

TREBALL DE RECERCA

---

**EFFECTIVITAT DE LES CREMES SOLARS EN  
LA PREVENCIÓ DEL CÀNCER DE PELL**

Pseudònim: Harold Varmus  
Curs: 2023-24

# ÍNDEX

<b>RESUM I ABSTRACT</b>	<b>2</b>
<b>INTRODUCCIÓ</b>	<b>4</b>
<b>MARC TEÒRIC</b>	<b>6</b>
1. LA PELL	6
2. FOTOTIPS CUTANIS	9
3. QUÈ ÉS LA RADIACIÓ UV?	10
3.1. TIPUS DE RADIACIÓ UV I ELS SEUS EFECTES	12
4. RADIACIÓ UV I DESENVOLUPAMENT DE NEOPLÀSIES CUTÀNIES	14
5. CÀNCER DE PELL	17
5.1. NO-MELANOMA	17
5.2. MELANOMA	19
6. ACCIÓ DE LES CREMES SOLARS COM A MESURA PREVENTIVA	21
6.1. PROTECTORS SOLARS I COMPOSICIÓ	21
6.2. CLASSIFICACIÓ DELS PROTECTORS SOLARS	22
6.3. PROTECTORS SOLARS I PREVENCIÓ DEL CÀNCER DE PELL	24
<b>PROCÉS I RESULTATS</b>	<b>25</b>
1. MATERIAL	25
2. MÈTODES	26
2.1. CONSTRUCCIÓ DEL MUNTATGE	27
2.2. PROCEDIMENT EXPERIMENTAL	30
3. RESULTATS	34
3.1. COMPARACIÓ ENTRE LES MARQUES DE PROTECTORS	36
3.2. COMPARACIÓ AMB EL FILTRATGE TEÒRIC	42
3.3. COMPARACIÓ DEL FPS	44
3.4. COMPARACIÓ DE QUANTITAT DE PROTECTOR APLICADA	46
<b>DISCUSSIÓ I CONCLUSIONS</b>	<b>49</b>
<b>REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES</b>	<b>55</b>
<b>ANNEXOS</b>	<b>60</b>

## **RESUM I ABSTRACT**

### **RESUM (CATALÀ)**

---

Arrel dels descobriments científics de les darreres dècades, la població és conscient que l'exposició prolongada a la llum solar és el principal causant del desenvolupament de neoplàsies cutànies. Per tal d'evitar-ho, sovint es decideix fer ús de protectors solars, els quals filtren les radiacions ultraviolades (UV), responsables d'aquest fenomen. És per això, que s'ha realitzat una recerca amb l'objectiu de conèixer els efectes de les ones UV en l'aparició de càncer de pell i l'efectivitat dels productes fotoprotectors en la dissipació d'aquestes. Per una banda, s'ha dut a terme una recerca bibliogràfica sobre la constitució de la pell i de l'espectre electromagnètic, les conseqüències cutànies de la incidència de les radiacions esmentades i l'acció preventiva de les cremes solars. Addicionalment, s'ha desenvolupat una part experimental fonamentada en l'ús de sensors UV per comprovar el filtratge d'alguns dels protectors més comuns al mercat. La hipòtesi inicial era "Potser els protectors solars no són prou efectius en la prevenció del càncer de pell". Després d'analitzar els resultats, s'ha conclòs que els protectors solars són essencials en la minimització del risc de neoplàsies cutànies. No obstant això, no presenten un filtratge del 100%, per tant, es recomana prendre altres mesures preventives, sinèrgicament, per assolir una major eficàcia.

### **RESUMEN (CASTELLANO)**

---

Gracias a los últimos descubrimientos científicos, la población es consciente de que exponerse de manera excesiva a la luz solar se traduce en un alto riesgo de desarrollar cáncer de piel. Para evitar esta sobreexposición, se suelen usar protectores solares que disipan las nocivas radiaciones ultravioleta (UV) del espectro solar. Por consiguiente, se ha decidido llevar a cabo una investigación acerca de los efectos de la luz UV en el desarrollo de neoplasias cutáneas y la capacidad de filtración de las cremas solares ante estas. Por un lado, se ha realizado una búsqueda bibliográfica sobre la constitución de la piel y del espectro electromagnético, las consecuencias de la incidencia de las radiaciones mencionadas y la prevención que ofrecen los protectores. Además, se ha planificado un método experimental, basado en el empleo de sensores UV para medir la filtración de algunos de los productos más comunes del mercado. La hipótesis inicial ha sido "Puede que los protectores solares no sean

suficientemente efectivos en la prevención del cáncer de piel”. Después de analizar los resultados, se ha concluido que los protectores solares son de vital importancia en la minimización del riesgo de neoplasias cutáneas. Sin embargo, estos no ofrecen una disipación del 100%, lo que da pie a la recomendación del uso sinérgico de otras medidas preventivas.

## **ABSTRACT (ENGLISH)**

---

Thanks to recent scientific research, it is known that the excessive exposure to sunlight is the main cause of skin neoplasia development. Therefore, sunscreen is commonly used in order to filtrate ultraviolet (UV) radiation, which is responsible for genetic damage that leads to cancer. Provided that, it has been decided to carry out an investigation about the effect of UV light in skin cancer development, as well as searching for the UV filtration capacity of protectors. On the one hand, a bibliographical research has been made to get information about the constitution of cutaneous tissue, the composition of the electromagnetic spectrum, the consequences of UV light incidence in skin and the effectiveness of sunscreen in terms of preventing neoplasia. In addition, an experimental method, based on the use of UV sensors, has been designed to objectively test the UV dissipation of some of the most common products available on the market. The initial hypothesis was “Maybe sunscreen is not effective enough in terms of preventing skin neoplasia”. After analysing the results, it has been concluded that solar protectors are essential to minimize the risk of developing skin cancer. Nonetheless, as the protection offered by these products does not reach the 100% of effectivity, it is highly recommended to use other measures along with them.

## INTRODUCCIÓ

Tothom, en èpoques caloroses d'estiu, ha decidit aplicar-se crema solar a la pell per tal de protegir-se de la radiació ultraviolada (UV) emesa pel Sol. Això es deu al fet que es vol tractar de prevenir efectes nocius com cremades, irritacions, l'envelliment prematur de la pell i, sobretot, el càncer de pell, el qual és el tipus més freqüent de càncer humà i té una incidència que no deixa d'incrementar al llarg dels darrers anys (Cabrera i López-Nevot, 2006).

Com bé sabem, l'exposició excessiva a la radiació UV de la llum solar s'associa de manera directa amb el desenvolupament de tumors no-melanoma. Tot i això, aquesta associació no és tan clara si parlem del desenvolupament de tumors que originen el melanoma, a causa de la intervenció d'altres factors com la predisposició genètica o l'exposició a agents mutàgens, entre d'altres (Cabrera i López-Nevot, 2006).

La radiació UV, en incidir de manera repetida i continuada sobre el teixit epitelial, provoca modificacions genètiques de l'ADN que són reparades per mecanismes cel·lulars d'escissió de nucleòtids i d'escissió de bases. En cas d'una exposició massa repetida i directa a la radiació UV, aquesta donarà lloc a una acumulació de modificacions genètiques no reparades que poden causar l'aparició de mutacions puntuals en gens diana com ara p53 (gen supressor de tumors), el qual desembocarà en l'inici d'un procés neoplàsic de la pell i, per tant, en el desenvolupament de càncer de pell (Cabrera i López-Nevot, 2006).

Tot i que els efectes de la radiació UV sobre la pell poden ser devastadors, aquesta pot ser evitada mitjançant l'aplicació de protectors solars, entre d'altres, que dissipin gran part de les radiacions impedit que aquestes penetrin en la nostra pell per un temps determinat (Vargas, Rivas, Cortez, Zoltan, Izzo, López, Gómez i Cárdenas, 2007).

Dit això, en aquesta investigació es vol indagar sobre l'efectivitat d'aquests protectors solars. Més específicament, l'objectiu principal de la recerca és comprovar l'efecte que tenen alguns dels protectors solars més venuts del mercat en el filtratge de la radiació UV i, per tant, en la prevenció del càncer de pell en les persones.

A causa de l'augment en la incidència del càncer de pell en la humanitat arreu del món (Cabrera i López-Nevot, 2006), la hipòtesi plantejada és "Potser els protectors solars del mercat no són prou eficaços en la dissipació de la radiació ultraviolada i, per tant, en la prevenció del càncer de pell".

A més, també sabem que hi ha diferents tipus de radiació ultraviolada (UVA, UVB i UVC), les quals tenen diferents conseqüències en penetrar el teixit epitelial (González-Púmariega, Vernhes, Sánchez-Lamar, 2009). Per tant, aquesta investigació també tindrà l'objectiu de determinar l'eficiència dels protectors solars a l'hora d'absorbir els diferents tipus de radiació UV.

Addicionalment, sabem que existeixen diferents factors de protecció solar (FPS) que determinen la capacitat filtradora dels fotoprotectors. A més, la quantitat de producte afegida influeix en l'eficàcia d'aquest (Malveyh, et al., 2015; Merino, 2023). És per això que es buscarà fer una valoració de la rellevància en la prevenció del càncer de pell del FPS de la crema i la quantitat d'aquesta que s'aplica.

Per acabar, també es pretén verificar si no hi ha cap incoherència dels protectors solars amb les indicacions donades a les respectives etiquetes. Altrament, es buscarà determinar quina de les cremes solars que s'empraran a l'experimentació és més efectiva i eficient pel que fa al filtratge UV.

Per tractar de donar resposta a totes aquestes preguntes investigables i assolir tots els objectius establerts, es realitzarà una recerca teòrica i una part experimental. D'aquesta manera s'aconseguiran les dades suficients per a extreure unes conclusions fiables. La part teòrica constarà d'una introducció a la pell, les seves capes i els diferents tipus de fototips cutanis que existeixen. Després es realitzarà una contextualització sobre la radiació electromagnètica i sobre els efectes de les radiacions UV en la pell humana i en el desenvolupament de neoplàsies cutànies. Per últim, s'explicarà una mica en què consisteix el càncer de pell i es parlarà de l'acció dels protectors solars en el filtratge de llum UV.

Per completar el treball es durà a terme un procés experimental on es posaran a prova alguns protectors solars per comprovar si el seu filtratge és prou efectiu. D'aquesta manera, contrastant les dades teòriques i experimentals, es podran completar els objectius establerts.

# MARC TEÒRIC

## 1. LA PELL

Abans d'entrar en detall en el càncer de pell, és necessari comprendre l'estructura i característiques que constitueixen aquest òrgan. En primer lloc, la pell és la coberta externa del cos humà i s'estén fins als 2 m<sup>2</sup> i 4 kg (depèn de la mida i constitució de la persona), sent l'òrgan més gran del qual disposem. És una estructura de vital importància, ja que estableix una separació entre l'organisme i el medi exterior i, simultàniament, és un element essencial en la funció vital de relació (Merino i Noriega, 2016).

Aquesta, actua com a barrera davant amenaces mecàniques, químiques i tòxiques, canvis de temperatura, incidència de radiacions UV i patògens. Addicionalment, el teixit cutani és indispensable per l'homeòstasi corporal, ja que impedeix la possible pèrdua transcutània d'aigua i manté l'equilibri tèrmic. Altrament, aquest transmet gran quantitat d'informació sensorial externa provinent de les terminacions i corpuscles nerviosos del tacte (Merino i Noriega, 2016).

Pel que fa a l'estructura de la pell, es distingeixen diferents capes, des de la més superficial fins a la més interior, amb distint origen embrionari: l'epidermis, la dermis i el teixit subcutani o hipodermis, tal com s'observa a la figura 8 de la pàgina 60 dels annexos. Aquesta última no serà tinguda en compte, ja que la radiació ultraviolada (UV), tal com s'especificarà posteriorment a l'apartat de la pàgina 10 "3. QUÈ ÉS LA RADIACIÓ UV?", penetra l'epidermis (UVA i UVB) i la dermis (UVA) (Merino i Noriega, 2016). A continuació es durà a terme una explicació de les característiques d'aquestes capes:

- **Epidermis:** és l'epiteli pla que cobreix tota la superfície del cos humà i, segons la zona corporal, aquesta comprèn entre els 0,1 mm i els 2 mm de gruix. És la capa de la pell constituïda per un major nombre de cèl·lules i amb una dinàmica de recanvi extremadament ràpida. Quant a l'estructura de l'epidermis, aquesta consta de cinc capes: la còrnia, la lúcida, la granulosa, l'espínosa i la basal. L'estrat lúcid només es presenta en zones amb epidermis gruixuda, com ara la planta dels peus (Merino i Noriega, 2016).

Les capes més profundes, la basal i l'espínosa, consten de cèl·lules vives que es divideixen de manera constant per mitosi. Les noves cèl·lules generades ocuparan la posició de les cèl·lules erosionades de les capes més superiors, el qual explica la ràpida dinàmica de recanvi que s'ha comentat anteriorment. És per això que aquests estrats reben el nom de capa germinativa (Merino i Noriega, 2016).

Pel que fa al conjunt dels tres estrats superiors, s'anomenen capa còrnia. Les cèl·lules d'aquesta produeixen principalment queratohialina, substància precursora de la queratina, la qual s'emmagatzema en grànuls al citoplasma. Específicament, les queratines són una família de proteïnes estructurals insolubles en aigua que presenten gran resistència davant canvis en el pH i altes temperatures. Aquestes desenvolupen una funció immunitària de vital importància en la superfície de la pell humana (Merino i Noriega, 2016).

Les cèl·lules que constitueixen l'epidermis són les següents:

- **Queratinòcits:** suposen el 80% de les cèl·lules epidèrmiques i produeixen queratina (Merino i Noriega, 2016).
- **Melanòcits:** suposen aproximadament el 10% de les cèl·lules epidèrmiques i s'encarreguen de la síntesi de melanina, pigment que proporciona color a la pell i ofereix protecció davant la radiació UVA (Merino i Noriega, 2016).
- **Cèl·lules de Langerhans:** provenen de la medul·la òssia i migren a la pell per desenvolupar una funció immunitària contra agents patògens (Merino i Noriega, 2016).
- **Cèl·lules de Merkel:** són cèl·lules sensorials i se situen a l'estrat basal. Estableixen contacte amb terminacions nervioses per transmetre informació sensorial del tacte (Merino i Noriega, 2016).
- **Dermis:** és l'estructura situada sota l'epidermis, amb un gruix màxim de 5 mm, que aporta resistència i elasticitat a la pell. Està formada principalment per teixit connectiu fibroelàstic, que conté una matriu extracel·lular, ric en fibres poc compactades de



col·lagen, elastina i reticulina. Aquesta constitució explica la seva essencial funció de proporcionar suport i aliment a l'epidermis (Merino i Noriega, 2016).

Pel que fa a l'estructura, la dermis consta de dues capes (Merino i Noriega, 2016), que des de l'exterior a l'interior són:

→ **Capa papilar (stratum papillare):** presenta projeccions inserides a l'epidermis, les quals s'anomenen papil·les dèrmiques. En aquestes es troben capil·lars del sistema circulatori, que són essencials en l'abastiment de nutrients per l'epidermis. Aquesta capa també presenta nombroses terminacions nervioses i vasos limfàtics (Merino i Noriega, 2016).

→ **La capa reticular (stratum reticulare):** és més gruixuda que la capa papil·lar i està formada per fibres col·làgenes que estableixen gruixuts entrelaçaments amb fibres elàstiques. A causa d'aquesta estructura, aquesta capa és elàstica i mostra una capacitat adaptativa a moviments i canvis de volum (Merino i Noriega, 2016).

La dermis està formada per escassos tipus de cèl·lules, que majoritàriament són fibroblasts. Aquests es diferencien en fibròcits, els quals s'entrellacen formant el teixit connectiu propi d'aquesta capa. Addicionalment, també es troben presents cèl·lules immunitàries, com ara macròfags, mastòcits, limfòcits, cèl·lules plasmàtiques, eosinòfils i monòcits (Merino i Noriega, 2016).

Els fibroblasts esmentats anteriorment sintetitzen i alliberen els precursors de col·lagen, elastina i proteoglicans necessaris per formar la matriu extracel·lular que envolta el teixit connectiu. Aquesta, consta majoritàriament de proteoglicans o mucopolisacàrids, que mostren una gran capacitat absorbidora d'aigua, el qual explica la constitució gelatinosa d'aquesta substància. Gràcies a aquesta estructura de la matriu extracel·lular, es mantenen units els elements cel·lulars del teixit connectiu i es fomenta la migració, cimentació i diferenciació cel·lulars (Merino i Noriega, 2016).

## 2. FOTOTIPS CUTANIS

Genèticament, les persones neixen amb una capacitat d'adaptació envers la llum solar definida. Més específicament, cada tipus de pell presenta un índex de protecció natural (IPN) definit, el qual correspon al temps de fotoprotecció sense la intervenció de cap producte cosmètic. Aquest conjunt de característiques que determinen si una pell és resistent a radiacions solars nocives pren el nom de fototip. Existeixen milions de pells diferents, però, de manera general, distingim entre sis tipus (escala de Fitzpatrick), de menor a major resistència (Ávila, 2015):

- **Fototip I:** es crema intensament, quasi no adquireix pigmentació i s'escata de forma evident. Els individus que presenten aquesta classe de pell acostumen a tenir-la molt clara, presenten ulls blaus i pigues i són pèl-roigs. Mostren una pell blanc-lletosa en no exposar-se al Sol (Ávila, 2015).
- **Fototipus II:** es crema fàcilment i intensament, pigmenta de manera molt lleugera i s'escama notòriament. En aquest cas, es tracta de persones amb pell clara, pèl ros, ulls blaus i pigues, amb una pell blanca quan no s'exposa a la llum solar (Ávila, 2015).
- **Fototip III:** es crema moderadament i pigmenta de forma correcta. Els fenotips caucàsics són les principals dominants d'aquest fototip, que quan no s'exposa al Sol és de pell clara (Ávila, 2015).
- **Fototip IV:** es crema moderadament o mínimament i pigmenta amb facilitat al cap de poc temps d'exposició al Sol. Es tracta d'individus amb pell bruna o lleugerament amarronada amb ulls obscurs, de característiques fenotípiques mediterrànies, mongòliques i orientals (Ávila, 2015).
- **Fototip V:** es crema de manera inusual i pigmenta intensament i amb facilitat immediatament amb l'exposició al Sol. Els fenotips amerindis, indostànics, aràbics i hispànics dominen aquest fototip, que consta d'una pell amarronada (Ávila, 2015).
- **Fototip VI:** no es crema mai i pigmenta molt intensament de manera immediata a l'exposició solar. Aquest fototip tracta d'individus de pell negra (Ávila, 2015).

Les pigmentacions i IPN dels diferents fototipus venen determinats per la producció de melanina dels melanòcits presents sobretot a l'epidermis. Per exemple, en pells amarronades abunden els grànuls d'eumelanina (llargs i obscurs), mentre que en pells blanques predomina la feomelanina, que consta de grànuls més petits i clars (Ávila, 2015).

**Table 4 Sunburn time in minutes for six types of skin without sun protection at various UVI levels.**

Type skin/UVI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	+11
I	133	67	44	33	27	22	19	17	15	13	12
II	167	83	56	42	33	28	24	21	19	17	15
III	200	100	67	50	40	33	29	25	22	20	18
IV	300	150	100	75	60	50	43	38	33	30	27
V	400	200	133	100	80	67	57	50	44	40	36
VI	667	333	222	167	133	111	95	83	74	67	61

Taula 1. Minuts de resistència a cremades dels sis fototipus en funció de la intensitat UV aplicada. Extret de Al-Timime, et al. (2023).

En la taula 1 es mostra l'IPN que correspon a cada fototipus segons la intensitat de radiació UV emesa. Es pot observar que el temps que suporta cada tipus de pell varia bastant i, influirà en la classe de protector solar que s'haurà d'aplicar per adquirir una bona protecció solar. Aquesta diferència en l'IPN dels fototipus ve provocada per la producció de melanina (eumelanina), que absorbeix gran part de la radiació UVA dispersada sobre la capa còrnia, oferint fotoprotecció a l'individu (Ávila, 2015; Villasmil et al., 2004).

### 3. QUÈ ÉS LA RADIACIÓ UV?

Per començar, per tal d'entendre correctament l'origen de la radiació ultraviolada, és necessari definir el què és la radiació electromagnètica. La radiació electromagnètica es coneix com aquells processos als quals s'emet energia en forma d'ones o partícules materials, les quals poden propagar-se a través d'un medi material o al buit. Aquestes ones consten d'un camp magnètic i elèctric disposats transversalment (Instituto de Magnetismo Aplicado UCM-ADIF, s.d.; Universitat de València, s.d.).

Les radiacions que constitueixen l'espectre electromagnètic es diferencien entre si principalment per la longitud d'ona, la freqüència i l'energia que presenten. La distància que comprèn l'ona en realitzar una oscil·lació completa és el que coneixem com a longitud d'ona. Per altra banda, la freqüència ve determinada pel nombre d'oscil·lacions que experimenta una ona electromagnètica en una unitat de temps [se sol mesurar en cicles per segon o Hertz

(Hz)]. Dit això, per lògica, se sap que una menor longitud d'ona donarà lloc a una freqüència més alta (Instituto de Magnetismo Aplicado UCM-ADIF, s.d.; Universitat de València, s.d.), tal com s'indica a la figura 1:

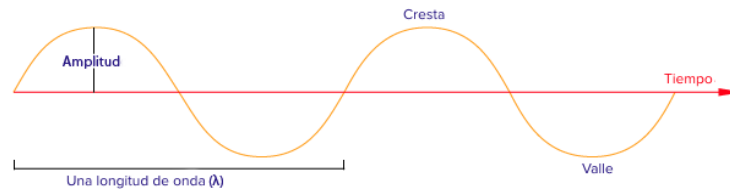


Figura 1. Característiques d'ona. Extret el 23 d'agost de 2023 de Khan Academy (s.d.).

A més, la radiació electromagnètica està dividida en diminuts paquets d'energia anomenats fotons, l'energia continguda dels quals és directament proporcional a la freqüència d'aquesta. Per resumir, una curta longitud d'ona, donarà lloc a una major freqüència i, per tant, els fotons de la radiació transportaran més energia (Instituto de Magnetismo Aplicado UCM-ADIF, s.d.; Universitat de València, s.d.).

Segons quina sigui la freqüència i l'energia de les radiacions electromagnètiques, aquestes es poden diferenciar entre "ionitzants" i "no ionitzants". Pel que fa a les ones ionitzants, són aquelles que mostren una freqüència enormement elevada (superant els  $10^{17}$  Hz) que atorga l'energia necessària per ionitzar àtoms i molècules (donar lloc a ions amb càrrega elèctrica positiva o negativa). En l'àmbit biològic, aquest procés es produeix mitjançant la ruptura dels enllaços atòmics que mantenen l'estructura de les molècules que conformen una cèl·lula, provocant alteracions aberrants en l'àcid desoxiribonucleic (ADN) o la mort cel·lular. Aquestes radiacions (raigs X i gamma) són extremadament perilloses, però són absorbides per l'atmosfera, de manera que no representen un perill biològic per la biosfera terrestre ni en possibles desenvolupaments de càncer de pell, exceptuant accidents radioactius provocats de manera artificial per l'acció humana (Instituto de Magnetismo Aplicado UCM-ADIF, s.d.; Universitat de València, s.d.). Per això, aquestes no es tenen en compte en aquesta recerca. A la figura 2 es poden observar els diferents components de l'espectre electromagnètic:

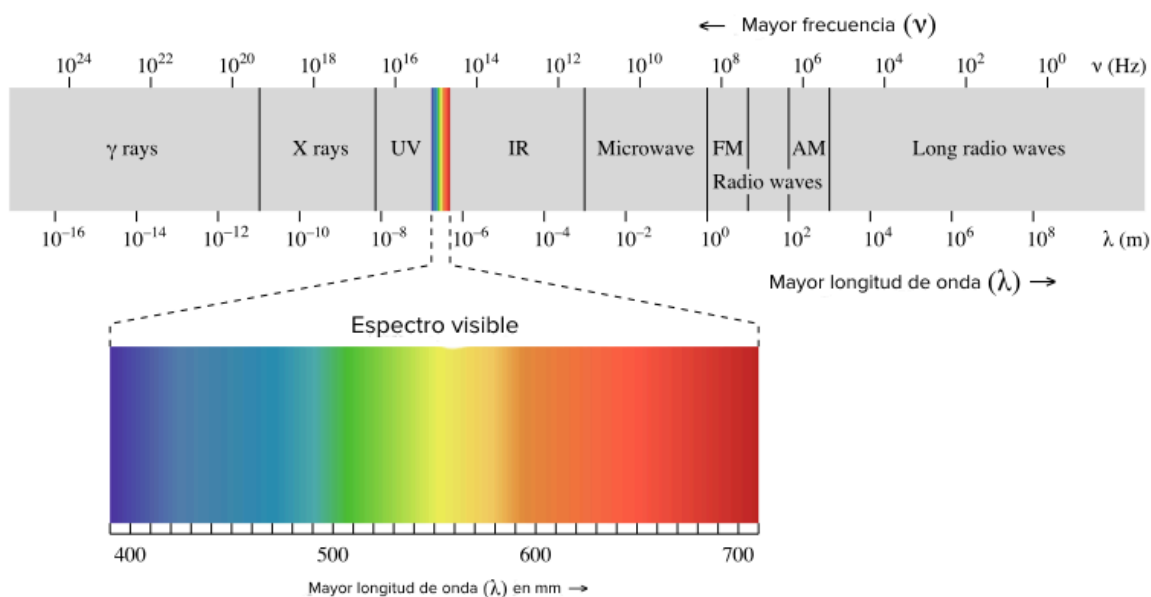


Figura 2. Espectre electromagnètic. Extret el 22 d'agost de 2023 de Khan Academy (s.d.).

Pel que fa a les ones no ionitzants, són aquelles de freqüència més baixa i, per tant, que no contenen l'energia necessària com per donar lloc a la ionització d'àtoms i molècules. Entre aquestes radiacions, trobem les ones de ràdio, les microones, la radiació infraroja i la llum visible, les quals no presenten cap perill significatiu en entrar en contacte amb la pell humana (Instituto de Magnetismo Aplicado UCM-ADIF, s.d.; Universitat de València, s.d.). Per aquest motiu, aquestes radiacions tampoc s'estudiaran en aquest treball.

Dit això, entre les ones no ionitzants, trobem un tipus de radiació, la qual comprèn entre els 100 nm i 400 nm de longitud d'ona, que és la porció de l'espectre electromagnètic més energètica capaç de travessar l'atmosfera i incidir a la Terra, la radiació ultraviolada (UV). D'aquesta manera, aquesta recerca se centrarà específicament en aquest tipus d'ona electromagnètica i els seus efectes, antropològicament parlant (González-Púmariega, 2009; Instituto de Magnetismo Aplicado UCM-ADIF, s.d.; Universitat de València, s.d.).

### 3.1. TIPUS DE RADIACIÓ UV I ELS SEUS EFECTES

Després d'haver realitzat una breu explicació de la radiació electromagnètica i l'origen de la llum UV, es passarà a descriure els diferents tipus que n'existeixen i els seus beneficis i perills. Segons la longitud d'ona es coneixen tres tipus diferents de radiació UV, la A (UVA), la B (UVB) i la C (UVC) (González-Púmariega, 2009; Lam-Vivanco, 2018).

La radiació UVC és la més energètica de les mencionades anteriorment. El fet de mostrar una menor longitud d'ona, d'entre 100 nm i 280 nm, és el causant d'aquest fenomen. Com s'ha esmentat a l'apartat anterior, una menor longitud d'ona implica una major freqüència i, per tant, una energia més elevada. D'aquesta manera, aquest tipus d'ona UV, en ser més potent, suposaria un perill més elevat per la biosfera del planeta i en el desenvolupament de càncer de pell (González-Púmariega, 2009; Instituto de Magnetismo Aplicado UCM-ADIF, s.d.; Universitat de València, s.d.).

Tot i això, afortunadament, les radiacions UVC, com també els raigs X i Gamma mencionats anteriorment, són totalment retingudes per part de la capa d'ozó present a l'atmosfera. Addicionalment, aquestes no es troben incloses a la llum solar, per tant, no suposen una amenaça significativa per la humanitat. Aquestes ones UVC només són emeses de forma artificial al nostre planeta per acció de làmpades germicides o de mercuri (González-Púmariega, 2009; Lam-Vivanco, 2018). Per tant, a causa de la poca presència i de la quasi inexistent amenaça que suposa, aquesta radiació, no serà tinguda en compte al llarg d'aquesta recerca.

Dit això, s'han descartat del rang d'investigació totes les porcions de l'espectre electromagnètic que no presenten un perill biològic rellevant. L'espectre restant consta de la radiació UVA i UVB, les característiques i efectes de les quals seran descrits a continuació:

- **Radiació UVA:** entre els 320 nm i 400 nm de longitud d'ona electromagnètica, es troben les radiacions UV menys energètiques, les UVA. Aquestes, representen el 5,1% de la llum solar i, més específicament, el 95% de la radiació UV que rep la Terra (González-Púmariega, 2009).

Les ones UVA són capaces de penetrar l'epidermis i la capa més profunda de la pell, la dermis (a diferència de la radiació UVB). Aquesta, en incidir en la dermis, provoca la destrucció de fibres elàstiques i col·làgenes. D'aquesta manera, l'exposició en excés a aquestes radiacions, provoca diversos efectes negatius en la pell humana. Envelliment dermatològic prematur, immunosupressió, desenvolupament de reaccions fotoal·lèrgiques i reaccions fototòxiques davant certes medicacions, entre d'altres, són

algunes de les possibles conseqüències nocives (González-Púmariega, 2009; Lam-Vivanco, 2018).

- **Radiació UVB:** es troba entre els 280 nm i 320 nm de longitud d'ona, la qual és lleugerament menor a la de les ones UVA. Aquest fenomen explica que aquestes alberguin un potencial energètic superior a la radiació UVA. La radiació UVB constitueix un 0,3% de la llum solar i, únicament, el 5% de les ones UV que rep el nostre planeta. Però, tot i representar una porció tan ínfima, aquesta és la responsable de la majoria de danys biològics provocats per la llum solar (González-Púmariega, 2009; Lam-Vivanco, 2018).

En el cas de la radiació UVB, només és capaç de penetrar la capa més externa de la pell, l'epidermis. Addicionalment, aquesta és coneguda com la "radiació de cremades". Les ones UVB penetren l'epidermis, causant danys genètics en les cèl·lules d'aquesta capa de la pell. D'aquesta manera, l'alliberament de proteïnes antioxidants, com la queratina, es pot veure inhibit en cas d'una exposició prolongada. A més, altres efectes adversos que es poden produir són el fotoenvelliment prematur, l'estimulació de la generació d'ADN, canvis en lípids cel·lulars com l'àcid urònic (passa de trans- a cis-), i la detenció del cicle cel·lular, entre d'altres (González-Púmariega, 2009; Lam-Vivanco, 2018).

Tant actuant per separat com de manera sinèrgica, les ones UVA i UVB provoquen la generació de radicals lliures que danyen l'ADN cel·lular. És a dir, que incidint en la pell de manera cooperativa o individual podrien donar lloc al desenvolupament de càncer de pell. Addicionalment, aquestes juguen un paper rellevant en el desenvolupament d'altres malalties fotosensibles com el fotoenvelliment, la fotocarcinogènesi o l'eritema. Tot i això, la radiació UVB té mil vegades més poder cremador i genotòxic que la UVA, sent més responsable de les neoplàsies cutànies (Lam-Vivanco, 2018; Malvey et al., 2015).

## **4. RADIACIÓ UV I DESENVOLUPAMENT DE NEOPLÀSIES CUTÀNIES**

Després d'haver explicat de manera breu els efectes de les radiacions UVA i UVB sobre la pell humana, s'entrarà en detall en la influència d'aquestes en el càncer de pell. Més

específicament, es descriuran les conseqüències genètiques de la incidència cutània d'aquesta porció de l'espectre electromagnètic.

Per començar, l'exposició a les radiacions UV mencionades anteriorment provoca la producció de radicals lliures. Aquests, són responsables de danyar l'ADN de les cèl·lules, donant lloc a mutacions genètiques. Més detalladament, la radiació UV penetra en la cèl·lula en forma de fotons, alterant directament la unió dels nucleòtids d'una mateixa cadena i provocant la unió d'aquests per mitjà d'enllaços covalents. Aquestes unions són difícils de trencar i donen lloc al que coneixem com a dímers de pirimidina (Lam-Vivanco, 2018). És comú que aquestes es formin a partir d'espècies reactives d'oxigen (ROS), generades per la incidència de radiació UV. Aquestes, són radicals lliures causants de l'estrès oxidant i de danys cel·lulars que poden donar lloc a dímers de pirimidina (Outón, 2019).

Algunes cèl·lules, gràcies a l'enzim fotoliasa, són capaces de trencar aquests enllaços covalents, permetent la reparació d'ADN per escissió de nucleòtids i, per tant, la correcció òptima d'aquest desordre genètic. Tot i això, les cèl·lules que no disposen d'aquesta proteïna o la sintetitzen de manera defectuosa a causa de mutacions genètiques, no són capaces de contrarestar aquesta situació. D'aquesta manera, el material genètic d'aquestes quedarà modificat aleatòriament (Lam-Vivanco, 2018). A la figura 9 dels annexos (pàgina 60) es mostra el procediment de reparació genètica per l'enzim fotoliasa.

La integració de dímers de pirimidina en el material genètic constitueix l'efecte més nociu provocat per les ones UV al genoma. La presència d'aquests ocasiona mutacions que, en cas de produir-se en posicions crítiques del codi genètic, poden pertorbar els mecanismes de proliferació cel·lular i de reparació d'ADN. Més específicament, aquests dímers provoquen la torsió rígida de la cadena d'ADN, el qual origina dificultats en la seva replicació. Això succeeix ja que l'ADN polimerasa, proteïna enzimàtica responsable de la duplicació del material genètic, experimenta problemes en la lectura del dímer perquè aquest no s'ajusta correctament al lloc actiu (Lam-Vivanco, 2018).

Els dos tipus de dímer més rellevants són els TT (Timina-Timina) i els CC (Citosina-Citosina). Els primers no presenten gran problemàtica, ja que normalment són aparellats de manera correcta amb adenina per l'ADN polimerasa. Per altra banda, les citosines dels CC, solen ser aparellades amb adenines en comptes de guanines, donant lloc a



una replicació defectuosa i, per tant, originant-se modificacions genètiques. A mesura que es completen cicles cel·lulars d'aquestes cèl·lules mutades, es van sumant més alteracions genètiques, augmentant la probabilitat que aquestes afectin gens clau en la prevenció de tumors (Lam-Vivanco, 2018).

Generalment, tots els tipus de càncer estan relacionats amb el mal funcionament d'unes proteïnes anomenades quinases, de les quals hi ha diferents tipus que, en sintonia, regulen els processos interns de la cèl·lula. Un desordre en aquestes, en el cas del càncer de pell, pot ser provocat per la producció de dímers de pirimidina a causa d'una exposició prolongada a radiacions UV, entre d'altres. En cas que aquests dímers se situïn en porcions del material genètic (gens) que codifiquin per quinases, com ara gens MAP, CDK o NTRK, processos cel·lulars com la proliferació, la diferenciació i el desenvolupament, poden ser defectuosos (Lam-Vivanco, 2018; The Human Protein Atlas, 2023).

En cas que succeeixin alteracions genètiques, es produeix l'activació de gens que donen lloc a la mort cel·lular programada, evitant la reproducció d'aquesta i, per tant, la proliferació d'aquestes mutacions. Però, si les mutacions genètiques se situen en gens codificadors de fotoliasa (phr-1), gens involucrats en la mort cel·lular programada (ATR o p53) o quinases (responsables de la replicació de l'ADN com POT1, entre d'altres), les mutacions proliferaran. D'aquesta manera, augmentarà l'aparició de mutacions noves, ja que no es podran reparar els dímers presents al material genètic i la replicació serà defectuosa, i les cèl·lules amb defectes genètics no moriran (Guadalupe, 2013; Lam-Vivanco, 2018).

Més específicament, els protooncogens, que són els gens que, en condicions normals, s'encarreguen de regular el cicle cel·lular i altres funcions interiors de la cèl·lula, com la reparació d'ADN, es veuran alterats. Quan això passa, la seva funció no es podrà complir de manera correcta i passaran a anomenar-se oncogens. D'aquesta manera, en no poder-se regular el cicle cel·lular, es produirà un descontrol en la divisió, permetent una proliferació massiva de cèl·lules canceroses i, per tant, la formació d'una neoplàsia, és a dir, d'un tumor cancerós (Lam-Vivanco, 2018; National Human Genome Research Institute, 2023).

Per exemple, és bastant comú que es desenvolupi un càncer amb diferents variants d'oncogen del gen supressor de tumors p53, com ara N-ras. Aquest, en condicions normals contribueix a la reparació de l'ADN danyat i a la mort cel·lular programada. Tot i això, en estat d'oncogen,

aquest inhabilita el gen ATR, principal encarregat de la mort cel·lular programada i, per tant, permet el creixement i proliferació descontrolada de les cèl·lules mutades, les quals acumularan encara més alteracions genètiques. Òbviament, el desenvolupament del càncer de pell no s'atribueix només a la mutació del gen p53, sinó que els oncogens del gen RAS o ATR, entre d'altres, també hi contribueixen (Lam-Vivanco, 2018; National Human Genome Research Institute, 2023).

D'aquesta manera, l'exposició prolongada a radiació UV provoca un impacte a escala genètica, capaç de desencadenar mutacions que donin lloc a masses de cèl·lules disfuncionals i en creixement descontrolat, és a dir, un tumor cancerós maligne (Lam-Vivanco, 2018). En cas que aquestes neoplàsies proliferin i migrin a altres teixits corporals (prèviament sans) a través del sistema limfàtic o circulatori, entre d'altres, se'n diu que està en estat de metastasi, és a dir, una etapa molt avançada i de greu perill mortal (Telich et al., 2017).

## **5. CÀNCER DE PELL**

Després d'haver especificat el procés pel qual la incidència en excés de radiació UV pot generar tumors cancerosos, s'entrarà més en detall en la malaltia. A continuació, es realitzarà una explicació sobre els tipus de càncer de pell que existeixen, els seus símptomes visibles i els tractaments disponibles, entre d'altres.

El càncer de pell es divideix en dos grups principals segons si afecten els melanòcits o altres tipus de cèl·lules, s'anomenen "melanoma" i "no-melanoma", respectivament (Telich et al., 2017; Malvey et al., 2015).

### **5.1. NO-MELANOMA**

En aquest grup trobem principalment el carcinoma basocel·lular (CBC) i el carcinoma espinocel·lular (CEC), els tumors malignes més comuns mundialment parlant. Específicament, el primer d'ells és causant del 80% dels casos de tumors malignes mundials (Telich et al., 2017).

Ambdues neoplàsies comparteixen una sèrie de factors de risc que influeixen en el seu possible desenvolupament. Entre aquests factors de risc es troba l'exposició a radiació UV,

disposar dels fototips I o II, l'edat avançada, l'exposició crònica a arsènic o radiació d'alt contingut energètic, la immunosupressió o les alteracions genètiques en gens com p53 (Telich et al., 2017).

Pel que fa a l'etiologia del càncer de pell no-melanoma, aquesta és multifactorial. El principal agent etiològic és la incidència de radiació UVB, la qual indueix mutacions genètiques en gens com ara Ptc o Smo, que potencien la via Hedgehog, donant lloc a una replicació massiva de cèl·lules pluripotencials de l'epidermis. Addicionalment, l'alteració d'altres gens com ara RAS o el gen supressor de tumors p53 contribueixen també en el desenvolupament de tumors d'aquest tipus (Telich et al., 2017; Malvey et al., 2015).

Per últim, pel que fa al diagnòstic, aquestes neoplàsies se solen detectar mitjançant dermatoscòpies, les quals condueixen a la realització de biòpsies de manera posterior (Malvey et al., 2015).

- **Carcinoma basocel·lular (CBC):** es tracta d'una neoplàsia amb baix potencial metastàtic i de proliferació lenta. Tot i això, resulta ser localment invasiva i destructiva. Deriva de les cèl·lules basals de l'epidermis (cèl·lules de Merkel) i afecta en un 70% a la regió del cap i del coll, en un 15% al tronc i, en un altre 15% a la resta del cos. En el cas de les mans i els genitals, es presenta de manera molt esporàdica (Telich et al., 2017).

existeixen diferents tipus de carcinoma, però el més comú és el nodular. Aquest constitueix el 60% dels casos de CBC i es presenta, normalment, com a una lesió solitària, rosada, perlada i amb vores definides. En cas que s'ulceri, es considera com a nóduloulceratiu (Telich et al., 2017). En aquests casos, el tumor adopta un aspecte similar al que s'observa a la figura 10 de la pàgina 61 dels annexos.

Pel que fa al tractament d'aquesta neoplàsia, se'n poden aplicar de diferents tipus en funció de la variant clínica, la localització i la mida d'aquesta. El tractament més utilitzat és l'escissió per cirurgia convencional (emprada en casos prematurs), però també s'apliquen cirurgies de Mohs (utilitzada en casos de major mida), radioteràpies, teràpies fotodinàmiques, etc. En general, el pronòstic de les persones que pateixen CBC és excel·lent, però s'han d'examinar i tractar a temps, ja que si es tracten

tardanament, poden presentar gran morbiditat a causa de la destrucció local de teixits (Telich et al., 2017; Malveyh et al., 2015).

- **Carcinoma espinocel·lular (CEC):** és la segona neoplàsia de pell més comuna i comprèn el 20% dels casos. Tot i això, presenta una mortalitat més alta que el CBC. Deriva de la proliferació dels queratinòcits de la capa espinal de l'epidermis i els seus annexos. Addicionalment, té capacitat de produir metàstasi a ganglis regionals o altres òrgans i mostra un creixement ràpid (Telich et al., 2017).

Clínicament parlant, el CEC sol desenvolupar-se a la cara, les mans i els avantbraços i es caracteritza per una placa rosa, normalment escamosa i sovint ulcerada. En cas que s'ulceri, la neoplàsia adquirirà un creixement més ràpid i agressiu, amb una major capacitat de metastatitzar a ganglis limfàtics (Telich et al., 2017). A la figura 11 de la pàgina 61 dels annexos es mostra un exemple de CEC ulceratiu.

El CEC es pot tractar de diferents formes segons el risc de recurrència locoregional i l'estat de metàstasi o no d'aquest. Els tractaments més utilitzats per combatre aquesta neoplàsia són la resecció quirúrgica convencional (emprada en casos primerencs), la cirurgia de Mohs (per casos de major mida), radioteràpia, etc (Telich et al., 2017; Malveyh et al., 2015).

## 5.2. MELANOMA

El melanoma és la neoplàsia maligna amb major augment en incidència a escala mundial, amb un increment d'un 2% anual. Tot i constituir el 3% dels càncers de pell, aquest és responsable del 75% de les morts provocades per aquests, per tant, té una taxa de mortalitat extremadament elevada. Aquesta letalitat ve provocada pel fet que se sol diagnosticar en fases més avançades i no respon de manera correcta a tractaments sistèmics (Telich et al., 2017).

Es tracta d'una neoplàsia que deriva dels melanòcits presents a la capa dermoepidèrmica (tant a la dermis com a l'epidermis) i conté una gran varietat de factors de risc. Entre aquests trobem una edat major a 50 anys, antecedents familiars de melanoma o malalties associades a mutacions genètiques dels gens p16, BRAF o MC1R. Tot i això, l'exposició a radiació UV és

el contribuent més gran a causa de l'efecte nociu que causen en la síntesi i reparació de l'ADN (tal com s'ha especificat a l'apartat 4). Sobretot afecta individus de pell clara, amb fototips I, II, o fins i tot III (Telich et al., 2017; Malvey et al., 2015).

El melanoma pot sorgir de lesions precursors d'entre les quals trobem nevus (proliferació de melanòcits, coneguda comunament com a piga) benignes (nevus de Spitz), atípics, gegants, etc. Addicionalment, hi ha diferents tipus de melanoma, que són els següents (Telich et al., 2017):

- **Disseminat superficial:** representa el 70% dels casos, sent el més comú. Es desenvolupa a partir de nevus preexistents i afecta sobretot la zona del tronc en homes i les cames en dones. Pot tardar entre sis mesos i sis anys en començar a créixer de manera vertical (cap a l'interior de la pell) (Telich et al., 2017).
- **Nodular:** constitueix entre el 15% i el 30% dels casos i és agressiu, mostrant únicament un creixement vertical. Afecta principalment homes (Telich et al., 2017).
- **Lentigen maligne:** tracta del 10% dels casos i és el menys agressiu. Mostra creixement radial i deriva de la lesió precursora anomenada taca d'Hutchinson, la qual també mostra un creixement radial. Pot desembocar en un creixement vertical i, quan ho fa, passa a ser veritablement un melanoma (Telich et al., 2017).
- **Lentiginós acral:** freqüentment, són plans, de tres centímetres i amb vores irregulars (Telich et al., 2017).
- **Amel·lànic:** és una variant de qualsevol dels altres tipus i, en no presentar cap pigmentació (a diferència dels anteriors), se sol detectar en etapes de creixement vertical (Telich et al., 2017).

Addicionalment, també existeix una classificació per determinar el grau de desenvolupament del melanoma segons la seva verticalitat o profunditat. Es classifiquen en tipus I (epidermis), II (dermis papil·lar), III (unió dermis papil·lar i reticular), IV (dermis reticular) i V (teixit subcutani). Quan la neoplàsia arriba a la fase IV, la metastasi és imminent i l'esperança de vida és d'uns 10 mesos a causa de la falta de tractaments disponibles per controlar la malaltia.

A més, igual que les neoplàsies no-melanoma, es diagnostica principalment per dermatoscòpies i, posteriorment, per la realització de biòpsies (Telich et al., 2017; Malvey et al., 2015).

El fet de conèixer el grau de creixement del melanoma és essencial per poder prendre una decisió correcta pel que fa al tractament que se seguirà. N' existeixen diferents opcions, com ara reseccions quirúrgiques, escissions o disseccions de ganglis limfàtics per evitar metastasi (en cas que una biòpsia de ganglis sigui positiva). En casos més avançats (etapa IV) s'aplica farmacologia i s'està estudiant l'ús d'anticossos monoclonals, vacunes i citocines (Telich et al., 2017; Malvey et al., 2015).

## **6. ACCIÓ DE LES CREMES SOLARS COM A MESURA PREVENTIVA**

Després de conèixer els diferents tipus de neoplàsies de la pell i l'efecte de les radiacions UV en el desenvolupament d'aquestes, es parlarà sobre la seva prevenció. Les mesures preventives com la roba o la regulació del temps d'exposició solars són considerablement efectives. Tot i això, és conegut per tothom que el principal agent filtrador de radiació UV per la pell són els protectors solars (Outón, 2019).

D'aquesta manera, es procedirà a explicar l'acció d'aquests sobre les ones UVA i UVB presents a la llum solar i la seva composició i ingredients comuns. Addicionalment, es mencionarà la seva contribució teòrica en la prevenció del càncer de pell.

### **6.1. PROTECTORS SOLARS I COMPOSICIÓ**

En primer lloc, els protectors solars es defineixen com a qualsevol producte cosmètic que conté filtres UV en la seva formulació, amb l'objectiu de protegir la pell de la llum UV perjudicial provinent del Sol i, per tant, minimitzant els danys que pot causar aquesta sobre la salut humana (Outón, 2019).

D'aquesta manera, els components principals dels protectors solars són els filtres UV. Tècnicament, es considera filtre UV tota aquella substància amb un rang d'absorció de llum

de radiació UVB (280-320 nm) i UVA (320-400 nm), però sense absorció en l'espectre visible (400-780 nm) (Outón, 2019).

Es distingeixen una gran varietat d'ingredients constitutius de les cremes solars. En primer lloc, aquestes contenen filtres UV orgànics amb capacitat absorbidora de radiació UV. D'entre aquests filtres orgànics n'hi ha que absorbeixen ones UVA, com les molècules que pertanyen a la família dels antranilats, dels dibenzoilmetans i de les benzofenones (el més utilitzat als protectors comprats per aquesta recerca és el butil metoxidibenzoilmetà o avobenzona). Per altra banda, trobem els que absorbeixen radiació UVB, els quals solen pertànyer a la família dels salicilats, cinamats, para-aminobenzoats, benzotriazols, benzomidazols derivats de la triazina, camfor, etc. D'aquests, els més comuns entre els protectors adquirits per realitzar la recerca són salicilats d'etilhexil, bemotricinols, bisoctrizols i l'etilhexil triazona, entre d'altres. Per últim, també hi ha filtres UVA i UVB de manera simultània. El "Mexoryl XL" n'és un exemple (Jiménez i Ramírez, 2022; Malveyh et al., 2015; Outón, 2019).

També s'hi afegeixen compostos inorgànics que, principalment, reflecteixen i dispersen les ones UV de la llum solar, encara que també les poden absorbir en certa manera. Actualment, aquests compostos estan constituïts per nanopartícules de diòxid de titani ( $\text{TiO}_2$ ), òxid de zinc ( $\text{ZnO}$ ), òxids de ferro, talc, etc. Aquests solen venir recoberts per sílice o alumina per evitar la formació de ROS en entrar en contacte amb l'aigua. Tots els productes adquirits per l'experimentació presenten nanopartícules que actuen com a filtres UV físics (Jiménez i Ramírez, 2022; Malveyh et al., 2015; Outón, 2019).

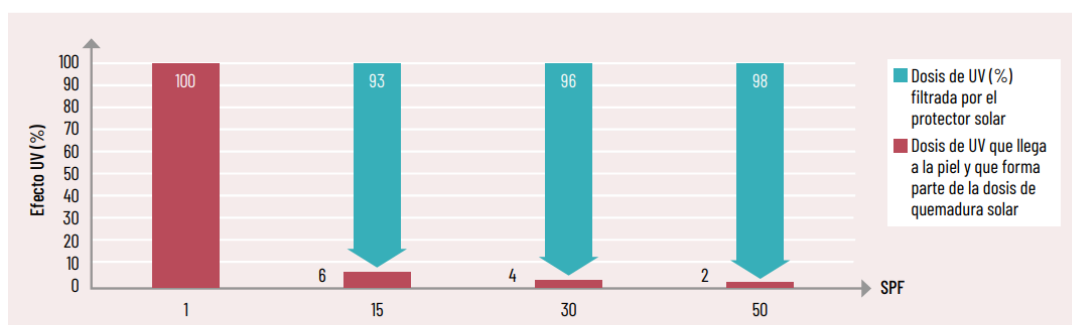
A banda de filtres UV, els protectors solars contenen altres substàncies cosmètiques, com ara agents adherents, hidratants, antioxidants, antial·lèrgics, excipients, conservants, colorants, coagulants, aromàtics, etc. És per això que la composició d'aquests productes és considerablement complexa (Jiménez i Ramírez, 2022; Outón, 2019).

## 6.2. CLASSIFICACIÓ DELS PROTECTORS SOLARS

Els cosmètics de protecció solar es classifiquen comercialment d'acord amb el Factor de Protecció Solar (FPS) o *Solar Protection Factor* (SPF) que presenten. Aquesta magnitud

determina la quantitat de temps que una persona pot exposar-se al Sol sense cremar-se (en aplicar-se el producte) i el percentatge de la radiació UV que absorbeix el protector. Més específicament, el FPS d'un producte indica que l'IPN d'una persona (predeterminat pel fototipus i la intensitat UV de l'ambient) es veu multiplicat pel número especificat. És a dir, imaginem que l'IPN d'una persona de fototipus I a una intensitat 6 UV és de 22 minuts. En cas d'aplicar un protector de FPS 30, si realitzem el càlcul, aquesta persona estaria protegida durant 660 minuts (Malveyh et al., 2015; Merino, 2023; Villasmil et al., 2004).

Tot i això, aquesta fotoprotecció teòrica no és sempre constant. Factors com ara la fricció amb la roba, la suor, banyar-se o eixugar-se, donen lloc a una efectivitat encara menor. No obstant això, si s'aplica la quantitat de producte recomanada pels professionals (2 mg/cm<sup>2</sup>) uns 30 minuts abans de l'exposició a la llum solar i es torna a aplicar el producte en cas de banys, transpiracions o contactes amb roba, s'assolirà la protecció teòrica comentada anteriorment (Merino, 2023).



Gràfic 1. Percentatge d'absorció teòric dels FPS 15, 30 i 50. Extret de Merino (2023)

A la figura superior (gràfic 1) es mostra el percentatge de filtració teòric dels FPS més comuns entre els fotoprotectors del mercat. Cal remarcar que aquestes dades expressen la protecció dels productes en situacions idíl·liques en les quals no hi ha fregaments amb roba, suors, banys, etc. A més, els percentatges són aproximats. Per tal d'obtenir una major efectivitat i poder mantenir-la al llarg d'unes hores, és necessari prendre les mesures mencionades anteriorment (Merino, 2023).

Cadascun dels fototips de l'escala Fitzpatrick es correspon amb un FPS determinat. A causa de les diferències en la resistència d'aquests davant l'exposició a radiació UV, és important saber quin fotoprotector aplicar. Lògicament, els fototips més clars i dèbils (I, II, i III)



necessitaran un producte amb un FPS més elevat. A la taula 22 de la pàgina 61 dels annexos es presenten els FPS recomanats per cada tipus de pell (Merino, 2023).

Per últim, cal destacar que el FPS indicat a l'envàs del producte indica la protecció contra la radiació UVB, principalment. La filtració UVA correspondria a un terç del FPS del producte. És a dir, un fotoprotector de 50 FPS, presenta un factor de protecció UVA de 15 FPS, aproximadament. D'aquesta manera, el protector presentarà un filtratge del 98% per la radiació UVB i una del 93% per la UVA, de manera aproximada. En el cas d'un fotoprotector de 30 FPS, el factor de protecció UVA seria de 10 FPS, el qual correspondria a un percentatge de filtració del 90% aproximadament (Merino, 2023).

### **6.3. PROTECTORS SOLARS I PREVENCIÓ DEL CÀNCER DE PELL**

En molts casos, els protectors solars presenten antioxidants que acaben amb els radicals lliures, i en concret, amb les ROS, produïdes per la incidència de llum UV, i també contenen substàncies que estimulen la reparació d'ADN. Addicionalment, aquests productes són capaços de filtrar un percentatge extremadament elevat de la radiació UV a la qual s'exposa la pell (en cas que s'apliqui correctament i constantment) (Merino, 2023; Outón, 2019).

D'aquesta manera, es redueix dràsticament la probabilitat de desenvolupar un càncer de pell per la mutació d'oncogens. Tot i això, tal com s'ha mostrat anteriorment, els protectors solars no ofereixen un filtratge del 100% de la radiació UV, que és nociva per la pell i la principal responsable de les neoplàsies cutànies. Altrament, en cas que no s'estengui bé el producte o es produeixi qualsevol classe de fricció que redueixi l'efecte fotoprotector d'aquest, l'eficàcia i l'eficiència d'aquest patiran una davallada (Lam-Vivanco, 2018; Malvey et al., 2015; Merino, 2023).

És per això que les probabilitats de desenvolupament de càncer de pell no es veuen totalment suprimides amb l'aplicació de protectors solars. En conseqüència, s'aconsella prendre altres mesures com ara regular el temps d'exposició solar, buscar zones d'ombra o utilitzar roba de manera simultània a l'ús de productes fotoprotectors. D'aquesta manera s'assolirà una prevenció més efectiva (Villasmil, et al., 2004; Merino, 2023).

## PROCÉS I RESULTATS

En aquesta secció s'indiquen els materials, mètodes i resultats de l'experimentació del treball.

### 1. MATERIAL

Els aparells electrònics emprats en aquesta experimentació han sigut els següents:

- Sensors UVA i UVB
- Làmpades UVA i UVB
- Interfície Vernier LabQuest Mini amb cable USB incorporat
- Ordinador o portàtil amb entrada USB

Ja que no és comú trobar sensors i làmpades UV al dia a dia, com també una interfície com la que s'ha utilitzat, es proveiran fotografies dels materials. A les figures 12, 13, 14, 15 i 16 dels annexos (pàgina 62 i 63) es poden veure aquests aparells de vital importància per aquesta experimentació.

El sensor UVA capta radiacions de 320 nm a 390 nm i el sensor UVB detecta ones de 290 nm a 320 nm, aproximadament. A més les làmpades UVA i UVB emeten un espectre que correspon amb la capacitat dels detectors (Vernier, 2023)

Per altra banda, els materials no electrònics que s'han utilitzat a l'experimentació són els següents:

- |  |                  |                          |
|--|------------------|--------------------------|
| - Suport amb dues<br>pinces de<br>laboratori | - Paper de cuina | - Bàscula de<br>precisió |
| - 28 pinces de roba                          | - Regle          | - Vidre de rellotge      |
| - Cartó                                      | - Cinta adhesiva | - Espàtula               |
| - Paper film                                 | - Compàs         | - Llibreta i bolígraf    |
|  | - Tisores        |                          |
|  | - Cúter          |                          |

Per últim, s'han obtingut una sèrie de protectors solars per dur a terme l'experimentació. Més específicament, s'han comprat cinc cremes amb factor de protecció solar (FPS) 50 i uns altres cinc fotoprotectors de les mateixes marques amb factor de protecció solar (FPS) 30. També,

s'han escollit dues cremes de marca blanca (Bonpreu i Deliplus) per tal de disposar d'una major diversitat de productes.

Cal destacar que, ja que en aquest cas les cremes de 50 FPS van ser comprades i sotmeses a prova abans que les de 30 FPS, es va experimentar amb la crema Rilastil de 50 FPS abans de saber que no hi havia una crema d'aquesta marca amb factor de protecció solar 30 al mercat. Per això, es va buscar un protector alternatiu amb un format i preu similar per tal de minimitzar les limitacions de l'experiment. A la figura 3 es mostren les cremes utilitzades, que són:

- Protector Delial 30 i 50 FPS
- Protector Deliplus 30 i 50 FPS
- Protector Bonpreu 30 i 50 FPS
- Protector Rilastil 50 FPS
- Protector Hawaiian Tropic 30 FPS
- Protector Nivea 30 i 50 FPS



Figura 3. Protectors solars utilitzats a l'experiment. Elaboració pròpia.

## 2. MÈTODES

Abans de començar a dur a terme el procés experimental, és essencial assegurar-se de tenir a disposició tot el material necessari i que el lloc on s'experimenti contingui endolls que facilitin l'accés al corrent elèctric. Un cop s'hagi revisat que es disposa de tots els productes i aparells que requereix aquest procediment, es pot començar a posar-ho en pràctica.

Donat l'objectiu de comparar el filtratge UVA i UVB de les diferents cremes solars del mercat i comprovar la seva eficiència i eficàcia, s'ha realitzat un muntatge que permeti mesurar la quantitat de radiació UVA i UVB que travessa les diferents cremes solars que se sotmetin a prova. Per això, s'ha construït una estructura en forma de caps a la qual s'han col·locat els sensors UVA i UVB per tal d'aïllar-los de la radiació exterior, s'ha fet un forat a

la part superior de la capsula per on s'ha emès radiació des d'unes làmpades UVA i UVB, i s'ha col·locat un filtre de crema solar en aquest mateix forat. La radiació no dissipada per aquest ha sigut detectada i mesurada pels sensors i amb l'objectiu de determinar la capacitat de filtratge de cada crema.

## 2.1. CONSTRUCCIÓ DEL MUNTATGE

L'estructura necessària per dur a terme el procés experimental descrit s'ha realitzat de la següent manera:

1. En primer lloc, amb l'ajuda d'un regle i un llapis o bolígraf, s'han realitzat quatre rectangles de 20 cm d'amplada i 23 cm d'alçada sobre una peça de cartó. A més, s'ha dibuixat un quadrat de 20 cm d'amplada i 20 cm de llargada amb un quadrat al centre de 8 cm d'amplada i 8 cm de llargada. Posteriorment, s'han retallat les peces dibuixades amb l'ajuda d'un cúter, de manera que han quedat quatre rectangles i un quadrat foradat pel centre.

Un cop tallades les figures, amb l'ajuda de cinta adhesiva, s'han unit els quatre rectangles formant un tub, i s'ha enganxat el quadrat a un dels extrems d'aquest actuant com una tapa. Aquesta estructura no ha de quedar estrictament rígida, ja que la seva funció és, únicament, aïllar els sensors de la radiació ambiental. No cal que les mesures de la capsula siguin exactament iguals a les indicades superiorment. En aquest cas, ha quedat tal com es mostra a la figura 4:



Figura 4. Capsa. Elaboració pròpia.

2. Un cop s'ha construït aquesta estructura de capsula, s'han dibuixat sis quadrats a una altra peça de cartó amb l'ajuda de la regla i un llapis o bolígraf. Seguidament,

utilitzant el compàs, s'ha realitzat un cercle de 4 cm de radi al centre de cada quadrat. Posteriorment, s'han retallat les peces dibuixades amb l'ajuda d'un cúter, de manera que han quedat sis peces idèntiques, la funció de les quals és actuar com a motlle per al "filtre" de crema solar necessari per dur a terme l'experiment.

És de vital importància que aquestes peces quedin quasi idèntiques per tal que deixin passar la mateixa quantitat de radiació a través del seu forat i que, per tant, la fiabilitat i la rigorositat de l'experiment siguin més elevades. A la figura 5 es mostra com han quedat els set motlles:



Figura 5. Motlles. Elaboració pròpia.

- Després d'enllestir els set motlles, amb l'ajuda d'unes tisores, s'han retallat sis trossos de paper film prou grans per a tapar el forat de 8 cm de diàmetre d'aquests. S'han emprat quatre pinces per fixar cada tros a cada motlle de tal forma que el paper film ha quedat disposat de manera tensa perquè l'experiment sigui més fiable. S'han utilitzat pinces per realitzar els set filtres, ja que d'aquesta manera s'ha pogut canviar el paper film reutilitzant els motlles de manera fàcil.

Aquestes peces han sigut col·locades sobre la tapa de la capsa creada anteriorment i, com ja s'ha especificat, funcionen com a filtre de la radiació emesa per les làmpades UVA i UVB. D'aquesta manera, és essencial que en el moment de l'experimentació totes es col·loquin en la mateixa posició i amb la mateixa orientació, per tal que estiguin exposades a la mateixa quantitat de radiació i que els resultats no es vegin afectats i no perdin fiabilitat. Per això, s'han dibuixat unes marques amb l'ajuda d'un llapis sobre la capsa per disposar tots els filtres d'igual manera.

A la figura 7 es mostra com han quedat els set filtres, dels quals, un s'ha emprat com a control i no s'ha canviat el paper film per evitar variacions en aquest. Per altra banda, els altres han sigut utilitzats per als diferents tractaments de l'experiment, de manera que el paper film d'aquests ha sigut intercanviat al llarg del procediment.

4. Un cop formades les estructures de cartó que s'utilitzaran al llarg de l'experimentació, s'ha passat a fer el muntatge de les làmpades UVA i UVB, i els sensors UVA i UVB. D'aquesta manera, s'ha fet una marca als 30 cm d'alçada del suport (on s'ha col·locat) una pinça de laboratori per subjectar les làmpades) i una altra als 5 cm (on s'ha situat una altra pinça de laboratori per amarrar un dels sensors). Per últim, justament de manera superior a la pinça situada als 5 cm d'alçada, s'ha posat una altra per contenir el sensor restant.

Per tal que els sensors quedin dins la capsa dissenyada i construïda de manera anterior, s'han realitzat dos forats en aquesta a l'altura de les pinces que els subjecten. D'aquesta manera, el suport ha quedat fora de la capsa i els sensors han estat recoberts per aquesta per aïllar-los tant com ha sigut possible de la radiació exterior.

Cal destacar que només hi havia una pinça per a les dues làmpades de les quals es disposa, per tant, s'han hagut d'intercanviar diverses vegades al llarg de l'experiment. També, ha sigut de vital importància que els dos sensors s'hagin situat tocant l'un amb l'altre i a la mateixa distància del filtre, per minimitzar les limitacions. El muntatge ha quedat tal com es mostra a la figura 6:



Figura 6. Suport làmpada i sensors. Elaboració pròpia.

- Després d'haver donat forma a l'estructura que subjecta els sensors i les làmpades, s'han connectat les dues làmpades al corrent elèctric i els dos sensors s'han enllaçat a la interfície Vernier LabQuest, la qual disposa d'una sortida USB per endollar-se a l'ordinador o portàtil del qual disposem. El muntatge sencer ha quedat de la manera que es mostra a la figura 7:

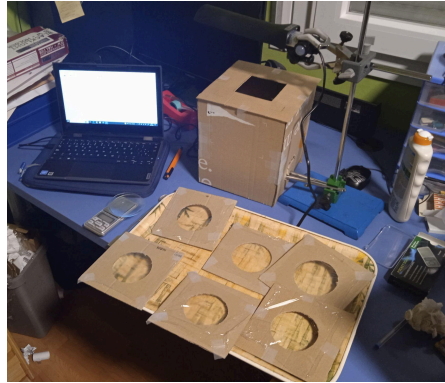


Figura 7. Muntatge general. Elaboració pròpia.

- Un cop muntada tota l'estructura de l'experiment, s'ha descarregat a l'ordinador una aplicació anomenada "Loggerlite 1.9.4" via Google. Aquesta eina ha permès veure la radiació UVA o UVB captada pels sensors i, a més, guardar-ne els resultats.

## 2.2. PROCEDIMENT EXPERIMENTAL

Havent realitzat tots aquests preparatoris, es procedirà a explicar tots els detalls d'aquest procés experimental. Com ja s'ha especificat anteriorment, aquest procediment ha tractat d'aplicar crema als filtres, situar-los sobre la tapa de la capsa i mesurar la quantitat de radiació que ha deixat passar cada crema, la qual ha de ser emesa per una làmpada (UVA o UVB) i rebuda per un sensor (UVA o UVB). D'aquesta manera s'ha pogut comparar la capacitat filtradora del producte i determinar la seva fiabilitat.

Ja que s'ha disposat de deu cremes (cinc de marques diferents de 50 FPS i altres cinc de marques diferents de 30 FPS) s'ha optat per dividir l'experiment en quatre tractaments. Cada tractament ve definit per dos paràmetres: si s'apliquen 0,05 g o 0,1 g de protector i si el factor de protecció solar dels productes és de 30 o 50. Addicionalment, per cada tractament, s'han aplicat les cinc cremes de marques diferents del factor de protecció solar adient. D'aquesta manera, es pot saber que la variable independent del procés experimental és el tipus de filtre

(segons el FPS i la quantitat de protector) que s'aplica i, la dependent, la radiació UV no filtrada per aquest.

Sabent que la quantitat de crema que els experts recomanen aplicar-se a la pell és de 2 mg per cm<sup>2</sup>, i que l'àrea del filtre és de 50 cm<sup>2</sup>, s'ha calculat que 0,1 g és la quantitat recomanada pels professionals per a aquesta superfície. És per això que s'ha escollit aquesta quantitat. Altrament, s'ha decidit realitzar un tractament més en el qual s'han aplicat només 0,05 g de protector al filtre per obtenir-ne més dades i poder extreure més conclusions.

Dit això, podríem dir que l'experimentació s'ha dividit en uns 4 tractaments que venen determinats pel factor de protecció solar dels protectors i la quantitat d'aquests aplicada al film. Per cada tractament s'ha mesurat la capacitat filtradora de radiació UVA i UVB.

Per tal de reduir el risc que els resultats siguin atzarosos o afectats per algun error puntual, s'han realitzat cinc rèpliques per cada protector aplicat (cinc filtres amb la mateixa quantitat de crema i del mateix FPS i marca). Addicionalment, s'ha optat per fer una prova control abans i després d'aplicar els cinc filtres per tal d'assegurar-se que la intensitat de la radiació emesa al llarg de la presa de dades no ha variat. Aquest control ha constatat d'un filtre al qual no se li ha aplicat cap mena de crema.

Un cop preparada l'estructura i especificats els tractaments, les rèpliques i les variables, es pot donar lloc al començament del procés experimental:

1. En primer lloc, s'ha agafat un vidre de rellotge i s'ha situat sobre la bàscula de precisió. Seguidament, s'ha escollit una de les cremes de les quals es disposava i s'ha aplicat sobre el vidre de rellotge amb l'ajuda d'una espàtula o de la mateixa tapa de l'envasament del producte. Utilitzant la mateixa espàtula, s'ha ajustat la quantitat de crema afegida al filtre, en aquest cas 0,05 g o 0,1 g.
2. Un cop mesurada la quantitat de protector, amb l'ajuda de l'espàtula, s'ha abocat el producte del vidre de rellotge sobre el paper film d'un dels filtres. La crema que no ha pogut ser recollida per l'espàtula s'ha agafat i aplicat al filtre amb un dit de manera directa.



3. Un cop la crema ha estat col·locada sobre el filtre aquesta ha sigut distribuïda. En primer lloc, s'ha expandit el protector amb l'espàtula fins que aquest ha cobert tot el cercle de 8 cm de diàmetre de paper film. Després, s'ha escampat cautelosament i de manera circular dues vegades amb cada dit de la mà, és a dir deu voltes en total. Després d'això, el filtre s'ha deixat sobre una safata, quedant apte per l'experimentació.
4. Immediatament, s'han rentat l'espàtula, el vidre de rellotge i les mans amb l'ajuda del paper de cuina, i s'ha repetit el mateix procediment amb els quatre filtres restants. Els filtres, un cop enllestits, s'han deixat en ordre d'elaboració sobre la safata, de manera que no han molestat a l'hora de preparar-ne d'altres.
5. A continuació, s'ha col·locat una de les làmpades (UVA o UVB) a la pinça superior, s'ha posat el filtre control (el qual no conté crema) seguint les marques realitzades a la tapa de la capsa i s'ha anotat a una llibreta la quantitat de radiació que ha deixat passar. Seguidament, s'ha seguit el mateix procediment amb les cinc rèpliques que contenen crema, i finalment, s'ha tornat a mesurar el filtre control per tal de comprovar l'absència d'errors o canvis que hagin pogut afectar els resultats.
6. Un cop s'han pres mesures d'un tipus de radiació, s'ha apagat la làmpada (UVA o UVB) i s'ha substituït per l'altre i s'ha realitzat el mateix procediment descrit al pas anterior. D'aquesta manera s'ha obtingut la capacitat filtradora de la crema en un dels quatre tractaments.
7. Per acabar, s'han retirat les pinces que subjecten el paper film de les cinc rèpliques, a les quals s'ha aplicat crema, i s'han tallat altres cinc trossos de paper film per substituir-ne els que ja han sigut utilitzats. A més, s'han netejat les mans de manera cautelosa per retirar possibles restes de crema que puguin alterar els resultats de l'experiment. Per continuar amb l'experiment, s'han aplicat els tractaments restants seguint els passos descrits anteriorment.

Tots els resultats obtinguts s'han anotat a una llibreta i més tard s'han transferit a un full de càlcul de google de manera que ha sigut més fàcil organitzar-los i analitzar-los per detectar

diferències estadísticament significatives entre les diferents cremes sotmeses a prova per tal d'extreure conclusions creïbles i contrastades.

Un cop distribuïdes, de manera ordenada, totes les dades recollides s'ha fet una mitjana de la quantitat de radiació UVA i UVB que ha deixat passar cada protector en cada tractament. D'aquesta manera, els resultats han pogut ser visualitzats d'una forma més gràfica i s'han establert comparacions més fàcilment.

A més de realitzar mitjanes dels resultats obtinguts per tal que sigui més fàcil detectar diferències entre els protectors, també s'ha calculat el percentatge de filtració de cada fotoprotector en cada tractament per tal de comparar-lo amb el percentatge teòric.

Per acabar, s'han emprat una sèrie de tests estadístics que permetran saber si les diferències entre les dades de cada tractament són realment significatives o són fruit de l'atzar. En aquest cas s'ha escollit utilitzar el test estadístic ANOVA i T-STUDENT, els quals aporten diferents maneres d'analitzar els resultats i determinar si hi ha diferències estadísticament rellevants:

- **TEST ANOVA:** el test ANOVA és una tècnica estadística que s'empra quan es vol comparar la mitjana de tres o més grups independents per determinar si hi ha diferències estadísticament significatives entre ells (Ortega, 2023).

Més específicament, el test ANOVA compara la variància dins dels grups amb la variància entre els grups. D'aquesta manera, si la variància entre els grups en major a la variància dins dels grups és altament probable que hi existeixin diferències estadísticament rellevants, però si és a l'inrevés, les variàncies seran degudes a errors o a l'atzar (Ortega, 2023).

En aquest cas, ja que s'havien de comparar les dades de més de tres grups independents (cinc cremes de 50 FPS i cinc cremes de 30 FPS), el test ANOVA ha sigut de gran utilitat per analitzar les diferències entre la quantitat de radiació UVA i UVB que han deixat passar les cinc cremes de 50 FPS i les altres cinc de 30 FPS.

Aquesta tècnica dona com a resultat un valor "p" que, en cas de ser menor o igual al valor de significança " $\alpha$ ", el qual és de 0,05, indicarà que hi ha variàncies

estadísticament significatives i, per tant, hi ha menys d'un 5% de probabilitat perquè la hipòtesi sigui nul·la i les diferències no siguin rellevants (Guerrero, 2018).

- **PROVA T-STUDENT:** la prova T-student és una eina estadística emprada per comparar la mitjana i determinar si hi ha una discrepància estadísticament significativa entre dos grups independents (Ortega, 2023).

En aquest cas, ha sigut de gran utilitat per comparar els resultats de dues cremes en específic per establir comparacions veritablement fiables entre elles. Per exemple, aquesta prova ens permet determinar si hi ha diferències estadísticament significatives entre l'aplicació de 0,05 g de protector Delial 50 FPS i 0,05 g de protector Nivea 50 FPS.

Aquesta tècnica, com també la prova ANOVA, dona com a resultat un valor "p" que, en cas de ser menor o igual al valor de significança " $\alpha$ ", el qual és de 0,05, indicarà que hi ha variacions estadísticament significatives i, per tant, hi ha menys d'un 5% de probabilitat perquè la hipòtesi sigui nul·la i les diferències no siguin rellevants (Guerrero, 2018).

### 3. RESULTATS

Després de realitzar el procés experimental descrit a l'apartat de "mètodes" per a cada tractament, s'han obtingut els següents resultats:

UVA (0,1g) (50m/s)					
PROTECTOR	DELIAL	NIVEA	RILASTIL	BONPREU	DELIPLUS
Control 1	702	702	702	702	702
Rèplica 1	51	51	51	51	51
Rèplica 2	51	51	51	51	51
Rèplica 3	51	51	51	51	51
Rèplica 4	51	51	51	51	51
Rèplica 5	51	51	51	51	51
Control 2	702	702	702	702	702

Taula 2. Resultats d'intensitat UVA no filtrada per 0,1 g de protectors de 50 FPS. Elaboració pròpia.

UVB (0,1g) (50m/s)					
PROTECTOR	DELIAL	NIVEA	RILASTIL	BONPREU	DELIPLUS
Control 1	1017,7	1017,7	1017,7	1017,7	1017,7
Rèplica 1	16	15,3	15,3	17,2	16,3
Rèplica 2	15,3	15,5	15,3	16,2	16,3
Rèplica 3	16,5	15,5	15,3	21	16,5
Rèplica 4	16,7	15,2	15,5	17,5	16,5
Rèplica 5	16,5	15,5	15,5	18	16,2
Control 2	1017,7	1017,7	1017,7	1017,7	1017,7

Taula 3. Resultats d'intensitat UVB no filtrada per 0,1 g de protectors de 50 FPS. Elaboració pròpia.

UVA (0,05g) (50 FPS)					
PROTECTOR	DELIAL	NIVEA	RILASTIL	BONPREU	DELIPLUS
Control 1	702	702	702	702	702
Rèplica 1	51	51	51	51	51
Rèplica 2	51	51	51	54	51
Rèplica 3	51	51	51	75	51
Rèplica 4	51	51	51	61	51
Rèplica 5	51	51	51	51	51
Control 2	702	702	702	702	702

Taula 4. Resultats d'intensitat UVA no filtrada per 0,05 g de protectors de 50 FPS. Elaboració pròpia.

UVB (0,05g) (50 FPS)					
PROTECTOR	DELIAL	NIVEA	RILASTIL	BONPREU	DELIPLUS
Control 1	1017,7	1017,7	1017,7	1017,7	1017,7
Rèplica 1	18,3	20	16,5	26	17
Rèplica 2	16,3	18,4	15,5	27,3	17,7
Rèplica 3	17,1	17,7	15,5	28,2	18,6
Rèplica 4	16,8	18,3	16,3	31,9	18,3
Rèplica 5	18,8	17,8	16,5	47,3	18,3
Control 2	1017,7	1017,7	1017,7	1017,7	1017,7

Taula 5. Resultats d'intensitat UVB no filtrada per 0,05 g de protectors de 50 FPS. Elaboració pròpia.

UVA (0,1g) (30m/s)					
PROTECTOR	DELIAL	NIVEA	HAWAIIAN TROPIC	BONPREU	DELIPLUS
Control 1	702	702	702	702	702
Rèplica 1	51	51	51	51	51
Rèplica 2	51	51	51	51	51
Rèplica 3	51	51	51	51	51
Rèplica 4	51	51	51	51	51
Rèplica 5	51	51	51	51	51
Control 2	702	702	702	702	702

Taula 6. Resultats d'intensitat UVA no filtrada per 0,1 g de protectors de 30 FPS. Elaboració pròpia.

UVB (0,1g) (30m/s)					
PROTECTOR	DELIAL	NIVEA	HAWAIIAN TROPIC	BONPREU	DELIPLUS
Control 1	1017,7	1017,7	1017,7	1017,7	1017,7
Rèplica 1	16,8	17	19	23,5	18,5
Rèplica 2	18,7	16,8	22,2	24,8	18,5
Rèplica 3	16,9	16,8	23	25,1	19,3
Rèplica 4	17	17,2	18,5	21,5	19,6
Rèplica 5	16,8	17	21	21,6	20,2
Control 2	1017,7	1017,7	1017,7	1017,7	1017,7

Taula 7. Resultats d'intensitat UVB no filtrada per 0,1 g de protectors de 30 FPS. Elaboració pròpia.

UVA (0,05g) (30m/s)					
PROTECTOR	DELIAL	NIVEA	HAWAIIAN TROPIC	BONPREU	DELIPLUS
Control 1	702	702	702	702	702
Rèplica 1	51	51	51	51	51
Rèplica 2	51	54	51	51	51
Rèplica 3	51	75	51	51	51
Rèplica 4	51	61	51	51	51
Rèplica 5	51	51	51	51	51
Control 2	702	702	702	702	702

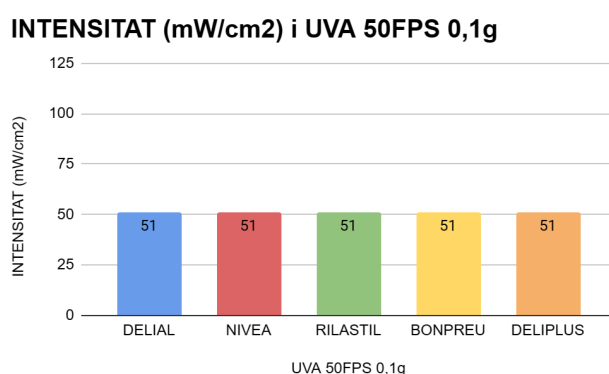
Taula 8. Resultats d'intensitat UVA no filtrada per 0,05 g de protectors de 30 FPS. Elaboració pròpia.

UVB (0,05g) (30m/s)					
PROTECTOR	DELIAL	NIVEA	HAWAIIAN TROPIC	BONPREU	DELIPLUS
Control 1	1017,7	1017,7	1017,7	1017,7	1017,7
Rèplica 1	22	19,5	32	54	25
Rèplica 2	21,7	22	28,3	50,8	25,6
Rèplica 3	19,5	19	34,2	51,5	26,1
Rèplica 4	21,7	23,5	35,1	48,9	25
Rèplica 5	20,2	23	38,8	49	22,5
Control 2	1017,7	1017,7	1017,7	1017,7	1017,7

Taula 9. Resultats d'intensitat UVB no filtrada per 0,05 g de protectors de 30 FPS. Elaboració pròpia.

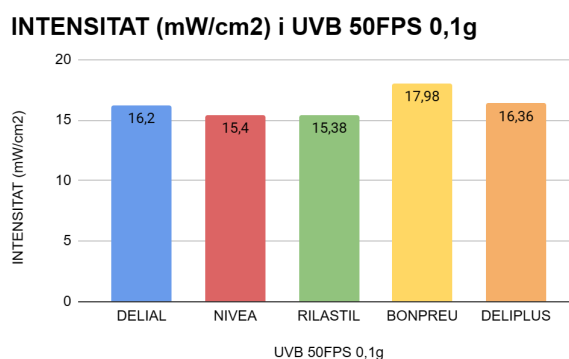
### 3.1. COMPARACIÓ ENTRE LES MARQUES DE PROTECTORS

A més de calcular el percentatge de filtració, per tal de poder comparar amb més facilitat la capacitat protectora de cada producte, s'ha calculat una mitjana per les cinc rèpliques de cada crema en cada tractament i s'han disposat els resultats en un gràfic de barres. D'aquesta manera, es poden apreciar similituds i variacions entre els diferents protectors per tal de comparar-los fàcilment. A continuació s'observen els resultats expressats tant de manera escrita com de forma gràfica:



Gràfic 2. Radiació UVA no filtrada de 0,1 g de cremes 50 FPS. Elaboració pròpia.

En primer lloc, els resultats ens mostren que tots els filtres als quals s'han aplicat 0,1 g de les cremes de 50 FPS han presentat la mateixa capacitat de filtratge (veure taula 2 i gràfic 2), ja que només han deixat passar 51 mW/cm<sup>2</sup> de mitja de radiació UVA, mostrant un percentatge de filtració d'aproximadament del 92,7%. Ja que no hi ha cap diferència observable entre els protectors d'aquest tractament, no s'ha optat per aplicar cap prova estadística.

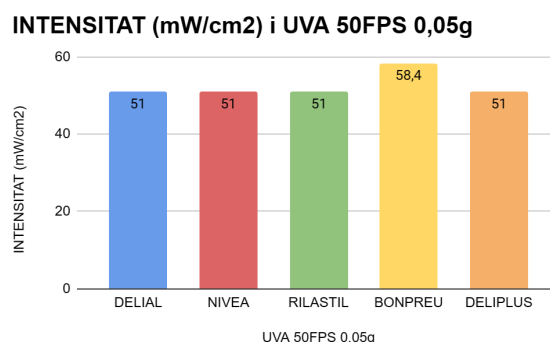


Gràfic 3. Radiació UVB no filtrada de 0,1 g de cremes 50 FPS. Elaboració pròpia.

Pel que fa a la capacitat protectora UVB d'aquests filtres, es pot observar en el gràfic 3 i la taula 3 que és bastant similar entre els cinc productes, però hi ha petites diferències. Tant la crema Rilastil com la Nivea han presentat un filtratge del 98,49% de la radiació UVB emesa, deixant passar només 15,38 mW/cm<sup>2</sup> i 15,4 mW/cm<sup>2</sup> respectivament, sent les més eficaces d'aquest tractament. Seguidament, els protectors Delial i Deliplus han mostrat una capacitat ínfimament menor, amb una dissipació del 98,41% de radiació UVB i deixant passar 16,2 mW/cm<sup>2</sup> i 16,36 mW/cm<sup>2</sup> respectivament. Per últim, la crema de marca Bonpreu ha tingut també una filtració una mica menor amb un percentatge del 98,23% i deixant passar 17,98 mW/cm<sup>2</sup> de mitja de radiació UVB.

Per mínima que sigui la variació entre les cinc cremes d'aquest tractament, s'ha decidit dur a terme les proves estadístiques ANOVA (per tal de comparar les cinc cremes en general) i T-STUDENT (per tal de comparar cada protector amb cadascun dels altres individualment). Tal com es pot observar als resultats del test ANOVA de la taula 23 dels annexos (pàgina 63), quan es compara generalment els cinc protectors, s'obté un valor "p" de 0,0006, àmpliament inferior al valor de significança ( $\alpha = 0,05$ ). Això ens indica que les diferències entre aquests són estadísticament significatives. Tot i això, en aplicar la prova T-STUDENT (taula 24 dels annexos, pàgina 63) s'obté que totes les dissemblances són significatives a excepció dels

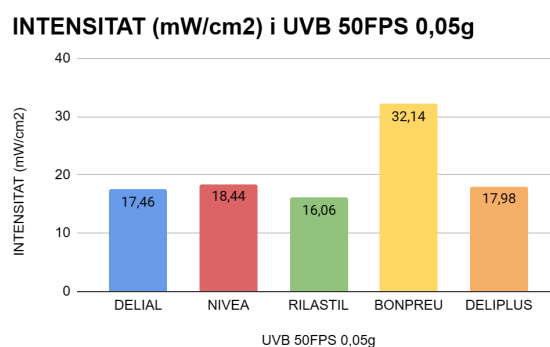
grups Bonpreu-Delial-Deliplus i Rilastil-Nivea. Aquests grups de cremes protegeixen per igual.



Gràfic 4. Radiació UVA no filtrada de 0,05 g de cremes 50 FPS. Elaboració pròpia.

Per continuar, a la taula 4 i al gràfic 4 s'ha detectat una diferència entre els filtres als quals s'ha posat 0,05 g dels protectors de 50 FPS. La crema de marca Bonpreu ha deixat passar 58,4 mW/cm<sup>2</sup> de mitja de radiació UVA, el qual equival a una capacitat de protecció del 91,7%, mentre que els altres protectors no han sigut capaços de filtrar només 51 mW/cm<sup>2</sup> de mitja, donant lloc a un percentatge més alt (92,7%).

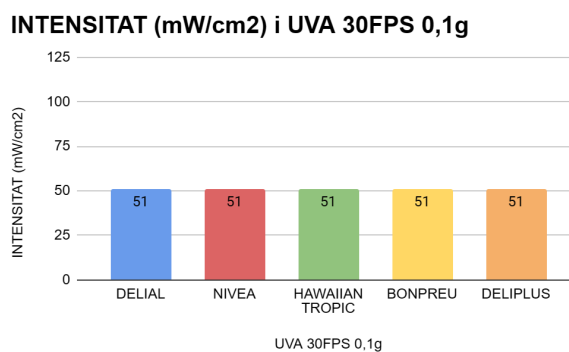
A causa d'aquesta variació, es va decidir aplicar les proves estadístiques ANOVA (taula 25 dels annexos, pàgina 64) i T-STUDENT (taula 26 dels annexos, pàgina 64). Com a resultat, a totes les proves estadístiques realitzades s'ha obtingut un valor de "p" superior al valor de significança ( $\alpha = 0,05$ ), per tant, hi ha més d'un 5% de probabilitats que la hipòtesi sigui nul·la, el qual significa que aquesta diferència no és estadísticament significativa i que els filtres han protegit d'igual manera.



Gràfic 5. Radiació UVB no filtrada de 0,05 g de cremes 50 FPS. Elaboració pròpia.

Pel que fa a la capacitat de filtració UVB dels protectors d'aquest tractament, els resultats recollits a la taula 5 i al gràfic 5 mostren dissemblances bastant marcades. En primer lloc, els productes més efectius d'aquest tractament han sigut Rilastil i Delial, ja que han mostrat un filtratge del 98,42% i 98,28%, i han deixat passar 16,06 mW/cm<sup>2</sup> i 17,46 mW/cm<sup>2</sup> de mitja, respectivament. Per continuar, les cremes Deliplus i Nivea han mostrat una capacitat protectora, ínfimament més baixa, de 98,23 i 98,19, no filtrant 17,98 mW/cm<sup>2</sup> i 18,44 mW/cm<sup>2</sup> de mitja, respectivament. Per últim, s'ha vist una gran diferència entre la crema de marca Bonpreu i les altres, el qual ha mostrat un filtratge del 97,84% i no ha sigut capaç de dissipar 32,14 mW/cm<sup>2</sup> de mitja.

A causa de les notables diferències que es denoten en aquest tractament, s'ha optat per aplicar les proves estadístiques ANOVA (taula 27 dels annexos, pàgina 64) i T-STUDENT (taula 28 dels annexos, pàgina 64) per comprovar si aquestes són veritablement significatives. En aquest cas, els resultats del test ANOVA mostren un valor "p" de 0,000015 àmpliament inferior al valor de significança ( $\alpha = 0,05$ ), el qual indica que les variacions entre els cinc protectors són estadísticament rellevants. A més, els resultats de la prova T-STUDENT indiquen que totes les diferències són significatives a excepció, únicament, de les parelles Nivea-Delial i Deliplus-Delial. Aquestes parelles de protectors filtren per igual.

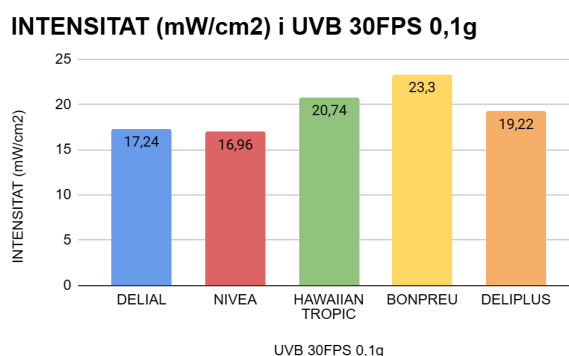


Gràfic 6. Radiació UVA no filtrada de 0,1 g de cremes 30 FPS. Elaboració pròpia.

Dit això, es procedirà a descriure els resultats del tractament en el qual s'han aplicat 0,1 g de protectors de 30 FPS mostrats a la taula 6 i al gràfic 6. Per començar, s'ha observat que els filtres d'aquest tractament han dissipat la mateixa quantitat de radiació UVA. Més específicament, únicament han deixat passar 51 mW/cm<sup>2</sup> de la radiació UVA emesa, mostrant



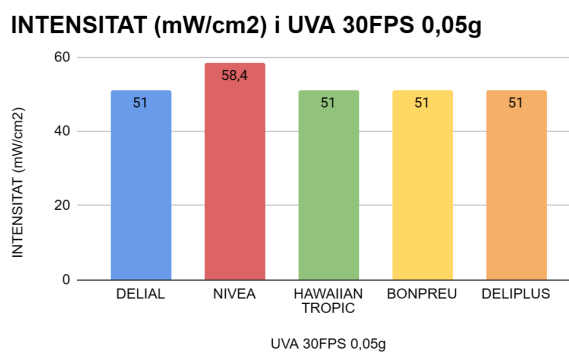
un percentatge de filtració del 92,7%. A causa del fet que els resultats dels cinc protectors són idèntics, no és necessari aplicar cap prova estadística.



Gràfic 7. Radiació UVB no filtrada de 0,1 g de cremes 30 FPS. Elaboració pròpia.

Quant a la capacitat protectora UVB d'aquest tractament s'han mostrat dissemblances bastant notables, tal com consta a la taula 7 i al gràfic 7. Els productes de marca Nivea i Delial han filtrat el 98,33% i el 98,31% de la radiació UVB emesa, deixant passar 16,96 mW/cm<sup>2</sup> i 17,24 mW/cm<sup>2</sup> respectivament. Després, s'observa que la crema Deliplus ha mostrat un menor filtratge que les anteriors, amb un percentatge del 98,11% i deixant passar 19,22 mW/cm<sup>2</sup> de radiació UVB. Per últim, els resultats indiquen que els productes de marca Hawaiian Tropic i Bonpreu han tingut una protecció, bastant menor, del 97,96% i del 97,71%, deixant passar 20,74 mW/cm<sup>2</sup> i 23,3 mW/cm<sup>2</sup>, respectivament.

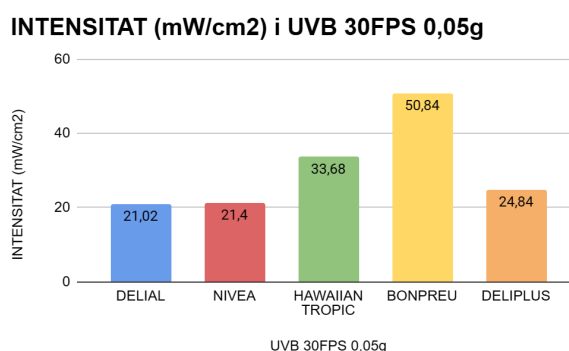
A causa de les notables diferències que s'han pogut observar quant a la capacitat d'absorció dels protectors solars d'aquest tractament, s'ha optat per dur a terme les proves estadístiques ANOVA (taula 29 dels annexos, pàgina 64) i T-STUDENT (taula 30 dels annexos, pàgina 64) per tal d'identificar si aquestes són veritablement significatives estadísticament parlant. Un cop fet el test ANOVA s'ha obtingut un valor "p" de 0,0000005, el qual és àmpliament inferior al valor de significança ( $\alpha = 0,05$ ), de manera que les diferències entre les cinc cremes, en general, són estadísticament rellevants. A més, la prova T-STUDENT ens indica que totes les variàncies entre les diferents parelles de protectors són significatives a excepció de les parelles Nivea-Delial i Deliplus-Hawaiian Tropic. Aquestes parelles de productes protegeixen d'igual manera.



Gràfic 8. Radiació UVA no filtrada de 0,05 g de cremes 30 FPS. Elaboració pròpia.

Per últim, es passarà a analitzar el tractament en el qual s'han aplicat 0,05 g de protectors solars de 30 FPS de la taula 8 i el gràfic 8. Els resultats ens indiquen que totes les cremes han sigut capaces de filtrar el 92,7% de la radiació UVA emesa, deixant passar 51 mW/cm<sup>2</sup> de mitja, a excepció del protector de marca Nivea, el qual, no ha sigut capaç de dissipar 58,4 mW/cm<sup>2</sup> de mitja de la radiació UVA emesa, mostrant un percentatge de protecció del 91,7%. És a dir, els resultats indicarien que totes les cremes han mostrat un major filtratge que el protector Nivea.

Donada aquesta notable diferència, s'ha optat per aplicar les proves estadístiques ANOVA (taula 31 dels annexos, pàgina 65) i T-STUDENT (taula 32 dels annexos, pàgina 65), un cop més, per verificar la rellevància d'aquestes variacions. En aquest cas, les dues proves donen com a resultat un valor "p" àmpliament major al valor de significança ( $\alpha = 0,05$ ). Per això, es pot saber les dissemblances observades no són estadísticament significatives i que tots els filtres d'aquest tractament han mostrat la mateixa filtració UVA.



Gràfic 9. Radiació UVB no filtrada de 0,05 g de cremes 30 FPS. Elaboració pròpia.

Pel que fa a la capacitat protectora UVB dels productes d'aquest tractament, recollida a la taula 9 i al gràfic 9, s'han observat una sèrie de diferències també bastant notables. En primer

lloc, els protectors de marca Delial i Nivea han mostrat un filtratge del 97,95% i del 97,8% de la radiació UVB emesa, deixant passar únicament 21,02 i 21,4 mW/cm<sup>2</sup> de mitja, respectivament. Seguidament, les cremes de marca Deliplus i Hawaiian Tropic, han mostrat una protecció bastant inferior del 97,56% i del 96,69%, no dissipant 24,84 mW/cm<sup>2</sup> i 33,68 mW/cm<sup>2</sup> de mitja respectivament. Per últim, amb un filtratge àmpliament menor que els altres productes, la crema marca Bonpreu ha mostrat un percentatge de filtració del 95,01% de la radiació UVB emesa, deixant passar 50,84 mW/cm<sup>2</sup> de mitja.

A causa de les dissemblances observades, s'ha decidit aplicar les proves estadístiques ANOVA (taula 33 dels annexos, pàgina 65) i T-STUDENT (taula 34 dels annexos, pàgina 65) per tal de comprovar si els resultats són veritablement rellevants. En aquest cas, el test ANOVA dona com a resultat un valor "p" igual a 0, el qual és clarament menor al valor de significança ( $\alpha = 0,05$ ), per tant, hi ha un 0% de probabilitats perquè les diferències entre els cinc protectors del tractament, de manera general siguin nul·les. Per altra banda, els resultats de la prova T-STUDENT indiquen que totes les variacions entre les diferents parelles de cremes són significatives exceptuant les parelles Delial-Nivea i Nivea-Deliplus. Aquestes parelles de productes filtren d'igual manera.

### 3.2. COMPARACIÓ AMB EL FILTRATGE TEÒRIC

A més de realitzar una mitjana de la quantitat de radiació que ha deixat passar cada tractament, es calcularà el percentatge de filtració de cada tractament per tal de compararlo amb la capacitat de protecció teòrica de cada crema i poder concloure si realment són tan eficaces com s'espera. Addicionalment, podrem comparar l'efectivitat d'aquells tractaments en els quals s'ha aplicat 0,1 g i 0,05 g o una crema de 50 FPS i 30 FPS.

UVA (0,1g) (50FPS)					
PROTECTOR	DELIAL	NIVEA	RILASTIL	BONPREU	DELIPLUS
% DE FILTRACIÓ	92,70%	92,70%	92,70%	92,70%	92,70%

Taula 10. Percentatge de filtració UVA de 0,1 g de protectors 50 FPS. Elaboració pròpia.

UVA (0,05g) (50FPS)					
PROTECTOR	DELIAL	NIVEA	RILASTIL	BONPREU	DELIPLUS
% DE FILTRACIÓ	92,70%	92,70%	92,70%	91,70%	92,70%

Taula 11. Percentatge de filtració UVA de 0,05 g de protectors 50 FPS. Elaboració pròpia.

UVA (0,1g) (30FPS)					
PROTECTOR	DELIAL	NIVEA	HAWAIIAN TROPIC	BONPREU	DELIPLUS
% DE FILTRACIÓ	92,70%	92,70%	92,70%	92,70%	92,70%

Taula 12. Percentatge de filtració UVA de 0,1 g de protectors 30 FPS. Elaboració pròpia.

UVA (0,05g) (30FPS)					
PROTECTOR	DELIAL	NIVEA	HAWAIIAN TROPIC	BONPREU	DELIPLUS
% DE FILTRACIÓ	92,70%	91,70%	92,70%	92,70%	92,70%

Taula 13. Percentatge de filtració UVA de 0,05 g de protectors 30 FPS. Elaboració pròpia.

Com es pot observar a les taules superiors, el percentatge de filtració UVA ha sigut el mateix per tots els filtres a excepció del de 0,05 g de fotoprotector de marca Bonpreu de 50 FPS i el de 0,05 g de marca Nivea de 30 FPS. Tot i això, com ja s'ha vist a l'apartat anterior ("4.1. COMPARACIÓ ENTRE LES DIFERENTS MARQUES DE PROTECTORS"), els tests estadístics de les taules 25, 26, 31 i 32 dels annexos (pàgines 63 i 65) proven que el filtratge ha sigut igual a tots els productes. És a dir, tots els productes han mostrat un 92,7% de protecció.

El filtratge UVA esperat per als protectors de 50 FPS seria d'un 93% aproximadament (Merino, 2023), el qual es correspon amb el 92,7 % resultant. Per altra banda, el percentatge de protecció UVA teòric dels productes de 30 FPS és d'un 90% (Merino, 2023), el qual no es veu reflectit als resultats. Al contrari, aquests han superat la filtració esperada per un 2,7%.

UVB (0,1g) (50FPS)					
PROTECTOR	DELIAL	NIVEA	RILASTIL	BONPREU	DELIPLUS
% DE FILTRACIÓ	98,41%	98,49%	98,49%	98,23%	98,41%

Taula 14. Percentatge de filtració UVB de 0,1 g de protectors 50 FPS. Elaboració pròpia.

UVB (0,05g) (50FPS)					
PROTECTOR	DELIAL	NIVEA	RILASTIL	BONPREU	DELIPLUS
% DE FILTRACIÓ	98,28%	98,19%	98,42%	97,84%	98,23%

Taula 15. Percentatge de filtració UVB de 0,05 g de protectors 50 FPS. Elaboració pròpia.

UVB (0,1g) (30FPS)					
PROTECTOR	DELIAL	NIVEA	HAWAIIAN TROPIC	BONPREU	DELIPLUS
% DE FILTRACIÓ	98,31%	98,33%	97,96%	97,71%	98,11%

Taula 16. Percentatge de filtració UVB de 0,1 g de protectors 30 FPS. Elaboració pròpia.

UVB (0,05g) (30FPS)					
PROTECTOR	DELIAL	NIVEA	HAWAIIAN TROPIC	BONPREU	DELIPLUS
% DE FILTRACIÓ	97,95%	97,80%	96,69%	95,01%	97,56%

Taula 17. Percentatge de filtració UVB de 0,05 g de protectors 30 FPS. Elaboració pròpia.

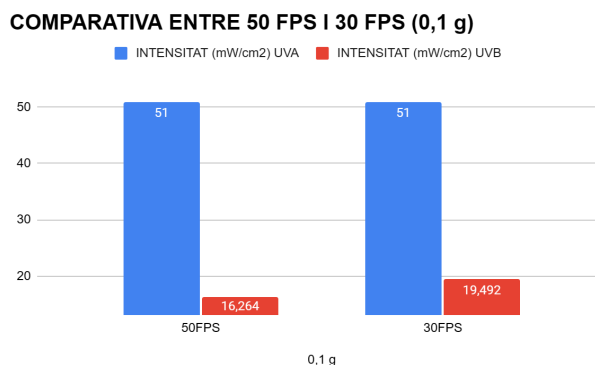
Pel que fa al filtratge UVB, els protectors de 50 FPS (taules 14 i 15) han mostrat un percentatge de filtració aproximat que s'ajusta bastant a la capacitat de protecció teòrica que és del 98% (Merino, 2023). En el tractament al qual s'ha aplicat la quantitat recomanada de producte (0,1 g), tots els protectors han assolit un filtratge superior al 98%. Addicionalment, quan s'han abocat únicament 0,05 g, totes les cremes han mostrat un percentatge de filtració molt aproximat al 98% teòric. El fotoprotector de marca Bonpreu és l'únic que no supera el resultat esperat amb un 97,84%.

Altrament, els protectors de FPS 30 (taules 16 i 17) han presentat, generalment, una capacitat protectora superior a l'esperada (96%) (Merino, 2023). Amb l'aplicació de la quantitat de producte recomanada, aquests han assolit un filtratge que oscil·la el 98% en totes les marques. Tot i això, quan s'han estès únicament 0,5 g, els protectors han mostrat una baixada bastant notable. Més específicament, el filtratge del producte de Hawaiian tropic es redueix en un 1,27% i el de Bonpreu disminueix en un 2,7%, mostrant una absorció del 95,1%, evidentment menor que la teòrica.

### 3.3. COMPARACIÓ DEL FPS

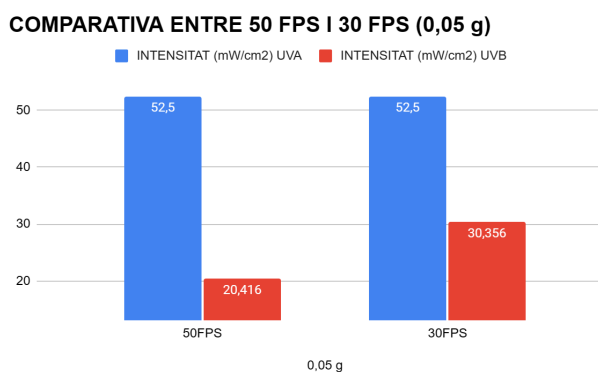
Amb els resultats obtinguts també es poden establir comparacions de la filtració dels protectors en funció del seu FPS. D'aquesta manera, s'han realitzat dues gràfiques que recullen la mitja d'intensitat UVA i UVB que han deixat passar els protectors per tal de comparar el filtratge dels productes de 50 FPS i 30 FPS. A més s'han confeccionat dues taules més que mostren el percentatge de dissipació de cada grup.

Tot això s'ha realitzat controlant la variable de la quantitat de crema. És a dir, s'han contrastat per separat els resultats dels protectors de 50 FPS i 30 FPS en funció de si s'han aplicat 0,1 g o 0,05 g de crema al film. D'aquesta manera, s'ha pogut produir una comparació prou equiparable i fiable. Els resultats són els següents:



Gràfic 10. Comparativa entre 0,1 g de protectors de 50 FPS i 30 FPS (un valor menor indica major filtratge).

Elaboració pròpia.



Gràfic 11. Comparativa entre 0,05 g de protectors de 50 FPS i 30 FPS (un valor menor indica major filtratge).

Elaboració pròpia.

0,1 g	% D'ABSORCIÓ UVA	% D'ABSORCIÓ UVB
50FPS	92,70%	98,40%
30FPS	92,70%	98,09%

Taula 18. Filtratge UVA i UVB de 0,1 g de protectors de 50 FPS i 30 FPS. Elaboració pròpia.

0,05 g	% D'ABSORCIÓ UVA	% D'ABSORCIÓ UVB
50FPS	92,52%	97,99%
30FPS	92,52%	97,02%

Taula 19. Filtratge UVA i UVB de 0,05 g de protectors de 50 FPS i 30 FPS. Elaboració pròpia.

Els resultats de les taules i gràfics anteriors no indiquen diferències en la capacitat protectora UVA entre els productes de 50 FPS i 30 FPS, però sí que en mostren pel que fa al filtratge de la radiació UVB. Tal com es pot observar al gràfic 10 i la taula 18 les cremes solars de 50 FPS han deixat passar una menor intensitat UVB que les de 30 FPS. Addicionalment, el gràfic 11 i la taula 19 mostren un major percentatge per part dels protectors de 50 FPS en ambdós tractaments.

Per tal de comprovar que aquestes dissemblances són significatives s'ha decidit aplicar la prova T-STUDENT. En aquesta s'han introduït totes les dades de la intensitat UVB no filtrada per 0,1 g dels protectors de 50 FPS i 30 FPS, separant-les en dos grups diferents. També s'ha dut a terme el mateix procediment, però amb tots els resultats obtinguts dels tractaments en els quals s'han aplicat 0,05 g de crema. Ja que no hi ha cap variació pel que fa al filtratge de la radiació UVA emesa, aquesta no serà tinguda en compte a l'hora d'emprar aquest test estadístic.

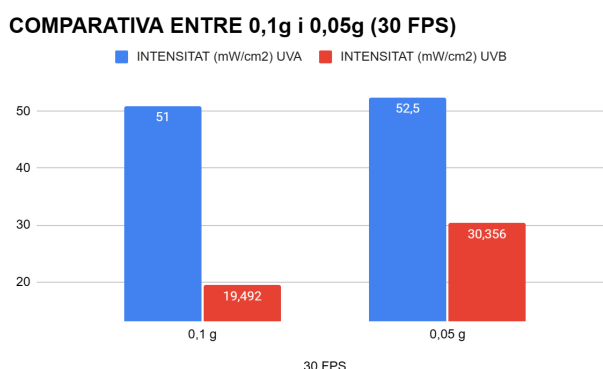
Els resultats de les dues proves T-STUDENT realitzades són de valor "p" menor al valor de significança ( $\alpha = 0,05$ ). És a dir, que hi ha menys d'un 5% de probabilitats perquè la hipòtesi sigui declarada nul·la i, per tant, les variacions observades són estadísticament significatives. Els tests T-STUDENT es poden observar a la taula 35 dels annexos (pàgina 65). Addicionalment, s'ha dut a terme una prova T-STUDENT comparant el filtratge UVB dels protectors de 50 FPS i 30 FPS de les mateixes marques (a excepció de Rilastil i Hawaiian Tropic). D'aquesta manera, s'ha extret que els productes Delial 50 FPS i 30 FPS i els productes Nivea 50 FPS i 30 FPS, protegeixen igual quan s'apliquen 0,1 g i 0,05 g al film, respectivament. El test T-STUDENT es pot veure a les taules 36, 37, 38 i 39 dels annexos (pàgina 65 i 66).

### **3.4. COMPARACIÓ DE QUANTITAT DE PROTECTOR APLICADA**

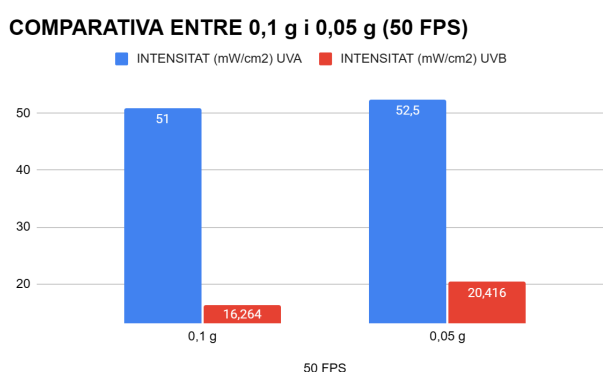
A més d'establir contraposicions amb els diferents FPS de les cremes emprades per aquesta experimentació, també s'aprofitarà per contrastar els resultats obtinguts en funció de la quantitat de producte aplicada al filtre. Per això, s'han realitzat dues gràfiques que mostren la mitja d'intensitat UVA i UVB no dissipada pels productes amb l'objectiu de comparar la protecció dels filtres que contenen 0,1 g de crema amb els que en tenen 0,05 g. Addicionalment, s'han produït dues taules més que mostren el percentatge de filtració de cada grup.

Tot això s'ha confeccionat controlant la variable del FPS dels productes. És a dir, les dades dels filtres als quals s'han aplicat 0,1 g o 0,05 g de crema han sigut contrastades per separat

en funció de si els fotoprotectors són de 50 FPS o 30 FPS. D'aquesta manera, s'ha pogut produir una comparació més estricta i fiable. Els gràfics i les taules són els següents:



Gràfic 12. Comparativa entre 0,1 g i 0,05 g de protectors de 50 FPS (un valor menor indica major filtratge).  
Elaboració pròpia.



Gràfic 13. Comparativa entre 0,1 g i 0,05 g de protectors de 30 FPS (un valor menor indica major filtratge).  
Elaboració pròpia.

50 FPS	% D'ABSORCIÓ UVA	% D'ABSORCIÓ UVB
0,1 g	92,70%	98,40%
0,05 g	92,52%	97,99%

Taula 20. Filtratge UVA i UVB de 0,1 g i 0,05 g de protectors de 50 FPS. Elaboració pròpia.

30 FPS	% D'ABSORCIÓ UVA	% D'ABSORCIÓ UVB
0,1 g	92,70%	98,09%
0,05 g	92,52%	97,02%

Taula 21. Filtratge UVA i UVB de 0,1 g i 0,05 g de protectors de 30 FPS. Elaboració pròpia.

Els resultats indiquen que els filtres en els quals s'ha aplicat 0,1 g de producte han mostrat una major capacitat protectora UVA, ja que als gràfics 12 i 13 i a les taules 20 i 21 es veu que aquells que contenen 0,05 g han deixat passar una major intensitat UVA. Tot i això, les proves



estadístiques aplicades anteriorment (taula 26 i 32 de les pàgines 63 i 65 dels annexos) indiquen que les variacions no són significatives i que filtren per igual.

Pel que fa al filtratge de la radiació UVB, als gràfics 12 i 13 i a les taules 20 i 21 s'observa que la intensitat UVB no dissipada és major als filtres als quals s'ha aplicat 0,05 g de protector. Addicionalment, els resultats indiquen que el percentatge de protecció UVB que han tingut els tractaments amb 0,1 g de crema són més alts que els de 0,05 g.

Donades aquestes diferències, s'ha optat per dur a terme una prova T-STUDENT amb l'objectiu de determinar si aquestes són veritablement significatives. En aquesta no s'han tingut en compte les variàncies detectades pel que fa al filtratge UVA, ja que anteriorment ja s'ha comprovat que aquestes diferències no eren significatives estadísticament parlant. Per tant, s'han introduït totes les dades de la intensitat UVB no dissipada pels tractaments en els quals s'han aplicat 0,1 g i 0,05 g de protectors de 50 FPS, separant-les en dos grups diferents. També s'ha fet una altra prova seguint el mateix procediment, però emprant les dades recollides d'aquells filtres als quals s'han aplicat productes de 30 FPS.

Els resultats de les proves T-STUDENT elaborades indiquen un valor "p" menor al valor de significança ( $\alpha = 0,05$ ). És a dir, que hi ha menys d'un 5% de probabilitats perquè la hipòtesi sigui declarada nul·la i, per tant, les dissemblances observades són estadísticament rellevants. Els tests T-STUDENT realitzats es poden trobar a la taula 40 dels annexos (pàgina 66). Altrament, s'ha emprat una altra prova T-STUDENT per comprovar de manera definitiva la rellevància que suposa en el filtratge UVB el fet d'aplicar la quantitat recomanada pels professionals (1 g) o 0,05 g. Els resultats de les taules 41, 42, 43, 44 i 45 dels annexos (pàgines 67 i 68) indiquen que en tots els productes són significants les dissemblances.

## DISCUSSIÓ I CONCLUSIONS

Abans d'extreure conclusions sobre el treball que s'ha dut a terme, cal esmentar les limitacions experimentades durant la realització d'aquest. En primer lloc, cal recalcar que els sensors UV no capten la radiació UV de manera totalment exacta. Addicionalment, el sensor UVA no presenta decimals en la intensitat detectada, provocant una desviació molt lleugera dels resultats. Tot i això, aquestes alteracions són massa petites i insignificants per alterar els resultats de manera notable.

Per continuar, es va cometre una limitació logística pel que fa a la compra dels protectors. Inicialment, l'experiment estava únicament pensat per productes de 50 FPS. Tot i això, quan es va descobrir que els protectors de 20 i 30 FPS també són recomanats per a certs fototipus, es va decidir comprar una tanda d'altres cinc fotoprotectors de 30 FPS per obtenir més resultats i establir més comparacions. Encara que es va intentar que les marques dels productes coincidissin, no es va poder en un cas. A causa de l'absència d'un protector Rilastil de 30 FPS al mercat, es va optar per adquirir-ne un de marca Hawaiian Tropic. Aquest comparteix certes característiques amb el fotoprotector Rilastil com el tipus d'envàs, la poca viscositat i la transparència. Es va tractar de buscar-ne un amb atributs comuns per intentar minimitzar les limitacions que això suposa.

Per últim, no s'ha tingut en compte la quantitat de radiació UVA i UVB lliures a l'ambient. S'han pres mesures per reduir-les al màxim, com ara apagar les llums, tancar finestres i portes durant una llarga estona (1h - 2h), però, òbviament, és impossible mitigar completament la radiació ambiental. Tot i això, aquesta afecta de manera igual a les proves control com a les rèpliques experimentals, per tant, no hauria de suposar cap problema.

Dit això, és evident que les limitacions afecten de manera negativa a la fiabilitat i rigorositat dels resultats. Tot i això, aquestes presenten variacions ínfimes que desvirtuen de manera extremadament lleugera les dades obtingudes. D'aquesta manera, els inconvenients de l'experiment no són prou significants per invalidar qualsevol conclusió elaborada a partir d'aquesta experimentació. A més, al llarg del desenvolupament del treball, s'ha seguit de manera rigorosa el mètode científic, amb hipòtesis falsables. D'altra banda, la investigació realitzada és reproducible i els resultats són objectius (recollits per mitjà de sensors), per tant, les conclusions extretes són vàlides i fiables.

Un cop esmentats i valorats el seguiment del mètode científic i les limitacions, es donarà pas a l'elaboració de les conclusions de la recerca i l'experimentació. Per començar, un dels objectius d'aquesta recerca era assegurar-se de si la quantitat de fotoprotector aplicada influeix en l'eficàcia a l'hora de filtrar la radiació UV. Els resultats han mostrat de manera clara que la quantitat de producte afegida juga un paper essencial en aconseguir una protecció aproximada a la teòrica. Això es pot extreure del fet que els filtres als quals s'ha aplicat la quantitat de protector recomanada pels experts (0,1 g) (Merino, 2023), és major a la d'aquells als quals se n'ha aplicat 0,05 g. Tot i que la filtració UVA és igual per a ambdós tractaments (92,7%), els filtres amb 0,1 g de producte han mostrat un major filtratge UVB. Amb l'aplicació de protectors de 50 FPS, han dissipat un 0,31% més que els tractaments amb 0,05 g i amb l'ús de cremes de 30 FPS, han mostrat una protecció de gairebé un 1% més. Altrament, totes aquestes dissemblances són estadísticament significatives i, a més, la radiació UVB és 1000 vegades més incident que la UVA (Lam-Vivanco, 2018; Malveyh et al., 2015). Per tant, donades aquestes dades, es pot concloure que s'ha de seguir la recomanació dels experts pel que fa a la quantitat de producte que s'ha d'aplicar si es vol aconseguir una major eficàcia en la prevenció del càncer de pell.

Per continuar, un altre objectiu inicial era comprovar que els productes fotoprotectors filtren d'acord amb les indicacions de l'envàs. Altrament, també es va proposar determinar si el FPS dels productes és rellevant pel que fa a la prevenció de les neoplàsies cutànies.

S'ha pogut observar que els protectors de 50 FPS i 30 FPS presenten una mateixa filtració UVA (92,7%). En el cas dels productes de 50 FPS, aquest resultat es correspon de manera molt aproximada a la protecció teòrica de 93% (Merino, 2023). Per altra banda, el percentatge de filtració teòric per a les cremes de 30 FPS és d'un 90% (Merino, 2023), el qual s'ha vist àmpliament superat per un 2,7%. Havent-se comprovat estadísticament, aquests resultats ens permeten concloure que, quant al filtratge UVA, ambdós FPS presenten la mateixa eficàcia protectora. Tot i això, els protectors de 30 FPS mostren una major eficiència, ja que amb menors facilitats han assolit la mateixa capacitat. Addicionalment, es pot extreure que les cremes de 50 FPS emprades en aquesta experimentació filtren segons l'esperat, però les de 30 FPS no són coherents amb les indicacions teòriques. Aquestes últimes han mostrat una efectivitat (eficàcia i eficiència de manera conjunta), davant la radiació UVA, per sobre del previst.

Pel que fa al filtratge UVB quan s'aplica la quantitat de crema recomanada pels experts, tots els fotoprotectors de 50 FPS presenten una filtració que supera de manera molt lleugera a la teòrica (98%) (Merino, 2023). Per altra banda, en aquestes condicions, els productes de 30 FPS han superat de manera més notable el percentatge esperat del 96% (Merino, 2023), oscil·lant entre un 98% de filtratge. Per tant, es pot concloure que les cremes de 50 FPS són coherents amb les indicacions de l'envàs, mentre que les de 30 FPS no ho són. Tot i això, cal recalcar que aquest desordre, òbviament, lluny de causar problemàtiques, és positiu.

Quant als tractaments als quals s'ha aplicat una menor quantitat de producte respecte de la recomanada, hi ha hagut una major diferència. Les cremes de 50 FPS han mostrat una protecció que oscil·la el 98%, mentre que les de 30 FPS han mostrat una del 97%, aproximadament. A més, s'ha de tenir en compte que en els tractaments als quals s'ha aplicat la quantitat donada pels professionals, el filtratge UVB dels protectors de 50 FPS ha sigut també lleugerament major. D'aquesta manera, es pot extreure que els protectors de 50 FPS són més eficaços que els de 30 FPS en la filtració UVB. No obstant això, donat que aquests últims superen àmpliament la seva protecció UVB teòrica del 96% (Merino, 2023), es pot concloure que són més eficients.

Cal recalcar que tots els resultats indiquen que el filtratge UVB dels protectors de 50 FPS és major a la dels de 30 FPS, però no totes les variacions són significatives. Segons els tests estadístics de les taules 41 i 42 dels annexos, els productes Delial 50 FPS i 30 FPS i els productes Nivea 50 FPS i 30 FPS, protegeixen igual quan s'apliquen 0,1 g i 0,05 g. No obstant això, aquestes igualtats no són suficients per a rebutjar la superioritat en l'eficàcia de les cremes de 50 FPS sobre les de 30 FPS, ja que són minoria davant els altres sis tractaments que demostren el contrari.

Per acabar amb aquest punt, sabem que ambdues radiacions UVA i UVB són causants del càncer de pell, però que la segona és molt més responsable que la primera (Lam-Vivanco, 2018; Malveyh et al., 2015). És per això que, per molt que l'eficàcia en la protecció UVA sigui igual, els protectors de 50 FPS mostren una filtració UVB més alta, fet que els fa més eficaços en la prevenció del desenvolupament de neoplàsies cutànies.

Un altre dels objectius de la recerca era dur a terme una comparació entre els diferents protectors solars utilitzats en l'experimentació. S'establirà quin producte és més eficient i quin més eficaç en el filtratge de cada tipus de radiació, i quin és més recomanable per la prevenció de neoplàsies cutànies. Addicionalment, també s'esmentarà la crema menys fiable per als paràmetres mencionats. Cal recalcar que tot això s'induirà a partir dels resultats obtinguts.

En primer lloc, pel que fa a la filtració UVA, les dades extretes i els tests estadístics aplicats indiquen que tots els protectors en tots els tractaments preparats n'han mostrat la mateixa. Com ja s'ha vist prèviament, el percentatge de dissipació ha sigut del 92,7% en tots els casos. És per això que es pot concloure que tots els productes són igual d'efectius (eficaços i eficients simultàniament) en la protecció davant la radiació UVA.

Quant a la protecció UVB dels productes de 50 FPS, els resultats i tests estadístics ens indiquen que les cremes més eficaces són Nivea i Rilastil, mostrant un filtratge del 98,49%. Per altra banda, els protectors que ho són menys són Bonpreu, Delial i Deliplus, per igual. Addicionalment, el producte més eficient és Rilastil, ja que quan s'afegeixen únicament 0,05 g manté una dissipació del 98,42%, mentre que el que ho és menys és Bonpreu. Els altres protectors (Deliplus, Nivea i Delial) són una mica menys eficients que Rilastil, per igual. Addicionalment, les proves estadístiques realitzades corroboren aquest ordre d'eficàcia i eficiència. D'aquesta manera, es pot saber que Rilastil és la crema més efectiva (eficaç i eficient simultàniament) en aquest aspecte i Bonpreu és la que menys.

Seguidament, es valorarà el filtratge UVB dels protectors de 30 FPS. Les dades i tests estadístics aplicats ens demostren que els productes més eficaços són Nivea i Delial, amb un percentatge de dissipació aproximat al 98,31% (protegeixen per igual tal com demostra el test T-STUDENT de la taula 30 de la pàgina 65 dels annexos). Altrament, aquestes també són les més eficients en aquest aspecte, ja que quan s'apliquen només 0,05 g, són mantenen un filtratge del 97,80%, aproximadament. Aquestes dissipen la mateixa quantitat de radiació UVB tal com indiquen les proves T-STUDENT de la taula 34 de la pàgina 65 dels annexos. D'altra banda, el producte menys eficaç i eficient (el menys efectiu) és el de marca Bonpreu per una diferència àmpliament notable i estadísticament significativa.

Per concloure aquest punt, se sap que la llum UVB és mil vegades més incident i genotòxica que la UVA i que, per tant, és més responsable del desenvolupament de neoplàsies cutànies (Lam-Vivanco, 2018; Malvey et al., 2015). Tenint en compte tot això, es pot extreure que el protector més efectiu per la prevenció del càncer de pell és Rilastil 50 FPS i, per tant, és el més recomanable. Addicionalment, el producte Nivea 50 FPS també és molt fiable, però és lleugerament menys eficient que l'anterior. Per altra banda, la crema menys efectiva de l'experimentació en aquest aspecte és Bonpreu 30 FPS amb una diferència molt notable.

Per últim, es passarà a valorar l'objectiu principal del treball. Aquest constava de concloure si els productes fotoprotectors eren prou eficaços en la prevenció del càncer de pell. Observant els resultats de l'experimentació i havent realitzat una recerca exhaustiva, es pot extreure que, en general, és de vital importància l'ús protector solar de manera correcta i constant. Aquests són essencials a l'hora de reduir de manera extraordinària el risc a desenvolupar neoplàsies cutànies, el qual és totalment positiu i necessari en la prevenció de neoplàsies cutànies.

No obstant això, tot i que aquesta recerca ha mostrat que la gran majoria de protectors filtren d'acord amb l'indicat al seu FPS (o més), petits errors d'aplicació, friccions fortuïtes o banys, entre d'altres, poden reduir-ne els efectes. Tenint en compte això, es pot concloure que aquests són molt útils pel que fa a minimitzar el risc de neoplàsies, però no són del tot eficaços. És cert que les cremes solars disminueixen de manera molt notable les probabilitats d'aparició de càncer de pell. De totes maneres, encara que se segueixin a la perfecció les normes d'ús dels productes, una exposició a llum UV prolongada presenta un perill considerable. Donat que no filtren el 100% de la radiació UV, es poden produir danys genètics que, fortuïtament, podrien originar oncogens que, mitjançant una proliferació massiva, derivin en una neoplàsia cutània (Merino, 2023).

Dit això, es pot concloure que és necessari acompanyar l'ús de fotoprotectors amb altres accions preventives. Buscar ombres, regular el temps d'exposició a la llum solar o dur roba són mesures que en reduïrien els riscos de manera molt efectiva, sinèrgicament amb el filtratge que ofereixen els protectors solars. Encara més, si es disposa d'un fototip cutani d'entre I, II i fins i tot III es necessitarà donar molta més atenció a les mesures secundàries esmentades (Ávila, 2015; Merino, 2023).

En resum, la hipòtesi plantejada principalment ‘‘Potser els protectors solars del mercat no són prou eficaços en la dissipació de la radiació ultraviolada i, per tant, en la prevenció del càncer de pell’’, ha quedat verificada. Per això, es recomana no confiar-se i no exposar-se desmesuradament a la llum solar tot i haver-se aplicat productes fotoprotectors. Al contrari, és necessari prendre altres mesures com les comentades anteriorment per assolir una protecció més satisfactòria.

Per acabar, m’agradaria proveir una sèrie de propostes per a experiments futurs. Crec que seria molt interessant posar a prova més línies i marques de fotoprotectors per comprovar la seva protecció. A més, també es podrien dur a terme experimentacions per provar l’efecte nociu de les radiacions UV presents a la llum solar. Per exemple, es podria observar, microscòpicament, l’alteració genètica de les cèl·lules de rosegadors o mostres de teixit cutani d’altres éssers vius. D’aquesta manera es podria complementar aquesta recerca i d’alguna manera completar-la una mica més.

## REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

### ARTICLES, LLIBRES I WEBS

1. Al-Timime, N. S., Hameed, A. A., i Al-Salihi, A. M. (2023). Calculation of the time period of exposure to ultraviolet radiation for the occurrence of burns for different skin types for specific cities in Iraq. *Ann. For. Res*, 66(1). Recuperat el 20 de setembre de 2023 de <https://e-afr.org/article/view-2023/pdf/1279.pdf>
2. Ávila, D. A. G. (2015). Fototipos cutàneos. *Revista Sthetic & Academy*, 30-32.
3. Morales, C., & López-Nevot, M. A. (2006). Efectos de la radiación ultravioleta (UV) en la inducción de mutaciones de p53 en tumores de piel. *Oncología (Barcelona)*, 29(7), 25-32. Recuperat el 20 de setembre de 2023 de [https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0378-48352006000700003&script=sci\\_arttext&lng=pt](https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0378-48352006000700003&script=sci_arttext&lng=pt)
4. González-Púmariega, M., Tamayo, M. V., i Sánchez-Lamar, Á. (2009). La radiación ultravioleta. Su efecto dañino y consecuencias para la salud humana. *Theoria*, 18(2). Recuperat el 20 de setembre de 2023 de <https://www.redalyc.org/pdf/299/29917006006.pdf>
5. Guadalupe, M. (s. d.). El gen phr-1, que codifica para una fotoliasa de Trichoderma atroviride, se regula transcripcionalmente por elementos de respuesta a luz no canónicos. Recuperat el 20 de setembre de 2023 de <https://ipicyt.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1010/777/3/TDIPICYTC4G42013.pdf>
6. Guerrero, R. (2018). *Interpretar el valor p (p-value) correctamente*. Medium. Recuperat el 29 de juliol de 2023 de <https://medium.com/@rubengura/interpretar-el-valor-p-p-value-correctamente-d99951ce95a4>
7. Instituto de Magnetismo Aplicado UCM-ADIF. (s.d.). *Campos electromagnéticos y efectos biológicos*. Universidad Complutense de Madrid. Recuperat el 27 d'agost de 2023 de <https://www.ucm.es/ima/campos-electromagneticos-y-efectos-biologicos#:~:text=La%20frecuencia%20de%20una%20onda%20electromagn%C3%A9tica%20es%20en,longitud%20de%20onda%2C%20m%C3%A1s%20alta%20es%20la%20frecuencia.>
8. Jiménez, J. R., i Ramírez, T. (2022). Cremas solares: una nueva amenaza para las aguas litorales. *Encuentros en la Biología*, 15(183). Recuperat el 20 de setembre de 2023 de



- [https://www.researchgate.net/profile/Javier-Rodriguez-Jimenez-3/publication/369950480\\_Cremas\\_solares\\_una\\_nueva\\_amenaza\\_para\\_las\\_aguas\\_litorales/links/6436a05b4e83cd0e2fab173c/Cremas-solares-una-nueva-amenaza-para-las-aguas-litorales.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Javier-Rodriguez-Jimenez-3/publication/369950480_Cremas_solares_una_nueva_amenaza_para_las_aguas_litorales/links/6436a05b4e83cd0e2fab173c/Cremas-solares-una-nueva-amenaza-para-las-aguas-litorales.pdf)
9. Lam-Vivanco, A., Espinoza-Carrión, F., Santos-Luna, J., i García-González, C. (2018). Incidencia de cáncer de piel en población de Machala, Ecuador. *Revista Ciencia UNEMI*, 11(27). Recuperat el 20 de setembre de 2023 de <https://www.redalyc.org/journal/5826/582661256007/movil/>
  10. Lasierra, M. Á. R. (2009). La vía de Hedgehog: embriogénesis y enfermedad. In *Redes de señalización y estrategias terapéuticas* (pp. 161-183). Real Academia Nacional de Farmacia. Recuperat el 20 de setembre de 2023 de [https://bibliotecavirtual.ranf.com/es/catalogo\\_imagenes/grupo.do?path=6026643](https://bibliotecavirtual.ranf.com/es/catalogo_imagenes/grupo.do?path=6026643)
  11. Malveyh, J., Puig, S., Crrera, C., Aguilera, P., Gamboa, M. i América, J. (2015). *El médico en casa: Comprender el Melanoma y otros cánceres de piel*. Amat editorial.
  12. Merino, M. T. P. (2023). Preguntas y respuestas sobre protección solar. *El farmacéutico: profesión y cultura*, (621), 32-39. Recuperat el 20 de setembre de 2023 de <https://www.elfarmacéutico.es/uploads/s1/17/62/37/ef-621-te-interesa-proteccion-solar.pdf>
  13. Merino, J., i Noriega, M. (2016). La piel estructura y funciones. Universidad de Cantabria [en línia] España: Open Course Ware. Recuperat el 20 de setembre de 2023 de <https://ocw.unican.es/pluginfile.php/715/course/section/397/Tema%252011-Bloque%2520II-La%2520Piel.%2520Estructura%2520y%2520Funciones.pdf>
  14. Morales, C., i López-Nevot, M. A. (2006). Efectos de la radiación ultravioleta (UV) en la inducción de mutaciones de p53 en tumores de piel. *Oncología (Barcelona)*, 29(7). Recuperat el 20 de setembre de 2023 de [https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0378-48352006000700003&script=sci\\_arttext&tlng=pt](https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0378-48352006000700003&script=sci_arttext&tlng=pt)
  15. Ortega, C. (2023). *Anova: Qué es y cómo hacer un análisis de la varianza*. QuestionPro. Recuperat el 19 de juliol de 2023 de <https://www.questionpro.com/blog/es/anova/>
  16. Ortega, C. (2023). *Prueba t: Qué es, ventajas y pasos para realizarla*. QuestionPro. Recuperat el 29 de juliol de 2023 de <https://www.questionpro.com/blog/es/prueba-t-de-student/>
  17. Outón Porras, J. (2019). Diseño y validación de un método no invasivo para la determinación del factor de protección de cremas solares. Fabricación de una crema a

- partir de microalgas y el diseño de su proceso de producción. *Universidad de Cádiz*. Recuperat el 20 de setembre de 2023 de <https://rodin.uca.es/handle/10498/21644>
18. Passeron, T., Lim, H., Goh, C. L., Kang, H. Y., Ly, F., Morita, A., Ocampo, J., Puig, S., Schalkka, S., Wei, L., Dréno, B. i Krutmann, J. (2021). Photoprotection according to skin phototype and dermatoses: practical recommendations from an expert panel. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, 35(7). Recuperat el 20 de setembre de 2023 de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jdv.17242>
  19. Tafurt Cardona, Y., i Marin Morales, M. A. (2014). Principales mecanismos de reparación de daños en la molécula de ADN. *Biosalud*, 13(2), 95-110. Recuperat el 20 de setembre de 2023 de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1657-95502014000200008&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1657-95502014000200008&script=sci_arttext)
  20. Telich, J. E., Monter, A., Baldín, V., i Apellaniz, A. (2017). Diagnóstico y tratamiento de los tumores malignos de piel. *Acta Médica Grupo Ángeles*, 15(2). Recuperat el 20 de setembre de 2023 de [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-72032017000200154](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-72032017000200154)
  21. Tingo Carrasco, L. Z. (2023). Factor de protección solar in vitro del extracto hidroalcohólico de las hojas de *Calceolaria rupestris* Molau. Ayacucho 2021. *Universidad Nacional de San Cristóbal De Huamanga*. Recuperat el 13 de setembre de 2023 de [http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/5672/1/TESIS%20FAR633\\_Tin.pdf](http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/5672/1/TESIS%20FAR633_Tin.pdf)
  22. Universitat de València. (s.d.). *Radiacions (PDF)*. Recuperat el 27 d'agost de 2023 de <https://www.uv.es/DSSQA/documentacion/castellano/PDF/14%20RADIACIONES.pdf>
  23. Vargas, F., Rivas, C., Cortez, M., Zoltan, T., Izzo, C., López, V., Gómez, L. i Cárdenas, Y. M. (2007). Protectores solares ¿fotoestables o fototóxicos?. *Dermatología Venezolana*, 45(3). Recuperat el 20 de setembre de 2023 de <https://revista.svderma.org/index.php/ojs/article/viewFile/112/112>
  24. Villasmil, S., Fernández, C., Calderón, L., i Murillo, S. (2004). Evaluación del factor de protección solar requerido (SPF) y el tiempo de protección natural (IPN) de la piel. *Revista de la Facultad de Farmacia*, 46, 1. Recuperat el 20 de setembre de 2023 de [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/73898946/villasmil\\_shelia-libre.pdf?1635626415=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DEvaluacion\\_del\\_factor\\_de\\_protccion\\_sola.pdf&Expires=1696183672&Signature=b0qUiPCOzYevcVSckuFPmeiZ7SfkZ38J0qVqrC2If-nyeZNjYlwQU3MimKvdJjAOc21pS1PrI24jyzS4UH15~SJ2zbsPxbgI5](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/73898946/villasmil_shelia-libre.pdf?1635626415=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DEvaluacion_del_factor_de_protccion_sola.pdf&Expires=1696183672&Signature=b0qUiPCOzYevcVSckuFPmeiZ7SfkZ38J0qVqrC2If-nyeZNjYlwQU3MimKvdJjAOc21pS1PrI24jyzS4UH15~SJ2zbsPxbgI5)

[Y-23zT57ZFSf0MeJeieqbIBDvkm75nW3infqNE8WOnFr7RZP5loXyATXGIGojsSfnNwrBW25YyeocH-LhBgFWgdBPgKmXxfG84HcnQql7k147SyVDtI5fc6CsOeeU-Xqht~fkILJmEMDIoA6hFN-YkSo4vifbjECqgDXkTEFyvDQ7jnszA~FvhrdtYe8wwjrhKD8n4RWT9wat1ooqwDfBxTKOfki~fpL-nuV5aDAoDy3On6Dh0PiA\\_\\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://www.aproderm.com/the-science-behind-skin/)

## FONTS ESPECÍFIQUES DE FIGURES, TAULES I GRÀFICS

**Figura 1:** Apro Derm. (s.d.). The science behind the skin. Extret el 23 de setembre de 2023 de <https://aproderm.com/the-science-behind-skin/>

**Figura 2 i 3:** Khan Academy. (s.d.). *La luz: ondas electromagnéticas, espectro electromagnético y fotones*. Recuperat el 23 de setembre de 2023 de <https://es.khanacademy.org/science/ap-chemistry/electronic-structure-of-atoms-ap/bohr-model-hydrogen-ap/a/light-and-the-electromagnetic-spectrum>

**Figura 4 i 5:** Telich, J. E., Monter, A., Baldín, V., i Apellaniz, A. (2017). Diagnóstico y tratamiento de los tumores malignos de piel. *Acta Médica Grupo Ángeles*, 15(2). Recuperat el 20 de setembre de 2023 de [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-72032017000200154](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-72032017000200154)

**Figura 11:** Tafurt Cardona, Y., i Marin Morales, M. A. (2014). Principales mecanismos de reparación de daños en la molécula de ADN. *Biosalud*, 13(2), 95-110. Recuperat el 20 de setembre de 2023 de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1657-95502014000200008&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1657-95502014000200008&script=sci_arttext)

**Figura 12:** Vernier. (2023). *UVA Sensor*. Recuperat el 24 de setembre de 2023 de <https://www.vernier.com/product/uva-sensor/>

**Figura 13:** Vernier. (2023). *UVB Sensor*. Recuperat el 24 de setembre de 2023 de <https://www.vernier.com/product/uvb-sensor/>

**Figura 14:** Larson Electronics. (2023). *10 Watt Low Profile Ultraviolet LED Light - Low Voltage UVA Linear - Class 1 Division 2 - 1' Strip - Line-In Deutsch Connector*. Recuperat el 24 de setembre de 2023 de <https://www.larsonelectronics.com/product/268874/10-watt-low-profile-ultraviolet-led-light-low-voltage-uva-linear-class-1-division-2-1-strip-line-in-deutsch-connector>

**Figura 15:** All Reptiles. (2020). *ZM Reptisun LED UVB Combination*. Recuperat el 24 de setembre de 2023 de

<https://allreptiles.ca/supplies/lighting/lighting-fixtures/zm-reptisun-led-uvb-combination.html>

**Figura 16:** Vernier. (2023). LabQuest Mini. Recuperat el 24 de setembre de 2023 de <https://www.vernier.com/product/labquest-mini/>

**Gràfic 1 i taula 22:** Merino, M. T. P. (2023). Preguntas y respuestas sobre protección solar. *El farmacéutico: profesión y cultura*, (621), 32-39. Recuperat el 20 de setembre de 2023 de <https://www.elfarmacautico.es/uploads/s1/17/62/37/ef-621-te-interesa-proteccion-solar.pdf>

**Taula 1:** Al-Timime, N. S., Hameed, A. A., i Al-Salihi, A. M. (2023). Calculation of the time period of exposure to ultraviolet radiation for the occurrence of burns for different skin types for specific cities in Iraq. *Ann. For. Res*, 66(1). Recuperat el 20 de setembre de 2023 de <https://e-afr.org/article/view-2023/pdf/1279.pdf>

## ANNEXOS

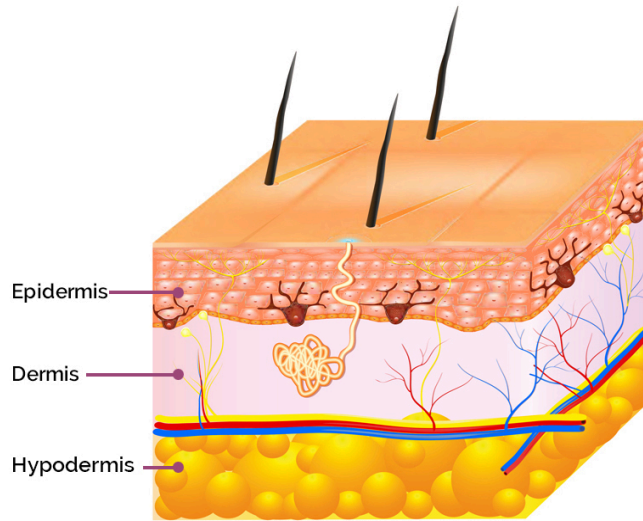


Figura 8. Estructura bàsica de la pell. Extret de Apro Derm (s.d.)

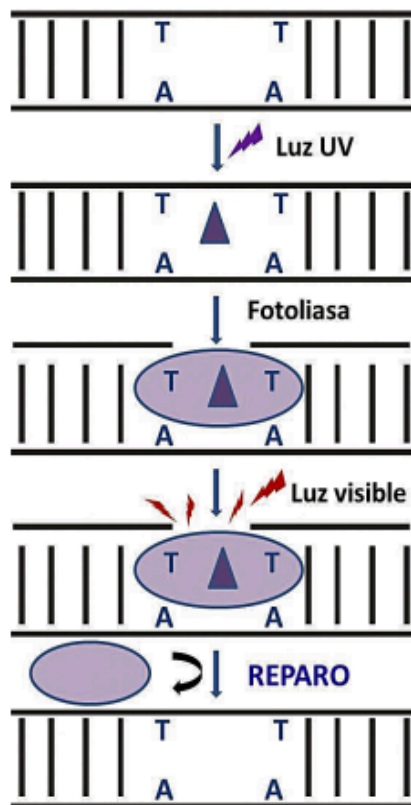


Figura 9. Mecanisme de reparació directa de l'ADN per fotoreactivació, catalitzat per fotoliases, el qual reverteix la lesió de l'ADN induïda per radiació UV.

Extret de Tafurt Cardona (2015).



Figura 10. CBC nòdulo-ulceratiu.  
Extret de Telich et al (2017).

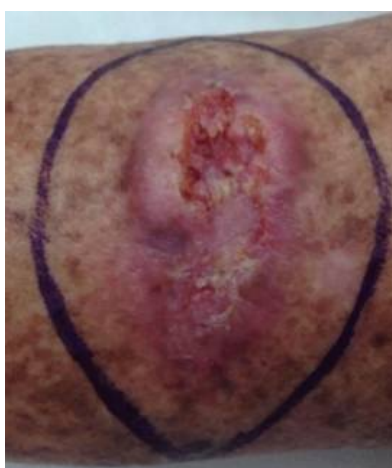


Figura 11. CEC ulceratiu.  
Extret de Telich (2017).

FOTOTIPO	Descripción	Factor de protección solar
FOTOTIPO I	• Piel muy clara, pelo rubio o pelirrojo, ojos azules o verdes	Protección solar muy alta 50+
FOTOTIPO II	• Piel clara, pecas, pelo rubio o pelirrojo, ojos azules o castaños • Se queman con facilidad, aunque pueden broncearse lentamente	Protección solar muy alta 50+
FOTOTIPO III	• Piel clara, pecas, pelo rubio o castaño, ojos verdes o marrones • Suelen broncearse con normalidad	Protección solar alta 30-50+
FOTOTIPO IV	• Piel morena, pelo castaño oscuro, ojos marrones	Protección solar media 20-50+
FOTOTIPO V	• Piel oscura o muy morena, pelo negro, ojos marrones oscuros	Protección solar media-baja 20-30
FOTOTIPO VI	• Piel, pelo y ojos negros • Prácticamente imposible que se quemen, aunque el sol también les provoca daño en la piel	Protección solar baja 20

Taula 22. FPS recomanats segons el fototip del qual es disposa.

Extret de Merino (2023).



Figura 12. Sensor UVA VERNIER.  
Extret de VERNIER. (2023).



Figura 13. Sensor UVB VERNIER.  
Extret de VERNIER. (2023).



Figura 14. Làmpada UVA. Extret el 06/08/2023 de  
Larson Electronics.(2023).

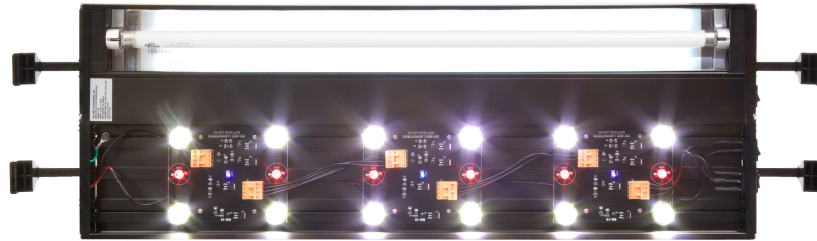


Figura 15. Làmpada UVB per a rèptils.  
Extret de All Reptiles (2020).



Figura 16. Interfície de sensor amb cable USB VERNIER.  
Extret de VERNIER. (2023).

ANOVA						
Source of Variatio	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	22,4296	4	5,6074	7,677163198	0,0006427345491	2,866081402
Within Groups	14,608	20	0,7304			
Total	37,0376	24				

Taula 23. Test ANOVA 0,1 g de protectors 50 FPS (UVB). Elaboració pròpia.

UVB (0,1g) (50m/s)					
T-TEST	DELIAL	NIVEA	RILASTIL	BONPREU	DELIPLUS
DELIAL	X	0,04657103975	0,02172214205	0,06157431665	0,5311262298
NIVEA	0,04657103975	X	0,8379401874	0,03139166293	0,0007363594528
RILASTIL	0,02172214205	0,8379401874	X	0,03349811203	0,0002550088045
BONPREU	0,06157431665	0,03139166293	0,03349811203	X	0,1065983141
DELIPLUS	0,5311262298	0,000736359452	0,000255008804	0,1065983141	X

Taula 24. Test T-STUDENT 0,1 g de protectors 50 FPS (UVB). Elaboració pròpia.

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	219,04	4	54,76	2,663424125	0,06256235989	2,866081402
Within Groups	411,2	20	20,56			
Total	630,24	24				

Taula 25. Test ANOVA 0,05 g de protectors 50 FPS (UVA). Elaboració pròpia.



UVA (0,05g) (50m/s)					
T-TEST	DELIAL	NIVEA	RILASTIL	BONPREU	DELIPLUS
DELIAL	X	#NUM!	#NUM!	0,1780156377	#NUM!
NIVEA	#NUM!	X	#NUM!	0,1780156377	#NUM!
RILASTIL	#NUM!	#NUM!	X	0,1780156377	#NUM!
BONPREU	0,1780156377	0,1780156377	0,1780156377	X	0,1780156377
DELIPLUS	#NUM!	#NUM!	#NUM!	0,1780156377	X

Taula 26. Test T-STUDENT 0,05 g de protectors 50 FPS (UVA). Elaboració pròpia.

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	875,0176	4	218,7544	13,79910174	0,00001477442723	2,866081402
Within Groups	317,056	20	15,8528			
Total	1192,0736	24				

Taula 27. Test ANOVA 0,05 g de protectors 50 FPS (UVB). Elaboració pròpia.

UVB (0,05g) (50m/s)					
T-TEST	DELIAL	NIVEA	RILASTIL	BONPREU	DELIPLUS
DELIAL	X	0,1508512158	0,01325849008	0,01581922	0,4305030742
NIVEA	0,1508512158	X	0,003273269332	0,02960058908	0,5408632885
RILASTIL	0,01325849008	0,003273269332	X	0,01344313531	0,01014933284
BONPREU	0,01581922	0,02960058908	0,01344313531	X	0,02035661767
DELIPLUS	0,4305030742	0,5408632885	0,01014933284	0,02035661767	X

Taula 28. Test T-STUDENT 0,05 g de protectors 50 FPS (UVB). Elaboració pròpia.

ANOVA						
Source of Variatio	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	138,0744	4	34,5186	21,59842323	0,00000050251030	2,866081402
Within Groups	31,964	20	1,5982			
Total	170,0384	24				

Taula 29. Test ANOVA 0,1 g de protectors 30 FPS (UVB). Elaboració pròpia.

UVB (0,1g) (30m/s)					
T-TEST	DELIAL	NIVEA	H. TROPIC	BONPREU	DELIPLUS
DELIAL	X	0,5313443236	0,01214498815	0,000833925621	0,03127681053
NIVEA	0,5313443236	X	0,01611131375	0,001585153513	0,001754648301
H. TROPIC	0,01214498815	0,01611131375	X	0,0155437714	0,1836696563
BONPREU	0,000833925621	0,001585153513	0,0155437714	X	0,0159498584
DELIPLUS	0,03127681053	0,001754648301	0,1836696563	0,0159498584	X

Taula 30. Test T-STUDENT 0,1 g de protectors 30 FPS (UVB). Elaboració pròpia.

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	219,04	4	54,76	2,663424125	0,06256235989	2,866081402
Within Groups	411,2	20	20,56			
Total	630,24	24				

Taula 31. Test ANOVA 0,05 g de protectors 30 FPS (UVA). Elaboració pròpia.

UVA (0,05g) (30m/s)					
T-TEST	DELIAL	NIVEA	H. TROPIC	BONPREU	DELIPLUS
DELIAL	X	0,1780156377	#NUM!	#NUM!	#NUM!
NIVEA	0,1780156377	X	0,1780156377	0,1780156377	0,1780156377
H. TROPIC	#NUM!	0,1780156377	X	#NUM!	#NUM!
BONPREU	#NUM!	0,1780156377	#NUM!	X	#NUM!
DELIPLUS	#NUM!	0,1780156377	#NUM!	#NUM!	X

Taula 32. Test T-STUDENT 0,05 g de protectors 30 FPS (UVA). Elaboració pròpia.

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	3142,2016	4	785,5504	146,6947526	0	2,866081402
Within Groups	107,1	20	5,355			
Total	3249,3016	24				

Taula 33. Test ANOVA 0,05 g de protectors 30 FPS (UVB). Elaboració pròpia.

UVB (0,05g) (30m/s)					
T-TEST	DELIAL	NIVEA	H. TROPIC	BONPREU	DELIPLUS
DELIAL	X	0,7009210761	0,003472399288	0,000006056355	0,006727235479
NIVEA	0,7009210761	X	0,001909454265	0,000078666051	0,06461099589
H. TROPIC	0,003472399288	0,001909454265	X	0,001910110808	0,016457968
BONPREU	0,000006056355	0,000078666051	0,001910110808	X	0,0000070037863
DELIPLUS	0,006727235479	0,06461099589	0,016457968	0,0000070037863	X

Taula 34. Test T-STUDENT 0,05 g de protectors 50 FPS (UVB). Elaboració pròpia.

COMPARATIVA 50FPS-30FPS		
QUANTITAT	0,1 g (50 FPS-30FPS)	0,05 g (50 FPS-30FPS)
T-TEST	0,0000002956110453	0,003274649522

Taula 35. Prova T-STUDENT per la comparativa entre protectors de 50 FPS i 30 FPS. Elaboració pròpia.

UVB DELIAL 0,1g (50 FPS VS 30 FPS)			UVB DELIAL 0,05g (50 FPS VS 30 FPS)		
50 FPS	30 FPS		50 FPS	30 FPS	
	16	16,8		18,3	22
	15,3	18,7		16,3	21,7
	16,5	16,9		17,1	19,5
	16,7	17		16,8	21,7
	16,5	16,8		18,8	20,2
T-TEST	0,1565492447		T-TEST	0,008939924105	

Taula 36. Prova T-STUDENT per la comparativa entre els protectors de 50 FPS i 30 FPS de marca Delial. Elaboració pròpia.

UVB NIVEA 0,1g (50 FPS VS 30 FPS)			UVB NIVEA 0,05g (50 FPS VS 30 FPS)		
50 FPS	30 FPS		50 FPS	30 FPS	
	15,3	17		20	19,5
	15,5	16,8		18,4	22
	15,5	16,8		17,7	19
	15,2	17,2		18,3	23,5
	15,5	17		17,8	23
T-TEST	0,0002992430232		T-TEST	0,05767417541	

Taula 37. Prova T-STUDENT per la comparativa entre els protectors de 50 FPS i 30 FPS de marca Nivea. Elaboració pròpia.

UVB BONPREU 0,1g (50 FPS VS 30 FPS)			UVB BONPREU 0,05g (50 FPS VS 30 FPS)		
50 FPS	30 FPS		50 FPS	30 FPS	
	17,2	23,5		26	54
	16,2	24,8		27,3	50,8
	21	25,1		28,2	51,5
	17,5	21,5		31,9	48,9
	18	21,6		47,3	49
T-TEST	0,004921239167		T-TEST	0,01524551294	

Taula 38. Prova T-STUDENT per la comparativa entre els protectors de 50 FPS i 30 FPS de marca Bonpreu. Elaboració pròpia.

UVB DELIPLUS 0,1g (50 FPS VS 30 FPS)			UVB DELIPLUS 0,05g (50 FPS VS 30 FPS)		
50 FPS	30 FPS		50 FPS	30 FPS	
	16,3	18,5		17	25
	16,3	18,5		17,7	25,6
	16,5	19,3		18,6	26,1
	16,5	19,6		18,3	25
	16,2	20,2		18,3	22,5
T-TEST	0,001022140311		T-TEST	0,0006187708738	

Taula 39. Prova T-STUDENT per la comparativa entre els protectors de 50 FPS i 30 FPS de marca Deliplus. Elaboració pròpia.

COMPARATIVA 0,1g-0,05g		
QUANTITAT	50 FPS (0,1g-0,05g)	30 FPS (0,1g-0,05g)
T-TEST	0,01018634194	0,000006316973251

Taula 40. Prova T-STUDENT per la comparativa entre filtres amb 0,1 g i 0,05 g de protector. Elaboració pròpia.

UVB DELIAL 50FPS (0,1 g VS 0,5 g)			UVB DELIAL 30FPS (0,1 g VS 0,5 g)		
0,1 g	0,05 g		0,1 g	0,05 g	
	16	18,3		16,8	22
	15,3	16,3		18,7	21,7
	16,5	17,1		16,9	19,5
	16,7	16,8		17	21,7
	16,5	18,8		16,8	20,2
T-TEST	0,04815846898		T-TEST	0,001645672711	

Taula 41. Prova T-STUDENT per la comparativa entre filtres amb 0,1 g i 0,05 g de protector Delial. Elaboració pròpia.

UVB NIVEA 50FPS (0,1 g VS 0,5 g)			UVB NIVEA 30FPS (0,1 g VS 0,5 g)		
0,1 g	0,05 g		0,1 g	0,05 g	
	15,3	20		17	19,5
	15,5	18,4		16,8	22
	15,5	17,7		16,8	19
	15,2	18,3		17,2	23,5
	15,5	17,8		17	23
T-TEST	0,002483007042		T-TEST	0,007059292864	

Taula 42. Prova T-STUDENT per la comparativa entre filtres amb 0,1 g i 0,05 g de protector Nivea. Elaboració pròpia.

UVB RILASTIL 50FPS (0,1 g VS 0,5 g)			UVB HAWAIIAN TROPIC 30FPS (0,1 g VS 0,5 g)		
0,1 g	0,05 g		0,1 g	0,05 g	
	15,3	16,5		19	32
	15,3	15,5		22,2	28,3
	15,3	15,5		23	34,2
	15,5	16,3		18,5	35,1
	15,5	16,5		21	38,8
T-TEST	0,02986696837		T-TEST	0,003420882045	

Taula 43. Prova T-STUDENT per la comparativa entre filtres amb 0,1 g i 0,05 g de protector Rilastil i Hawaiian Tropic. Elaboració pròpia.

UVB BONPREU 50FPS (0,1 g VS 0,5 g)			UVB BONPREU 30FPS (0,1 g VS 0,5 g)		
0,1 g	0,05 g		0,1 g	0,05 g	
	17,2	26		23,5	54
	16,2	27,3		24,8	50,8
	21	28,2		25,1	51,5
	17,5	31,9		21,5	48,9
	18	47,3		21,6	49
T-TEST	0,023514395		T-TEST	0,000004033954042	

Taula 44. Prova T-STUDENT per la comparativa entre filtres amb 0,1 g i 0,05 g de protector Bonpreu. Elaboració pròpia.

UVB DELIPLUS 50FPS (0,1 g VS 0,5 g)			UVB DELIPLUS 30FPS (0,1 g VS 0,5 g)		
0,1 g	0,05 g		0,1 g	0,05 g	
	16,3	17		18,5	25
	16,3	17,7		18,5	25,6
	16,5	18,6		19,3	26,1
	16,5	18,3		19,6	25
	16,2	18,3		20,2	22,5
T-TEST	0,003547137746		T-TEST	0,00306312717	

Taula 45. Prova T-STUDENT per la comparativa entre filtres amb 0,1 g i 0,05 g de protector Deliplus. Elaboració pròpia.