

# Estudi de la relació entre l'efecte d'algunes radiacions solars i el càncer de pell

Estudi en colònies bacterianes



*Colònia bacteriana. Font: Youtube – Biomedical Science*

Autors (pseudònims): *Chiquititi* i *Tub d'Assaig*  
2n Batxillerat  
2018-2019

# Índex

Introducció:	1
Motivacions	1
Hipòtesi	1
Objectius	1
Metodologia	2
Part teòrica:	3
1. La radiació solar	3
1.1. Definició	3
1.1.1. Classificació de les ones	3
1.1.2. Paràmetres de les ones	4
1.2. Tipus	5
2. ADN i mutacions	7
2.1. Definició i estructura	7
2.2. Funció i ARN	9
2.3. Mutacions	10
3. La radiació ultraviolada - Efectes sobre l'ADN	11
3.1. Com la rebem	11
3.2. Factors que determinen la potència de la radiació ultraviolada	11
3.3. Procediment – Com afecta l'UV a l'ADN	12
3.4. Reparació	14
4. Bacteris	15
4.1. Definició i estructura	15
4.2. Divisió bacteriana: Bipartició	15
4.3. Relació entre bacteris i colònies	16
5. Relació entre els bacteris i les cèl·lules humanes	17
6. La pell	17
6.1. Definició	17
6.2. Composició	18
6.3. Estructura	18
6.4. Funcions	19
7. Càncer de pell	19

7.1. Definició	19
7.2. Tipus	19
7.3. Causes	20
7.4. Tractament	20
Part pràctica:	22
8. Procediment	22
9. Material i mètode	23
9.1. Material utilitzat	23
9.2. Mètode: L'experiment pas a pas	25
a. Dilució	25
b. Extensió per les plaques	26
c. Irradiació	28
10. Resultats	30
10.1. Infraroig – Anàlisi de resultats	31
10.2. Ultraviolat – Anàlisi de resultats	34
10.3. Llum visible – Anàlisi de resultats	36
10.4. Comparativa entre radiacions	37
11. Conclusions	38
11.1. Infraroig	38
11.2. Ultraviolat	38
11.3. Llum visible	39
11.4. Conclusió general	40
Webgrafia i bibliografia	41
Annex:	48 // Numeració Annex 1
-Càlculs per la corba de regressió de la gràfica de colònies exposades a UVA	1
-Vídeo procediment experiment	2

# Introducció

## Motivacions

Vam iniciar aquest treball de recerca pel nostre actual interès en el temari de biologia, a més de voler ampliar els nostres coneixements en genètica, que era el tema que a tots dos més ens agradava. Addicionalment, ens va cridar l'atenció fer una investigació que tingués certa relació amb l'estudi del càncer, un problema de salut pública sempre present en la societat i que ens impulsa a saber-ne més.

## Hipòtesi

Nosaltres volem estudiar si la incidència de la llum visible, la radiació ultraviolada i la radiació infraroja que emet el Sol afecten a la vida de les cèl·lules procariotes i eucariotes. En les procariotes eliminant-les i en les eucariotes eliminant-les o provocant la seva transformació en cèl·lules neoplàsiques (cancerígenes):

**La radiació amb llum visible no provoca la mort cel·lular i l'aparició de tumors. Pel contrari, la llum ultraviolada i la radiació infraroja poden provocar la mort de cèl·lules i la l'aparició de tumors.**

## Objectius

Els nostres objectius a l'hora d'elaborar aquest treball són:

- Ampliar els nostres coneixements en genètica.
- Observar la relació entre diferents tipus de radiacions i l'aparició del càncer.
- Prendre consciència de la relació entre diferents tipus de radiació i la possible aparició de tumors en la vida quotidiana.
- Aprendre algunes tècniques de microbiologia.

## Metodologia

Volem veure les conseqüències de diverses radiacions en la mort i en la mutació cel·lular. Exposarem bacteris en medis de cultiu a radiacions: Dues plaques amb infraroigs, dues amb ultraviolats, dues amb llum d'una bombeta i dues de control que no rebran cap radiació. En 24-48 hores podrem veure els resultats. Segons la formació o no de colònies<sup>1</sup> en les plaques podrem veure quines radiacions provoquen mutacions i afecten al creixement cel·lular. Les plaques sense colònies tindran bacteris que hauran mutat i mort. Això ho podem extrapolar a cèl·lules eucariotes i indicar que aquestes radiacions podrien provocar la conversió d'aquestes cèl·lules en cèl·lules neoplàsiques i originar tumors.

---

<sup>1</sup> Colònies: Grup de bacteris de la mateixa espècie que conviuen junts però no formen un teixit.

# PART TEÒRICA

## 1. La radiació solar

### 1.1. Definició

Es defineix com a radiació solar<sup>2</sup> el conjunt de radiacions electromagnètiques que arriben a la Terra provinents del Sol. Una radiació electromagnètica és el conjunt d'ones amb components magnètics i elèctrics que es propaguen per l'espai simultàniament. Una ona és una pertorbació que es propaga per un medi transportant energia, però no matèria.

#### 1.1.1. Classificació de les ones

Les ones es poden classificar segons<sup>3</sup>:

**1.1.1.1.** La relació entre el moviment d'oscil·lació de les partícules del medi i la direcció de propagació de la ona:

**-Ones longitudinals:** El moviment d'oscil·lació de les partícules del medi és paral·lel respecte la direcció amb la que l'ona es propaga. Exemple: Les ones de la ràdio.

**-Ones transversals:** El moviment d'oscil·lació de les partícules del medi és perpendicular respecte la direcció amb la que l'ona es propaga. Exemple: La llum.

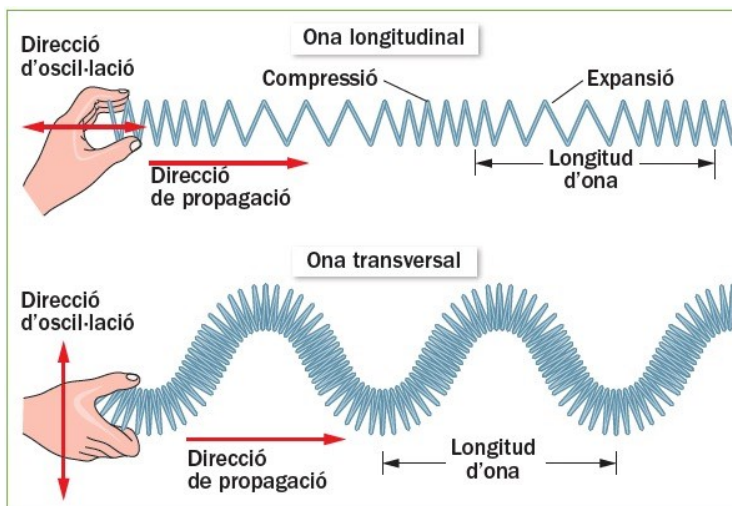


Figura 1. Ones longitudinals i transversals. Font: Blink Learning – J.M. Vilchez.

<sup>2</sup> AADD: Radiació solar, GRAN ENCICLOPEDIA CATALANA  
CARBÓ, Marc: l'Espectre electromagnètic, GOOGLE SITES TECNO3  
Definició radiació solar, ENERGIA SOLAR  
Radiación solar, WIKIPEDIA

<sup>3</sup> HIDALGO OLEA, Lucía: So i llum, Blog "CIÈNCIA ENTRE TOTS"  
VILCHEZ, J.M: Llibre digital Física i Química 4t ESO, Barcanova, BLINKLEARNING

### 1.1.1.2. El medi que necessiten les ones per propagar-se:

**-Ones mecàniques:** Són les que necessiten un medi físic per poder propagar-se, independentment de l'estat físic d'aquest. Exemple: Les ones sísmiques dels terratrèmols.

**-Ones electromagnètiques:** Són les que no depenen que hi hagi un medi físic perquè es puguin propagar. És per això que aquest tipus d'ona es propaga a través de dos camps, un elèctric i un magnètic. Exemple: Els raig X o els raig gamma ( $\gamma$ ).

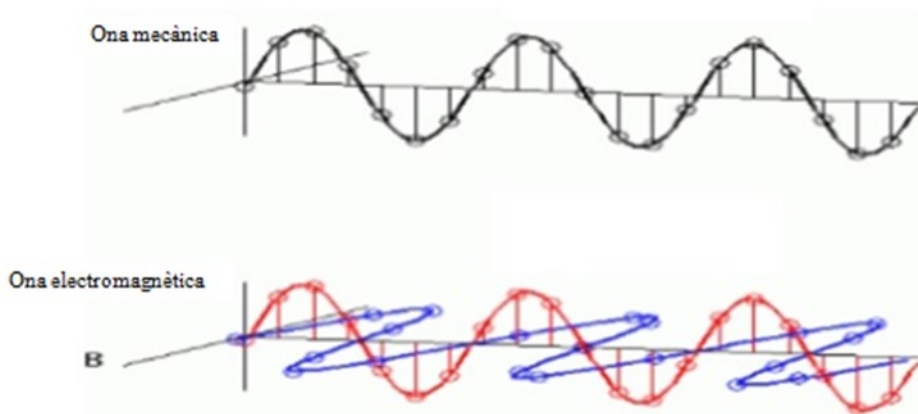


Figura 2. Ones mecàniques i electromagnètiques. Font: Institute of Sound and Vibration Research.

### 1.1.2. Paràmetres de les ones

Totes les ones, independentment del tipus que siguin, tenen una sèrie de paràmetres que els confereixen unes característiques específiques:

**1.1.2.1. Amplitud (A):** És la distància que hi ha entre l'eix sobre el qual es propaga l'ona i el punt més alt de la cresta d'ona.

**1.1.2.2. Longitud d'ona ( $\lambda$ ):** És la distància entre dos punts de l'ona que estan situats a la mateixa altura. Aquesta característica és única per a cada ona i és la que permet classificar-les.

**1.1.2.3. Període (T):** És el temps que tarda un punt de l'ona en fer una oscil·lació.

**1.1.2.4. Freqüència:** És el nombre d'oscil·lacions que fa un punt de l'ona cada segon. És un paràmetre que manté una relació inversament proporcional amb la longitud d'ona, el que significa que cada ona té la seva pròpia freqüència.

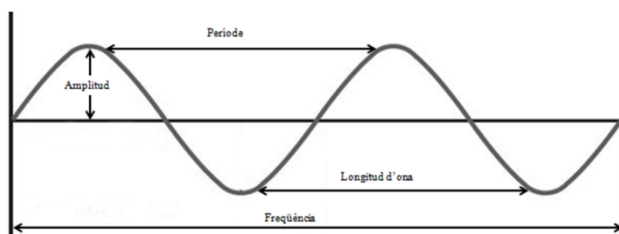


Figura 3. Paràmetres d'una ona. Font: Blog "Ciència entre tots".

Les radiacions electromagnètiques, segons la seva freqüència i la seva longitud d'ona, formen un espectre que va des d'ones de ràdio fins a rajos gamma. Dins l'espectre electromagnètic<sup>4</sup> trobem la llum visible, que és la petita porció compresa aproximadament entre 380nm i 780nm de longitud d'ona; les úniques radiacions que podem veure de tot l'espectre sense ajuda de tecnologia externa. La radiació solar inclou radiació infraroja, la llum visible ja esmentada i radiació ultraviolada, a més d'una petita quantitat d'altres radiacions (com X o gamma). La radiació és imprescindible per la vida a la Terra, dona llum, temperatura i permet la fotosíntesi, però l'exposició prolongada pot no ser tan positiva.

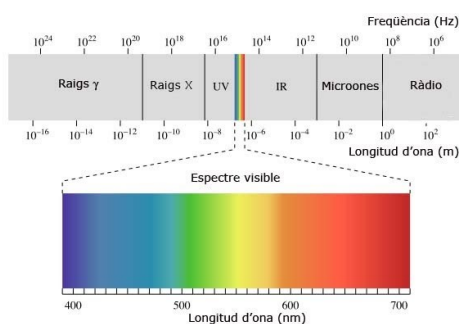


Figura 4. Espectre electromagnètic. Font: Google Sites de Marc Carbó.

## 1.2. Tipus

La composició de la radiació solar<sup>5</sup> és quàdruple:

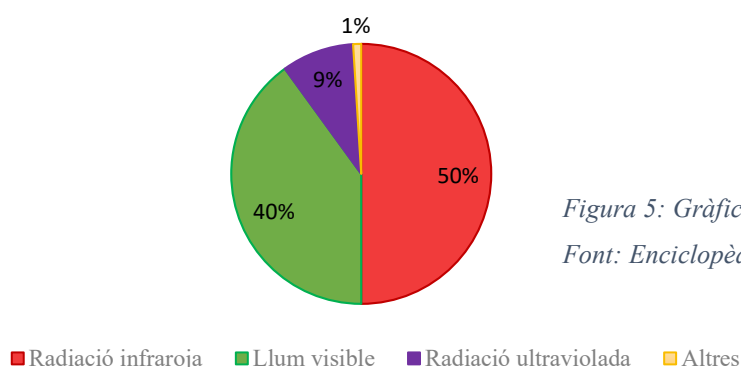


Figura 5: Gràfic dels percentatges de radiacions. Font: Enciclopèdia.cat i Solar-Energia.net.

El percentatge no és exacte amb total plenitud, i pot variar lleugerament segons la part del planeta.

La quantitat "d'altres" radiacions és tan petita que pel nostre estudi és menyspreable, a més de no travessar l'atmosfera gràcies als gasos que s'hi troben. Ens centrarem en les característiques i efectes de les radiacions majoritàries:

<sup>4</sup> CARBÓ, Marc: *L'espectre electromagnètic*, GOOGLE SITES TECNO3

<sup>5</sup> AADD: Enciclopèdia.cat



**Radiació infraroja<sup>6</sup>:** És una radiació d'ona curta, amb una longitud que oscil·la entre 700nm i 1mm, i que, encara que es troba molt propera a la llum visible (sota el vermell), no la podem veure a ull nu. Encara que part de la radiació infraroja es perd en travessar l'atmosfera (queda retinguda pels vapors d'aigua), part encara pot arribar a la superfície. Entre els seus efectes biològics principals hi trobem l'excitació de partícules, aquest increment de moviment provoca un augment de la temperatura. Aquest fenomen el produeix la radiació infraroja amb les ones més llargues, la superior a 760nm, en cas d'exposició a ones curtes (<760nm), l'efecte és pràcticament contrari, en lloc d'augmentar la temperatura i possiblement produir cremades als teixits on afecti, augmenta la producció de TGF- $\beta$ 1, una proteïna implicada en la reparació de teixits, és a dir, ajuda a la curació de ferides en lloc de provocar-les.

**Llum visible<sup>7</sup>:** És l'única porció de l'espectre electromagnètic que podem veure. Inclou ones d'entre 380nm i 780nm de longitud d'ona (a l'aire, a altres medis pot variar). Segons la longitud de l'ona observada veiem diversos colors, del vermell (proper als 700nm i a l'infraroig) al violeta (proper als 400nm i a l'ultraviolat). La llum no hauria de produir efectes directes sobre les cèl·lules en sentit que no poden activar cap procés, ja que teòricament no pot activar el rellotge biològic cel·lular ja que aquest és propi i intern i no li afecten els processos externs. El rellotge biològic és el procés que redueix o incrementa l'activitat segons el moment del dia. Dit això, hi ha un gran però, el cos i els seus òrgans necessiten una sincronització periòdica amb el món exterior, per ajustar-se als diferents ritmes de dia o nit, i per controlar aquesta sincronització actua el nucli supraquiasmàtic (NSQ), encarregat dels ritmes circadians. El NSQ rep informació de les cèl·lules ganglionars, situades a la retina, la interpreta i envia aquests estímuls al gangli cervical superior. D'aquí, la epífisis serà l'encarregada de l'alliberament d'hormones com la melatonina, inhibeix enzims o activa d'altres, aconseguint la regulació de l'activitat cel·lular. És així com la llum pot afectar a les nostres cèl·lules en els cicles de dia o nit.

**Radiació ultraviolada<sup>8</sup>:** Radiació compresa entre els 15i 400nm de longitud d'ona. Es troba molt propera al color violat (que sí podem veure). Part no arriba a la superfície de la Terra al ser les ones més curtes absorbides pels gasos de l'atmosfera. Aquestes ones més curtes són les més perilloses biològicament, i encara que una part es perdi cal tenir precaucions a la exposició

---

<sup>6</sup> *¿Qué es la radiación infrarroja?*, PREGÚNTELE A UN ASTRÓNOMO DE SPITZER

*Infraroig – Efectes Biològics*, VIQUIPÈDIA

<sup>7</sup> DESCHÈRES, Luis: *Los efectos visuales y biológicos de la luz*, ILUMINET

*Nucli supraquiasmàtic de l'hipotàlem anterior*, GLOSSARI PSICOFISIOLOGIA

*Núcleo supraquiasmático*, WIKIPEDIA

<sup>8</sup> GAMBOA, Laura: *Rayos ultravioleta*, PREZI

*¿Qué es la radiación ultravioleta?*, AMERICAN CANCER SOCIETY

*Radiación ultravioleta*, WIKIPEDIA

prolongada, fins i tot en dies nuvolats on sembla que arriba menys radiació, alguns núvols tènues poden actuar com a miralls i lupes incrementant el risc de rebre ultraviolats. És la radiació que més afecta biològicament als nostres organismes, i com pot afectar a l'ADN i a la reproducció d'organismes un dels usos pràctics més estesos és l'esterilització, ja que pot eliminar bacteries i fongs (amb un mínim de residus, com sí succeeix utilitzant altres productes químics). Els efectes sobre les cèl·lules són tan extensos i importants pel nostre estudi que hi dediquem el capítol 3.

## 2. ADN i mutacions

### 2.1. Definició i estructura<sup>9</sup>

L'àcid desoxiribonucleic (ADN) és la molècula encarregada d'emmagatzemar i codificar informació genètica. És una doble cadena en forma d'hèlix entrelaçada formada per nucleòtids, que són molècules comunes a tots els organismes vius; és a dir, l'ADN humà està format pel mateix tipus de molècules que les d'una mosca o una planta i el seu significat també és el mateix. Aquest fenomen s'anomena universalitat del codi genètic. Les dues cadenes són antiparal·leles, avança cadascuna en direcció contrària a l'altre, i estan unides mitjançant ponts d'hidrogen (2 o 3 depenent de quins nucleòtids siguin). Tots els organismes, unicel·lulars o pluricel·lulars, contenen ADN a les seves cèl·lules, siguin aquestes eucariotes o procariotes. La localització de l'ADN varia segons el tipus de cèl·lula on es trobi, si és eucariota l'ADN es troba majoritàriament a l'interior del nucli, i si és procariota dispers en el citoplasma cel·lular. Els nucleòtids que conformen l'ADN són una combinació de sucres (desoxiribosa en ADN), un grup fosfat i una base nitrogenada, que és la part variable que determina si el nucleòtid es tracta d'una adenina (A), una timina (T), una guanina (G) o una citosina (C). Les dues cadenes sempre són complementaries, és a dir, l'adenina A està unida a la timina T, i la guanina G a la citosina C. El grup fosfat està unit al carboni 5 de la desoxiribosa, i al carboni 1 s'hi uneix la base nitrogenada. Els nucleòtids s'uneixen entre ells mitjançant enllaços fosfodièster 5'-3', és a dir, s'uneix el grup fosfat al carboni 3 del sucre del següent nucleòtid amb un enllaç èster (com són dos èsters i a través del grup fosfat s'anomena enllaç fosfodièster, i el 5'-

---

<sup>9</sup> COROMINAS, *Pseudònim (anonimat)*: Dossier de Biologia de 4t ESO i 1r Batxillerat  
IRANZ, María: *Nucleotido*, BLOG DE BIOTECNOLOGÍA  
*Estructura del ADN*, ASTURNATURA  
*Nucleósidos y nucleótidos*, ASTURNATURA  
*Polinucleótidos – Ácidos nucleicos*, ASTURNATURA,  
*El ADN, los genes y el código genético*, CHILE BIO  
*Epigenética*, RADIOEBR  
*Composición de los ácidos nucleicos*, UNIVERSIDAD DE MURCIA  
*Ácid desoxiribonucleic*, VIQUIPÈDIA

3' és per la direcció de creixement de l'ADN). L'ordre i l'extensió de la cadena determinen la informació genètica que contingui.

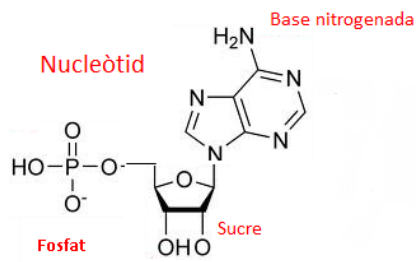


Figura 6. Nucleòtid amb parts. Font: Blog de Biotecnologia de María Iranz.

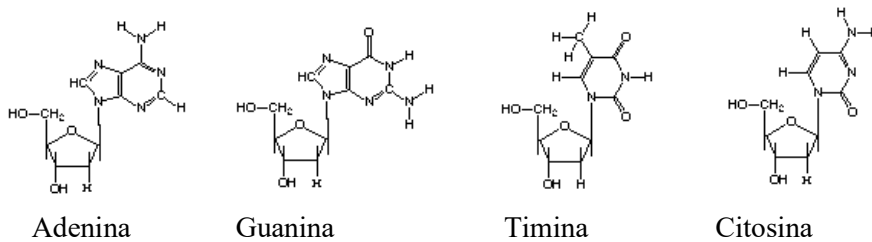


Figura 7. Diferents nucleòtids. Font: Universitat de Murcia (UM).

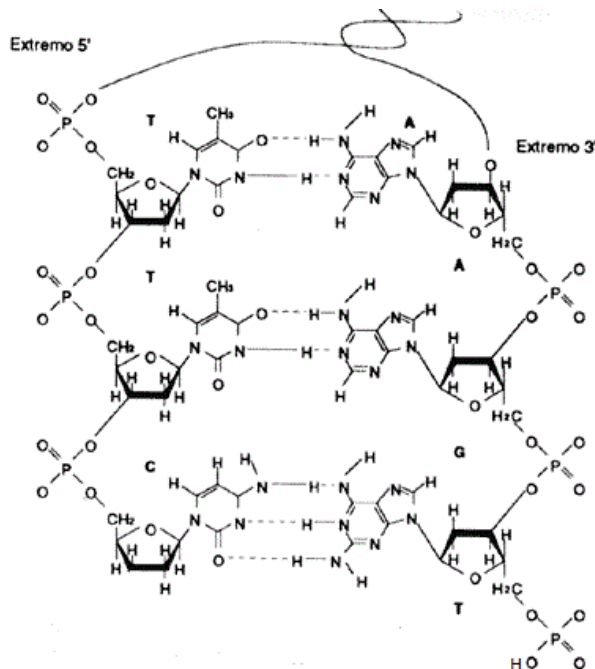


Figura 8. Nucleòtids units amb enllaços fosfodièster i emparellat al seu complementari amb ponts d'hidrogen. Font: Biblioteca digital de l'ILCE (Instituto Latinoamericano de Comunicación Educativa).

Per un major empaquetament de la informació la doble hèlix es replega sobre ella mateixa, igual que a l'interior del nucli la cromatina (ADN + Proteïnes) es replega en nucleosomes (fibres de 10nm), i 6 nucleosomes s'uniran en una estructura cilíndrica anomenada solenoide, que formarà les fibres de 30nm. Aquests solenoides, ancorats a la matriu de l'interior del nucli cel·lular, es replegaran encara més formant fibres de 50nm. El màxim nivell d'empaquetament de la cromatina

es produeix només a la fase de divisió de l'ADN, on la matriu forma un tub buit al voltant del qual es forma una “flor” de fibres de 50nm, aquest braç del cromosoma només es troba duplicat abans de dividir-se en l'anafase.

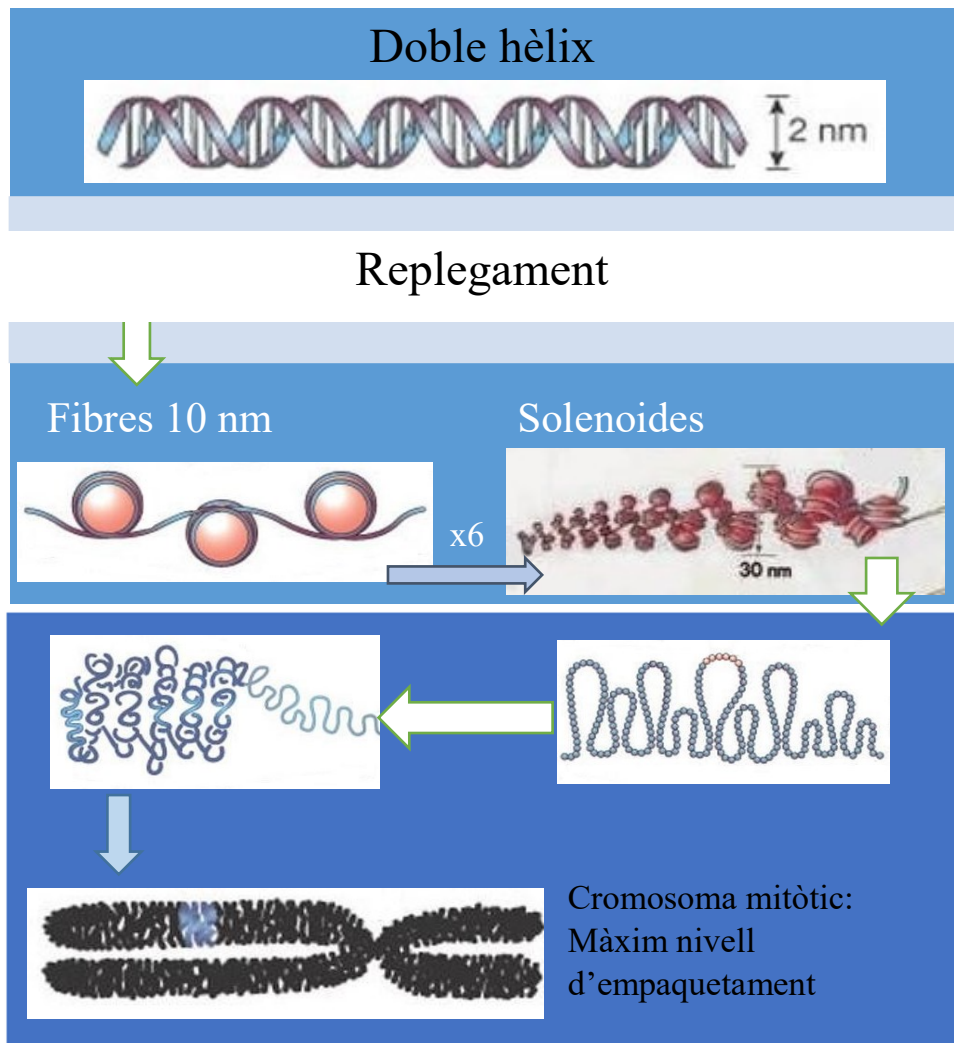


Figura 9. Empaquetament cromatínic. Font: Radio EBR Epigenètica i Semantic Scholar.

## 2.2. Funció i ARN<sup>10</sup>

La funció de l'ADN és guardar tota la informació genètica per fer funcionar la cèl·lula i les seves estructures i poder-se reproduir amb còpies del material genètic. La informació genètica està organitzada en gens, i a partir de l'ADN i l'ARN polimerasa es produeix la transcripció. Aquest procés consisteix en la fabricació d'una cadena còpia complementària al gen desitjat de l'ADN, però substituint la timina per uracil i la desoxiribosa per ribosa (el carboni dos té un oxigen

<sup>10</sup>Funciones de los ácidos nucleicos, ASTURNATURA  
Mirando dentro del gene, BIBLIOTECA DIGITAL DEL INSTITUTO LATINOAMERICANO DE LA COMUNICACIÓN EDUCATIVA  
El ADN, los genes y el código genético, CHILE BIO  
Epigenètica, RADIOEBR

associat, a diferència de la desoxiribosa). Aquesta nova molècula s'anomena ARN, i serà llegida en el procés anomenat traducció per ribosomes i poder sintetitzar proteïnes. La producció de la proteïna correcta depèn absolutament de la informació genètica continguda en l'ARN (i en l'ADN d'on s'ha copiat), cada triplet de ribonucleòtids (nucleòtids d'ARN) correspon a un aminoàcid concret.

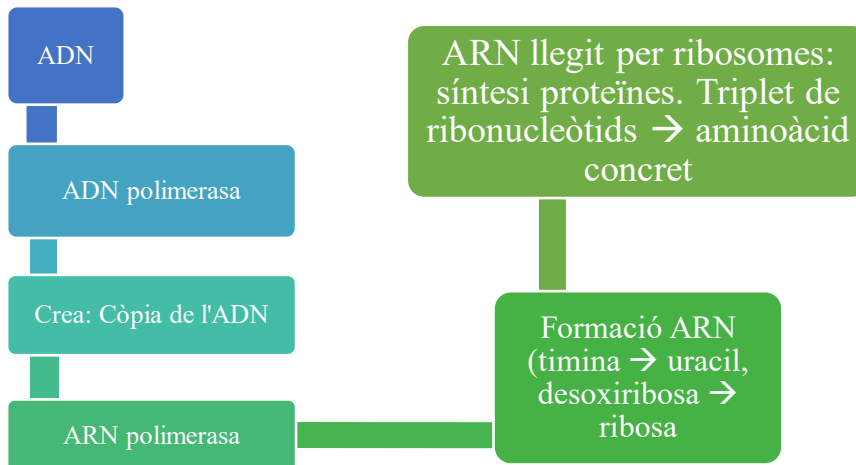


Figura 10. Esquema de formació d'ARN. Font: Asturnatura (informació, l'esquema és propi).

### 2.3. Mutacions<sup>11</sup>

Quan hi ha un canvi en la cadena d'ADN que provoca una seqüència d'informació diferent s'anomena mutació. Hi ha mutacions que no provocaran canvis en la forma de la proteïna i per tant, no afectaran al funcionament d'aquesta. Aquestes mutacions s'anomenen mutacions neutres. També pot passar que les mutacions en l'ADN siguin positives, ja que en formar l'ARN per transcripció i traduir-lo en la proteïna desitjada aquesta pot ser més eficient, treballar millor o permetre que aquesta treballi també sota unes noves condicions degut a les seves noves característiques (per tenir aminoàcids diferents). Habitualment, però, la proteïna sol formar-se malmesa, en el millor dels casos la cèl·lula afectada morirà però en altres pot haver errors en la producció i reproducció de la cèl·lula, començant a reproduir-se sense control i formar un tumor. També existeix la possibilitat que la mutació no afecti a la transcripció, ja que hi ha diversos triplets associats a un mateix aminoàcid, així que pot haver variat la seqüència i encara així formar la mateixa proteïna.

<sup>11</sup> COROMINAS, Pseudònim (anonimat): Dossier de Biologia de 4t ESO i 1r Batxillerat  
 SOLER, Manuel: *Las causas de las mutaciones*, SESBE – THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA MUSEUM OF PALEONTOLOGY (UCMP)

Les mutacions són la base de l'evolució, ja que permeten que individus amb certs caràcters diferents en l'ADN que poden formar proteïnes millorades o diferents puguin aguantar malalties o condicions climàtiques (per exemple) que els altres individus de la mateixa espècie no. Són totalment accidentals, encara que hi ha factors que incrementen el risc exponencialment, com l'exposició a certes radiacions.

### 3. La radiació ultraviolada – Efectes sobre l'ADN<sup>12</sup>

Segons la capacitat de penetració en la nostra pell la radiació ultraviolada es pot classificar en 3 tipus:

**-Radiació UVA:** És la que més penetra al nostre cos. Tot i així és la menys nociva. Produeix canvis a la pell a llarg termini i també pot provocar modificacions en l'ADN.

**-Radiació UVB:** Té més energia que la radiació UVA però no té la seva capacitat de penetració. Així doncs, no ens arriba tanta quantitat d'aquesta radiació com la UVA.

**-Radiació UVC:** És la més nociva de totes. Malgrat tot, té molt poca força de penetració, el que fa que quedi absorbida per la capa d'Ozó.

#### 3.1. Com la rebem

La majoria de radiació ultraviolada prové del Sol. Aquesta radiació és capaç de penetrar en la nostra pell i produir efectes perjudicials per la salut. Tot i així, la capa d'Ozó de l'atmosfera n'absorbeix gran part, protegint-nos d'aquesta radiació.

#### 3.2. Factors que determinen la potència de la radiació ultraviolada

**-Hora del dia:** La potència de la radiació ultraviolada augmenta si els raigs del Sol arriben perpendicularment a nosaltres. Aquesta situació es produeix entre les 10 del matí i les 4 de la tarda.

**-Temporada de l'any:** Les estacions en les quals els raigs ultraviolats són més potents són l'estiu i la primavera.

**-Latitud:** La latitud és la distància que hi ha des de qualsevol punt de la superfície de la Terra amb l'equador. A mesura que augmenta, també augmenta la potència dels raigs ultraviolats.

**-Altitud:** En els punts on hi ha més altitud la capa d'Ozó és més curta. Per això la radiació és més elevada a major altitud.

---

<sup>12</sup> GAMBOA, Laura: *Rayos ultravioleta*, PREZI  
*¿Qué es la radiación ultravioleta?*, AMERICAN CANCER SOCIETY  
*Radiación ultravioleta*, WIKIPEDIA

**-Formació de núvols:** L'aparició de núvols pot bloquejar el pas de la radiació ultraviolada o també pot reflectir-la i augmentar la seva potència. Tot i així, cal tenir en compte que la radiació ultraviolada pot travessar les capes de núvols.

**-La superfície:** Les superfícies que tenen colors més propers al blanc poden reflectir la radiació ultraviolada. Per contra, els colors propers al negre la absorbeixen.

### 3.3 Procediment – Com afecta l'UV a l'ADN<sup>13</sup>

Quan una cèl·lula queda exposada a la radiació ultraviolada aquesta queda afectada sobretot en el seu ADN. Concretament la radiació ultraviolada fa que es formen enllaços entre dues timines consecutives, originant una estructura anomenada dímer de timidina. Quan es forma aquest enllaç l'ADN queda inservible, ja que no es podrà transcriure correctament i quan es repliqui s'originaran mutacions en el lloc on s'ha originat el dímer de timidina i es col·locaran altres nucleòtids o senzillament no es col·locarà cap nucleòtid provocant un canvi de fase. Aquest fet és molt greu, doncs a l'hora de transcriure originarà un ARNm amb tota una seqüència de nucleòtids canviats. Això provocarà una alteració molt gran a l'hora d'originar una proteïna, doncs tots els aminoàcids codificats a partir de la mutació estaran malament.

---

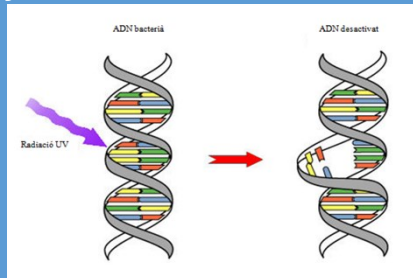
<sup>13</sup> GAMBOA, Laura: *Rayos ultravioleta*, PREZI

SOLER, Manuel: *Las causas de las mutaciones*, SESBE – THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA MUSEUM OF PALEONTOLOGY (UCMP)

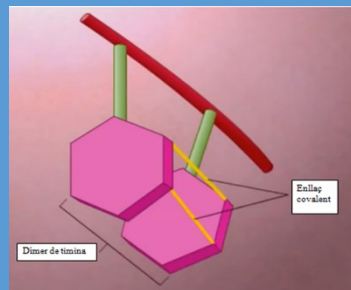
*Radiación UV y mutación del ADN*, Publicat [16/11/2009] a YOUTUBE (VIdEoMeD22, 1:51)

## Exposició de l'ADN a UV

Es formen enllaços entre dues Timines consecutives



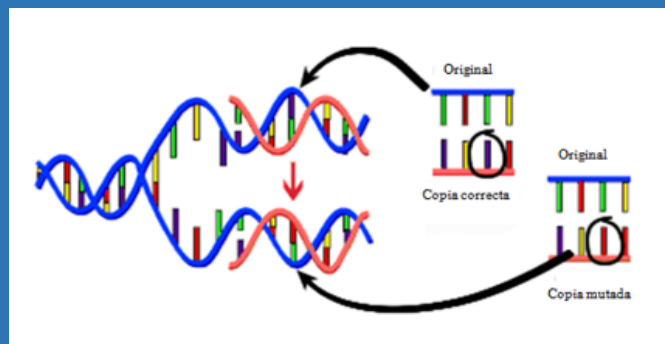
Dímer de Timidina



ADN Inservible - Al replicar provoca mutacions al dímer

Es col·locaran nucleòtids incorrectes

No es col·locarà cap nucleòtid



Canvia tota la cadena a partir d'aquest punt → Alteració greu en la formació de la proteïna (tots mutats a continuació)

Figura 11. Efectes de l'ADN amb exposició als UV. Font: Sesbe (The University of California Museum of Paleontology – UCMP) i Youtube (Radiación UV y mutación del ADN).



### 3.4. Reparació<sup>14</sup>

Hi ha dues formes possibles d'eliminar els enllaços covalents entre les bases nitrogenades causats per la radicació ultraviolada:

**-Reparació lluminosa:** És un mecanisme que necessita llum visible. Consisteix en que un enzim anomenat Fotoliasa utilitza l'energia de la llum visible per trencar els enllaços covalents.

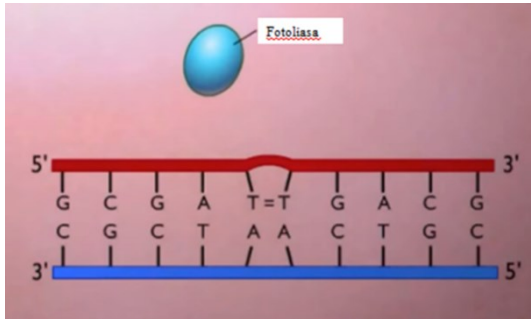


Figura 12. Fotoliasa i la reparació lluminosa. Font: Youtube.

**-Reparació fosca:** Aquest mecanisme no necessita llum visible. Consisteix en que un enzim trenca el segment de la cadena/hebra de l'ADN que conté l'enllaç doble. Després, un enzim anomenat ADN polimerasa reconstrueix la cadena correctament i l'ADN lligasa forma un enllaç fosfodièster que enllaça el fragment amb la resta de la cadena.

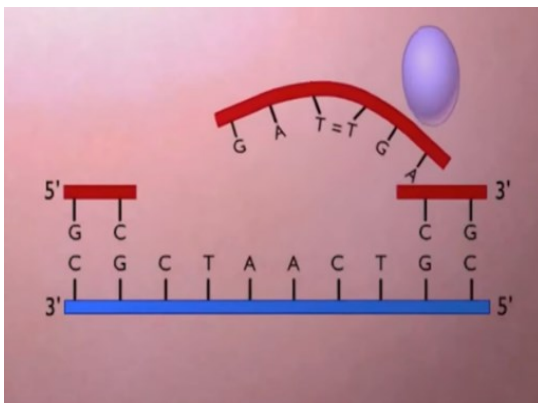


Figura 13. Reparació fosca (primera part). Font: Youtube.

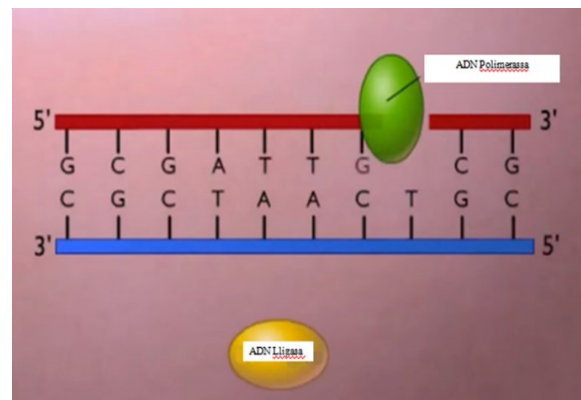


Figura 14. Reparació fosca (segona part). Font: Youtube.

<sup>14</sup> GAMBOA, Laura: *Rayos ultravioleta*, PREZI

*Tratamiento del carcinoma de células basales*, AMERICAN CANCER SOCIETY

*Radiación UV y mutación del ADN*, Publicat [16/11/2009] a YOUTUBE (VldEoMeD22, 1:51)

## 4. Bacteris

### 4.1. Definició i estructura<sup>15</sup>

Els bacteris són microorganismes unicel·lulars amb un diàmetre d'entre 1 i 10 micres. Són cèl·lules procariotes primitives que no formen mai teixits, en tot cas colònies de col·laboració i associació entre ells. La forma és variable, trobem cocs, basils, espirils i vibris. No presenten orgànuls membranosos desenvolupats, en el seu lloc trobem uns replegaments en la membrana anomenats mesosomes que fan les funcions dels orgànuls. El 90% presenten una paret formada per

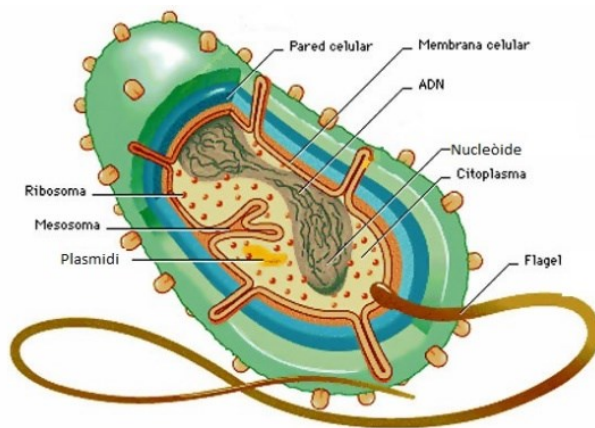


Figura 15. Bacteri. Font: *Biografías y vidas*.

peptidoglicà<sup>16</sup>, a l'interior d'aquesta trobem una membrana i a l'exterior a vegades una mucosa per unir-se al medi o entre ells. El seu ADN està constituït per un sol cromosoma de forma circular, i trobem també altres petits fragments d'ADN als plasmidis, lliures en el citoplasma. L'ADN bacterià encara que es troba lliure al citoplasma per l'absència de nucli també es troba replegat gràcies a unes proteïnes bàsiques.

Quan es forma l'ARN aquest no ha de patir cap maduració com a cèl·lules eucariotes, i és policistrònic, és a dir, conté informació per la síntesi de més d'una proteïna. Els ribosomes que faran aquesta síntesi (procés de traducció) són petits i amb un coeficient de sedimentació de 70S.

### 4.2. Divisió bacteriana: Bipartició<sup>17</sup>

El bacteri augmentarà de mida durant la seva vida fins arribar a un punt fixe on es reproduirà, majoritàriament mitjançant mètodes asexuals per bipartició. El procés s'inicia amb la replicació de l'ADN, on aquest es troba en estat cromosòmic. L'ADN es dividirà en dues cadenes, i cada cadena separada fabricarà una nova cadena complementària, acabant amb dues cadenes idèntiques a la inicial. La membrana cel·lular a continuació començarà a tibar dels cromosomes, separant-los, i començarà a produir-se una invaginació on la cèl·lula serà comprimida pel centre fins separar la cèl·lula original en dues, cadascuna amb el material genètic idèntic. Les colònies de bacteris

<sup>15</sup> *Las bacterias*, BIOGRAFÍAS Y VIDAS

COROMINAS, *Pseudònim (anonimat)*: Dossier de Biologia de 4t ESO i 1r Batxillerat

<sup>16</sup> **Peptidoglicà**: Heteropolímer format de monosacàrids (glúcids) i aminoàcids (constituents de proteïnes) molt resistent que forma i limita la paret dels bacteris.

<sup>17</sup> COROMINAS, *Pseudònim (anonimat)*: Dossier de Biologia de 4t ESO i 1r Batxillerat

*La funció de reproducció*, RECURSOS TIC EDUCACIÓN PROYECTO BIOSFERA  
*Bipartició*, VIQUIPÈDIA

poden créixer a velocitats gegantines, i de forma artificial es pot formar una colònia mitjançant un medi de cultiu amb bacteris on aquí, amb recursos pràcticament il·limitats, es multiplicaran a gran velocitat.

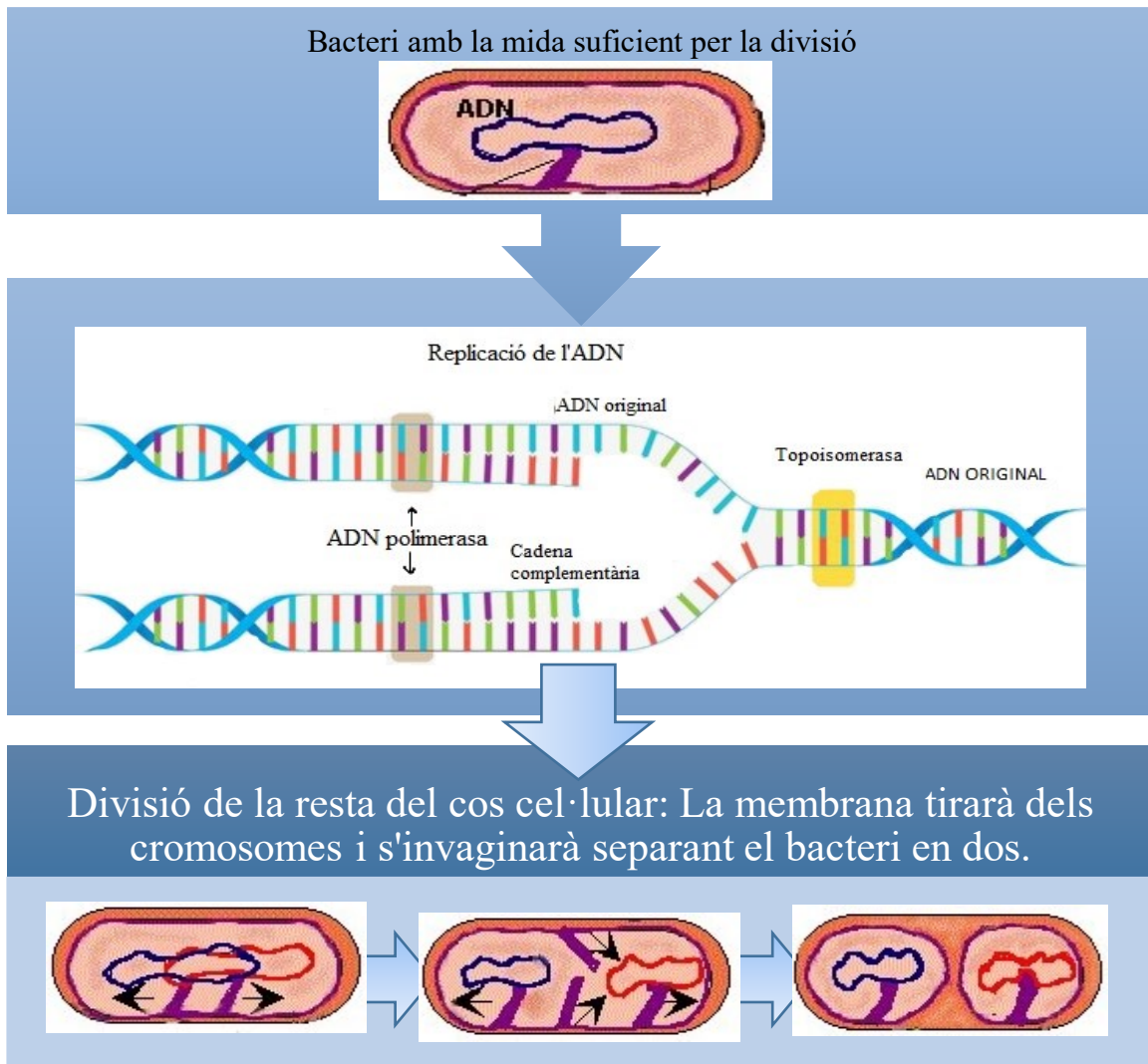


Figura 16. Esquema de la divisió bacteriana. Font: Proyecto Biosfera (Recursos TIC Educació) i PNGTree.

### 4.3. Relació entre bacteris i colònies

Els bacteris, col·locats en un medi de cultiu sòlid, tenen els nutrients necessaris per créixer, dividir-se i formar colònies. Com hem definit al peu de pàgina de la metodologia (pàgina 2, peu <sup>[1]</sup>), les colònies són grans conjunts de bacteris que viuen col·lectivament però són independents els uns dels altres. Una colònia, formada per una enorme quantitat de bacteris, és macroscòpica, visible a ull nu, a diferència d'un bacteri.

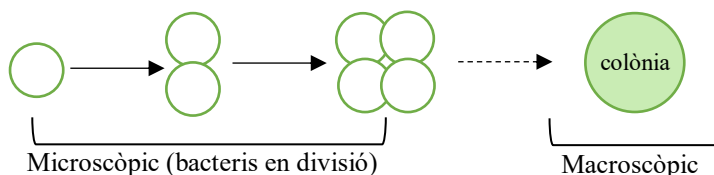


Figura 17. Esquema de formació de colònies. Font: Pròpia.

## 5. Relació entre els bacteris i les cèl·lules humanes<sup>18</sup>

Utilitzar bacteris per estudiar les cèl·lules eucariotes humanes i les variacions en l'ADN és possible gràcies a diverses característiques i similituds entre els dos tipus de cèl·lules, encara que podria semblar inicialment que tenen masses diferències, sent la més òbvia que les cèl·lules humanes són eucariotes (tenen nucli) i els bacteris no. Factors com la simplicitat dels bacteris ajuden a la seva manipulació i creixement, permetent una experimentació senzilla, a més de ser organismes simples que respondran de forma immediata als estímuls que els hi apliquem. Els efectes d'aquests estímuls o agents externs sobre l'ADN bacterià seran molt similars als efectes sobre un material genètic humà degut a la seva gran semblança. Els efectes no seran exactament idèntics, però un experiment en bacteris que provoqui alteracions en el seu material genètic ens permet deduir els mateixos efectes en ADN humà, ja que tindran conseqüències semblants. Els bacteris són cèl·lules primitives, i una alteració en el seu material genètic; una mutació, no provocarà una resposta de l'organisme per reparar-lo (com a cèl·lules eucariotes), simplement molts cops morirà. Les nostres cèl·lules són més complexes, i tenen en canvi mètodes de reparació del material mutat o danyat. Això pot salvar multitud de vides cel·lulars, però alteracions en el fenotip poden provocar la conversió a una cèl·lula neoplàsica, és a dir, una cèl·lula cancerígena. Les cèl·lules mutades poden deixar d'obeir les ordres del teixit de reproducció i independitzar-se, començant a produir gran quantitat de cèl·lules cancerígenes amb reproducció descontrolada. Aquest fenomen es coneix com a càncer i pot estendre's per tot el cos i provocar múltiples danys<sup>19</sup>. Per les diferències en l'efecte de les mutacions en bacteris i en cèl·lules eucariotes (humanes) podem experimentar amb bacteris però considerant que moltes morts cel·lulars provocades per les mutacions si fossin cèl·lules humanes podrien derivar no en la mort de la cèl·lula, sinó en la formació de tumors.

## 6. La pell

### 6.1. Definició

La pell és<sup>20</sup> un teixit viu i flexible que cobreix tot el cos dels organismes animals per protegir tota classe d'estructures, òrgans, aparells i sistemes dels agents externs. La pell es renova constantment per adaptar-se a tots els possibles canvis que es produeixin en el medi ambient.

---

<sup>18</sup> COROMINAS, *Pseudònim (anonimat)*: Dossier de Biologia de 4t ESO i 1r Batxillerat  
DESCHÈRES, Luis: *Los efectos visuales y biológicos de la luz*, ILUMINET

[19] El càncer es tracta en major profunditat en la pàgina 19, apartat 7.

<sup>20</sup> ALE, Jess: *La piel*, PREZI

## 6.2. Composició<sup>21</sup>

Les principals cèl·lules que hi ha a la pell són tres:

- Queratinòcids:** Aquestes cèl·lules formen una proteïna anomenada queratina que, en el cas de la pell, compleix una funció estructural d'impermeabilitat.
- Melanòcids:** Són les cèl·lules que s'encarreguen de la protecció contra els diferents tipus de radiacions que emet el Sol. També determinen el color de la pell.
- Cèl·lules de Langerhans:** Són cèl·lules que formen part del sistema immunitari. S'ocupen de la funció de receptors d'agents externs de la pell.

## 6.3. Estructura

La pell està formada per tres capes:

- Epidermis:** És la capa més exterior de la pell. Està formada per quatre subcapes: Si les observem de l'exterior cap a l'interior trobem la capa còrnia, la capa granular, la capa mucosa (fa de protecció contra impactes), i la capa basal.
- Dermis:** És la capa sensorial. Està formada per vasos sanguinis, cèl·lules immunològiques i receptors sensorials que detecten canvis de temperatura i pressió. També poden detectar els cops i transmetre estímuls.
- Hipodermis:** És un teixit format per lípids. La seva funció és la reserva d'energia.

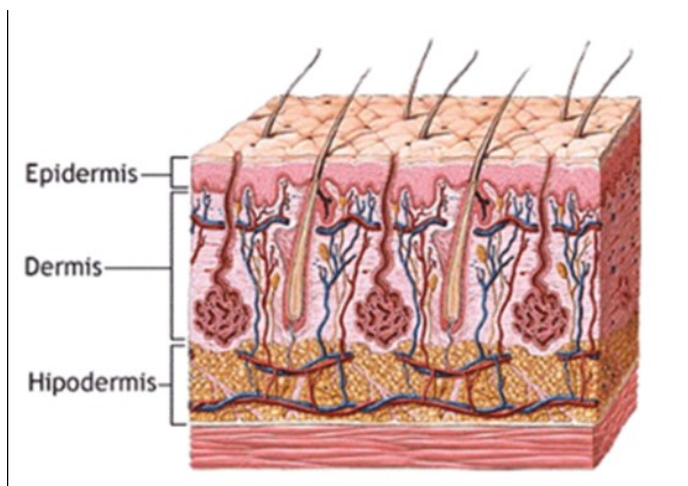


Figura 18. Estructura de la pell. Font: Col·legi Maristes Valldemia Mataró.

<sup>21</sup> Què és la pell, COL·LEGI MARISTES VALLDEMIA MATARÓ

## 6.4. Funcions

**-Funció de protecció:** Gràcies a la seva impermeabilitat, resistència, flexibilitat i mecanismes immunològics, la pell és capaç de resistir atacs físics, químics o de bacteris.

**-Funció de transmissió:** A través de les terminacions dels nervis del sistema nerviós perifèric la pell pot transmetre senyals elèctriques amb informació que arriba al sistema nerviós central (cervell). Aquests estímuls poden ser tàctils, tèrmics, de dolor...

**-Funció d'intercanvi:** A la pell s'esdevenen molts intercanvis entre substàncies com, per exemple, la regulació de la temperatura corporal a través de l'evaporació d'aigua en forma de suor, formada per les glàndules sudorípares.

## 7. El càncer de pell<sup>22</sup>

### 7.1. Definició

El càncer de pell consisteix en el creixement descontrolat de cèl·lules de la pell, provocant un tumor. Aquestes cèl·lules canceroses solen originar-se a partir d'una mutació en l'ADN de les cèl·lules epitelials a causa de la captació de la radiació ultraviolada.

### 7.2. Tipus

Hi ha tres tipus principals de càncer de pell.

**-Càncer de cèl·lules basals:** El carcinoma de cèl·lules basals és el tipus de càncer de pell més comú. En aquest cas les cèl·lules basals s'uneixen les unes amb les altres a la capa més interior de l'epidermis.

**-Càncer de cèl·lules escamoses:** Consisteix en el creixement de les cèl·lules escamoses que formen la capa més exterior de l'epidermis.

**-Melanoma:** És el càncer de pell més perillós de tots perquè pot afectar a diferents òrgans interns del cos.



*Figura 19. Tipus de càncer. D'esquerra a dreta: Cèl·lules basals, cèl·lules escamoses i melanoma. Font: Prezi "El Càncer de Piel" de Rafaela Gregori.*

<sup>22</sup> GREGORI, Rafaela: *Càncer de piel*, PREZI

### 7.3. Origen

Tot i que no són un factor clau, existeixen hàbits que fan tenir més possibilitats alhora de contraure un càncer de pell.

- Exposició a la llum del sol a llarg termini.
- Exposició solar intensa durant poc temps.
- Causes hereditàries o genètiques.

Un dels símptomes possibles per aquest càncer és l'aparició de taques que provoquen picor, dolor i fins i tot hemorràgies. Acostumen a tenir un color blau fosc.

### 7.4. Tractament<sup>23</sup>

El diagnòstic precís determina el tipus de tractament, i un diagnòstic precoç ajuda a millorar l'èxit del tractament. S'aconsella la visita a l'especialista davant qualsevol anomalia a la pell. Les característiques que determinen quin tipus de tractament s'ha de fer són:

- Mida i localització del tumor.
- Edat del pacient.
- Estat físic i psicològic del pacient.

#### *Possibles tractaments:*

- Cirurgia:
  - Raspat i electrodessecació: S'aplica en la majoria de casos de càncers de cèl·lules basals. Aquest mètode requereix de més d'una repetició per assegurar-se de que el càncer queda eliminat.
  - Escissió: Consisteix en anestesiàr el tumor per extreure'l amb l'ajuda d'una bisturí. Amb l'extracció del tumor també s'extreu una part de la pell sana. Aquesta pell es torna a inserir al cos deixant una cicatriu on abans hi havia el tumor.
  - Cirurgia de Mohs: És el mètode que s'aplica en els casos en que el càncer es troba en zones com el nas, els ulls, el cap, el front o els dits. Sobretot aquesta cirurgia s'aplica en tumors que reapareixen després d'haver quedat eliminats.

El passos que segueixen en la intervenció són:

1. El cirurgià extreu una mostra de la pell amb el tumor per observar-la amb el microscopi.

---

<sup>23</sup> GREGORI, Rafaela: *Càncer de pell*, PREZI  
*¿Que es la radioterapia?*, Publicat [25/04/2013] a YOUTUBE (GenesisCare España, 1:10)

2. S'extreu una altra mostra. Si conté cèl·lules canceroses es repeteix el procediment fins que no en queda cap.

Aquest mètode requereix molt temps i és molt complex. És per això que no és un tractament molt recomanable i només s'aplica en casos concrets.

- Radioteràpia: És el tractament que s'aplica als pacients que no poden rebre el tractament per cirurgia. Normalment aquests casos són deguts a que el tumor es troba en zones més difícils d'operar com les parpelles.

Aquest mètode consisteix en inserir radiació ionitzada al pacient (radiació x o radiació gamma) gràcies a uns acceleradors lineals. No obstant, la radiació pot afectar tant a les cèl·lules canceroses com a les cèl·lules sanes del pacient. És per això que aquest tractament pot provocar símptomes al pacient com vòmits o pèrdua del cabell. La duració d'aquest tractament sol variar entre una i fins a vuit setmanes.

- Quimioteràpia. Consisteix en eliminar les cèl·lules canceroses atacant-les amb diferents tipus de radiacions. Aquest procediment elimina les cèl·lules canceroses però també elimina cèl·lules sanes. És un tractament molt complicat i que requereix molta atenció mèdica perquè, mentre es dona lloc el procediment el sistema immunològic del pacient és debilitat i una malaltia com un refredat pot causar molts problemes.



## PART PRÀCTICA

### 8. Procediment

La part teòrica ens ha ajudat a comprendre els conceptes bàsics necessaris per a la part experimental del nostre estudi. Entendrem quina és la relació entre les radiacions que ens arriben del Sol i com aquestes poden ser un factor determinant sobre el càncer. Aplicarem aquest coneixement teòric de l'efecte de les radiacions a un experiment on podrem veure les conseqüències en la formació de colònies a l'exposició a la radiació. Per realitzar el nostre experiment farem servir deu plaques amb bacteris en medi de cultiu, on s'hi podrien formar diverses colònies amb el transcurs de poc temps. Exposarem tres de les deu a llum d'una bombeta, tres a radiació infraroja, tres més a ultraviolat i l'última no la exposarem a cap radiació (aquesta serà el control, ja que seran les mateixes condicions que rebria un medi bacterià a la natura, sense acció humana). Passades 24-48 hores observarem com han evolucionat les colònies: Si s'han arribat a formar, si han crescut sense cap problema, quantes s'han generat... Repetirem l'experiment un segon cop per comprovar la fiabilitat dels resultats i així comprovar o refutar la nostra hipòtesi de manera més fiable. Aquests resultats seran extrapolats a cèl·lules humanes i s'estudiarà com (i quina) radiació pot provocar mutacions, i conseqüentment, tumors i càncer. En procarïotes les mutacions maten els bacteris però en eucariotes les mutacions poden derivar en formar cèl·lules neoplàsiques, que es dividiran sense control i formaran tumors. Comparant les colònies formades al control i a la resta de plaques podrem saber també el percentatge de mortalitat que provoca cada radiació, o si afecten en absolut al creixement.

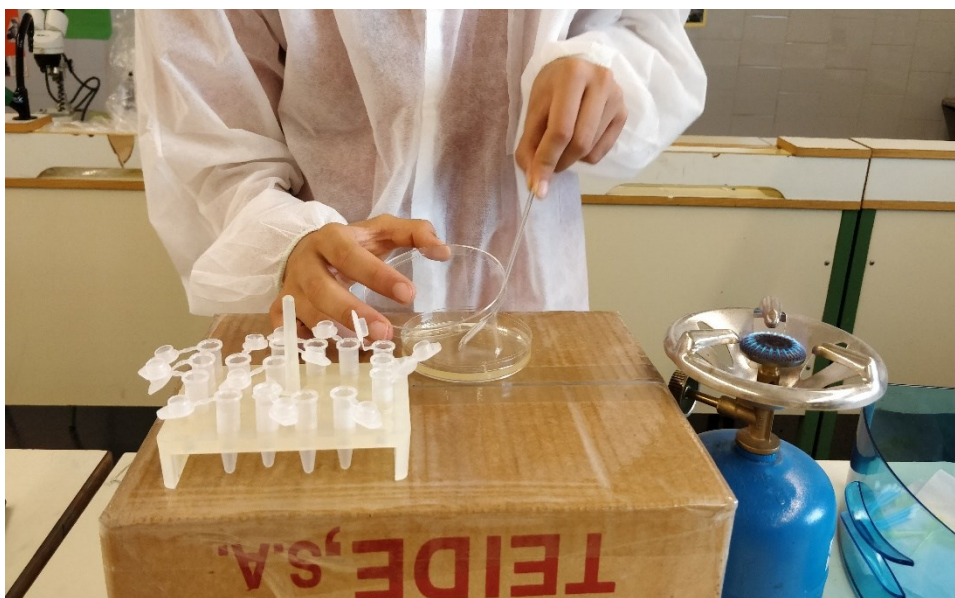


Figura 20. Extensió del bacteri per la placa, part del procediment de l'experiment. Procés il·lustrat amb un vídeo, enllaç a l'Annex. Font: Pròpia.

## 9. Material i mètode

### 9.1. Material utilitzat

Elaborem una llista amb tot el material que vam necessitar per la realització de l'experiment:

- Medi de cultiu líquid
- Bacteri *Serratia* saturat en un tub (no pot créixer més)
- Alcohol (etanol) i bec de Bunsen (fogonet) per esterilitzar
- 10 plaques de Petri
- Assa de Digralsky
- Vas de precipitats
- Micropipetes graduades
- Puntes de micropipeta
- Tubs d'Eppendorf on fer les dilucions
- Gradeta dels tubs
- Pinces
- Superfície estèril on fer l'experiment (en el nostre cas una caixa esterilitzada amb alcohol)
- Làmpada d'infraroig
- Esterilitzador d'ultraviolat
- Bombeta de llum blanca
- Rellotge
- Retolador
- Estufa



Figura 21. Alcohol i bec de Bunsen (fogonet) per esterilitzar. Font: Pròpia

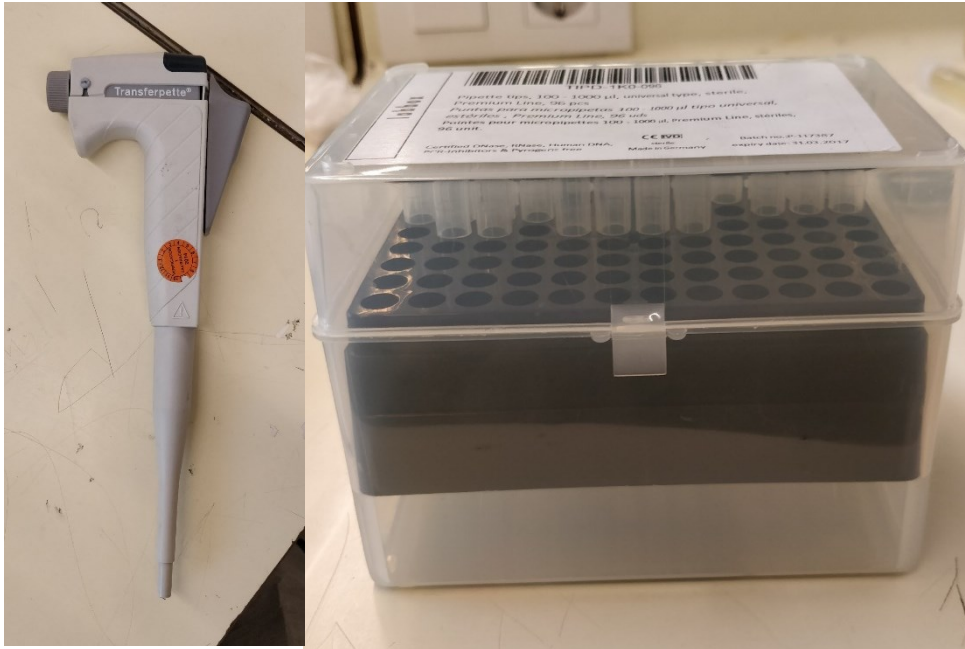


Figura 22. Micropipeta graduada i puntes per la micropipeta. Font: Pròpia.

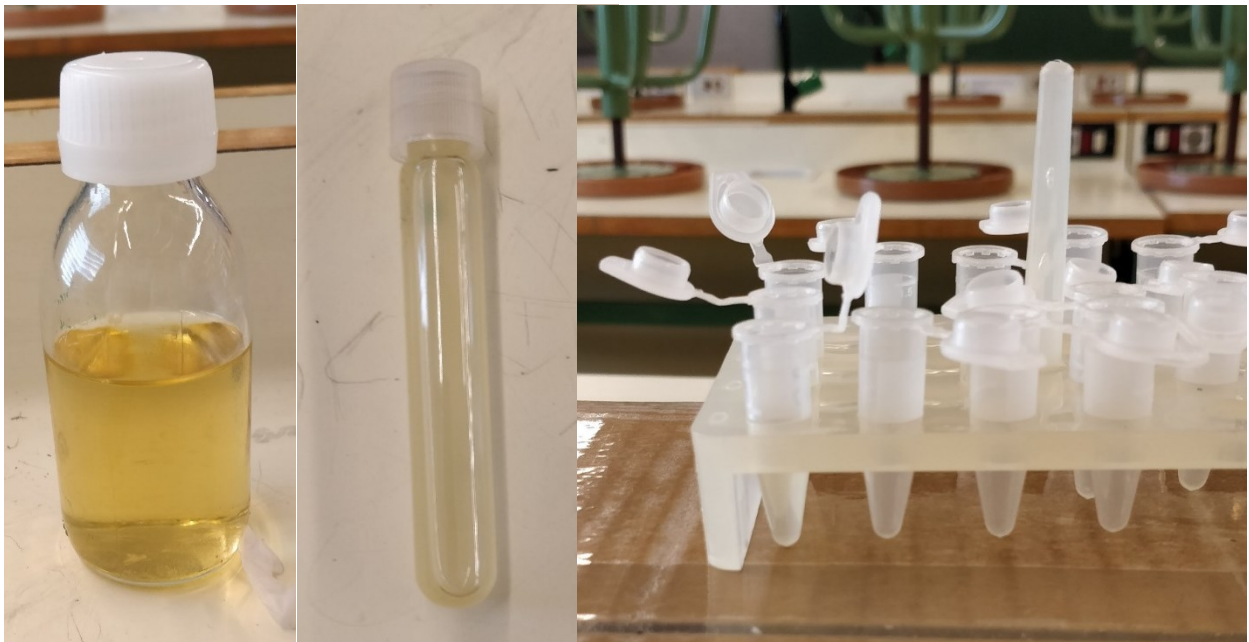


Figura 23. Medi de cultiu i bacteri *Serratia saturat* (no pot créixer més). Als tubs d'Eppendorf dins la gradeta s'han diluït les barreges fins  $10^6$  vegades. Font: Pròpia.



Figura 24. Recipient d'ultraviolat i làmpada d'infraroig. A més d'irradiar, el primer també s'utilitza per esterilitzar alguns materials com puntes per la micropipeta. Font: Pròpia.

## 9.2. Mètode: L'experiment pas a pas

### a. Dilució

Per reduir la quantitat de bacteri que estendrem per la placa diluïrem  $10^6$  vegades la quantitat que afegim inicialment. Abans de començar agafem la superfície on treballarem (una caixa de cartró recoberta de cinta de plàstic) i l'esterilitzem netejant-la amb alcohol. També encendrem un fogonet (bec de Bunsen) al costat per esterilitzar l'ambient (per si algun bacteri per exemple provinent de la nostra boca per si parlem a prop saltés). Comencem prenent  $990\mu\text{l}^{24}$  de medi de cultiu i introduint-los en un tub d'Eppendorf. Per fer-ho necessitarem introduir una micropipeta graduada a  $990\mu\text{l}$  amb la seva punta corresponent dins el recipient del cultiu, prenem la quantitat marcada i ho aboquem al tub d'Eppendorf. A continuació canviem la micropipeta per una menor graduada a  $10\mu\text{l}$  (que farà servir unes puntes més petites, que en aquest cas han estat en la cambra d'ultraviolat esterilitzades), agafem bacteri *Serratia* i l'afegim al mateix tub d'Eppendorf. Tant el recipient de cultiu com el tub del bacteri els apropem al fogonet per eliminar possibles bacteris que hagin quedat a l'extrem, ja que han estat oberts i es poden haver contaminat. A continuació tanquem el tub d'Eppendorf i el sacsegem per barrejar bé el medi de cultiu amb el bacteri. Ara tenim un tub d'Eppendorf amb  $990\mu\text{l}$  de medi i  $10\mu\text{l}$  de bacteri *Serratia* barrejats.

<sup>24</sup>  $\mu\text{l}$  = Microlitres.  $10^{-6}$  litres =  $1\mu\text{l}$

Repetim el procés en un altre tub, però ara en comptes de posar 10µl de *Serratia* els agafarem del tub d'Eppendorf que acabem de fer. D'aquesta forma el segon tub d'Eppendorf no tindrà 990µl de medi i 10µl de bacteri, sinó 10µl de l'anterior dissolució.

Finalment repetim el procés un tercer cop, amb 990µl de medi i 10µl del segon tub d'Eppendorf. Marquem aquest tercer (i últim) tub amb una S de *Serratia* per no confondre'l amb els altres tubs d'Eppendorf que hi ha a la gradeta. Aquesta serà la dissolució que estendrem per les plaques. Amb aquest procés hem diluït la quantitat de bacteri que estendrem, ja que no tenim una micropipeta que permeti agafar una quantitat tan petita de bacteri directament.

### **b. Extensió per les plaques<sup>25</sup>**

A continuació estendrem la mateixa quantitat de dissolució per les 10 plaques que posteriorment irradiarem. Per estendre el bacteri en medi de cultiu començarem agafant la micropipeta graduada i prenent 10µl de la dissolució prèviament creada de bacteri i medi de cultiu. Agafem una placa de Petri nova, l'obrim i en un costat (no al centre) hi posem els 10µl extrets. A continuació, agafem l'Assa de Digralsky, que es trobava en un vas de precipitats amb un parell de dits d'alcohol per estar estèril i l'acostem al fogonet. La punta, que estava en contacte amb l'alcohol, cremarà i provocarà una petita flama, esterilitzant totalment l'Assa i deixant-la lliure de bacteris. A continuació utilitzarem l'Assa per estendre el bacteri per la placa, però prèviament l'hem de refredar (si ara mateix toquéssim els bacteris amb l'Assa els cremaríem i moririen). Per refredar-la obrim la placa i toquem amb l'Assa durant uns 15 segons (ambdós costats) a un extrem de la placa (l'extrem contrari on hem col·locat els bacteris, el més lluny possible per no cremar-los). D'aquesta forma disminuirà la temperatura de l'Assa i ja la podrem fer servir per estendre els bacteris per tota la placa. Per fer-ho cal fregar amb una lleugera pressió i repartir els bacteris per tota la placa. Per acabar tanquem la placa i l'apartem, retornem l'Assa al vas amb alcohol i repetim fins obtenir totes les plaques necessàries, en el nostre cas 10. Hi haurà dissolució de bacteri-medi de sobra per totes les plaques, ja que anem prenent només 10µl per placa i en tenim 1000 (990 de pur medi i 10 de la dilució anterior). Cal prendre una punta nova de micropipeta cada vegada per evitar contaminar les plaques.

---

<sup>25</sup> Aquest procés compta amb un vídeo il·lustratiu adjuntat en un pen-drive i en un enllaç a l'Annex.



*Figura 25. Prenent bacteri en dissolució amb la micropipeta per estendre'l per la placa.  
Font: Pròpia.*



*Figura 26. Esterilització de l'Assa de Digralsky cremant l'alcohol on s'hi trobava. Font:  
Pròpia.*

### c. Irradiació

Ara ens trobem amb 10 plaques amb la dissolució del bacteri *Serratia* estès per elles. Irradiarem 3 amb cada radiació (llum visible, infraroig, ultraviolat) i la restant, sense exposar-la a cap radiació, serà el control. Cada tipus de radiació compta amb 3 plaques, una serà exposada 30 segons, una segona 60 i la tercera 90 segons. Per exposar a ultraviolat farem servir l'esterilitzador d'ultraviolat on s'hi trobaven les puntes de micropipeta<sup>26</sup>, i anirem col·locant les plaques d'una en una durant el temps establert. La cobertura de plàstic impedeix que la radiació surti i consegüentment, ens afecti a nosaltres. Per qualsevol irradiació cal treure la tapa de la placa de Petri, ja que com està feta de plàstic també protegeix el contingut de l'interior de radiacions exteriors. Marcarem cada placa amb el tipus de radiació que han rebut i el temps d'exposició. Per la radiació infraroja farem servir la làmpada d'infraroig. De nou l'exposició serà de 30, 60 i 90 segons, i la distància entre la bombeta de la làmpada i on vam col·locar les plaques és de 30 cm. Marquem les plaques amb el retolador i les tapem de nou. Finalment, l'exposició a llum visible la realitzarem amb el fluorescent del laboratori. En aquest cas anàvem tapant les plaques cada 30 segons, i posteriorment les marcàvem. Per acabar deixarem que els bacteris creixin en les plaques durant uns dies. Per controlar la temperatura i el temps les deixarem dins una estufa a 27° durant uns dies fins veure resultats. En el nostre cas, realitzant l'experiment un divendres, dilluns ja vam prendre resultats.

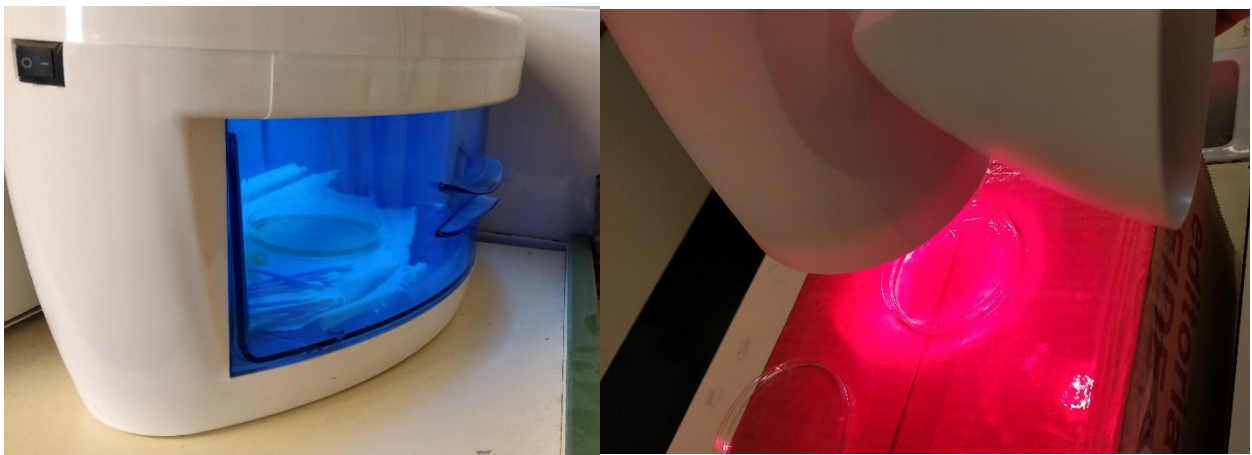


Figura 27. Irradiació amb ultraviolat i amb infraroig. Font: Pròpia.

---

<sup>26</sup> Consultar figura 24, pàgina 25.

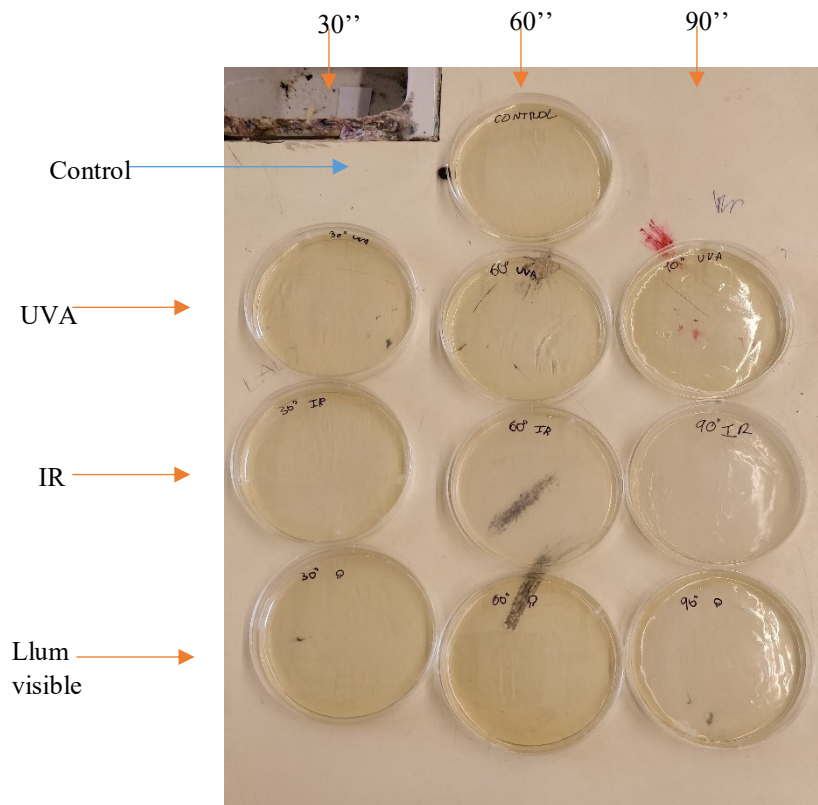


Figura 28. Totes les plaques irradiades i marcades.  
Font: Pròpia.



Figura 29. Estufa (interior i exterior). Plaques col·locades a l'interior de l'estufa. Font: Pròpia.



## 10. Resultats

Vam haver de realitzar el nostre experiment diversos cops degut a que la primera vegada no vam obtenir resultats. Degut a la manca total de colònies, tant al control com a les irradiades, sospitem que possiblement l'error es va donar en refredar amb l'Assa en el lateral de la placa. L'absència de bacteris va poder donar-se perquè vam cremar-los amb l'Assa massa calenta. Al nostre segon intent vam augmentar el temps de refredament de l'Assa (de 5 a 15 segons) aconseguint que es pogués realitzar l'experiment i es formessin colònies. Al control van formar-se **51 colònies**, i segons la radiació i el temps d'exposició les altres van variar molt. Posteriorment vam repetir l'experiment 2 cops més, aconseguint **32 i 48** colònies als controls. A la taula següent hem recollit el nombre de colònies obtingudes en cada un dels tres experiments segons cada radiació i cada temps d'exposició. També inclou les mitjanes de cada radiació, que s'utilitzaran als posteriors gràfics.

Temps	IR				UVA				Llum visible			
	Exp1	Exp2	Exp3	MITJANA	Exp1	Exp2	Exp3	M	Exp1	Exp2	Exp3	M
30''	33	20	30	27,67	25	15	26	22,0	40	25	38	34,33
60''	34	22	29	28,33	6	3	5	4,67	40	25	36	33,67
90''	23	15	21	19,67	4	1	2	2,33	46	24	35	35,0
control	51	32	48	43,67	51	32	48	43,67	51	32	48	43,67

## 10.1. Infraroig - Colònies

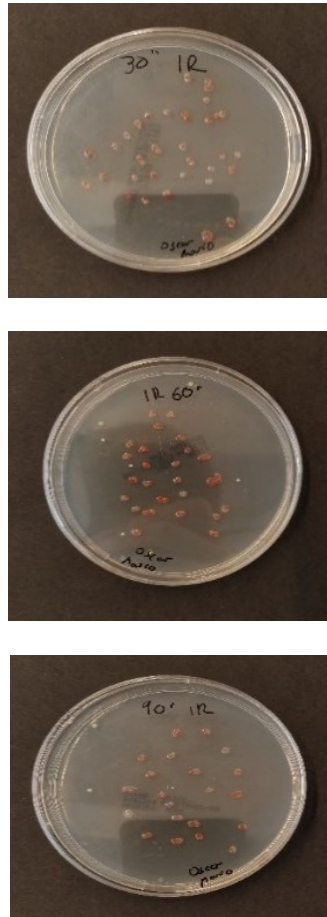
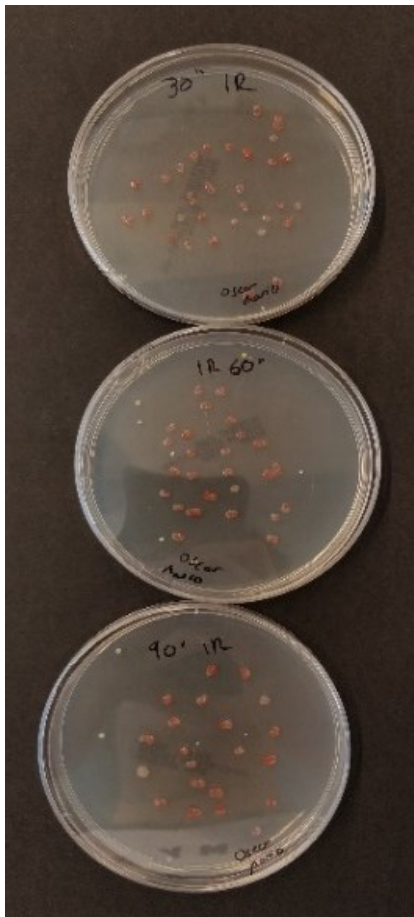
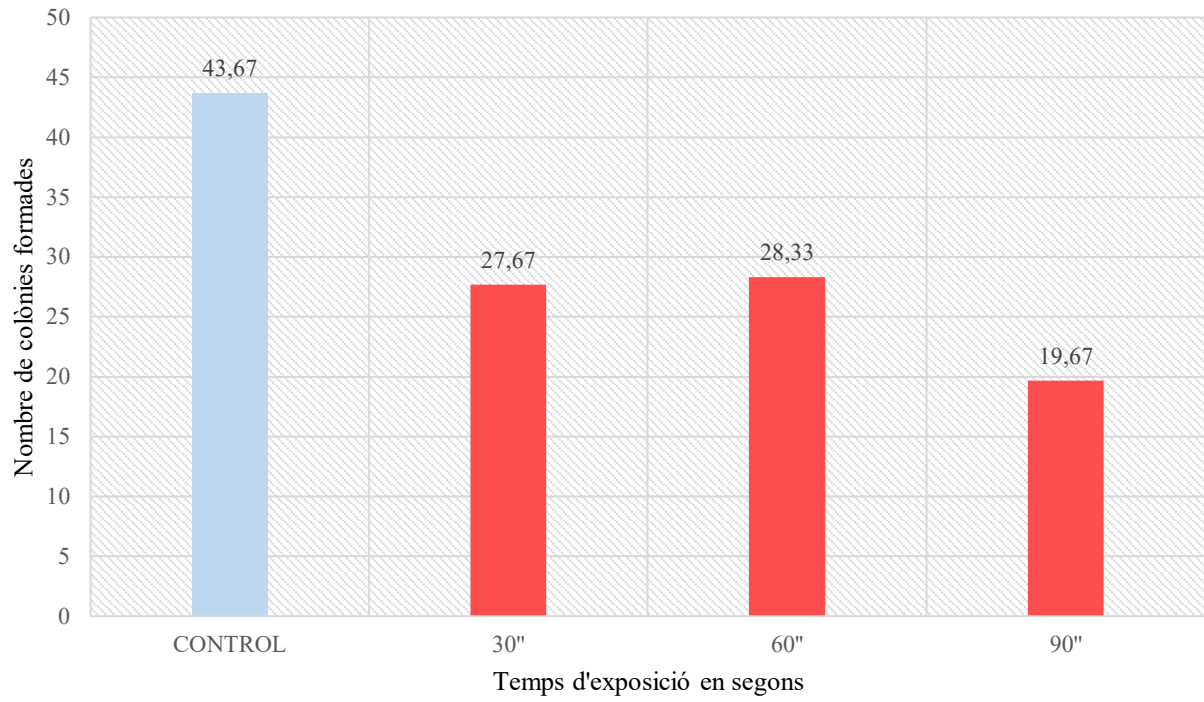


Figura 30. Gràfic de colònies formades en les plaques irradiades amb infraroig. També fotografies de les plaques amb les colònies. Font: Pròpia.

**Infraroig - Anàlisi de resultats:** Com veiem a la gràfica realitzada amb les mitjanes de colònies obtingudes, el control mostra unes 44 colònies. En aplicar radiació durant 30'' trobem unes 28 colònies, quantitat que es manté també als 60''. Finalment, als 90'' s'ha reduït el nombre a unes 20.

Malgrat que el diagrama de barres anterior ja ens indica com afecta l'acció de la radiació IR a la supervivència dels bacteris, en veure que els valors del segon experiment variaven força dels valors dels experiments 1 i 3 vam creure convenient per fer un millor estudi de l'acció de la radiació IR fer una recta de regressió<sup>27</sup> de cada experiment i comparar els seus pendents. La taula següent recull el nombre de colònies obtingudes a cada experiment segons el temps d'exposició a radiació infraroja (en segons). A més a més, d'aquesta manera podríem fer una mitjana dels pendents i dels termes independents de les equacions i obtenir una equació general que ens relacionés la mort cel·lular amb el temps d'exposició a la radiació IR.

	Control (0'')	30''	60''	90''	Equació de la recta de regressió:	Coefficient de correlació <sup>28</sup> :
Experiment 1	51	33	34	23	$y = -0,28x + 47,7$	-0,92
Experiment 2	32	20	22	15	$y = -0,63x + 29,6$	-0,89
Experiment 3	48	30	29	21	$y = -0,27x + 44,3$	-0,93
<b>Equació mitjana general → <math>y = -0,39x + 40,5</math></b>						

<sup>27</sup> L'obtenció de les rectes es va fer amb calculadora, utilitzant la funció d'estadística pel càlcul de rectes de regressió.

<sup>28</sup> Obtingut també amb la calculadora. Ens permet veure la relació entre els valors amb els que s'ha obtingut la recta, que són molt propers, tal i com ens indiquen aquests coeficients, molt propers a -1.

El següent gràfic mostra les tres rectes de regressió i la recta mitjana de les altres tres, representades amb valors obtinguts amb les equacions.

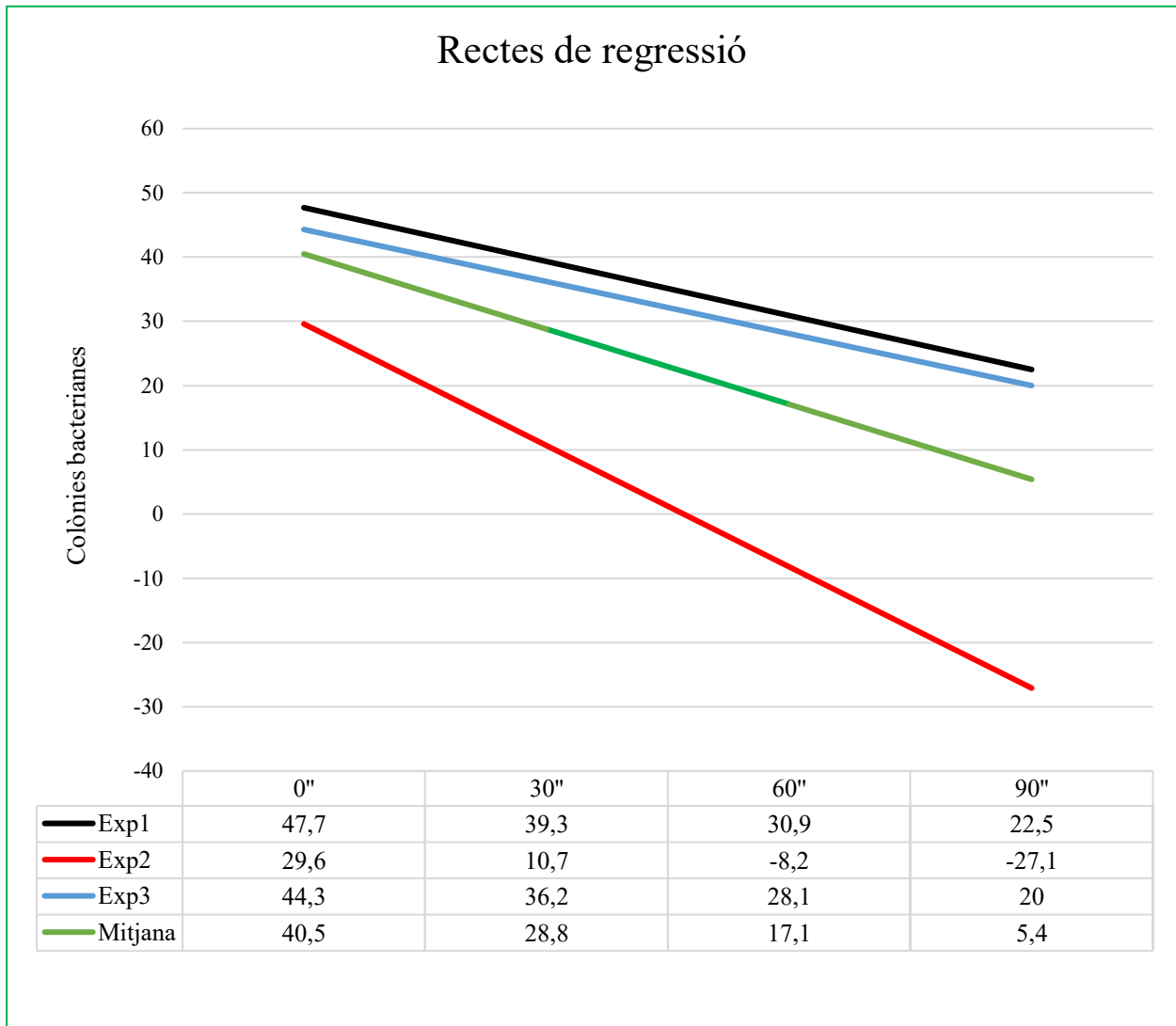


Figura 31. Gràfic amb rectes de regressió representades, els valors obtinguts s'han obtingut amb les equacions. Com veiem, la disminució de les colònies en l'experiment 1 i 3 és gairebé idèntica, amb rectes pràcticament paral·leles. L'experiment dos mostra una recta de regressió amb una reducció encara més dràstica. La recta representada en verd és l'equació mitjana, amb el pendent i terme independent mitjà de les altres 3. Font: Pròpia.

## 10.2. Ultraviolat - Colònies

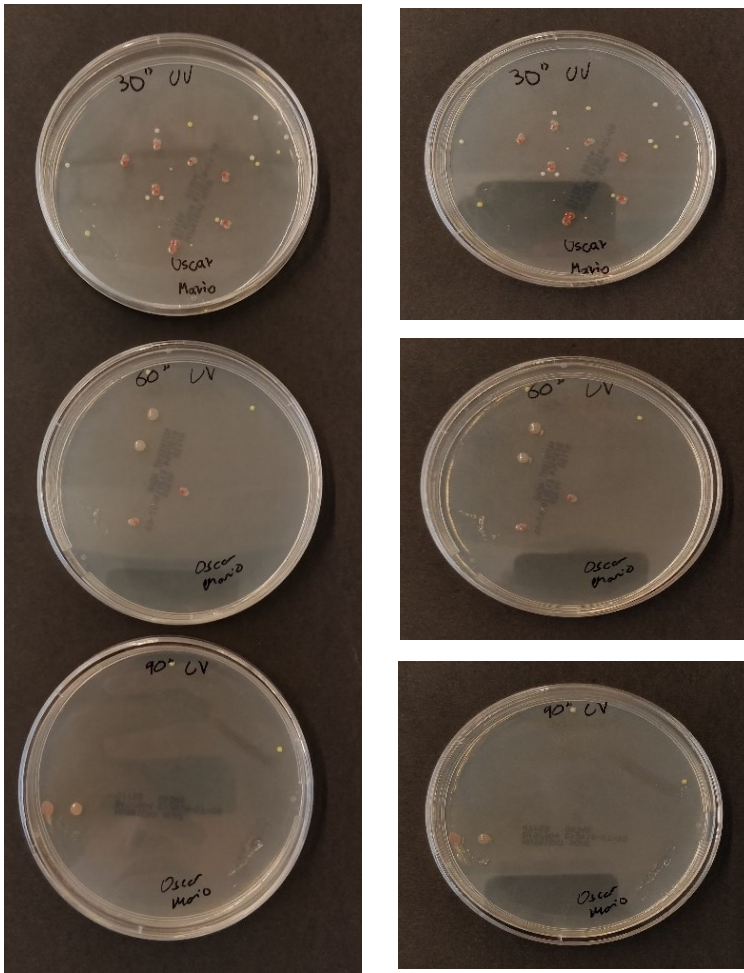
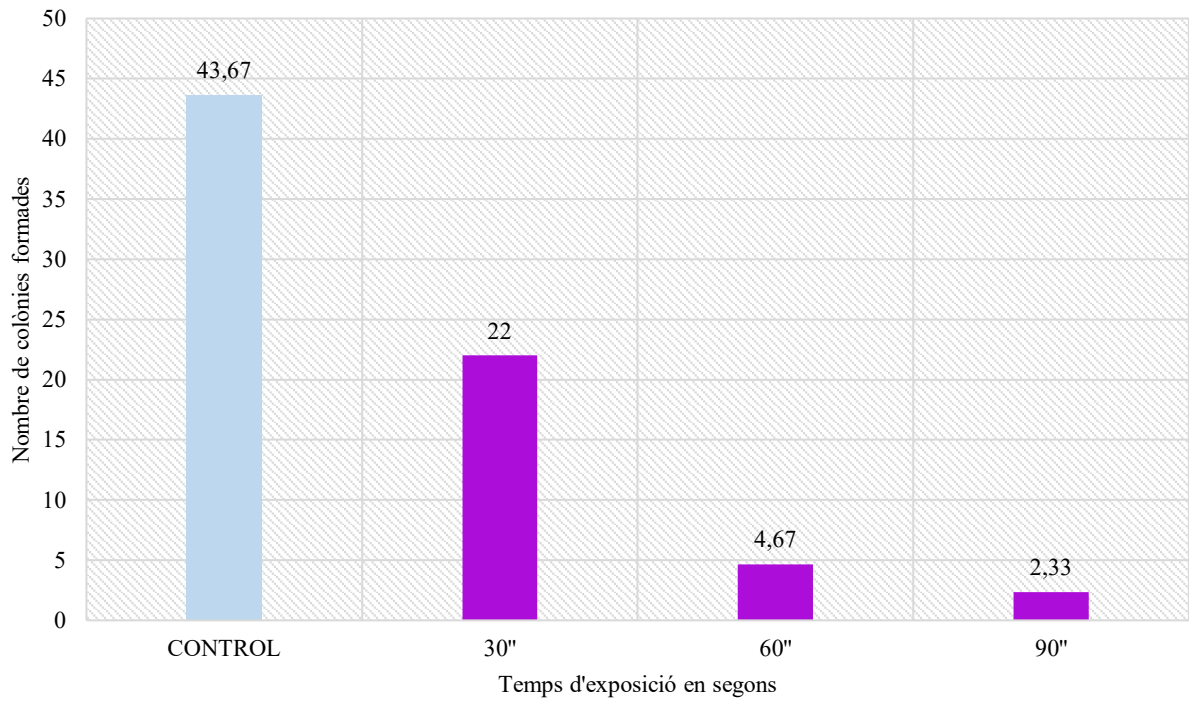


Figura 32. Gràfic de colònies formades en les plaques irradiades amb ultraviolat. També fotografies de les plaques amb les colònies.  
Font: Pròpia.

**Ultraviolat - Anàlisi dels resultats:** El control mostra una mitjana d'unes 44 colònies bacterianes, que es redueix a la meitat, 22, en aplicar la radiació durant 30''. Als 60'' la reducció torna a ser dràstica fins arribar a unes 5 colònies. Amb 90'' d'exposició sobreviu una mitjana de 2 colònies.

La gràfica mostra una forma clarament exponencial invertida, és a dir, disminuint però no de forma lineal. La corba<sup>29</sup> correspon a l'equació  $y = 43,67 \cdot (0,968)^x$ .

L'equació obtinguda compta amb cert marge d'error degut a la utilització de diverses plaques per realitzar l'experiment, a l'ús de mitjanes a l'hora de fer les gràfiques en lloc de tots els valors originals i l'ús de dos punts únicament (no els 4 que formen la gràfica) per obtenir l'equació de la corba. Encara així, ens permet trobar un valor aproximat del nombre de colònies que haurien sobreviscut amb l'exposició a radiació durant un valor de temps no present a la gràfica ni a l'experiment.

---

<sup>29</sup> Els càlculs de l'obtenció de l'equació es troben a l'Annex.

### 10.3. Llum visible - Colònies

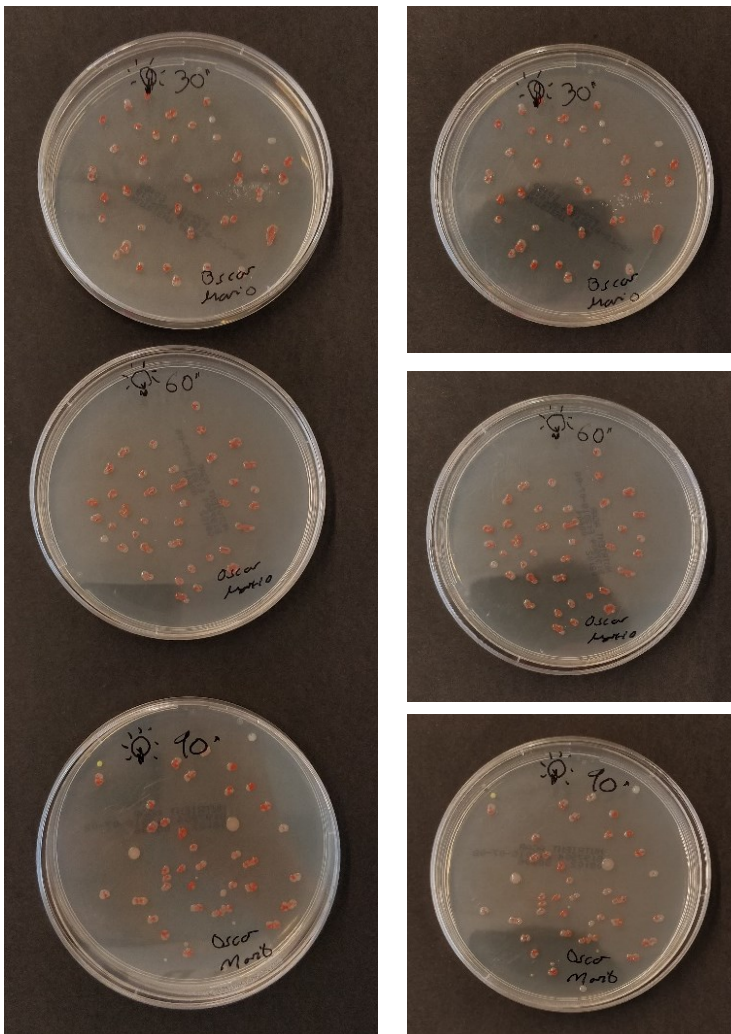
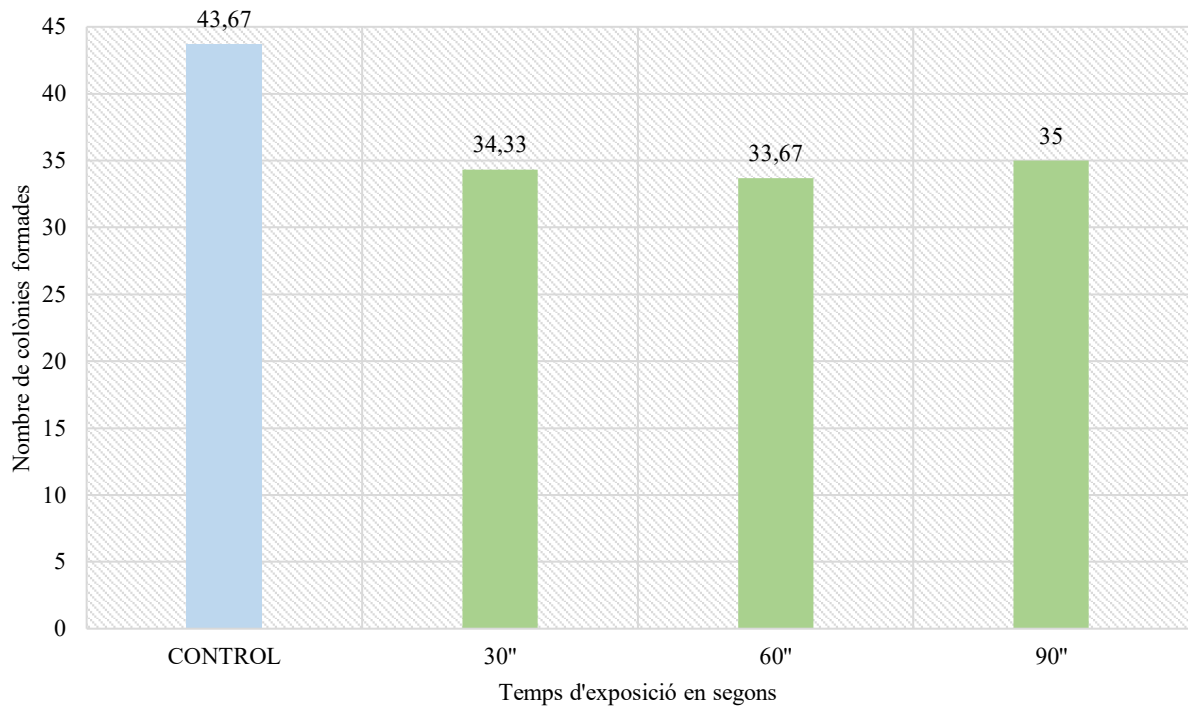


Figura 33. Gràfic de colònies formades en les plaques irradiades amb llum visible. També fotografies de les plaques amb les colònies. Font: Pròpia.

**Llum visible - Anàlisi dels resultats:** Quan els bacteris no estan exposats a llum visible la seva supervivència és total i obtenim unes 44 colònies de mitjana al control. Quan irradiem els bacteris amb llum visible veiem que la supervivència sempre és pràcticament idèntica. Independentment del temps al que estiguin exposats sempre acabem obtenint una mitjana d'entre 34 i 35 colònies.

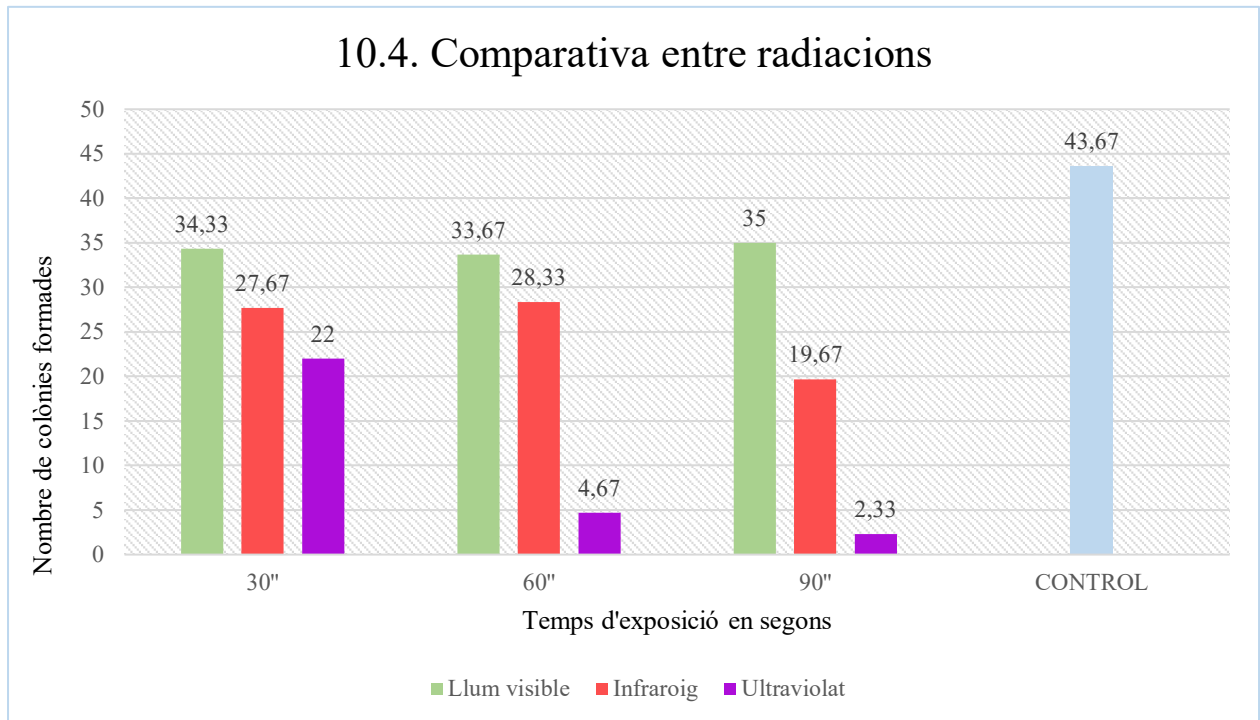


Figura 34. Gràfic que compara les colònies formades amb totes les radiacions. Font: Pròpia

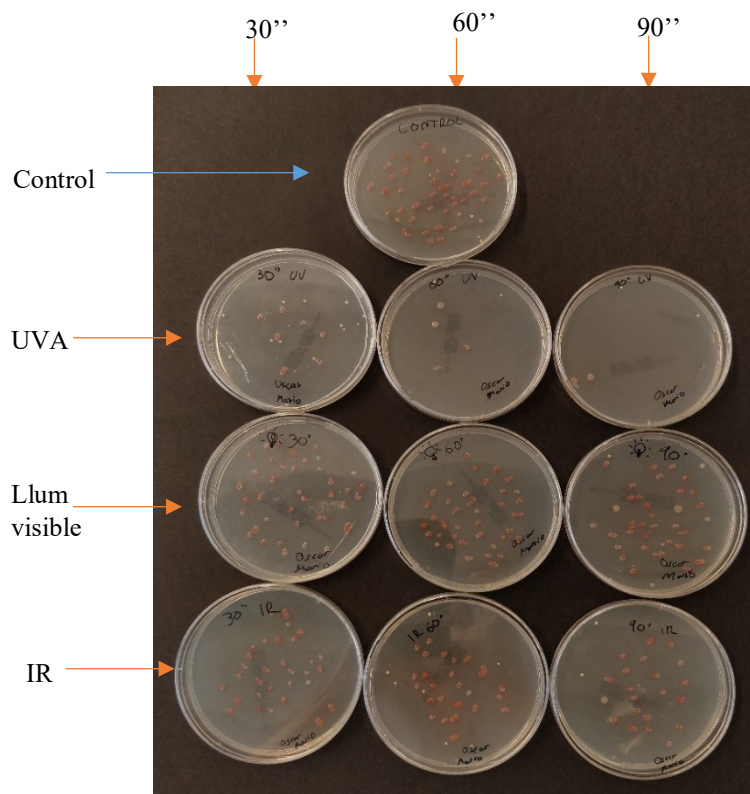


Figura 35. Plaques irradiades i amb colònies. Font: Pròpia.



## 11. Conclusions

### 11.1. Infraroig

La radiació infraroja augmenta la temperatura dels éssers vius. Durant els 30 primers segons hi ha un gran nombre de colònies bacterianes que moren. Una possible explicació és que un grup de cèl·lules no s'han adaptat al canvi de temperatura inicial. En canvi, les cèl·lules que han sobreviscut als 30 primers segons de radiació han pogut sobreviure a aquest increment de temperatura gràcies als seus sistemes de termoregulació. Aquests sistemes consisteixen principalment en alliberar molècules d'aigua al medi exterior que les envolta per desprendre l'energia en forma de calor que augmenta la seva temperatura. Trobem el període estable entre els 30 i els 60 segons. És el període on els bacteris poden suportar aquest augment de temperatura sense conseqüències. A partir dels 60 segons els bacteris es troben a una temperatura més alta de la que poden suportar i, com a conseqüència de l'expulsió d'aigua, també es deshidraten i moren. Això apunta a que es tracta d'un problema fisiològic de regulació tèrmica que provoca la mort d'aquests bacteris. No obstant, la mort d'aquestes colònies no prové d'un problema que afecti el material genètic de la cèl·lula, doncs com ja hem vist en la part teòrica, la radiació infraroja no afecta a l'ADN.

De la comparativa dels pendents de les rectes de regressió podem concloure que l'eliminació dels bacteris en els tres experiments és un procés relativament lent, doncs el pendent és molt suau i força similar en els tres casos.

Pel que fa la nostra pell, les cèl·lules que tenen massa temperatura es poden morir, a causa de deshidratació i altres, però com que la radiació infraroja no altera l'ADN, no provocarà mutacions ni tumors.

La hipòtesi inicial en la que afirmàvem que la radiació infraroja provoca mutacions és rebutjada, ja que sí que pot eliminar cèl·lules o bacteris deshidratant-los però no modifica el material genètic.

### 11.2. Ultraviolat

Els resultats mostren clarament com la radiació ultraviolada afecta dràsticament a la supervivència dels bacteris. Com hem vist a la part teòrica, produeix dímers de timina a l'ADN que l'inutilitza, provocant la mort dels bacteris. La progressió no és lineal, respon a una funció exponencial<sup>30</sup>. Durant els primers 30'' la mortalitat és molt gran, disminuint més lentament amb més segons. Una

---

<sup>30</sup> Podem trobar-la a l'anàlisi del gràfic de l'UVA a la pàgina 35, i el càlcul per obtenir-la a l'Annex.

possibilitat que explica la supervivència de les colònies després de 90'' d'exposició (que només són 2 colònies en mitjana respecte a les 44 al control) és que aquestes hagin patit modificacions que provoquin una mutació que en efecte ha ajudat els bacteris fent-los més resistents a la radiació d'UVA.

Com hem tractat al punt 5 de la part teòrica (pàgina 15) hem utilitzat bacteris com a model per estudiar cèl·lules humanes, concretament cèl·lules epitelials<sup>31</sup>. En traspassar els resultats obtinguts a cèl·lules eucariotes humanes és evident que l'UVA forma mutacions a l'ADN i per tant, pot provocar la mort de les cèl·lules epitelials o la possible aparició de tumors. Les cèl·lules que sobreviuen a la irradiació són les que la radiació ha afectat a una altra part del material genètic, i no han mort. Quan aquesta exposició ha modificat un gen repressor, o qualsevol altre gen relacionat amb la reproducció de la cèl·lula, és quan aquesta pot començar a multiplicar-se de forma incontrolable, formant un tumor.

Per tant, la nostra hipòtesi inicial de que l'UVA pot provocar mutacions, i en conseqüència, formar tumors i càncer en cèl·lules humanes és correcta.

### **11.3. Llum visible**

La llum visible, utilitzant un focus bombeta com el que hem utilitzat nosaltres, provoca un cert augment de temperatura. Com a conclusió trobem que inicialment hi ha un cert grau de mortalitat. Això és possible que sigui degut al lleuger augment de temperatura, però un cop les cèl·lules s'han adaptat a l'increment de temperatura la mortalitat és pràcticament nul·la. També podem afirmar que l'augment de temperatura és molt inferior al provocat per la radiació infraroja, ja que la mortalitat és molt inferior.

Per tant, la mortalitat en l'acció de la llum visible és molt baixa i tal i com hem vist en la part teòrica, durant períodes curts de temps, aquesta no provoca alteracions en l'ADN.

Extrapolant-ho a cèl·lules epitelials humanes, és possible que la llum visible elimini certes cèl·lules, encara que el període d'adaptació és molt curt, però no provoca mutacions al material genètic, i per tant no provoca tumors.

Si retornem a la nostra hipòtesi inicial, on afirmàvem que la llum visible no provoca mutacions a l'ADN i per tant tumors podem afirmar que és certa.

---

[31]: És a dir, de la pell.

#### **11.4. Conclusió general**

Resumint els punts anteriors, la nostra hipòtesi inicial era parcialment correcta. Afirmàvem i ha quedar demostrat que l'exposició a radiació ultraviolada podia provocar modificacions en l'ADN i possibles aparicions de tumors. També hem demostrat que la llum visible no en provoca, tal com dèiem en la nostra hipòtesi.

L'error es trobava en afirmar que la radiació infraroja també provocava modificacions i afavoria l'aparició de tumors, hem demostrat que no és així.

## Bibliografia – Webgrafia

Tota la informació del treball s'ha obtingut de les següents pàgines, dossiers o articles:

AADD: *Radiació solar*, GRAN ENCICLOPÈDIA CATALANA, <<http://enciclopedia.cat/EC-GEC-0154097.xml>> [04/04/18]

ALE, Jess: *La piel*, PREZI, <<https://prezi.com/ivolcdk2ax-e/la-piel/>> [10/05/18]

CARBÓ, Marc: *L'espectre electromagnètic*, GOOGLE SITES TECNO3 T-5, <<https://sites.google.com/site/tecno3t5marccarbo/home/4-radio-i-televisio/4-3-l-espectre-electromagnetic>> [07/04/18]

COROMINAS, *Pseudònim (mantenim l'anònim)*: Dossier de Biologia de 4t ESO i 1r Batxillerat

DESCHÈRES, Luis: *Los efectos visuales y biológicos de la luz*, ILUMINET, <<http://www.iluminet.com/los-efectos-visuales-y-biologicos-de-la-luz/>> [05/04/18]

GAMBOA, Laura: *Rayos ultravioleta*, PREZI, <<https://prezi.com/czboec-isztf/rayos-ultravioleta/>> [07/04/18]

GREGORI, Rafaela: *Cáncer de piel*, PREZI, <<https://prezi.com/bwohldnsgs0-/cancer-de-piel/>> [11/05/18]

HIDALGO OLEA, Lucía: *So i Llum*, Blog “CIÈNCIA ENTRE TOTS”, CIÈNCIES NATURALS DEL 1R CICLE D'ESO, <<http://cienciaentretots.blogspot.com.es/p/3.html>> [07/04/18]

IRANZ, María: *Nucleotido*, BLOG DE BIOTECNOLOGÍA, <<http://www.mariairanzobiotec.com/glossary/nucleotido/>> [05/04/18]

SOLER, Manuel: *Las causas de las mutaciones*, SESBE – THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA MUSEUM OF PALEONTOLOGY (UCMP), <<https://www.sesbe.org/evosite/evo101/IIIC3Causes.shtml.html>> [07/04/18]

VILCHEZ, J.M: *Llibre digital Física i Química 4t ESO*, Barcanova, BLINKLEARNING, <[https://www.blinklearning.com/Cursos/c818120\\_c46209240\\_Llibre\\_digital.php](https://www.blinklearning.com/Cursos/c818120_c46209240_Llibre_digital.php)> [06/04/18]

[Els següents articles o webs no citaven l'autor, estan ordenats alfabèticament segons el nom de la pàgina]

*¿Qué es la radiación ultravioleta?*, AMERICAN CANCER SOCIETY, <<https://www.cancer.org/es/cancer/cancer-de-piel/prevencion-y-deteccion-temprana/que-es-la-radiacion-de-luz-ultravioleta.html>> [06/04/18]

*Tratamiento del carcinoma de células basales*, AMERICAN CANCER SOCIETY, <<https://www.cancer.org/es/cancer/cancer-de-piel-de-celulas-basales-y-escamosas/tratamiento/carcinoma-de-celulas-basales.html>> [11/05/18]

*Estructura del ADN*, ASTURNATURA, <<https://www.asturnatura.com/articulos/nucleotidos-acido-nucleico-adn/estructura-dna.php>> [06/04/18]

*Funciones de los ácidos nucleicos*, ASTURNATURA, <<https://www.asturnatura.com/articulos/nucleotidos-acido-nucleico-adn/funciones-acidos-nucleicos.php>> [06/04/18]

*Nucleósidos y nucleótidos*, ASTURNATURA, <<https://www.asturnatura.com/articulos/nucleotidos-acido-nucleico-adn/nucleosidos-nucleotidos.php>> [06/04/18]

*Polinucleótidos* – *Ácidos nucleicos*, ASTURNATURA,  
<<https://www.asturnatura.com/articulos/nucleotidos-acido-nucleico-adn/polinucleotidos-acidos-nucleicos.php>> [06/04/18]

*Mirando dentro del gene*, BIBLIOTECA DIGITAL DEL INSTITUTO LATINOAMERICANO DE LA COMUNICACIÓN EDUCATIVA,  
<[http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/125/htm/sec\\_5.htm](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/125/htm/sec_5.htm)>  
[05/04/18]

*Las bacterias*, BIOGRAFÍAS Y VIDAS,  
<<https://www.biografiasyvidas.com/tema/bacterias.htm>> [05/04/18]

*El ADN, los genes y el código genético*, CHILE BIO, <<http://www.chilebio.cl/el-adn-los-genes-y-el-codigo-genetico/>> [05/04/18]

*Què és la pell*, COL·LEGI MARISTES VALLDEMIA MATARÓ,  
<[https://sites.google.com/a/maristesvalldemia.com/pr13\\_4a4/la-pell/que-es](https://sites.google.com/a/maristesvalldemia.com/pr13_4a4/la-pell/que-es)> [10/05/18]

*Definició de la radiació solar*, ENERGÍA SOLAR, <<https://solar-energia.net/definiciones/radiacion-solar.html>> [04/04/18]

*Nucli supraquiasmàtic de l'hipotàlem anterior*, GLOSSARI PSICOFISIOLOGIA,  
<<http://glossari psicofisiologia.blogspot.com.es/p/nucli-supraquiasmatic-de-lhipotalem.html>>  
[05/04/18]

*¿Qué es la radiación infrarroja?*, PREGÚNTELE A UN ASTRÓNOMO DE SPITZER,  
<<http://legacy.spitzer.caltech.edu/espanol/edu/ask/radiation.html>> [06/04/18]

*Epigenètica*, RADIOEBR, <<http://www.radioebr.org/2016/12/epigenetica-cuando-los-caracteres.html>> [06/04/18]

*La función de reproducción*, RECURSOS TIC EDUCACIÓN PROYECTO BIOSFERA,  
<<http://recursostic.educacion.es/ciencias/biosfera/web/alumno/4ESO/seruni-pluricelulares/contenidos8.htm>> [06/04/18]

*Composición de los ácidos nucleicos*, UNIVERSIDAD DE MURCIA,  
<<https://www.um.es/molecula/anucl00.htm>> [05/04/18]

*Àcid desoxiribonucleic*, VIQUIPÈDIA,  
<[https://ca.wikipedia.org/wiki/%C3%80cid\\_desoxiribonucleic](https://ca.wikipedia.org/wiki/%C3%80cid_desoxiribonucleic)> [06/04/18]

*Bipartició*, VIQUIPÈDIA, <<https://ca.wikipedia.org/wiki/Bipartici%C3%B3>> [09/05/18]

*Infraroig – Efectes Biològics*, VIQUIPÈDIA,  
<[https://ca.wikipedia.org/wiki/Infraroig#Efectes\\_biol%C3%B2gics](https://ca.wikipedia.org/wiki/Infraroig#Efectes_biol%C3%B2gics)> [04/04/18]

*Llum – Naturalesa dels colors*, VIQUIPÈDIA,  
<[https://ca.wikipedia.org/wiki/Llum#Naturalesa\\_dels\\_colors](https://ca.wikipedia.org/wiki/Llum#Naturalesa_dels_colors)> [05/04/18]

*Radiació electromagnètica*, VIQUIPÈDIA,  
<[https://ca.wikipedia.org/wiki/Radiaci%C3%B3\\_electromagn%C3%A8tica](https://ca.wikipedia.org/wiki/Radiaci%C3%B3_electromagn%C3%A8tica)> [05/04/18]

*Núcleo supraquiasmático*, WIKIPEDIA,  
<[https://es.wikipedia.org/wiki/N%C3%BAcleo\\_supraquiasm%C3%A1tico](https://es.wikipedia.org/wiki/N%C3%BAcleo_supraquiasm%C3%A1tico)> [05/04/18]

*Radiación solar*, WIKIPEDIA, <[https://es.wikipedia.org/wiki/Radiación\\_solar](https://es.wikipedia.org/wiki/Radiación_solar)> [05/04/18]

*Radiación ultravioleta*, WIKIPEDIA,  
<[https://es.wikipedia.org/wiki/Radiaci%C3%B3n\\_ultravioleta](https://es.wikipedia.org/wiki/Radiaci%C3%B3n_ultravioleta)> [04/04/18]

¿Que es la radioterapia?, Publicat [25/04/2013] a YOUTUBE (GenesisCare España, 1:10), <[https://youtu.be/RoC\\_5QWl5qc](https://youtu.be/RoC_5QWl5qc)> [12/05/18]

Radiación UV y mutación del ADN, Publicat [16/11/2009] a YOUTUBE (VldEoMeD22, 1:51), <<https://www.youtube.com/watch?v=I-oHPDemhOs>> [07/04/18]

**Figures – Ordenades per ordre d’aparició al treball, seguint el nombre que cita el peu. Nota:** Moltes de les webs següents ja s’han citat prèviament com a font informativa. També les indiquem així com a font d’una imatge o un gràfic:

Figura portada: *Bacterial Colony Description*, Publicat [11/03/2015] a YOUTUBE (Biomedical Science, 2:27), <<https://www.youtube.com/watch?v=gH--8YWdyk>> [18/03/18]

Figura 1: VILCHEZ, J.M: *Llibre digital Física i Química 4t ESO*, Barcanova, BLINKLEARNING, <[https://www.blinklearning.com/Cursos/c818120\\_c46209240\\_Llibre\\_digital.php](https://www.blinklearning.com/Cursos/c818120_c46209240_Llibre_digital.php)> [06/04/18]

Figura 2: *Institute of Sound and Vibration Research*, UNIVERSITY OF SOUTHAMPTON, <<https://www.southampton.ac.uk/engineering/research/centres/isvr.page>> [06/04/18]

Figura 3: HIDALGO OLEA, Lucía: *So i Llum*, Blog “CIÈNCIA ENTRE TOTS”, CIÈNCIES NATURALS DEL 1R CICLE D’ESO, <<http://cienciaentretots.blogspot.com.es/p/3.html>> [07/04/18]

Figura 4: CARBÓ, Marc: *L’espectre electromagnètic*, GOOGLE SITES TECNO3 T-5, <<https://sites.google.com/site/tecno3t5marccarbo/home/4-radio-i-televisio/4-3-l-espectre-electromagnetic>> [07/04/18]



Figura 5: *Definició de la radiació solar*, ENERGÍA SOLAR, <<https://solar-energia.net/definiciones/radiacion-solar.html>> [04/04/18] **Nota:** D'aquesta web s'ha extret el percentatge de la figura, el gràfic és de creació pròpia.

Figura 6: IRANZ, María: *Nucleotido*, BLOG DE BIOTECNOLOGÍA, <<http://www.mariairanzobiotec.com/glossary/nucleotido/>> [05/04/18]

Figura 7: *Composición de los ácidos nucleicos*, UNIVERSIDAD DE MURCIA, <<https://www.um.es/molecula/anucl00.htm>> [05/04/18]

Figura 8: *Mirando dentro del gene*, BIBLIOTECA DIGITAL DEL INSTITUTO LATINOAMERICANO DE LA COMUNICACIÓN EDUCATIVA, <[http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/125/htm/sec\\_5.htm](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/125/htm/sec_5.htm)> [05/04/18]

Figura 9: *Epigenètica*, RADIOEBR, <<http://www.radioebr.org/2016/12/epigenetica-cuando-los-caracteres.html>> [06/04/18] + DEFRANCE, Matthieu: *Algorithmes pour l'analyse de régions régulatrices dans le génome d'eucaryotes supérieurs*, SEMANTIC SCHOLAR – ALLEN INSTITUTE FOR ARTIFICIAL INTELLIGENCE, <<https://www.semanticscholar.org/paper/Algorithmes-pour-l'analyse-de-r%C3%A9gions-r%C3%A9gulatrices-Defrance/071a9e5acb965f1b8384f0b7aa193a1aafaadce2>> [06/04/18] **Nota:** La figura 9 combina imatges de les dues pàgines citades.

Figura 10: *Nucleósidos y nucleótidos*, ASTURNATURA, <<https://www.asturnatura.com/articulos/nucleotidos-acido-nucleico-adn/nucleosidos-nucleotidos.php>> [06/04/18] **Nota:** La figura 10 és un esquema de creació pròpia, el contingut de l'esquema és el que prové de la web citada.

Figura 11: *Radiación UV y mutación del ADN*, Publicat [16/11/2009] a YOUTUBE (VldEoMeD22, 1:51), <<https://www.youtube.com/watch?v=I-oHPDemhOs>> [07/04/18] +

SOLER, Manuel: *Las causas de las mutaciones*, SESBE – THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA MUSEUM OF PALEONTOLOGY (UCMP), <<https://www.sesbe.org/evosite/evo101/IIIC3Causes.shtml.html>> [07/04/18] **Nota:** La figura 11 és un esquema que combina imatges de les dues pàgines citades.

Figura 12, 13 i 14 provenen també de la primera font citada a la figura 11, el vídeo a Youtube al canal “VldEoMeD22” *Radiación UV y mutación*.

Figura 15: *Las bacterias*, BIOGRAFÍAS Y VIDAS, <<https://www.biografiasyvidas.com/tema/bacterias.htm>> [05/04/18]

Figura 16: *La función de reproducción*, RECURSOS TIC EDUCACIÓN PROYECTO BIOSFERA, <<http://recursostic.educacion.es/ciencias/biosfera/web/alumno/4ESO/seruni-pluricelulares/contenidos8.htm>> [06/04/18] + AHAMETH, Risath: *La replicación del ADN*, PNGTREE, <[https://es.pngtree.com/freepng/dna-replication-vector\\_2092769.html](https://es.pngtree.com/freepng/dna-replication-vector_2092769.html)> [06/04/18] **Nota:** La figura 16 és un esquema que combina imatges de les dues pàgines citades.

Figura 17: Esquema de creació pròpia.

Figura 18: *Què és la pell*, COL·LEGI MARISTES VALLDEMIA MATARÓ, <[https://sites.google.com/a/maristesvalldemia.com/pr13\\_4a4/la-pell/que-es](https://sites.google.com/a/maristesvalldemia.com/pr13_4a4/la-pell/que-es)> [10/05/18]

Figura 19: GREGORI, Rafaela: *Cáncer de piel*, PREZI, <<https://prezi.com/bwohldnsgs0-/cancer-de-piel/>> [11/05/18] **Nota:** La figura 19 són 3 imatges, les 3 provenen de la font citada.

Figura 20–35 : Font pròpia, són imatges que hem fet durant la realització de la part pràctica o gràfiques a partir dels resultats obtinguts.

## Annex:

### -Càlculs per la corba de regressió de la gràfica de colònies exposades a UVA

Gràfiques amb aquesta forma corresponen a l'equació  $y = Ka^x$

Trobem dos punts:

x: 0 (control) y: 43,67      x: 90 y: 2,33

I els substituïm en l'equació que correspon a la forma de la corba:

$$43,67 = Ka^0 \qquad 2,33 = Ka^{90}$$

$$\frac{43,67}{a^0} = K \qquad \frac{2,33}{a^{90}} = K$$

Igualem les dues K:

$$\frac{43,67}{a^0} = \frac{2,33}{a^{90}} \qquad \frac{a^{90}}{a^0} = \frac{2,33}{43,67} \qquad a^{90} \frac{2,33}{43,67} \qquad a = \sqrt[90]{\frac{2,33}{43,67}}$$

$$a = 0,9679601424$$

S'han fet servir tots els decimals per obtenir el valor de K més exacte, després al resultat final s'ha arrodonit.

Trobem la K amb la a:

$$43,67 = Ka^0 \qquad 43,67 = K \cdot 1 \qquad 43,67 = K$$

Podem comprovar trobant la K amb l'altre punt:

$$\frac{2,33}{0,9679601424^{90}} = K \qquad 43,67 = K$$

Obtenim finalment l'equació  $y = 43,67 \cdot (0,968)^x$

Comprovem quins valors de y (nombre de colònies) obtindríem substituint valors de x (temps en segons) que apareixen a la gràfica.

x = 0 → y = 43,67 (cap error).

x = 30 → y = 16,46 (diferència d'unes 5,5 colònies respecte a les 22 originals).

x = 60 → y = 6,2 (diferència d'unes 1,5 colònies respecte a les 4,67 originals).

x = 90 → y = 2,33 (cap error)

Veiem que l'error obtingut amb l'equació és bastant petit en valors alts de x però lleugerament més elevat en valors de x més petits. Afegim una gràfica que conté els valors de les colònies originals i els obtinguts amb l'equació superposats (en color taronja) per poder-los comparar, amb la corba corresponent a l'equació també representada en negre sobre la gràfica.

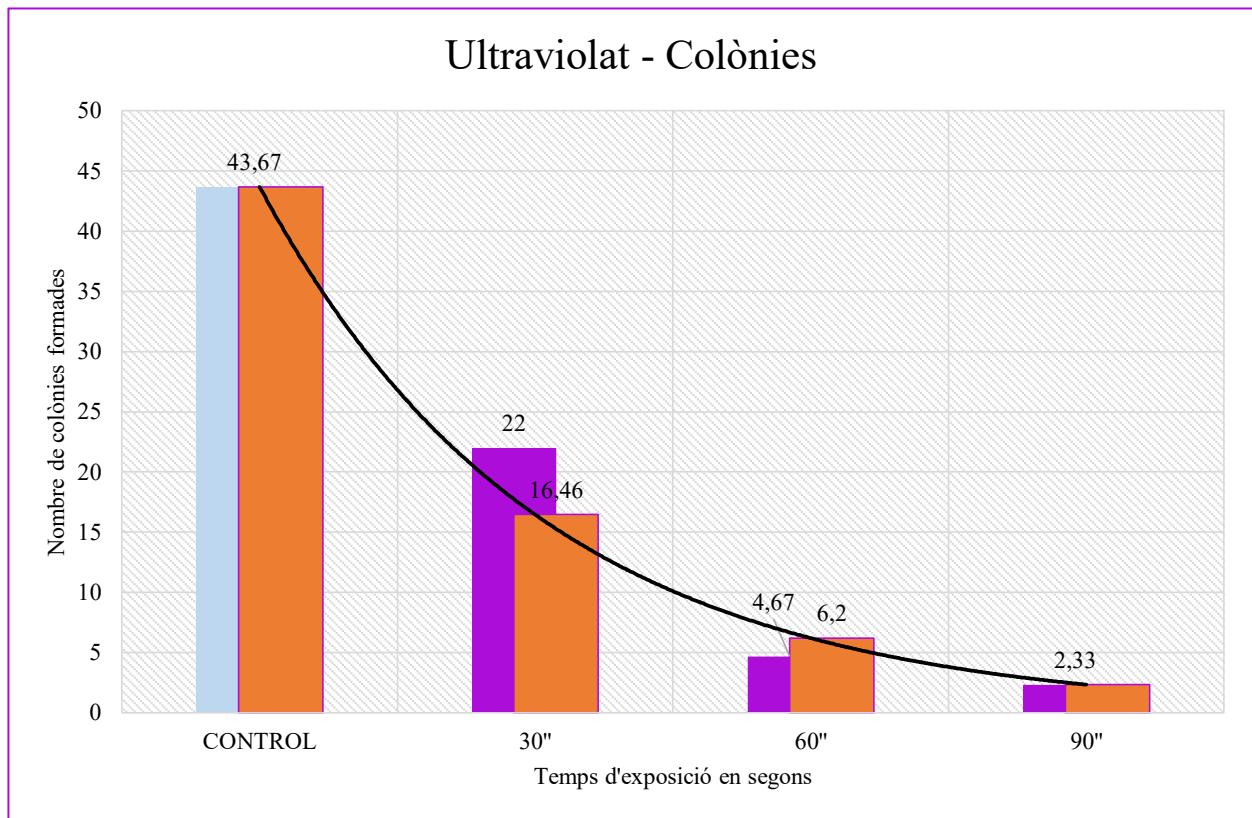


Figura 1 ANNEX: Gràfic que recull el nombre de colònies formades respecte al temps d'exposició a radiació ultraviolada. Superposats trobem els valors que s'han trobat amb l'equació de la recta, representats en les columnes de color taronja. En negre trobem la corba de tendència. Font: Pròpia.

**-Vídeo del procediment de l'experiment:** A la pàgina 26, punt 9.2 "Mètode", apartat b "Extensió per les plaques", hi ha una nota a peu de pàgina que indica que hi ha un vídeo mostrant aquesta part del procés. El podem trobar en un pen-drive adjunt al TDR, però també està penjat a YouTube en cas d'absència del pen-drive al següent enllaç:

<https://www.youtube.com/watch?v=eTM8Jkhc5wo>