

Estudi sobre la influència de la caducitat en l'efectivitat de les cremes solars

Alumne/a: Diana Rasel

Tutor/a: -

Curs: 2020-2021



«Un científic al seu laboratori
no és tan sols un tècnic:
és també un nen
col·locat davant fenòmens
naturals que l'impressionen
com un conte de fades».

Marie Curie

Resum

Aquest treball pretén comprovar si les cremes solars caducades segueixen sent efectives, partint de dues hipòtesis: els protectors solars caducats seguiran essent efectius durant un temps i els que tenen una protecció solar alta conservaran la seva eficiència durant més temps en relació amb els que ofereixen menys protecció. S'ha estudiat una mostra de 200 productes amb caducitats de 0 a 7 anys i de tres factors de protecció solar diferents: SPF 50+, SPF 30 i SPF 15-20. La part experimental ha consistit en aplicar una capa de cada crema entre una llanterna de rajos ultraviolats, simulant la llum solar; i un conjunt d'UV *beads* (perles que mostren coloració en exposar-se a les radiacions UV), simulant la pell. Després d'un temps d'exposició a la radiació, s'ha realitzat una fotografia de les perles i posteriorment s'ha analitzat el seu color amb el programa *Paint.net.Ink*. El percentatge de saturació de color permet valorar l'efectivitat de cada crema i s'ha establert que si la saturació és superior al 75%, la crema deixa de ser útil. Els resultats mostren que l'eficiència de les cremes solars està condicionada per la seva caducitat, però que es manté més o menys temps en funció del factor de protecció solar. Així, si una crema té un SPF 50+ o un SPF 30, manté la seva funció dos anys més enllà de la seva caducitat; en canvi una crema caducada amb SPF d'entre 15 i 20 només es manté efectiva un any. Així doncs, es corroboren les dues hipòtesis i, a més a més, s'han observat diferències entre les cremes i els esprais solars; essent menys efectius aquests últims.

Paraules clau: cremes solars, caducitat, efectivitat, SPF (factor de protecció solar), perles fotocromàtiques, radiació ultraviolada, saturació de color.

Abstract

This project aims to check if the expired sun creams still remain effective, based on two hypotheses: expired sunscreens will continue being effective for a while and the ones that have a high solar protection will keep their efficiency for longer than those that offer less protection. It has been studied a sample of 200 products with an expiration date of 0 to 7 years and three different sun protection factors: SPF 50+, SPF 30 and SPF 15-20. The experimental part has consisted in applying a layer of each cream between an ultraviolet flashlight, simulating sunlight; and a set of UV beads (pearls that show coloration when exposed to UV radiation), simulating the skin. After a period of exposure to radiation, it has been taken a photograph of the pearls and afterwards its color has been analysed with the *Paint.net.Ink* program. The colour saturation's percentage denotes the effectiveness of each cream and it has been established that if the saturation is higher than 75%, the cream ceases

being useful. The results show that the sun creams' efficiency is conditioned by its expiration, but it lasts more or less time depending on the sun protection factor. Therefore, if a cream has an SPF 50+ or an SPF 30, it keeps its function two years beyond its expiration; whereas an expired cream with an SPF between 15 and 20 only remains effective for one year. Thus, the two hypotheses are corroborated and, in addition, differences have been observed between creams and sprays; being less effective the last ones.

Key words: sun creams, expiration, effectiveness, SPF (sun protection factor), UV beads, UV radiation, colour saturation.

Índex

Resum	3
Abstract	3
1. Presentació	7
2. Estat de la qüestió	8
3. Fonaments teòrics	10
3.1 Introducció	10
3.2 La llum solar	10
3.2.1 L'espectre electromagnètic	11
3.2.2 Les 5 Bandes de l'espectre electromagnètic	12
3.2.3 Els efectes de la radiació Ultraviolada	13
3.3 La pell	13
3.4 Els protectors solars	15
3.4.1 L'SPF	16
3.5 Les UV beads	16
3.5.1 La saturació del color	17
4. Disseny de la part pràctica	18
4.1 Mesures	18
4.2 Material	18
4.2.1 Les cremes solars	19
4.3 Procediment	19
4.3.1 L'estructura	20
4.3.2 Els assajos	20
4.4 Obtenció dels resultats	21
4.5 Interpretació de dades	24
5. Resultats	27
5.1 Taules de resultats	27
5.1.1 Taules de saturació de les perles	27
5.1.2 Taula de registre dels protectors solars	29
5.1.3 Taula de saturació de les cremes solars	30
5.1.4 Taula d'efectivitat de les cremes solars	30
5.1.5 Taules de saturació i efectivitat de les cremes solars en bon estat	31
5.2 Representació gràfica	32
5.2.1 Gràfics de saturació per a cada crema solar	32

5.2.2 Gràfics de saturació de totes les cremes	33
5.2.3 Gràfics d'efectivitat de totes les cremes	39
5.2.4 Gràfic de les cremes caducades efectives i no efectives totals	40
6. Conclusions	41
7. Bibliografia i webgrafia	42
8. Agraïments	44
9. Annexos	45
Taules, gràfics i imatges de les cremes caducades	45
Taula de registre dels protectors solars	46
Taula i gràfics d'efectivitat de les cremes solars	46
Taula de saturació de les cremes solars caducades	46

1. Presentació

Quan comprem qualsevol producte cosmètic, en fem ús fins que se supera la seva data de caducitat i, posteriorment el llencem. Tot i així, no sempre som capaços d'utilitzar tot el seu contingut abans no es caduca, i això comporta una pèrdua d'utilitat respecte al seu cost. En relació amb les cremes solars, sovint ens passa que no acabem tot el producte en un estiu i anem guardant pots mig buits, caducats, a mesura que passen els anys. És en aquest context que em vaig plantejar si seria possible continuar utilitzant cremes solars que estiguessin caducades, ja que no només em podria estalviar diners allargant la vida útil al producte, sinó que podria contribuir a la reducció en la producció d'envasos de plàstic. Actualment, la contaminació causada per la poca degradació dels plàstics és un problema d'abast mundial, i la millor manera de reduir el seu impacte és deixant de consumir-los. Tot i que l'actuació d'una sola persona no causa un canvi molt notable, és per aquí que hem de començar, i també podem transmetre aquest hàbit d'allargar la vida d'aquests productes al nostre cercle social més proper.

Així doncs, el treball sorgeix d'aquesta idea: es poden seguir utilitzant cremes solars un cop estan caducades? Consegüentment, l'objectiu d'aquesta recerca és comprovar si els productes de protecció solar caducats conserven la seva eficiència. Per tant, vaig plantejar-me com podria demostrar si perden o no la seva efectivitat, i vaig descobrir les UV *beads*, unes perles que s'acolorixen en estar exposades a la radiació ultraviolada. D'aquesta manera, aquestes perles es pigmenten en diferents intensitats, com faria la nostra pell gràcies a la melanina; i analitzant la saturació del color de les perles podria estudiar l'efectivitat de les cremes. Aleshores, podria haver utilitzat la llum solar per fer les anàlisis, però finalment vaig adonar-me que era molt més adequat utilitzar una llanterna UV, ja que sempre podria controlar la intensitat de radiació.

Seguidament, només em faltava decidir quantes cremes utilitzaria i com les aconseguiria. Vaig començar a demanar-ne als familiars i amics, però la mostra no era suficientment representativa. En aquest punt, la meva àvia em va parlar sobre *Reutilitza't Arbúcies*, un grup el qual realitza un intercanvi d'objectes o productes utilitzats. Va ser gràcies a l'existència d'aquest col·lectiu que vaig aconseguir més de 100 protectors solars. En tenir-ne tants, els vaig classificar segons la seva data de caducitat, però vaig pensar que no només per aquest factor es podrien veure influïts. Per aquest motiu, també els vaig separar segons el seu factor de protecció solar, ja que no tots tenen el mateix tipus de protecció. Finalment, per fer que totes les dates de caducitat tinguessin el mateix nombre de cremes, la mostra es va reduir a 102 exemplars, amb 7 anys de caducitat diferents i 3 factors de protecció solar.

2. Estat de la qüestió

Aquest treball tracta d'investigar si les cremes solars caducades i de diferents graus de protecció conserven les seves propietats, comparant-les amb exemplars en bon estat. Per aquest motiu, aquesta recerca està enfocada en l'àmbit científic i s'exploraran treballs relacionats amb la metodologia, els materials i les diferents variables. Aquesta recerca s'ha dut a terme a través de pàgines concretes d'exploració de treballs, articles i informes digitals com el *Google Scholar*¹, el *Recercat*² i *Dialnet*³; a més de consultar prèviament *Recerca Montsoriu*⁴. En introduir paraules clau com “rajós ultraviolats”, “UV beads” o “crema solar” als cercadors, han aparegut diversos documents que serviran per parts específiques d'aquest treball.

En primer lloc, s'ha aconseguit un treball de recerca en la web *Recerca Montsoriu* de Carla Oms, anomenat *Estudi comparatiu dels residus que alliberen els nous protectors solars comercials en l'aigua*⁵; el qual serà adient per obtenir informació sobre les característiques dels protectors solars i l'espectre electromagnètic per als fonaments teòrics.

En segon lloc, en cercar “factor de protecció solar” al *Dialnet*, s'ha trobat una tesi doctoral anomenada *Comportamientos de protección solar y percepción de riesgo de cáncer de piel en la población española*⁶, amb autoria de Clara María Rosso Fernández de la Universitat de Sevilla. D'aquest treball se'n pot extreure com calcular la capacitat de defensa d'una crema solar i una classificació segons el seu grau de protecció.

Seguidament, al *Google Scholar* s'hi ha inserit “perles fotocromàtiques” i s'ha obtingut un protocol d'investigació conegut com a *Investigació del comportament de les “perles solars o fotocromàtiques” amb diferents tipus de llum*⁷, proporcionat pel departament d'ensenyament de la Generalitat de Catalunya. Tracta d'una experimentació amb UV beads (perles solars), en la que es dissenyen i realitzen experiments basats en els rajós ultraviolats. Per aquest motiu, és útil per la metodologia i el material emprat.

¹[Google scholar.](#)

²[Recercat.](#)

³[Dialnet.](#)

⁴[Recerca Montsoriu.](#)

⁵Oms, Carla. [Estudi comparatiu dels residus que alliberen els nous protectors solars comercials en l'aigua.](#)

⁶ ROSSO FERNÁNDEZ, Clara María. [Comportamientos de protección solar y percepción de riesgo de cáncer de piel en la población española.](#)

⁷GUITART, Fina; LOPE, Sílvia. [Investigació del comportament de les “perles solars o fotocromàtiques” amb diferents tipus de llum.](#)

En buscar “cremades solars” al *Recercat*, s’ha adquirit un dossier d’activitats amb el nom *Les crem(ad)es solars*⁸, de la Universitat Autònoma de Barcelona. En aquest, hi ha quadres amb informació sobre sensors de rajos UV i indicadors d’intensitat lluminosa qualitativa, els quals serviran de nou pel mètode del treball i per determinar els resultats.

Deixant de banda les exploracions on-line, es té constància de l’existència d’un treball de recerca realitzat per una ex-alumna de l’institut Anton Busquets i Punset, de Sant Hilari Sacalm. Aquest no es troba disponible en plataformes digitals ni s’hi pot accedir, però resulta rellevant. Es centra en els pigments fotocromics i la comparació de diferents marques de cremes solars, però finalment no ha obtingut resultats significatius ja que el mètode per analitzar les mostres no va ser prou fiable. Tot i així, la seva metodologia és la mateixa que es duu a terme en aquest treball, excepte la part d’anàlisi de resultats.

Respecte les cremes solars caducades, no s’ha trobat cap treball que estudiï les seves propietats o si segueixen vigents en el producte. Per tant, després de fer la contextualització i recerca dels antecedents, s’ha comprovat que no es farà cap plagi i es podrà dur a terme una recerca sobre les cremes de protecció solar que no compleixen les característiques òptimes en la seva data de caducitat i si han perdut la seva efectivitat. Per aquest motiu, aquesta recerca pot ser útil per oferir informació als lectors sobre l’objecte d’estudi i si s’escau, pugui donar més rendibilitat a les cremes solars.

⁸HERNÁNDEZ, Marisa. [Les crem\(ad\)es solars](#).

3. Fonaments teòrics

3.1 Introducció

Tenint en compte que en aquest treball s'experimentarà amb cremes solars i s'analitzarà com actuen vers els rajos ultraviolats, és rellevant realitzar una explicació prèvia d'una sèrie de conceptes, com la llum solar i les radiacions que la componen, els efectes nocius de la radiació UV, les UV *beads* i la saturació del color.

3.2 La llum solar

La llum solar⁹ és el conjunt de radiacions electromagnètiques¹⁰ que provenen del sol. Aquestes són una combinació de camps magnètics i elèctrics oscil·lants que transporten energia propagant-se per l'espai en forma d'ona, però que són absorbides pels objectes en forma de partícules elementals anomenades fotons¹¹. Per tant, la llum té un comportament dual que es descriu en dos models diferents: el corpuscular i l'ondulatori¹².

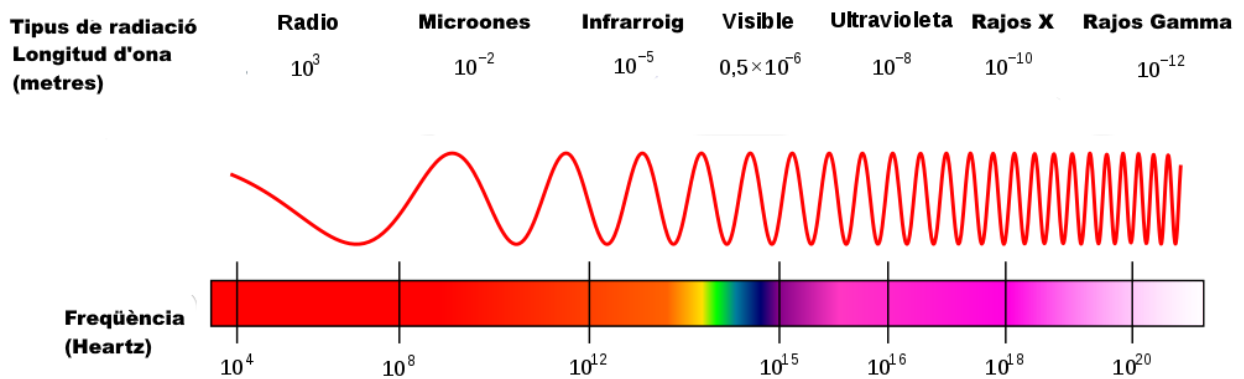
El primer model és el que té per objecte d'estudi les ones electromagnètiques, que es caracteritzen per un període, que és el que tarden a fer una oscil·lació i que es repeteix en un determinat temps invariable; una amplitud, que és la distància vertical entre el punt mitjà i la punta d'una ondulació, i pot ser variable; una freqüència, que és el nombre de vegades que es repeteix una vibració per segon; una longitud d'ona, que és la distància que hi ha entre dues ondulacions consecutives; i una velocitat de propagació, que és la velocitat a la qual avança l'energia que transporta l'ona. Aquestes ones no necessiten cap medi per propagar-se, i fins i tot poden viatjar a través del buit.

⁹NAYLOR, Mark F. ; FARMER, Kevin C. [Sun damage and prevention](#).

¹⁰GANDÍA, Soledad; MELIÀ, Joaquín. [La teledetección en el seguimiento de los fenómenos naturales. Recursos Renovables: Agricultura](#).

¹¹Fotons, *Real Academia Española*.

¹²CAAMAÑO, Aureli; CORTEL, Adolf; LOZANO, Maria Teresa; PUEYO, Lluís. [Fase 1. Física 1r Batxillerat](#).



Imatge 1: Model ondulatori de la llum solar¹³.

El segon model és el que estudia la interacció entre la llum, constituïda per corpuscles, i la matèria. Aquesta teoria interpreta la llum com a fotons emesos a gran velocitat per cossos lluminosos i es fonamenta en tres punts: la propagació rectilínia, ja que les partícules es mouen en línia recta a causa de la seva velocitat; la reflexió, que es basa en què els components lluminosos són elàstics i per això es reflecteixen; i la refracció¹⁴, que es centra en el canvi de direcció i velocitat del raig lluminós en medis de diferents densitats.

3.2.1 L'espectre electromagnètic

El conjunt de radiacions electromagnètiques que constitueixen la llum solar s'anomena espectre electromagnètic¹⁵ quan fa referència al model ondulatori i a la distribució energètica de les ones electromagnètiques. Es pot observar mitjançant uns aparells anomenats espectròmetres, que permeten mesurar la freqüència, la longitud d'ona i la intensitat de radiació, que és l'energia dels fotons. Gràcies a aquest instrument es pot visualitzar un conjunt de diverses longituds d'ona que divergeixen en angles diferents i que en ser absorbides per un objecte provoquen a la vista impressions com els colors. La llum del sol és anomenada llum blanca, ja que és incolora, però en realitat la formen una superposició de diferents coloracions. Això tan sols és possible de visualitzar quan la llum travessa un objecte o un element transparent que separa els colors, formant un arc de Sant Martí. Aquest fenomen presenta set colors visibles: el vermell, el taronja, el groc, el verd, el blau clar, el blau fosc i el lila. A més, també està compost per colors no visibles per l'ull

¹³ Imatge 1, model ondulatori de la llum solar. <<https://n9.cl/8611>>.

¹⁴ Refracció, *Real Academia Española*.

¹⁵ PÉREZ, Guillermo. *Espectrometría*.

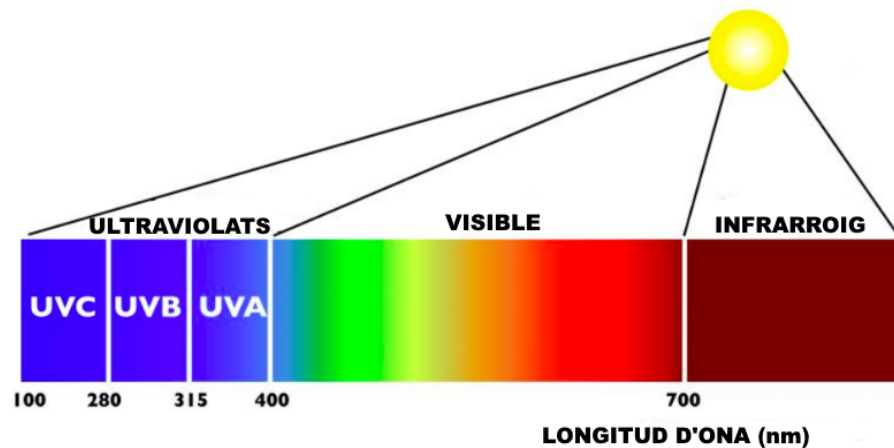
humà, l'infraroig i l'ultraviolat, juntament amb altres ones electromagnètiques que es classifiquen en cinc regions.

3.2.2 Les 5 Bandes de l'espectre electromagnètic¹⁶

L'espectre de radiació electromagnètica, tenint en compte el model ondulatori, es pot dividir en set parts segons un ordre decreixent de freqüència i segons un ordre creixent de longitud d'ona. Per realitzar-ho es fa una mesura mitjançant nanòmetres (nm), que equivalen a 1×10^{-9} metres. Així doncs, les ones que arriben a l'atmosfera terrestre són de 100 a 10^6 nm. Tot i així, aquest apartat només se centrarà en cinc bandes, ja que són les més rellevants en relació amb les cremes i els colors de la llum del sol:

- **L'Ultraviolat C o rang UVC.** Es troba a la regió de 100 a 280 nm. S'anomena ultraviolat ja que la seva radiació té una freqüència major a la de la llum violeta, i per aquest motiu, no és visible. Només n'arriba una petita quantitat a la superfície de la terra a causa de l'absorció de l'oxigen, l'ozó i el vapor d'aigua de l'atmosfera; i és molt perjudicial.
- **L'Ultraviolat B o rang UVB.** Es troba entre 280 a 315 nm. També és absorbit per una bona part de l'atmosfera, i és el responsable de produir la capa d'ozó a través de reaccions fotoquímiques juntament amb l'ultraviolat C. Només constitueix un 5% de la radiació ultraviolada que arriba a la Terra, però té molta energia i és capaç de penetrar la pell. És la causa dels bronzejats però produeix cremades, reaccions al·lèrgiques i càncers de pell.
- **L'Ultraviolat A o rang UVA.** Es troba a la banda de 315 a 400 nm. Constitueix un 95% de la radiació ultravioleta que arriba a la superfície de la pell però no produeix sensació de dolor. Tot i així, pot penetrar la pell i provocar taques i càncers, l'aparició d'arrugues i al·lèrgies solars.
- **El rang visible o llum.** Es troba entre els 400 i 700 nm. És el rang que és visible per la vista humana. Pot ser reflectida, refractada i absorbida per objectes.
- **El rang infraroig.** Es troba entre els 700 i 10^6 nm. És la principal radiació que produeix el sol encarregada de l'escalfor i està subdividida en 3 nivells segons la seva longitud d'ona: l'infraroig-A, de 700 nm a 1.400 nm; l'infraroig-B, de 1.400 nm a 3.000 nm; i l'infraroig-C, de 3.000 nm a 1 mm.

¹⁶ NAYLOR, Mark F. ; FARMER, Kevin C. [Sun damage and prevention](#).



Imatge 2: Bandes de l'espectre electromagnètic¹⁷.

3.2.3 Els efectes de la radiació Ultraviolada

La radiació UV¹⁸ en quantitats moderades pot ser inofensiva, produint una pigmentació a la pell de determinades persones anomenada bronzejat. D'altra banda també pot ser útil i beneficiosa per l'organisme, ja que permet la síntesi de vitamina D, que és necessària per absorbir calci pels ossos. Tot i així, com s'ha esmentat anteriorment, els rajos UVA, UVB i UVC produeixen danys a l'ésser humà: irritació i cremades, arrugues, pèrdua d'elasticitat, taques, càncer i fins i tot mutacions genètiques i malalties autoimmunes. Per aquest motiu, aquest treball pretén esbrinar si es pot donar més rendibilitat als protectors solars sense malgastar els que no compleixen les característiques òptimes en la seva data de caducitat i així evitar problemes de salut o reduir-ne els efectes sobre la pell.

3.3 La pell

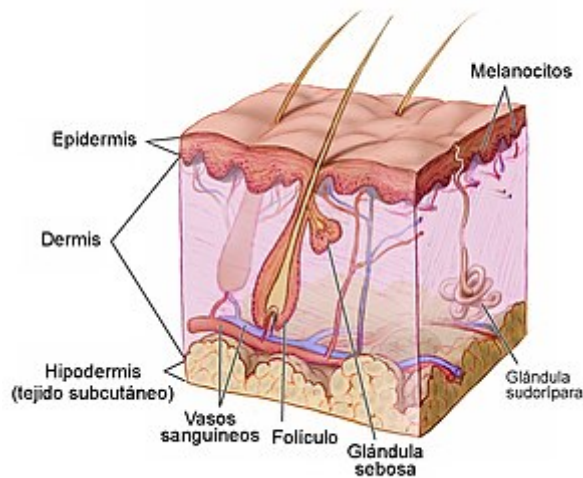
La pell¹⁹ és la capa que cobreix externament els animals vertebrats i els seus òrgans més importants. Actua com a barrera protectora aïllant a l'organisme del medi que l'envolta i també com a sistema de comunicació amb l'entorn. Com que és un òrgan sensorial, té terminacions nervioses que actuen com a receptores del tacte, la pressió, el dolor i la temperatura; i a més, actua davant els rajos ultraviolats sintetitzant vitamina D.

¹⁷Imatge 2, bandes de l'espectre electromagnètic del sol. <<https://n9.ci/72dy>>.

¹⁸TROJAN TECHNOLOGIES. [Introducción a la desinfección por UV](#).

¹⁹ NAVARRETE FRANCOM, Gisela. «Histología de la piel». *Revista de la facultad de Medicina*, vol. 46, núm. 4 (jul.-ag. 2003), p. 130-133.

La pell és l'òrgan més gran del cos humà i està formada per diferents teixits. Es distingeixen dues capes principals, l'epidermis i la dermis, que estan situades al damunt d'una capa de grassa anomenada hipodermis.



Imatge 3: Capes de la pell²⁰.

L'epidermis és la capa més superficial de la pell, i aproximadament té un gruix de 0,03 a 0,05 mm. Conté unes cèl·lules anomenades melanòcits, que són les encarregades de formar la melanina, un pigment que quan s'exposa als rajos ultraviolats de la llum solar dona coloració a la pell, el bronzejat. Aquesta capa també està constituïda principalment per queratinòcits, unes cèl·lules que quan arriben a la superfície es desprenen. Aquest procés s'anomena descamació i renova l'epidermis completament. Tarda aproximadament dos mesos. Els rajos ultraviolats que penetren aquesta capa són els UVB, ja que són molt energètics.

La dermis és una capa molt més fina que l'epidermis i conté components cel·lulars, vasos sanguinis, nervis, arrels capil·lars i glàndules de la suor. Està constituïda per dues subcapes anomenades estrat papilar i estrat reticular, i conté dues proteïnes estructurals molt importants. La primera és el col·lagen, que dona durabilitat a la pell; i la segona és l'elastina, que li ofereix elasticitat. Les principals cèl·lules que formen la dermis són els fibroblasts, que formen part del sistema immunitari de la pell. Els rajos ultraviolats que penetren aquesta capa són els UVA, travessen l'epidermis fins a arribar a les cèl·lules de la dermis.

La hipodermis forma la base de les dues capes anteriors i consisteix en un teixit conjuntiu, és a dir, que s'uneix a altres estructures del cos; i lòbuls de grassa. També conté vasos sanguinis i nervis més grans que els de la dermis. Actua d'aïllant i constitueix una reserva energètica.

²⁰ Imatge 3, capes de la pell, s'ha extret de *Henry Gray's Anatomy of the Human Body*, pàgina 1065.

La dermatologia és la branca de la medicina encarregada d'estudiar les malalties que poden patir aquestes capes de la pell. Per evitar-les, és important utilitzar protectors solars.

3.4 Els protectors solars

Un protector solar o crema solar²¹ és una loció, gel o spray que evita o disminueix els efectes provocats per l'espectre electromagnètic del sol. Quan s'apliquen sobre la pell es queden damunt l'epidermis o, fins i tot, formen una barrera per sobre el mantell hidrolipídic, una capa on hi ha grasses i suor. Per aquest motiu, protegeixen la nostra pell dels rajos UVB però no garanteixen la mateixa protecció vers la radiació UVA. A més, hi ha tipus de cremes que protegeixen la pell d'aquests rajos dins l'aigua. Per identificar-les s'ha de buscar el terme "resistent", que significa que durarà uns 40 minuts. Si es localitza el terme "molt resistent", significa que pot aguantar uns 80 minuts damunt la pell. Fora o dins l'aigua, les conseqüències més habituals són les cremades, que es produeixen quan l'exposició a rajos ultraviolats excedeix la capacitat de la melanina per protegir la pell. Per tant, les cremes de sol fan front a la radiació UV i segons el mètode que utilitzin, es classifiquen en dos tipus: els protectors solars amb filtres físics²² i els protectors solars amb filtres químics²³.

Les cremes amb filtres físics reflecteixen els rajos impedit que penetrin a la pell i contenen filtres com òxid de zinc i ferro, o diòxid de titani. Un dels avantatges d'aquest tipus de crema és que no irrita tant la pell com un protector amb filtres químics i és recomanable l'ús d'aquests productes si es té molt seca o sensible. Tot i així, no són tan assequibles i deixen una capa blanca i espessa sobre la pell bastant visible.

Les cremes solars amb filtres químics absorbeixen els rajos i els transformen en un altre tipus d'energia inofensiva, com la calor. S'han d'aplicar per tot el cos uniformement uns 45 minuts abans d'exposar-se al sol, ja que tarden 30 minuts a adherir-se i l'aigua o la suor les podrien eliminar²⁴. Solen ser més populars entre els consumidors que no pas els protectors amb filtres físics, però com que s'absorbeixen més, poden crear reaccions al·lèrgiques.

²¹ Biblioteca Nacional de Medicina dels Estats Units.

²² GARCÍA, Marián. [Diferencia entre filtros físicos y químicos.](#)

²³ GARCÍA, Marián. [Diferencia entre filtros físicos y químicos.](#)

²⁴ VALENZUELA, América. [¿Cómo protegen las cremas solares?](#)

Els diferents filtres d'aquests dos tipus de cremes donen lloc a l'SPF, el factor de protecció solar.

3.4.1 L'SPF

El factor de protecció solar²⁵ és l'eficàcia amb la qual actua un protector solar davant els rajos ultraviolats. En els envasos, apareix com a SPF amb el nombre de protecció que ofereix, en relació amb els filtres que conté. Com major sigui l'SPF d'una crema solar, més filtres hi haurà a la seva composició i més eficient serà. No obstant això, com afirma la companyia internacional *Beiersdorf SA*: *“En la Unión Europea, los protectores solares deben tener un tercio de los filtros UVA en relación a los filtros UVB. Es el estándar que sigue la industria cosmética en Europa por directiva y asegura un equivalente en la protección fiable y segura contra los daños de ambos tipos de rayos UV”*²⁶; hi ha unes normes estrictes a l'hora de fabricar aquests productes, però per escollir un bloquejador solar s'hauran de tenir en compte antecedents personals com les cremades i el bronzejat, el tipus de pell i l'ús de medicaments.

Per determinar quin nivell de defensa conté una crema s'ha de realitzar una relació entre la quantitat mínima de radiació UV necessària per produir cremades a la pell amb el producte aplicat i la quantitat de radiació UV necessària per ocasionar la mateixa cremada sense la crema²⁷. Per exemple, quan s'utilitza un protector solar amb un SPF 50, la pell no es cremarà fins que hagi estat exposada 50 cops a la quantitat d'energia solar que normalment li provoca una cremada. Conseqüentment, significa que un de cada cinquanta rajos ultraviolats travessaran la pell. Aquest sistema numèric va ser establert per l'Administració d'Aliments i Medicaments dels Estats Units.

3.5 Les UV beads

Les *UV beads*²⁸ són unes perles fotocromàtiques transparents o blanques que en exposar-se a les radiacions UV canvien de color, un dels set que constitueixen l'arc de Sant Martí per perla. Això és degut al fet que estan fabricades amb un material fotocromàtic que exposat a la radiació UV pateix uns canvis en la seva estructura

²⁵ ROSSO FERNÁNDEZ, Clara María. [Comportamientos de protección solar y percepción de riesgo de cáncer de piel en la población española.](#)

²⁶ nivea.buzon@beiersdorf.com, consulta a atenció al consumidor.

²⁷ NUEVA DERMATOLOGÍA. [La protección solar.](#)

²⁸ EDUCATIONAL INNOVATIONS. [Ultraviolet Detecting Beads.](#)

química, que permeten que el material absorbeixi un pigment²⁹. Aquest canvi en la coloració és reversible, i per tant, quan deixen d'estar en contacte amb la radiació UV tornen al seu color original. Tot i així, les radiacions que poden absorbir són les UVA i les UVB, ja que es troben entre els 280 i 400 nanòmetres i les UV Beads mostren colors que es troben entre els 300 i 360 nanòmetres. Per tant, no captaran les radiacions UVC, ja que es troben entre els 100 i 280 nanòmetres. Per saber la quantitat de rajos que hauran absorbit, s'haurà d'analitzar la saturació de color de les perles.

3.5.1 La saturació del color

La saturació del color³⁰ és la intensitat d'una tonalitat específica. Es basa en la puresa del color i pot ser neutre o acromàtic, dèbil o semineutre, moderat, fort i viu o intens. Quan un dels colors no té saturació, es converteix en una tonalitat grisa.

La saturació d'un color està determinada per una combinació entre la seva intensitat lluminosa i la distribució de les seves longituds d'ona en l'espectre de colors. Com més intensitat lluminosa, més pur és el color. Per aquest motiu, com més llum absorbeixen les perles fotocromàtiques, més intens és el seu color.

²⁹ HERNÁNDEZ, Marisa. [Les crem\(ad\)es solars.](#)

³⁰BRIGGS, David. [The dimensions of colour.](#)

4. Disseny de la part pràctica

Aquest treball es durà a terme en dues parts: un procediment experimental on s'observaran les UV *beads*, variant els protectors solars; i una valoració dels resultats, analitzant la coloració de les perles per obtenir les conclusions.

4.1 Mesures

Per realitzar l'experiment, es tindran en compte una sèrie de manteniments i control de les variables per no influir en els resultats.

La variable independent, la que es pot modificar i s'investiga, serà la crema solar que s'emprarà. S'anirà canviant de manera que es realitzaran les proves amb les cremes en bon estat i seguidament amb les cremes caducades. Per tal d'assegurar que els efectes que es produiran depenen de la variació dels protectors solars i no d'altres factors, s'haurà de controlar el seu lloc de conservació i per tant, guardar-los anteriorment en una habitació fresca i seca. A més a més, es durà un control de l'experiment fixant un temps d'exposició de 30 segons de la crema solar sota la llum ultraviolada.

La variable dependent serà el color de les UV *beads*, ja que canviarà en funció del tractament de la variable independent i s'obtidran els resultats, que s'analitzaran per extreure conclusions. Igual que es farà amb els protectors, es durà a terme un manteniment específic per no condicionar l'experiment. Atès que les perles seran comprades per internet, arribaran dins un paquet de plàstic o cartró, i en el moment que arribin es guardaran dins una caixa fosca perquè no es vegin exposades a la llum solar i no perdin gaire eficiència. Pel fet que són fotocromàtiques, la mínima radiació ultraviolada podria alterar-les i per aquest motiu, totes les obtencions de dades es realitzaran en una habitació fosca amb un llum artificial obert; ja que aquest no emet radiacions que puguin ser absorbides i no pot subordinar la variable dependent.

4.2 Material

El material que s'utilitzarà per realitzar la part experimental és:

- Suport de laboratori
- Dues pinces de suport

- Llanterna de rajos ultraviolats
- Plàstic transparent prim
- Cremes solars
- Cremes solars caducades
- Paquet d'UV *beads*
- Placa de Petri
- Cronòmetre

Els aparells i programes que s'utilitzaran per dur a terme la valoració dels resultats són:

- Càmera digital
- *Paint.net.Ink* app

4.2.1 Les cremes solars

El material principal d'aquest experiment seran les cremes solars i, per poder treballar amb elles, s'establiran uns criteris o requisits concrets. Primerament, s'aconseguiran de diverses maneres: enviant correus als fabricants, on se sol·licitaran mostres; se'n demanaran més, a farmàcies i comerços de diferents localitzacions; i finalment es preguntarà a persones de l'entorn. A més a més, se sol·licitaran a *Reutilitza't Arbúcies*³¹, un col·lectiu amb l'objectiu de "donar una segona vida a objectes que no utilitzem". En total s'hauran d'aconseguir unes 100 mostres aproximadament, de les quals la caducitat no pot ser inferior a mig any. Per últim, no hi haurà un límit de marques determinat, ja que dependrà dels models que s'aconsegueixin en finalitzar la recol·lecció, i s'anotaran en taules.

4.3 Procediment

El procediment experimental d'aquest treball constarà de dues parts: el muntatge d'una estructura on realitzar les proves i el conjunt d'assajos que es duran a terme amb les diferents cremes solars.

³¹ Reutilitza't Arbúcies. <<https://es-es.facebook.com/groups/991085650957796/>>.

4.3.1 L'estructura

Per poder treballar amb les cremes solars, s'haurà de preparar prèviament un muntatge que permeti anar-les canviant.

En primer lloc, s'agafa un suport de laboratori i s'hi col·loquen unes pinces de suport a l'extrem superior. Seguidament, se subjecta la llanterna amb aquestes i se'n posen unes altres més avall, aguantant el plàstic on s'aplicarà la crema solar. Per últim, se situa una placa de Petri sota el plàstic, en la que es distribueixen UV *beads* en files fins que queda un quadrat.



Imatge 4: estructura per l'experiment³².

4.3.2 Els assajos

Un cop acabat el muntatge, es podran realitzar els assajos amb els diferents protectors. Així doncs, com s'ha esmentat anteriorment, s'hauran de fer en un lloc sense llum solar per no condicionar l'experiment.

Primerament, s'agafarà un plàstic i s'hi aplicarà crema solar de manera homogènia, fins que quedi coberta la part corresponent a la mida de la placa de Petri amb les UV *beads*. Seguidament, se subjectarà amb les pinces de suport, ajustant-les perquè quedi ben ferm. A continuació, s'engegarà la llanterna i amb un cronòmetre es mesurarà el temps, que serà d'uns 30 segons.

³²Imatge 4, estructura per realitzar l'experiment.

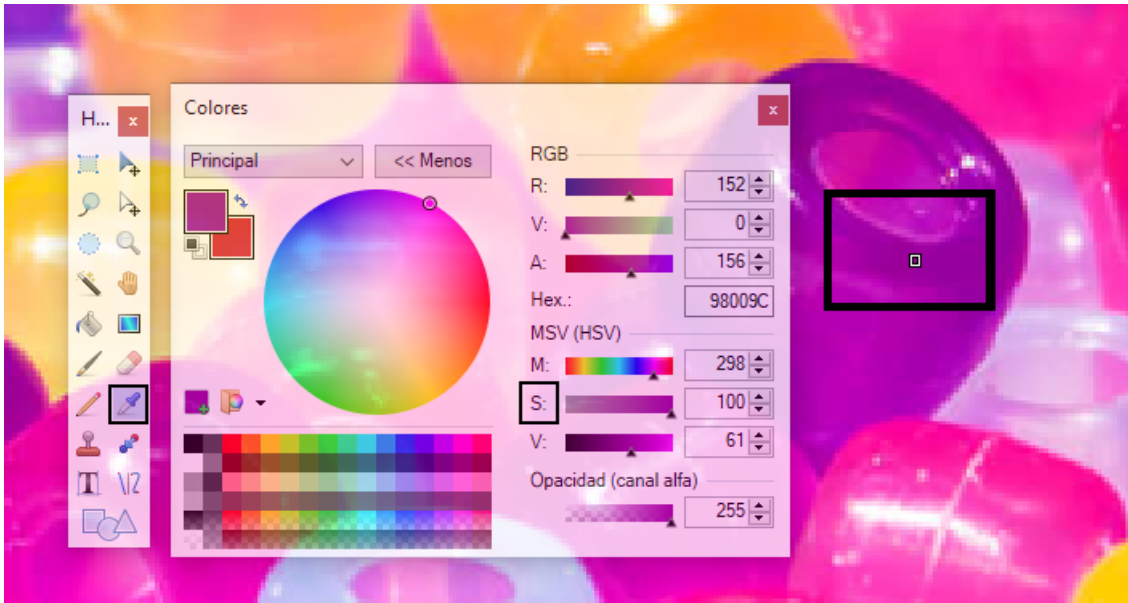
L'ordre en què es duran a terme les diferents proves consistirà en realitzar l'experiment amb la crema solar en bon estat i, posteriorment, realitzar-lo amb la crema caducada; que serà de la mateixa marca i factor de protecció. Es realitzaran 3 repeticions amb cadascuna d'elles i, en finalitzar, es farà una mitjana aritmètica amb els tres valors. A mesura que es vagin fent les proves, s'aniran recollint els resultats.

4.4 Obtenció dels resultats

Per recollir els resultats i fer-ne una valoració, s'hauran d'analitzar les perles fotocromàtiques. Gràcies a les perles es podrà verificar si els protectors solars caducats conserven la seva eficiència, ja que les perles se situen sota la crema solar i si no queden acolorides voldrà dir que hi ha una bona protecció; la crema manté la seva efectivitat. Per tant, s'hauran d'examinar els seus colors a través de la saturació; com més intensos siguin, menys efectiva haurà estat la crema i viceversa.

El càlcul de la saturació del color de les UV *beads* es durà a terme mitjançant la fotografia i programes d'edició digitals. En primer lloc, s'agafarà una càmera digital i es realitzarà una foto de qualitat a les perles. Seguidament, aquesta es descarregarà a l'ordinador i s'obrirà amb l'aplicació *Paint.net.Ink*, que permet editar imatges i obtenir-ne informació. A continuació, s'escollirà l'eina "Selector de color", s'augmentarà la mida del fitxer ampliant-lo i es clicarà damunt la part superior d'una perla. En fer-ho, apareixerà una finestra amb les dades del color seleccionat; que indicarà la saturació, en tant per cent, amb la lletra "S".

Com es pot veure a la [imatge 5](#), a l'esquerra apareix l'eina corresponent al selector de color; a la dreta apareix la barra de saturació, al costat del cercle cromàtic; i per últim, el quadre negre més gran mostra la part seleccionada per analitzar el color violeta.



Imatge 5: Prova i exemple amb el programa *Paint.net.Ink* i *UV beads*³³.

Com que hi haurà moltes *UV beads* a la placa de Petri, s'annotarà la saturació de totes i es realitzarà una mitjana aritmètica per obtenir uns resultats precisos. Per dur a terme el registre de saturació de cadascuna de les perles, s'emplenarà una taula on s'especificarà la marca, el factor de protecció solar i el temps de caducitat del producte:

Marca: , SPF: , Caducada: x temps.	
Perla	Saturació (%)
1	
2	
3	
4	
...	
Mitjana de saturació (%) =	

Model de taula 1

Es farà el mateix registre però de les perles utilitzades per analitzar les cremes solars en bon estat. Així doncs, per a cada model de crema solar hi haurà les dades de quan aquesta està caducada i quan no està caducada.

³³ Imatge 1, Prova i exemple amb el programa *Paint.net.Ink* i *UV beads* i editada amb *Paint.net*. <https://n9.cl/cofw>.

La informació d'aquestes taules s'agruparà en una única taula per a cadascuna de les cremes que s'aconsegueixin; anotant la marca, el factor de protecció solar (SPF) i si està en bon estat o caducada; especificant la data:

Cremes solars				
		Saturació (%)		
Marca	SPF	No caducada	Caducada	Data de caducitat

Model de taula 2

Gràcies a aquesta última taula, es tindrà un registre de totes les cremes solars amb les seves dades corresponents i se'n podran fer les interpretacions.

Per tenir constància de la saturació de cada crema, es realitzarà la taula següent, on es calcularan totes les mitjanes de saturació:

Data de caducitat	SPF	Crema	Saturació (%)	Mitjana aritmètica saturació
	50+	1		
		2		
	30	1		
		2		
	15-20	1		
		2		

Model de taula 3

Per obtenir uns resultats generals de totes les cremes caducades, es classificaran les mitjanes aritmètiques de les saturacions obtingudes al [model de taula 3](#), segons

la data de caducitat i tenint en compte el factor de protecció solar, en una taula com aquesta:

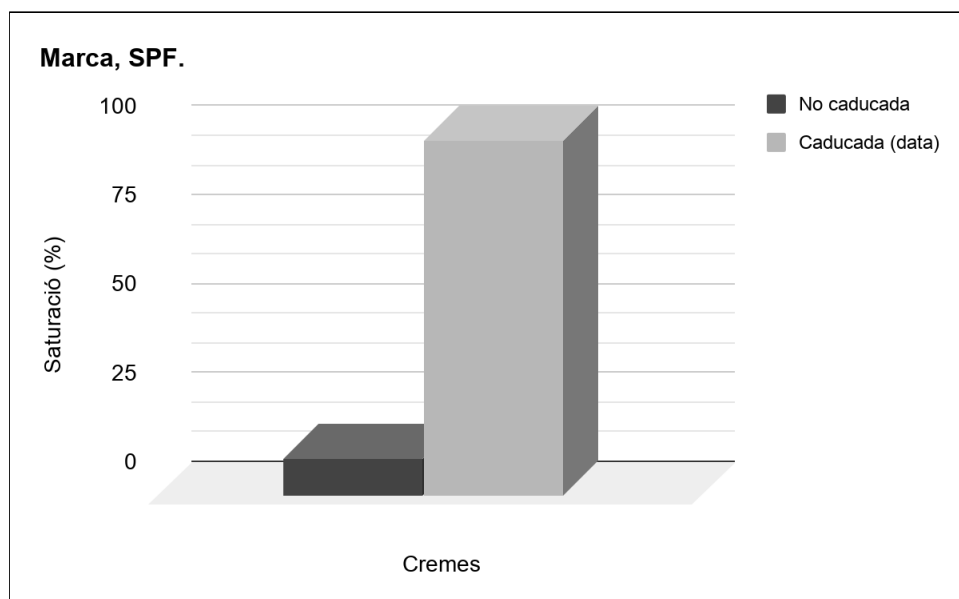
Cremes solars			
Data de caducitat	Mitjana saturació perles (%), SPF 50+	Mitjana saturació perles (%), SPF 30	Mitjana saturació perles (%), SPF 15-20

Model de taula 4

4.5 Interpretació de dades

A partir de la informació recollida en les taules, s'elaboraran gràfics lineals i de barres.

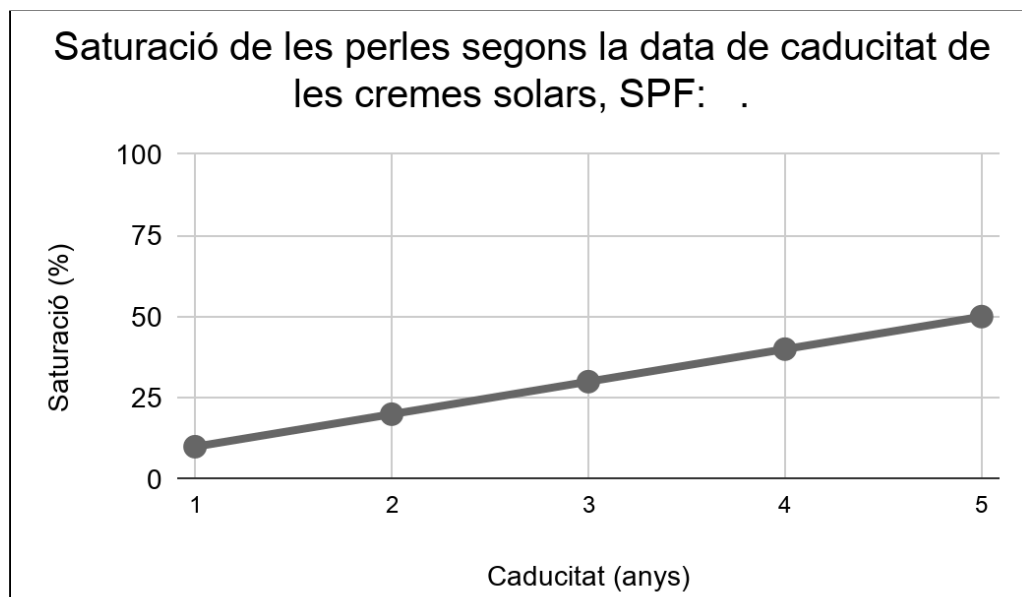
Perquè sigui possible un estudi detallat, es durà a terme una comparació entre les cremes solars caducades i les que es troben en bon estat:



Model de gràfic 1: Comparació de la saturació entre cremes caducades i en bon estat (exemple).

Amb aquest gràfic, es podran visualitzar les diferències entre unes cremes i les altres, ja que en observar la saturació de les perles de cadascuna d'elles, es veurà si la seva efectivitat perdura o si és inferior o superior. Es realitzarà a partir del [model de taula 2](#), perquè es necessitarà el registre de saturació de les cremes solars en bon estat juntament amb les caducades. Per fer-ho, es triarà els protectors de la mateixa marca i del mateix factor de protecció solar.

Per tal de visualitzar la saturació de totes les cremes en funció de la seva caducitat, es realitzarà el gràfic següent:



Model de gràfic 2: Saturació de les perles vers les cremes solars caducades (exemple).

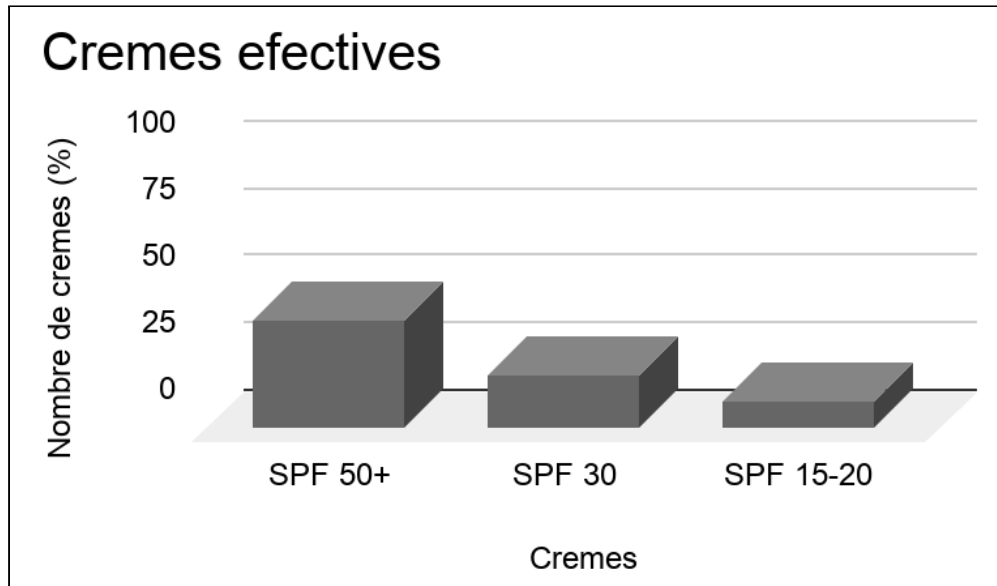
Gràcies a aquest gràfic lineal es podrà visualitzar la variació de la saturació del color de les UV beads enfront de la caducitat dels protectors solars; tenint en compte els factors de protecció però deixant de banda les marques. Es realitzarà a partir del [model de taula 3](#), ja que es necessitarà la mitjana aritmètica de saturacions de les perles corresponents a les cremes amb la mateixa data de caducitat.

Consegüentment, s'obté un percentatge de saturació per a cada data de caducitat amb el que es podrà determinar l'efectivitat dels protectors solars de cada any. Per fer-ho, es restarà el nombre de 100 i donarà com a resultat un altre percentatge.

Amb el [model de gràfic 2](#) s'obté informació general sobre l'evolució dels protectors solars caducats, i de la mateixa manera també es realitzarà amb les dades de les cremes solars en bon estat. D'aquesta manera, es donarà una visió de

l'efectivitat dels productes per determinar posteriorment quins d'ells segueixen essent útils.

Considerant que les cremes caducades continuaran essent efectives fins al 25% de saturació de les perles, es realitzaran uns gràfics com aquests:



Model de gràfic 4: Quantitat total de cremes caducades efectives segons l'SPF (exemple).

Amb el model de gràfic 4, es podrà observar si realment hi ha una gran quantitat de protectors solars caducats que encara es poden utilitzar perquè segueixen vigents les seves propietats, o al contrari. Es realitzarà amb el [model de taula 2](#), ja que hi haurà el registre de totes les cremes caducades i en bon estat juntament amb la saturació de les perles.

Per tant, amb tots aquests gràfics es podran extreure unes conclusions sobre el possible ús de les cremes solars caducades.

5. Resultats

En dur a terme el desenvolupament de la part pràctica, realitzant els assajos i analitzant les fotografies com s'ha esmentat anteriorment, s'han emplenat les taules amb la informació obtinguda.

5.1 Taules de resultats

5.1.1 Taules de saturació de les perles

Marca: Biotherm: Solaire Lacté Hidratante Spray. SPF: 50+, Caducada: 2018.			
Perla	Saturació (%)		
	Assaig 1	Assaig 2	Assaig 3
1	8	8	8
2	10	10	10
3	8	10	10
4	9	8	10
5	10	10	8
6	8	9	9
7	9	9	9
8	10	10	8
9	8	8	8
10	8	10	10
11	10	10	8
12	8	10	9
13	9	9	8
14	9	8	10
15	9	10	8
16	8	8	9
17	9	8	9
18	10	10	8
19	10	9	8

Marca: Biotherm: Solaire Lacté Hidratante Spray. SPF: 50+, Caducada: 2018.			
Perla	Saturació (%)		
	Assaig 1	Assaig 2	Assaig 3
20	8	8	10
21	10	9	8
22	9	10	9
23	8	9	10
24	10	9	10
25	9	9	9
26	8	8	8
27	10	8	10
28	9	9	9
29	10	8	10
30	8	9	8
Mitjana de saturació (%) =	8,95	9,16	8,79
Mitjana de saturació total (%) = 8,97			

Taula 1: Taula de saturació d'una crema SPF 50+ caducada del 2018.

S'han realitzat taules com aquesta per a totes les cremes solars del treball. En cadascuna d'elles s'hi especifica: la marca, el factor de protecció solar i l'any de caducitat del producte. Seguidament, recullen els valors obtinguts en l'anàlisi de cada perla en forma de percentatge de saturació; en concret, s'ha dut a terme un estudi del color de 30 UV *beads* amb el programa *Paint.net.Ink*. Finalment, es realitza una mitjana de saturació dels tres assajos per concloure amb una mitjana total.

Per visualitzar totes les taules de saturació de cada crema solar, es poden escanejar els codis QR que apareixen als annexos.

5.1.2 Taula de registre dels protectors solars

Cremes solars				
Marca	SPF	Saturació (%)		Data de caducitat
		No caducada	Caducada	
ISDIN pediatrics: Fusion Fluid (Mineral Baby), crema.	50+	0	3,08	2019
Garnier Delial : Bruma Anti Arena (Niños), spray.	50+	0	4,11	2019
Eau thermale Avène: Cleanance Mattifying, crema.	30	0	5,07	2019
Farline: spray transparente.	30	0	6,08	2019
Nivea sun: protección sensitive 0% sensación pegajosa, crema.	20	0	13,02	2019
Nivea sun: protege & broncea, spray.	15	0	13,09	2019

Taula 2: Registre de tots els protectors solars amb el seu SPF, saturació i caducitat corresponents.

Aquest és un fragment de la taula on s'enregistren totes les marques dels protectors solars amb el seu factor de protecció i caducitat corresponents. A partir de l'anàlisi de les perles, s'hi ha afegit la saturació obtinguda (columna 4) i s'ha comparat amb la de les cremes en bon estat (columna 3). Per tant, s'han introduït tots els valors a les taules de saturació de cada crema solar ([taula 1](#)), i s'han classificat segons l'any

de caducitat; en aquest cas, el 2019. Per aquest motiu, aquesta taula mostra quins productes s'estudien durant tota la recerca.

Per accedir a la taula completa, es pot consultar els codis QR dels annexos.

5.1.3 Taula de saturació de les cremes solars

Cremes solars			
Data de caducitat	Mitjana saturació perles (%), SPF 50+	Mitjana saturació perles (%), SPF 30	Mitjana saturació perles (%), SPF 15-20
2020	0	0	0
2019	3,52	5,52	13,06
2018	8,46	12,68	19,14
2017	16,46	18,51	32,11
2016	29,44	31,46	44,07
2015	41,5	43,5	74,09
2014	73,56	79,37	86,09

Taula 3: Saturació mitjana de les cremes segons el seu SPF i caducitat.

La taula 3 recull la mitjana de saturació de totes les cremes solars segons el seu any de caducitat. Aquest cop, s'ha realitzat una classificació segons el factor de protecció solar durant els diferents períodes de temps. Això ha permès elaborar tres gràfics que mostren l'evolució de la saturació de les perles al llarg del temps, comentats en l'apartat 5.2.2.

A partir d'aquesta taula, s'ha pogut realitzar les taula d'efectivitat de les cremes solars.

5.1.4 Taula d'efectivitat de les cremes solars

Per elaborar la taula d'efectivitat de les cremes solars caducades i en bon estat, també s'ha utilitzat la taula 3. Per fer-ho, s'han pres tots els valors de saturació de cada any i factor de protecció solar i s'han restat de 100, ja que les cremes no caducades mostren una efectivitat del 100% (correspon al 0% de saturació de color en les perles). Així doncs, s'ha obtingut uns resultats que esdevenen la mitjana

aritmètica de l'eficàcia o rendiment (η) de cadascun dels protectors solars estudiats en aquesta recerca:

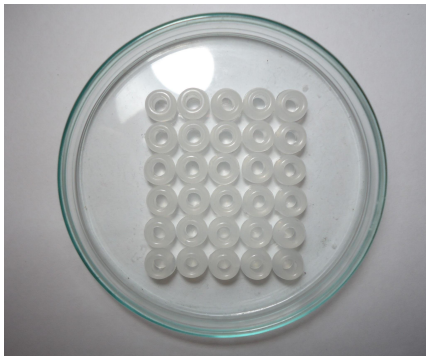
$$\eta = 100 - \text{saturació (\%)}$$

Per visualitzar la taula, es poden consultar els codis QR dels annexos.

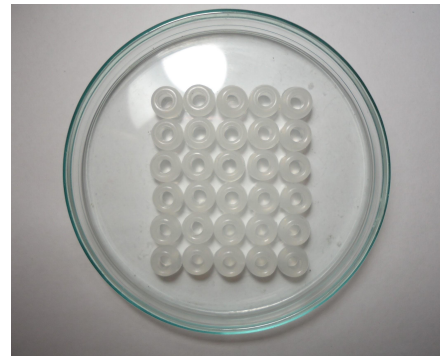
5.1.5 Taules de saturació i efectivitat de les cremes solars en bon estat

Tal com s'ha vist anteriorment, també s'han realitzat taules de saturació i efectivitat per a les cremes solars que estan en bon estat, és a dir, fabricades aquest any 2020. Per aquest motiu, són productes de la mateixa marca i el mateix factor de protecció solar però aquest cop nous, els mateixos models no caducats. En realitzar l'estudi d'aquests protectors solars amb les UV *beads*, s'ha obtingut un 0% de saturació, és a dir un 100% d'efectivitat en tots ells, com s'ha vist en la taula número 3. Aquestes cremes han estat utilitzades com a grup control de l'experiment, per tal d'assegurar que els resultats obtinguts depenen només de la caducitat.

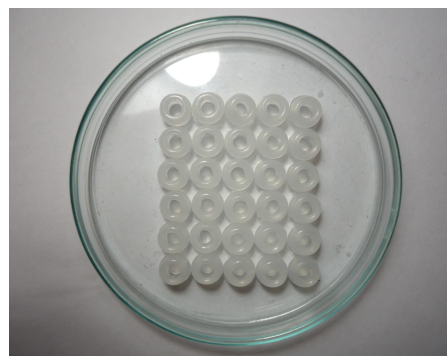
Tot seguit, es presenten les imatges de les perles que s'han analitzat:



Imatge 6: Saturació perles SPF 50+ (2020).



Imatge 7: Saturació perles SPF 30 (2020).



Imatge 8: Saturació perles SPF 15-20 (2020).

En concret, s'ha escollit tres imatges representatives de cada factor de protecció solar: 50+, 30 i 15-20. Es pot veure clarament com les fotografies plasmen que cap dels protectors ha provocat saturació a les perles, tots els valors han estat 0; fent semblar que són imatges idèntiques entre elles. Així doncs, tots els protectors solars no caducats mostren una efectivitat del 100%.

Com s'ha vist, totes les cremes solars del 2020 tenen el mateix percentatge de saturació nul, i per tant, no s'han inserit fotografies de cada any (2020-2014). Tot i així, s'han utilitzat per fer de control als mateixos models caducats i amb mateix SPF per tal de comparar-les, com s'ha esmentat amb anterioritat, durant aquest interval de temps.

5.2 Representació gràfica

Per tal d'analitzar les dades de les cremes dels diferents anys per a cada factor de protecció solar (SPF), s'ha elaborat 3 tipus de gràfics amb les taules esmentades anteriorment: gràfics de barres, per a cada crema solar caducada i en bon estat; gràfics lineals, comparant tots els protectors solars; i un gràfic de barres per observar el nombre de productes que segueixen essent útils. Pel fet que la quantitat de gràfics és molt elevada, ja que es disposa d'una mostra de 202 protectors solars, s'han escollit les representacions gràfiques més importants amb la informació general i s'ha seleccionat algun exemple representatiu de les cremes 202 específiques per exposar com s'ha dut a terme la interpretació dels valors obtinguts.

Per altra banda, si es desitja visualitzar els gràfics restants, es poden escanejar els codis QR dels annexos.

5.2.1 Gràfics de saturació per a cada crema solar

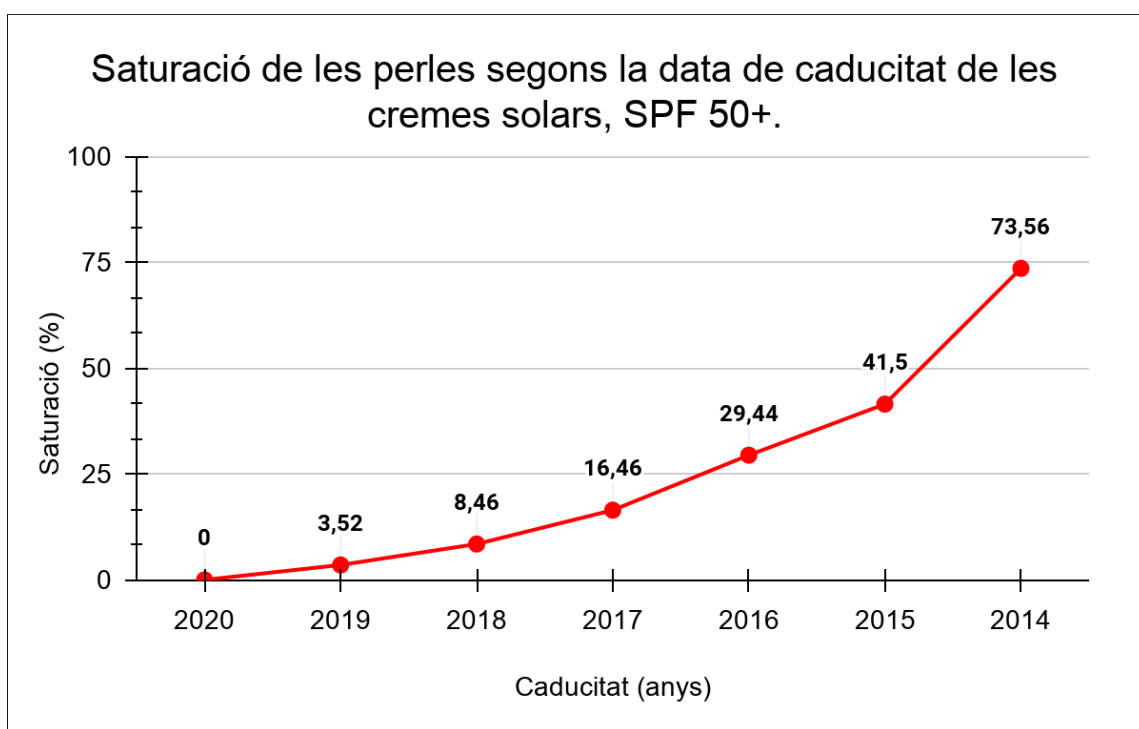
S'ha elaborat un gràfic per visualitzar la saturació de les perles fotocromàtiques de cada crema solar, en total 102 exemplars (17 gràfics per any). En ells es mostra, en dues barres, la saturació de les perles emprades en les anàlisis: la primera correspon a la crema en bon estat i la segona a la crema caducada amb la mateixa marca i factor de protecció solar que l'altra, fent una comparació entre els models correlatius.

Per consultar tots els gràfics de cada crema solar, es poden escanejar els codis QR dels annexos.

5.2.2 Gràfics de saturació de totes les cremes

En aquest apartat es dona una visió general de la saturació de les perles en funció de la caducitat de les cremes. Per estructurar els gràfics, s'ha optat per classificar-los segons el factor de protecció solar i així visualitzar la variació que es produeix al llarg del temps.

- **SPF 50+**



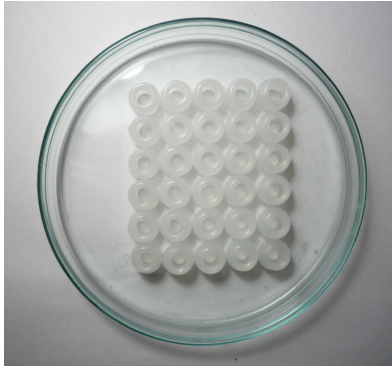
Gràfic 1: Mitjana de saturació de totes les cremes solars SPF 50+ segons la seva caducitat.

En aquest gràfic es mostra, com indica el títol, la saturació de les perles fotocromàtiques quan s'analitzen les cremes solars amb un factor de protecció 50+, segons la data de caducitat. Com es pot observar, la sèrie de dades (línia vermella) comença al 0%; per tant, les cremes solars amb SPF 50+ del 2020 són 100% efectives, com s'ha dit anteriorment. Tanmateix, hi ha una diferència insignificant de saturació entre els productes d'aquest any (2020) i els del 2019 caducats.

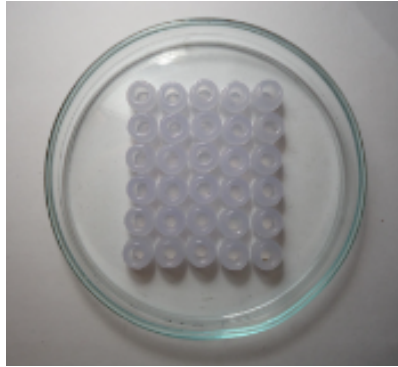
A mesura que passa el temps, la saturació de les UV *beads* augmenta de manera gradual, però no de manera proporcional, sinó exponencial. Del 2019 al 2018, hi ha un increment del 4,94%; en canvi, del 2018 al 2017 ascendeix un 8%, quasi el doble. Així doncs, es produeix un creixement progressiu al llarg dels anys: del 2017 al 2016 un 12,98%, del 2016 al 2015 un 12,06% i del 2015 al 2014 un 32,06%. Conseqüentment, és possible visualitzar una línia de tendència entre totes les

dades, però resulta evident que l'últim interval d'anys (2015-2014) té un increment molt elevat i un augment de saturació molt més notable que la resta.

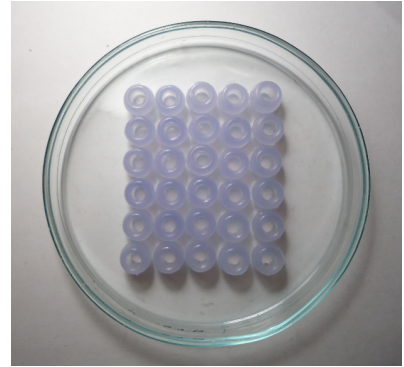
Aquesta tendència es pot apreciar observant la diferència en la coloració de les perles en cada cas:



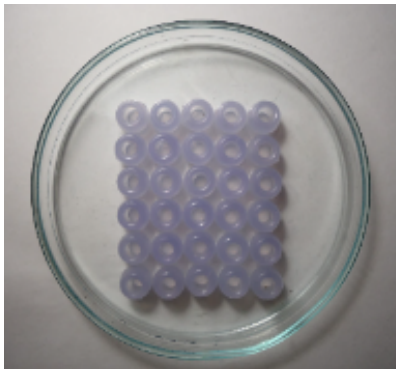
Imatge 9: Saturació perles 2020.



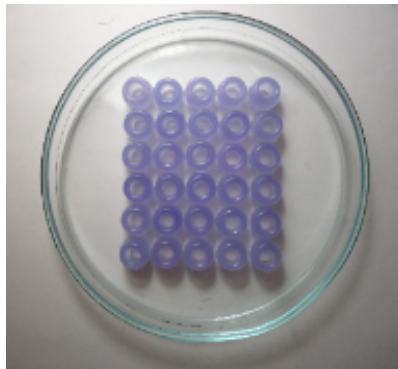
Imatge 10: Saturació perles 2019.



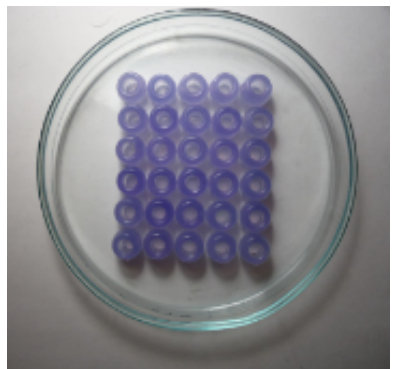
Imatge 11: Saturació perles 2018.



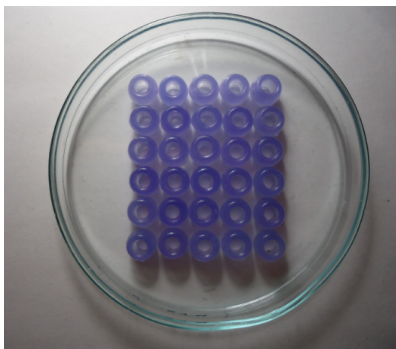
Imatge 12: Saturació perles 2017.



Imatge 13: Saturació perles 2016.



Imatge 14: Saturació perles 2015.

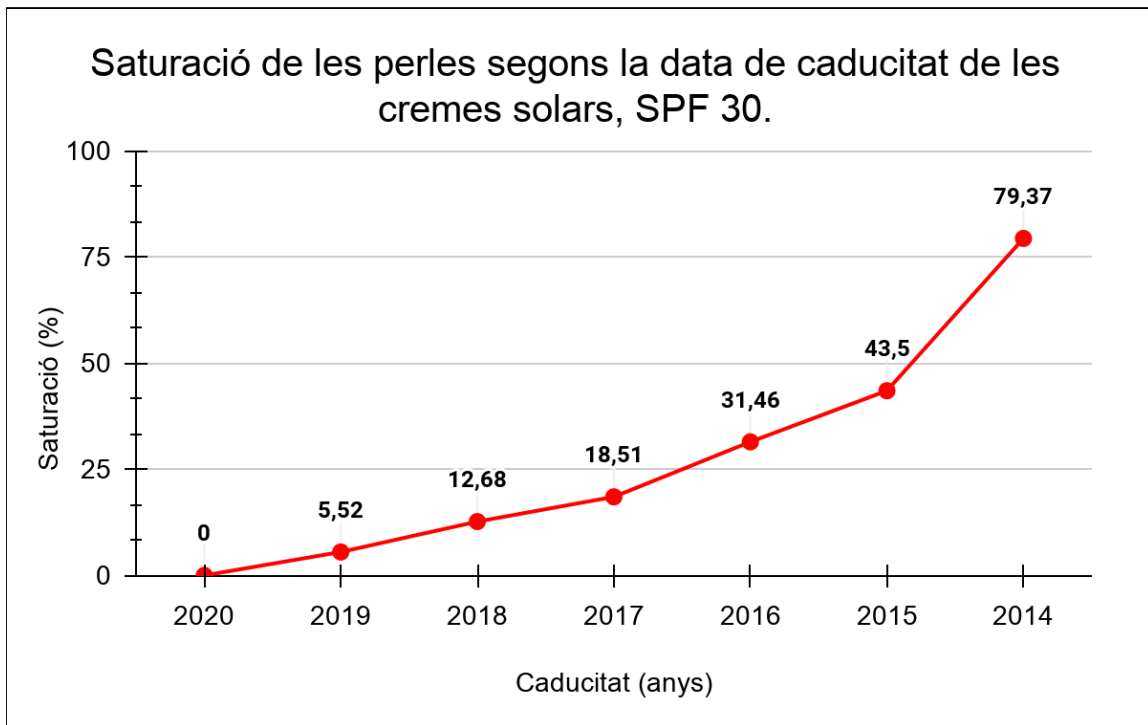


Imatge 15: Saturació perles 2014.

Igual com s'ha vist en el gràfic 1, la saturació del color de les UV *beads* presenta una evolució molt apreciable (d'esquerra a dreta). Partint de la primera fotografia, amb unes perles completament incolores que representen el grup control amb una saturació del 0%, es va intensificant la coloració; des d'un blau cel dispers fins a un blau fosc més concentrat. Generalment, les perles fotocromàtiques mostren una

saturació dèbil o semineutra (0-25%), mentre que en penúltim lloc aquesta és moderada o semisaturada (25-50%) i per últim, de forma forta o profunda (75% saturada).

- **SPF 30**

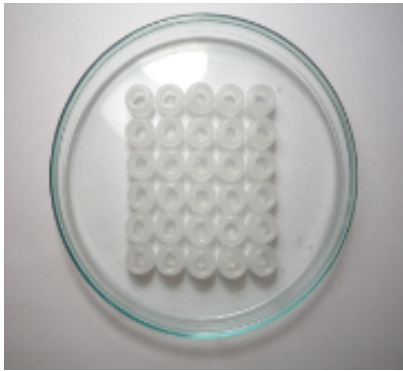


Gràfic 2: Mitjana de saturació de totes les cremes solars SPF 30 segons la seva caducitat.

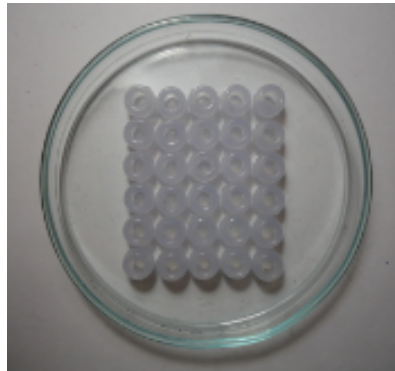
El gràfic número 2 se centra en la saturació de les perles en funció de l'any de caducitat de les cremes amb factor de protecció solar 30. Tal com s'ha vist en el gràfic anterior, es produeix una variació creixent des del 2020 fins al 2014; però en comparació amb aquest, augmenta un 2-3% més de saturació en cada any: si el 2019 la mitjana de saturació de les perles d'un protector solar SPF 50 és d'un 3,5%, amb una crema SPF 30 la mitjana de saturació és d'un 5,5%. De la mateixa manera que el gràfic número 1 mostrava un fort augment del 2015 al 2014, en aquest succeeix el mateix, hi ha una diferència del 35,87% de saturació.

Per altra banda, amb els protectors SPF 30 es perd encara més la tendència inicial, ja que a partir del 2017 començar a donar-se un increment més sobtat.

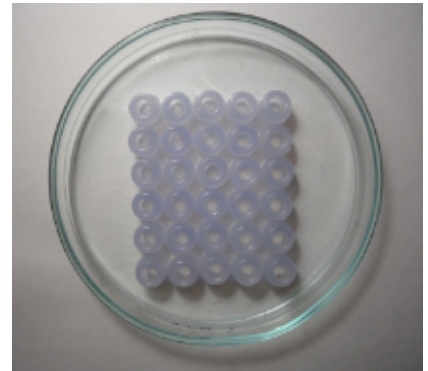
Altres cops, s'han seleccionat un conjunt d'imatges per fer una anàlisi de la variació a partir del color de les perles:



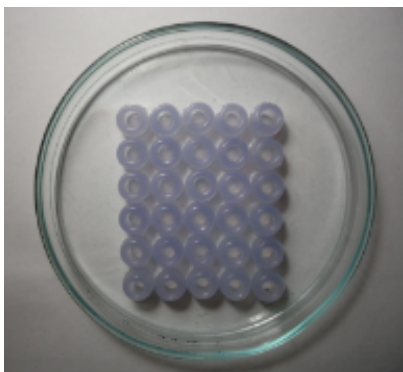
Imatge 16: Saturació perles 2020.



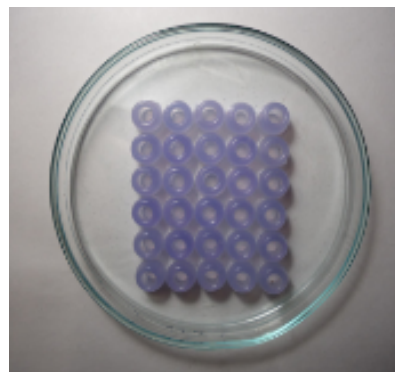
Imatge 17: Saturació perles 2019.



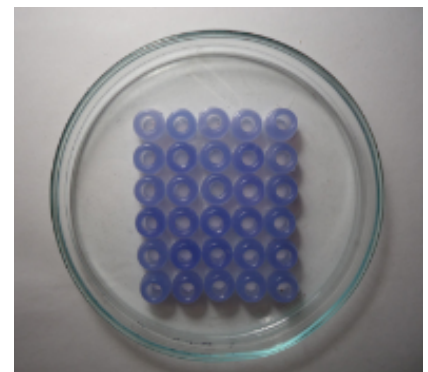
Imatge 18: Saturació perles 2018.



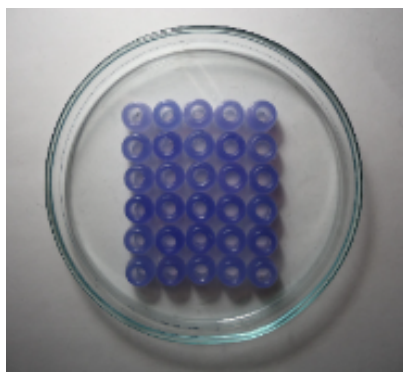
Imatge 19: Saturació perles 2017.



Imatge 20: Saturació perles 2016.



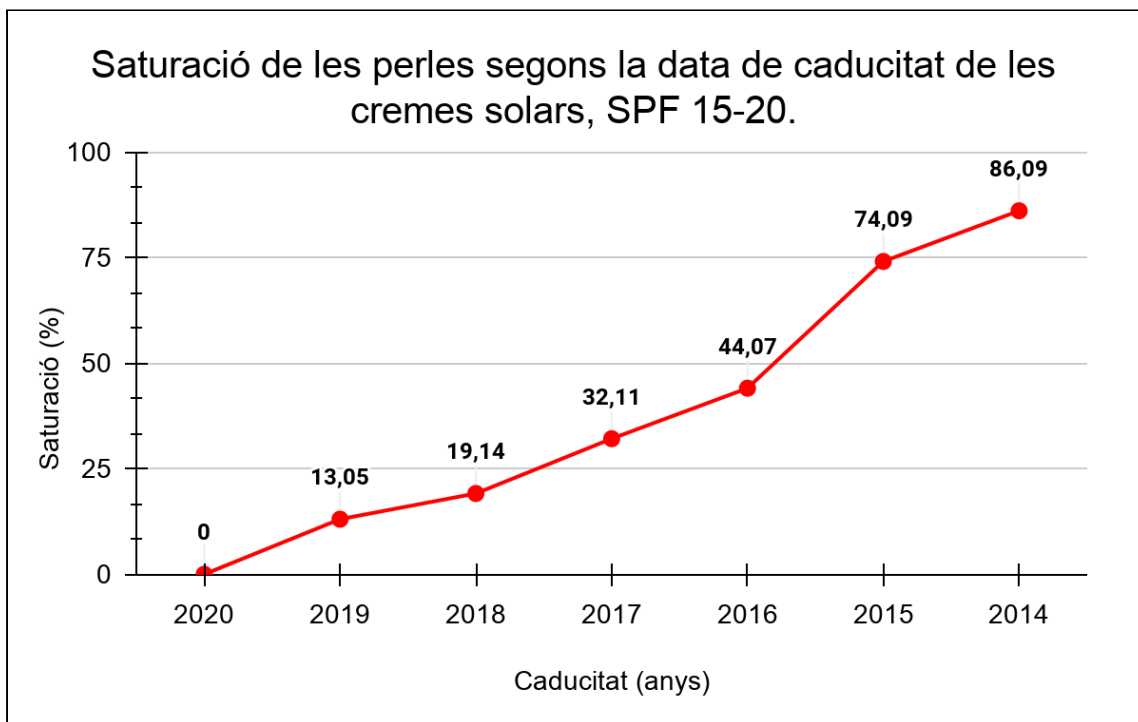
Imatge 21: Saturació perles 2015.



Imatge 22: Saturació perles 2014.

De nou, es pot apreciar l'escala cromàtica entre la tonalitat neutra (blanca) i el blau fosc, però aquest cop una mica més saturada que com s'ha observat amb les cremes solars amb factor de protecció 50+. Quant al percentatge de saturació, es repeteix la mateixa transformació: una intensitat neutra o acromàtica augmenta progressivament fins a ser semineutra, seguit d'una intensitat moderada o semisaturada; per, finalment, realitzar un increment superant la saturació forta o profunda (més del 75%).

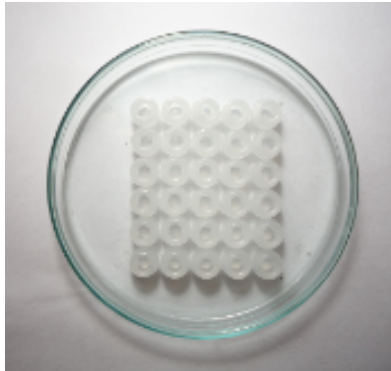
- **SPF 15-20**



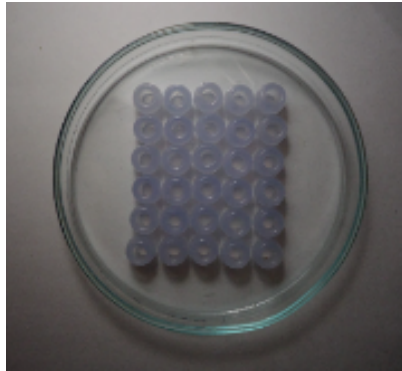
Gràfic 3: Mitjana de saturació de totes les cremes solars SPF 15-20 segons la seva caducitat.

En el gràfic número 3, de nou, es produeix un increment de la saturació amb els anys de caducitat però aquest cop molt més acusat. En l'últim any, s'arriba a una xifra molt alta, aproximant-se al 100%; per tant, els productes amb SPF 15-20 del 2014 són els menys efectius que s'han analitzat en aquest treball. Aquest cop, el creixement més destacat es produeix del 2016 al 2015, amb una diferència de saturació del 30,02%, que es pot visualitzar clarament amb l'interval de la línia amb més pendent de tota la representació gràfica.

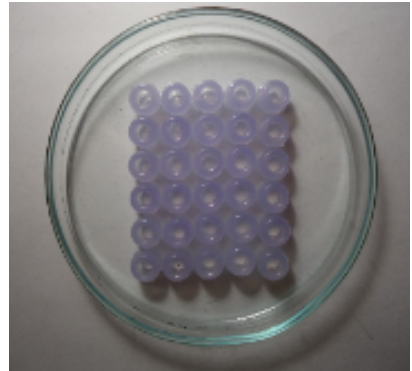
Per tercer cop, aquestes han estat les fotografies obtingudes:



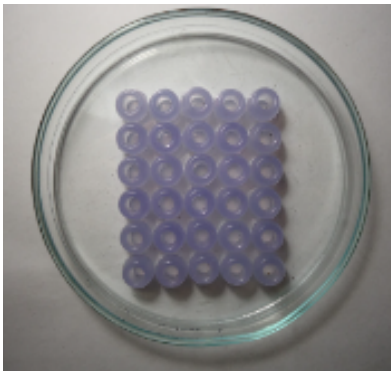
Imatge 23: Saturació perles 2020.



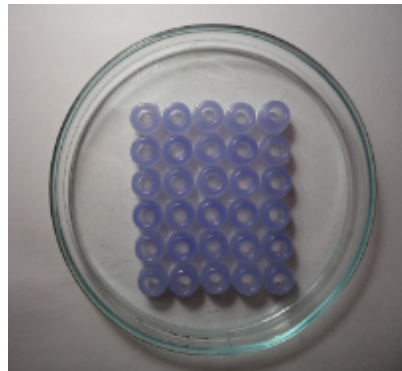
Imatge 24: Saturació perles 2019.



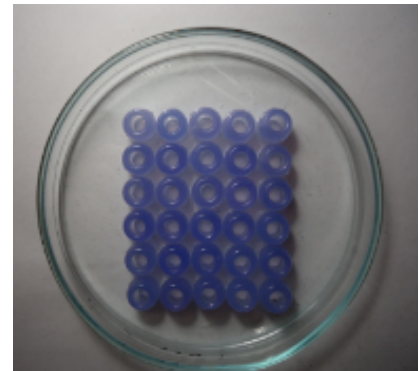
Imatge 25: Saturació perles 2018.



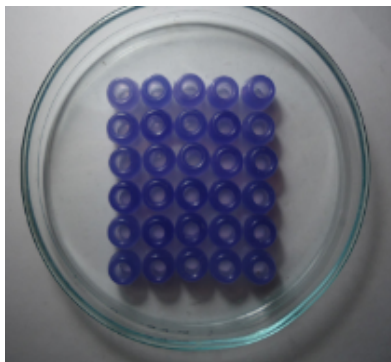
Imatge 26: Saturació perles 2017.



Imatge 27: Saturació perles 2016.



Imatge 28: Saturació perles 2015.

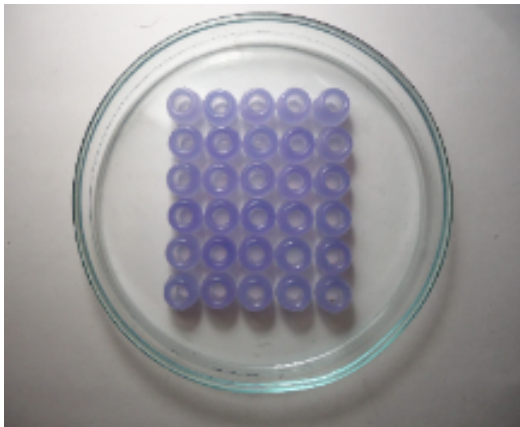


Imatge 29: Saturació perles 2014.

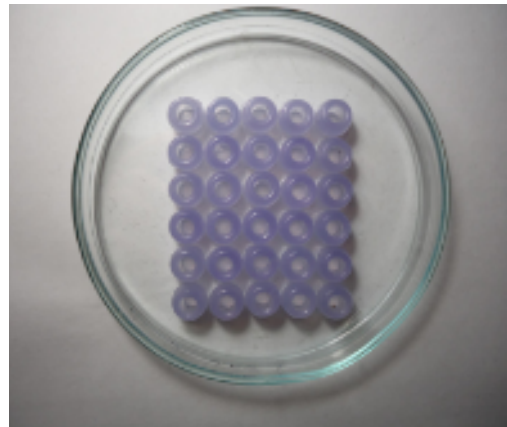
Per últim, en aquest procés de variació de la saturació de les perles es repeteix un punt en comú: des d'una tonalitat acromàtica es passa gradualment a una saturació del color molt viva. No obstant això, convé recalcar la saturació de l'última imatge, ja que al contrari de les altres, aquesta mostra una intensitat molt elevada; aproximant-se a la saturació total del 100%. Aquesta distinció es pot visualitzar fàcilment en la representació gràfica número 3, ja que com s'ha comentat anteriorment la línia de la gràfica incrementa molt en els últims anys. A més a més,

també es pot visualitzar el gran canvi entre les fotografies 27 i 28, en què la saturació augmenta de cop i per tant, la línia entre els anys 2015 i 2016 té molt pendent i en les imatges es produeix una variació del color molt notable.

Entrant en més detall, es pot percebre una relació entre els diferents factors de protecció solar i els anys de caducitat. Per exemple: analitzant el percentatge de saturació de les cremes protectores solars SPF 50+ del 2016, es pot detectar una equivalència amb el percentatge de saturació de les cremes protectores SPF 15-20 del 2017; ja que en ambdós casos es tracta d'una mitjana d'un 32% de saturació aproximadament. Així doncs, durant els últims intervals d'anys existeix una correlació entre els protectors solars amb SPF 50+ i amb SPF 15-20; tenint en compte que la saturació de les UV *beads* emprades amb les cremes amb menys filtres de protecció, per a cada any, correspon a la saturació d'un any tardà en les cremes amb més filtres de protecció.



Imatge 30: Saturació perles 2016 (SPF 50+).



Imatge 31: Saturació perles 2017 (SPF 15-20).

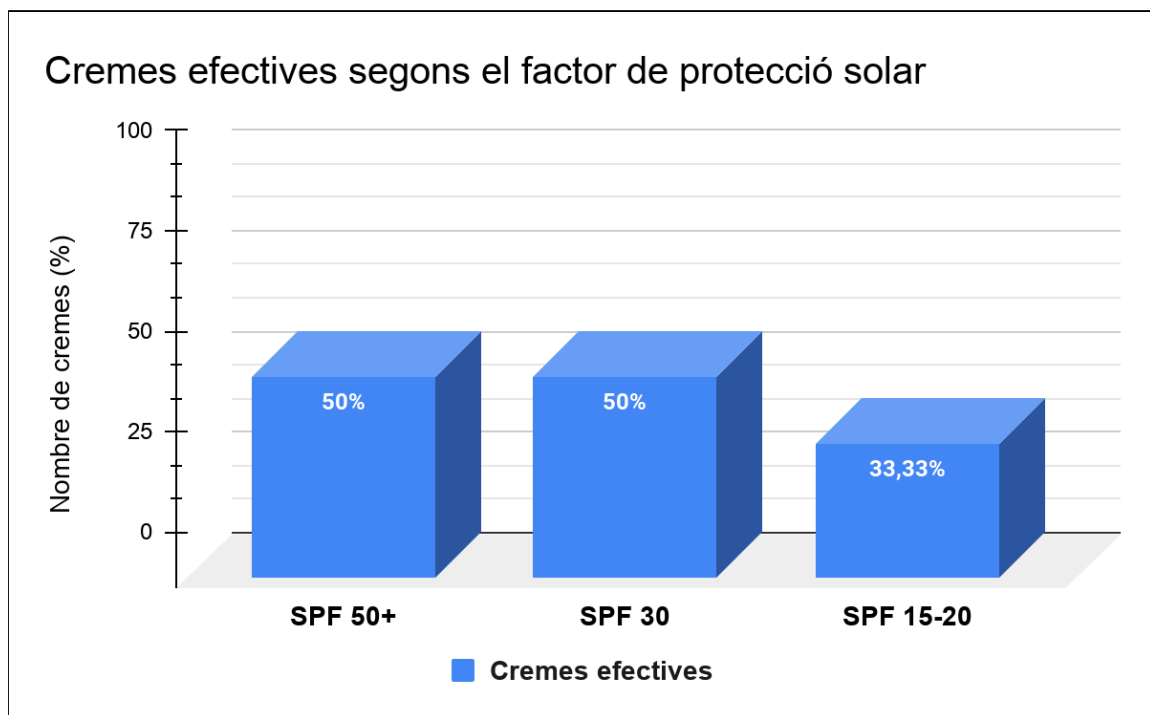
5.2.3 Gràfics d'efectivitat de totes les cremes

Com s'ha mencionat en l'apartat 5.1.4, per extreure totes les dades de l'efectivitat de les cremes solars, s'ha fet la diferència entre el valor mitjà de saturació de les perles fotocromàtiques; obtingut mitjançant l'anàlisi de les fotografies, i el número 100 (que equival a l'eficàcia total del producte). Per consegüent, no s'han inclòs les representacions gràfiques de l'efectivitat dels protectors solars, ja que són la inversa dels gràfics de l'apartat 5.2.2, classificats segons el factor de protecció solar 50+, 30 i 15-20. Així doncs, aquests gràfics tampoc s'inclouen en els resultats, però es poden consultar a través dels codis QR dels annexos.

5.2.4 Gràfic de les cremes caducades efectives i no efectives totals

Amb motiu de visualitzar gràficament quines cremes solars continuen essent efectives tot i estar caducades, s'ha elaborat el gràfic número 4.

Per realitzar el gràfic de barres següent, s'ha establert que les cremes solars deixen de ser efectives un cop la seva saturació excedeix el 25%, ja que els seus filtres solars han perdut bona part de la seva eficàcia i deixen de tenir el factor de protecció solar que tenien:



Gràfic 4: Percentatge de cremes efectives en funció de l'SPF.

Com es pot observar, hi ha el mateix nombre de cremes efectives i no efectives amb un factor de protecció solar 50+, ja que a partir del 2016 la saturació de les perles és superior al 25%; amb un 29,44%, com s'ha vist en el [gràfic número 1](#). De la mateixa manera, les cremes amb un factor de protecció 30 també són efectives en un 50%; però aquest cop, les cremes comencen a no ser efectives a partir del 2016 amb un 31,46% de saturació. Per últim, els protectors solars amb un SPF 15-20 deixen de ser efectius a partir del 2017, amb una saturació del 32,11%; havent-hi més productes no efectius (83,33%) que efectius (33,33%).

Així doncs, hi ha una tendència a deixar de ser efectius entre els anys de caducitat 2016 i 2017, a més a més de perdre més eficiència com menys filtres solars té la crema. Per aquest motiu, l'efectivitat disminueix al llarg dels anys i segons el filtre de protecció solar.

6. Conclusions

Partint de l'objectiu d'aquesta recerca, que és comprovar si els productes de protecció solar caducats conserven la seva eficiència i es poden seguir utilitzant, es van formular dues hipòtesis.

La primera, que afirma que les cremes solars caducades seguiran essent efectives durant un temps, queda corroborada (tenint en compte que la durada d'efectivitat proposada pels fabricants és de dotze mesos). Com s'ha visualitzat als resultats d'aquest treball, les cremes solars perden l'efectivitat progressivament, i s'ha observat que continuen sent útils fins a tenir entre dos i tres anys de caducitat (considerant que deixen de ser efectives quan tenen una eficiència inferior al 75%).

Quant a la segona hipòtesi, que anuncia que les cremes solars caducades amb una protecció solar més alta seran més eficients que les de proteccions inferiors, també queda corroborada; ja que els resultats demostren que l'eficiència de les cremes caducades ve determinada pel seu factor de protecció solar, de la mateixa manera que succeeix amb les cremes en bon estat. És per això que els productes amb un SPF 50+ i amb un SPF 30 mantenen la seva funció dos anys més enllà de la seva caducitat i, en canvi, els que tenen un SPF d'entre 15 i 20 tan sols duren un any més.

D'altra banda, s'ha comprovat que existeixen diferències entre les cremes i els esprais solars, essent lleugerament més efectives les primeres al llarg dels anys. Pot ser que aquesta diferència es produeixi perquè la textura i composició dels esprais fan que es degradin més ràpidament, com s'ha visualitzat en la majoria d'ells durant el desenvolupament de la part pràctica, atès que desprenien un fluid oliós de tonalitat grogosa.

Així doncs, es pot concloure que l'efectivitat de les cremes solars està condicionada per la seva caducitat, i aquesta efectivitat perdura més o menys en funció del factor de protecció solar i tipus de textura del producte.

Encara que les dues hipòtesis quedin verificades, cal recordar que aquest treball se centra en la influència que té el pas del temps en la pèrdua de les propietats de les cremes solars i, consegüentment, es desconeixen els possibles efectes que tindrien aquests productes caducats sobre la pell; aspecte que es podria estudiar en un altre treball de recerca.

7. Bibliografia i webgrafia

- BRIGGS, David. *The dimensions of colour* [En línia]. RTVE. 23 gener 2017. <<https://n9.cl/sgph>> [Consulta: 26 març 2020]. S'ha utilitzat per mesurar la saturació del color de les perles.
- CAAMAÑO, Aureli; CORTEL, Adolf; LOZANO, Maria Teresa; PUEYO, Lluís. *Fase 1, Física 1r Batxillerat*. 1ra ed. Barcelona: Teide, 2008, p. 2-3. ISBN: 978-84-307-5254-6. S'ha utilitzat per explicar el model ondulatori i corpuscular de la llum.
- Dialnet. <<https://dialnet.unirioja.es/>>.
- EDUCATIONAL INNOVATIONS. *Ultraviolet Detecting Beads* [En línia]. 2012. <<https://n9.cl/0wlc>> [Consulta: 26 març 2020]. S'ha utilitzat per exposar què són les UV beads.
- GANDÍA, Soledad; MELIÁ, Joaquín. *La teledetección en el seguimiento de los fenómenos naturales. Recursos Renovables: Agricultura*. 1ra ed. València: Publicacions de la Universitat de València, 1 gener 1991, p. 21-22. ISBN: 978-8437008356. S'ha utilitzat per explicar les radiacions electromagnètiques de la llum solar.
- GARCÍA, Marián. *Diferencia entre filtros físicos y químicos* [En línia]. Boticaria García. 29 juny 2016. <<https://n9.cl/typ84>> [Consulta: 25 març 2020].
- Google scholar. <<https://scholar.google.es/>>.
- GUITART, Fina; LOPE, Sílvia. *Investigació del comportament de les "perles solars o fotocromàtiques" amb diferents tipus de llum* [En línia]. Generalitat de Catalunya, Departament d'Educació. 30 gener 2020. <<https://n9.cl/gi57l>> [Consulta: 19 febrer 2020]. També s'ha utilitzat per explicar el funcionament de les perles.
- HERNÁNDEZ, Marisa. *Les crem(ad)es solars* [En línia]. Publicacions DIATIC, 2017. <<https://n9.cl/vwj7>> [Consulta: 19 febrer 2020]. S'ha emprat per explicar els efectes de la radiació solar sobre la pell.
- Institut D'Estudis Catalans - Diec2. <<https://mdlc.iec.cat/>>.
- MEDLINE PLUS. *Quemaduras del sol* [En línia]. 16 abril 2019. <<https://n9.cl/5np4e>> [Consulta: 25 març 2020]. També s'ha utilitzat per explicar els efectes perjudicials de la radiació UV sobre la pell.

- NAVARRETE FRANCOM, Gisela. «Histología de la piel». *Revista de la facultad de Medicina*, vol. 46, núm. 4 (jul.-ag. 2003), p. 130-133. S'ha fet servir per exposar les diferents capes de la pell.
- NAYLOR, Mark F. ; FARMER, Kevin C. *Sun damage and prevention* [En línia]. 2 feb. 1999. <<https://n9.cl/48n8x>> [Consulta: 24 març 2020]. S'ha utilitzat per explicar les bandes de l'espectre electromagnètic.
- NIVEA. Consulta a atenció al consumidor (nivea.buzon@beiersdorf.com) [En línia]. <<https://atencioncliente.com/nivea/>> [Consulta: 19 març 2020].
- NUEVA DERMATOLOGÍA. *La protección solar* [En línia]. <<https://n9.cl/g7x7>> [Consulta: 26 març 2020]. S'ha utilitzat per explicar com funcionen els filtres de protecció solar.
- OMS, Carla. *Estudi comparatiu dels residus que alliberen els nous protectors solars comercials en l'aigua* [En línia]. 2014-2015. <<https://n9.cl/hqe6c>> [Consulta: 20 març 2020]. S'ha utilitzat com a antecedent de la recerca.
- PÉREZ, Guillermo. *Espectro electromagnético* [En línia]. <<https://n9.cl/pw03>> [Consulta: 25 març 2020]. S'ha fet servir per explicar què és l'espectre electromagnètic.
- Real Academia Española. <<http://www.rae.es/>>.
- Recerca Montsoriu, Google Sites. <<https://sites.google.com/site/recercamontsoriu>>.
- Recercat. <<https://www.recercat.cat/>>.
- ROSSO FERNÁNDEZ, Clara María. *Comportamientos de protección solar y percepción de riesgo de cáncer de piel en la población española* [En línia]. Sevilla: Universidad de Sevilla, Facultad de Medicina. Setembre 2013. <<https://n9.cl/1pezh>>. [Consulta: 19 febrer 2020]. S'ha utilitzat per esmentar més conseqüències sobre la radiació solar.
- TROJAN TECHNOLOGIES. *Introducción a la desinfección por UV* [En línia]. <<https://n9.cl/bufuk>> [Consulta: 25 març 2020]. S'ha fet servir per definir la radiació ultraviolada.
- VALENZUELA, América. *¿Cómo protegen las cremas solares?* [En línia]. 4 juliol 2011. <<https://n9.cl/hinm>> [Consulta: 27 març 2020]. S'ha emprat per explicar l'SPF de les cremes.

8. Agraïments

Cal esmentar que aquest treball de recerca no hauria estat possible sense l'ajuda i dedicació de certes persones, a les quals vull donar les gràcies.

En primer lloc, a la meva tutora, per haver tingut molta paciència i per haver-me donat pautes i corregit tot el treball.

A l'Ester Dorca, per haver-me corregit l'abstract.

A la Gemma Fradera, per haver-me ajudat amb la precisió lèxica i la coherència.

A la meva mare, per donar-me ànims i suport amb la recerca i per ajudar-me a realitzar els retocs finals.

A la meva àvia, per ajudar-me a aconseguir una quantitat molt elevada de cremes per analitzar.

A en Pau Fernández, per haver-se llegit el meu treball i per haver-me donat consells molt útils.

A totes aquelles persones que han aportat alguna crema solar, perquè sense elles la recerca hagués estat molt més complicada.

9. Annexos

Seguidament, es presenten els codis QR amb què es pot accedir a les taules, gràfics i imatges que s'han realitzat per analitzar les cremes.

- **Taules, gràfics i imatges de les cremes caducades**

En els següents codis, s'hi troben les taules, gràfiques i fotografies de totes les cremes caducades, juntament amb les cremes en bon estat corresponents. S'han classificat segons el seu any de caducitat, i en diferents carpetes segons el factor de protecció solar:



2019



2018



2017



2016



2015



2014

- **Taula de registre dels protectors solars**

En el següent codi s'hi troba la taula on apareixen totes les cremes solars analitzades, juntament amb el seu SPF i la seva caducitat:



- **Taula i gràfics d'efectivitat de les cremes solars**

En el següent codi QR s'hi troben la taula i els gràfics d'efectivitat de les cremes solars, elaborats a partir del percentatge de saturació de les perles. L'efectivitat de les cremes es classifica segons la caducitat i pel factor de protecció solar:



- **Taula de saturació de les cremes solars caducades**

En aquest codi s'hi troba la taula on s'ha recollit la saturació de cada crema segons el seu any de caducitat. A més a més, s'han classificat els protectors solars segons el seu SPF i posteriorment s'ha realitzat una mitjana aritmètica de les saturacions:

