar (veure *imatge 66*). D'aquesta manera la preparàvem per més endavant i ens asseguràvem també, que aquesta estava en condicions estèrils.



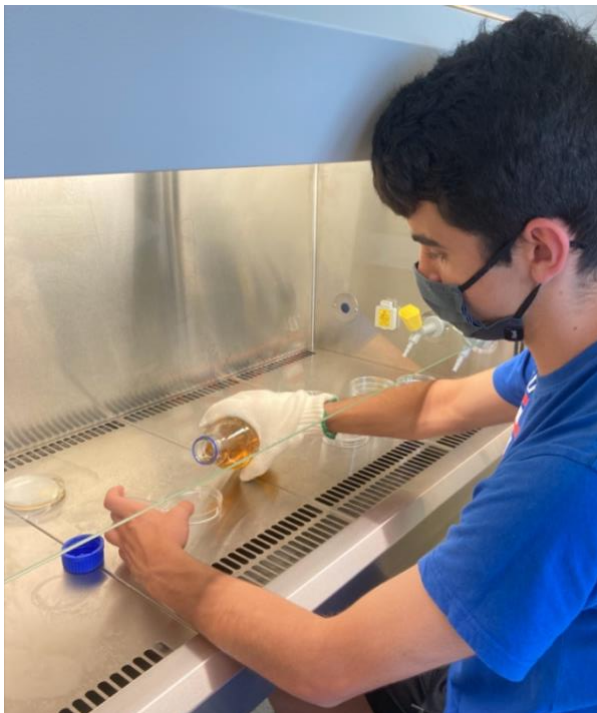
Imatges 64 i 65: esterilització amb l'autoclau



Imatge 66: cabina microbiològica

En quart lloc, un cop l'autoclau va acabar el seu procés, vam comprovar que les cintes indicadores d'esterilització ens indiquessin unes bones condicions i vam traslladar-nos a l'interior de les càpsules de flux laminar, que també estaven en les condicions òptimes. Dins la càpsula, també hi vam portar els suports per les plaques de petri i uns guants per manejar els recipients que estaven calents al sortir de l'autoclau.

Finalment, vam abocar els medis en els diferents suports amb els guants (veure *imatge 67*). Vam intentar col·locar la mateixa quantitat de medi en totes les plaques perquè els resultats obtinguts més endavant fossin més verídics. Al principi el medi es trobava en estat líquid, però a mesura que la seva temperatura disminuïa, aquest se solidificava. Vam marcar amb un retolador cada placa de petri ja realitzada per saber si es tractava de PCA o Sabouraud (veure *imatges 68*) i després les vam empaquetar en unes bosses de plàstic (veure *imatge 69*).



Imatge 67: abocament del medi de PCA a la placa



Imatge 68: senyalització del tipus de medi



Imatge 69: empaquetament de les plaques de petri

Taula de l'estudi de mercat de les etiquetes

MARCA	PREU (€/100ML)	INGREDIENT PRINCIPAL	SEGON INGREDIENT	TERCER INGREDIENT	CADUCITAT DESPRÉS D'OBRIR	SPF	Altres	Resistent a l'aigua	Quantitat (mL)
Isdin	9,98	Aigua	Alcohol Denat	Octocrilè	12	50+	Per pells sensibles o atòpiques	Sí	250
Vichy	12,975	Aigua	Alcohol Denat	Octocrilè	12	30	Per pells sensibles o atòpiques	Sí	200
Avène	37,9	Aigua termal avène	C12-15 Alkyl Benzanoat	Coco-caprylate	-	50+	Per pells sensibles o atòpiques	No	50
Ecran Sunnique	4,43	Aigua	Homosalat	Octocrilè	12	30 alta	Accelerador broncejador	No	300
Ecran Sunnique	5,43	Alcohol denat	C12-15 Alkyl Benzanoat	Octocrilè	12	30+	Accelerador broncejador	No	200
Ecran Sunnique	5,22	Alcohol denat	Dimetileter	C12-15 Alkyl Benzanoat	-	30	Bruma, IR, activa defenses	No	250
Ecran Sunnique	5,22	Dimetileter	Aigua	Homosalat	-	50+	Per pells sensibles o atòpiques	Sí	250
Ecran Sunnique	4,69	Aigua	Octocrilè	Homosalat	12	50+	Llet, IR	Sí, molt	300
Garnier	5,3	Butà	Aigua	Èter dicaprilil	-	50+	UVA largos, envàs reciclable	Sí	200
Garnier	6,3	Aigua	Alcohol Denat	Homosalat	12	50+	Resistent a la suor	Sí	200
Garnier	6,2	Butà	Aigua	Homosalat	-	50+	Sense alcohol	Sí	200
Garnier	6,6	Butà	Aigua	Homosalat	-	50	Per pells sensibles o atòpiques	Sí	200
Garnier	6,63	Alcohol denat	Homosalat	Octocrilè	12	50+	Contra efectes dels infrafojos	Sí	200
Garnier	7,18	Alcohol denat	Homosalat	Octocrilè	12	30	Assecat ràpid	Sí	200
Garnier	10,1	Aigua	Homosalat	Èter dicaprilil	12	50	Esprai transparent	No	150
Garnier	6,05	Aigua	Glicerina	Isopropil palmitate	12	50	Envàs reciclable	No	200
Garnier	3,63	Aigua	Alcohol denat	Homosalat	12	50+	Per pells sensibles o atòpiques	Sí, molt	300
Garnier	4,56	Aigua	Alcohol Denat	Octocrilè	12	30	No greixos, IR	Sí	300
Garnier	6,9	Aigua	Homosalat	Isopropil palmitate	12	50+	0% grassa i enganxifos, hipoalergènic	Sí, molt	200
Garnier niños	4,53	Aigua	Alcohol Denat	Homosalat	12	50+	UVA largos	Sí, molt	300
Garnier	21,3	Aigua	Glicerina	Octocrilè	12	50	Aplicable al rostre	No	50

MARCA	PREU (€/100ML)	INGREDIENT PRINCIPAL	SEGON INGREDIENT	TERCER INGREDIENT	CADUCITAT DESPRÉS D'OBRIR	SPF	Altres	Resistent a l'aigua	Quantitat (mL)
Garnier	25,18	Aigua	C12-15 Alkyl Benzanoat	Glicerina	12	50	Aplicable al rostre	No	50
Garnier	31,25	Aigua	Alcohol denat	Disopropil sebacate	12	50+	Aplicable al rostre	No	40
Garnier	5,03	Aigua	Glicerina	Isopropil palmitate	12	30	Envàs reciclable	No	200
Hawaiian Tropic	6,95	Parafina líquida	Palmitat d'etilhexil	Homosalat	12	20	Oli sec	No	200
Hawaiian Tropic	7,77	Alcohol denat	Isobutà	Isododecà	-	30	Textura lleugera	No	177
Hawaiian Tropic	7,6	Aigua	Octocrilè	Benzofenona-3	12	50	Per pells sensibles o atòpiques	No	180
Eroski	3,75	Aigua	Homosalat	Octocrilè	12	50+	Per pells sensibles o atòpiques	Sí	200
Eroski	3,2	Isobutà	Aigua	Propà	12	50+	Apte per infants	Sí	250
Belle&sun	3,4	Aigua	Homosalat	Octocrilè	12	50+	Absorció ràpida	Sí	250
Belle&sun	1,5	Alcohol denat	C12-15 Alkyl Benzanoat	Octocrilè	12	15	Absorció ràpida	Sí	200
Belle&sun	3,77	Alcohol denat	Disopropil Adipat	Octocrilè	12	30	Aplicable a pell mullada	Sí	200
Belle&sun	4	Alcohol denat	Disopropil Adipat	Octocrilè	12	50	Sense parabens	Sí	200
Belle&sun	2,03	Alcohol denat	C12-15 Alkyl Benzanoat	Cyclopentasiloxà	12	6	Pastanaga, bronceja	Sí	200
Belle&sun	4	Alcohol denat	Benzofenona-3	Homosalat	8	50	Sense greixos	Sí	200
Belle&sun	2,02	Alcohol denat	C12-15 Alkyl Benzanoat	Octocrilè	12	15	Accelerador broncejador	Sí	200
Belle&sun	2,25	Aigua	Octocrilè	C12-15 Alkyl Benzanoat	8	30	Absorció ràpida	Sí	200
Belle&sun	1,5	Aigua	Homosalat	Octocrilè	12	30	Absorció ràpida	Sí	400
Belle&sun	3,55	Alcohol denat	Disopropil Adipat	Octocrilè	-	30	Aplicable a pell mullada	Sí	200
Belle&sun	30,33	Ethylexyl isonanoat	Oli de castor hidrogenat	Isohexadecà	-	50+	Stick solar	No	15g
Belle&sun	3,9	Alcohol denat	Disopropil Adipat	Octocrilè	12	50	Aplicable a pell mullada	Sí	200
Belle&sun	6,98	Aigua	Octocrilè	Glicerina	12	50	Aplicable al rostre	Sí	50
Nivea	8,7	Aigua	Òxid de zinc	Isopropil palmitate	10	50+	Sense perfum	Sí	150
Nivea	22,1	Aigua	Òxid de zinc	Isopropil palmitate	10	50+	Aplicable al rostre	No	50
Nivea	22,58	Aigua	Homosalat	Alcohol denat	12	50	Aplicable al rostre	No	50
Nivea	21,18	Aigua	Alcohol denat	Butil Methoxydi benzoylmetà	12	50	Aplicable al rostre	No	50
Nivea	4,88	Aigua	Homosalat	Octocrilè	12	20	Accelerador broncejador	Sí	300

Taula 8

MARCA	PREU (€/100ml)	INGREDIENT PRINCIPAL	SEGON INGREDIENT	TERCER INGREDIENT	CADUCITAT DESPRÉS D'OBRIR	SPF	Altres	Resistent a l'aigua	Quantitat (mL)
Nivea	5,11	Aigua	C12-15 Alkyl Benzanoat	Alcohol denat	12	30	Accelerador bronzejador	Sí	300
Nivea	5,45	Aigua	Homosalat	Alcohol denat	12	50	Accelerador bronzejador	Sí	300
Nivea	5,05	Aigua	Homosalat	Alcohol denat	12	50+	Per pells sensibles o atòpiques	Sí	300
Nivea	4,816	Aigua	Glicerina	C12-15 Alkyl Benzanoat	12	30	Per pells sensibles o atòpiques	Sí	300
Nivea roll	16,98	Aigua	Homosalat	Glicerina	12	50+	Roll	Sí, molt	50
Nivea kids	5,19	Aigua	Homosalat	Alcohol denat	12	50+	Apte per infants	Sí, molt	300
Nivea	6,9	Buta	Alcohol denat	Caprylic	-	50	Accelerador bronzejador	Sí	200
Nivea oli solar	6,9	Alcohol denat	Octyldodecanol	Caprylic	12	30	Accelerador bronzejador	Sí	200
Nivea	7,17	Alcohol denat	C12-15 Alkyl Benzanoat	Homosalat	12	50	Refresca, 80% biodegr.	Sí	200
Nivea pastanaga	4,49	Aigua	C12-15 Alkyl Benzanoat	Paraffinum liquidum	12	6	Accelerador bronzejador	Sí	200
Nivea bruma	7,17	Alcohol denat	Butà	Isobutà	-	50	Refresca	Sí	200
Babaria	30,75	Òxid de zinc	Dioxid de titani	Octyldodecanol	-	50	Stick solar	No	20g
Babaria	4	Aigua	Octocriè	Homosalat	12	30	Accelerador bronzejador	Sí	200
Babaria oli	2,65	Alcohol denat	PEG-7 Glyceryl Cocoate	Octocriè	12	15	Accelerador bronzejador	Sí	300

Taula 8

BIBLIOGRAFIA I WEBGRAFIA

- American Cancer Society *Ultraviolet (UV) radiation* [en línia] 2020
<<https://www.cancer.org/content/cancer/es/cancer/cancer-de-piel/prevencion-y-deteccion-temprana/que-es-la-radiacion-de-luz-ultravioleta.html>> [consulta: 12 juliol 2021].
- Asociación Española Contra el Cáncer *¿Qué és el cancer? 2017* [en línia]
<<https://www.aecc.es/es/todo-sobre-cancer/que-es-cancer>> [consulta: 4 agost 2021]
- Ataman Chemicals *products: Nipagin A* [en línia] 2019
<https://www.atamanchemicals.com/nipagin-a_u24678/> [consulta: 29 juliol 2021]
- Bailey, Austin *Sun protection through the ages* [en línia] 15 maig 2020
<<https://www.heifer.org/blog/sun-protection-through-the-ages-infographic.html>> [consulta: 1 agost 2021]
- Camps, Mercè *protección solar* 2016 [en línia]
<<http://www.farmacauticonline.com/es/familia/534-proteccion-solar?start=5>> [consulta: 4 agost 2021]
- Colegio Oficial Farmacèuticos Zaragoza *El Índice de Radiación Ultravioleta (IUV)* [en línia] 2011 <<https://cofzaragoza.org/el-indice-de-radiacion-ultravioleta-iuv-un-buen-indicador-para-tomar-las-medidas-de-fotoproteccion-mas-adecuadas/>> [consulta: 20 juliol 2021]
- Egbert, Charlet *cosmética para farmacéuticos* 1a edició Editorial Acribia: Zaragoza, 1996 [informació extreta d'apartat "protección cosmética antisolar"] ISBN: 84-200-0797-8.
- EPA *Calculating the UV Index* 2013 [en línia] <<https://www.epa.gov/sunsafety/calculating-uv-index-0>> [consulta: 2 agost 2021]
- Generalitat de Catalunya, departament d'educació *l'espectre electromagnetic 2015* [en línia] <https://projectes.xtec.cat/zenit/general/p03_ud01-1-lespectre-electromagnetic/> [consulta: 2 agost 2021]
- IDEAM *Generalidades de la radiación UV* [en línia] (2016)
<<http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/generalidades-de-la-radiacion-ultravioleta>> [consulta: 15 juliol 2021]
- Yolanda, Gilaberde y Carmen, Coscojuela y María Carmen, Santamaría i Salvador, González (2003) [en línia] <<http://www.actasdermo.org/es/fotoproteccion/articulo/13048173/>> [consulta: 19 agost 2021]
- Máyikas Fitocosmética Slow *Antioxidantes y protección solar. Filtros biológicos.* [en línia] 2016 <<https://www.mayikas.es/antioxidantes-y-proteccion-solar/>> [consulta: 25 juliol 2021]

Nestor, Sanz *La radiación solar (2010) [en línea]*

<<http://www.monografias.com/trabajos65/radiacion-solar/radiacion-solar.shtml>> [consulta: 15 agost 2021]

Nivea España *¿Qué és el factor de protección solar FPS y cómo se calcula? [en línea] 2021*

<<https://www.nivea.es/consejos/proteccion-solar/factor-de-proteccion-solar>> [consulta: 29 juliol 2021]

Organització Mundial de la Salut *¿Qué medidas sencillas se pueden tomarse para*

protegerse del sol? (2015) [en línea] <<http://www.who.int/features/qa/40/es/>> [consulta: 22 agost 2021]

Roger, Moskowitz *Queratosis actínica (2016) [en línea]*

<<https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/000827.htm>> [consulta: 11 agost 2021]

Solargis *solar resource maps and GIS data for 200+ data [en línea] 2020*

<<https://solargis.com/maps-and-gis-data/overview>> [consulta:20 juliol 2020]

World Health Organization *cancers attributable to UV radiation [en línea] 2017*

<https://gco.iarc.fr/causes/uv/tools-map?mode=1&sex=0&population=1&continent=0&cancer=0&key=paf&age_group=3> [consulta: 21 juliol 2021]