

Treball de recerca



L'EFECTE ANTIBACTERIÀ DE LA MEL

ESTUDI DE LA MEL DE TIMÓ
(*THYMUS VULGARIS*) CONTRA
STAPHYLOCOCCUS EPIDERMIDIS

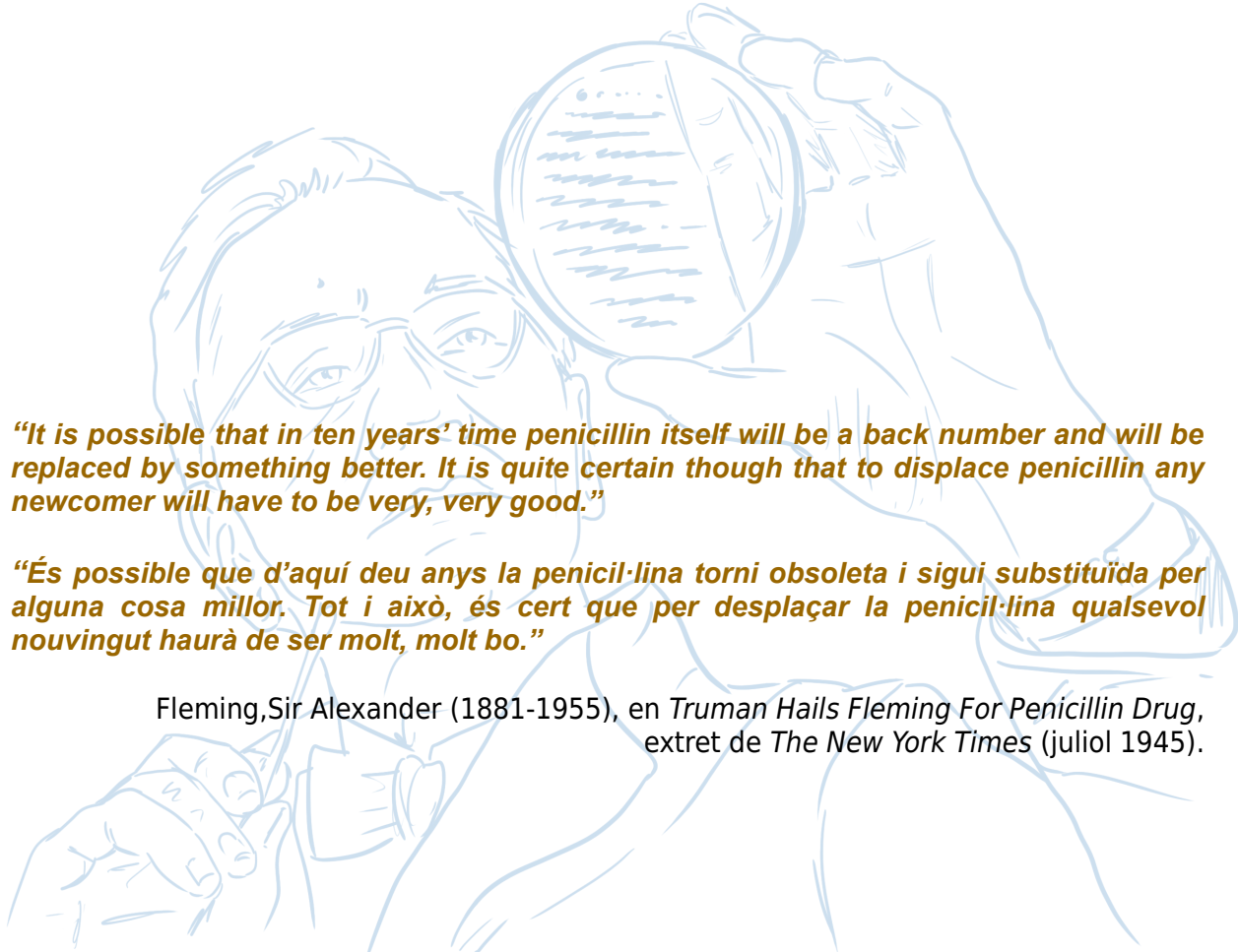
Pseudònim: Darwin

Tutor: J.

Curs: 2020/2021

Centre: I.





“It is possible that in ten years’ time penicillin itself will be a back number and will be replaced by something better. It is quite certain though that to displace penicillin any newcomer will have to be very, very good.”

“És possible que d’aquí deu anys la penicil·lina torni obsoleta i sigui substituïda per alguna cosa millor. Tot i això, és cert que per desplaçar la penicil·lina qualsevol nouvingut haurà de ser molt, molt bo.”

Fleming, Sir Alexander (1881-1955), en *Truman Hails Fleming For Penicillin Drug*, extret de *The New York Times* (juliol 1945).

AGRAÏMENTS

Com haurien de començar uns agraïments que plasmessin fidelment tot allò que vull expressar? Encara que soni massa típic, començaré dient de bon cor que aquest projecte ha estat possible gràcies a quatre persones que hi han intervingut, directament o indirectament, a la realització d'aquest treball de recerca, que m'han donat suport, que m'han aconsellat, han llegit el treball, han compartit la meua il·lusió i m'han guiat en tot moment; amb tots els obstacles i imprevistos que m'han sorgit al llarg de tot aquest camí.

En primer lloc, he de donar les mil i una gràcies al meu tutor del treball J., a qui he d'agrair per haver-me escollit com al seu tutoritzat i per haver confiat plenament en mi en tot moment. Gràcies per tot el suport que m'ha donat i l'entusiasme amb què ha seguit el meu treball. Gràcies per haver estat amb mi al laboratori del centre d'estudis, ajudant-me en tot moment i instruint-me sobre la manera correcta de realitzar totes les proves al laboratori. Els dies al laboratori em van ensenyar molt i van ser una de les majors experiències que he tingut mai.

Per últim, m'agradaria agrair també a la meua família, en especial al meu germà A., per haver-me donat la preciosa idea per a aquest treball d'investigació. Dono les gràcies també als meus pares que han estat constantment al meu costat, animant-me sempre en dies de tristesa i d'estrès, sobretot a la meua mare, metgessa de professió, per haver-me ensenyat com és la vida d'un metge, dels riscos que comporta, però alhora de les grans ajudes que n'ofereix als pacients. Sense totes aquestes persones, res d'això hauria estat possible, i menys en aquestes condicions en les quals estem vivint.

Índex de continguts

0. Introducció.....	2
0.1. Motivació.....	3
0.2. Hipòtesis i objectius.....	4
0.3. Metodologia.....	6
1. Els bacteris, què són?.....	8
1.1. Classificació taxonòmica dels bacteris.....	8
1.2 Morfologia externa dels bacteris.....	11
1.3. Estructura bacteriana.....	13
2. Els antibiòtics.....	15
2.1. El funcionament dels antibiòtics i els grups d'antimicrobians.....	16
2.2. La resistència bacteriana.....	17
2.2.1. Com es produeixen les resistències als antibiòtics?.....	18
2.2.2 Tipus de resistència bacteriana.....	19
3. La mel.....	20
3.1. Composició de les mels.....	21
3.2. Classificació de la mel.....	23
3.3. Característiques generals de la mel.....	23
3.4. Paràmetres físicoquímics importants a l'hora d'analitzar la mel.....	24
3.5. Anàlisi comercial de la mel.....	26
3.5.1. Característiques sensorials.....	27
3.5.2. Característiques físicoquímiques.....	27
3.6. Ecologia microbiana. Propietats antibacterianes de la mel.....	28
4. Materials i mètodes	32
4.1. Metodologia de l'experiment.....	35
4.2. Un primer dubte social: què sabem de la mel i dels antibiòtics?.....	42
4.3. Resultats i discussió.....	45
4.3.1. Discussió sobre els resultats al laboratori.....	45
4.2.2. Discussió de les respostes del sondeig.....	51
5. Conclusions.....	63
6. Referències bibliogràfiques.....	67

INTRODUCCIÓ

0. Introducció

Mirant enrere, al llarg de la història, l'ésser humà ha intentat entendre el perquè de tot el que està passant al seu voltant. Ha intentat esbrinar quines forces naturals i quins factors de risc influencien els patrons de mortalitat en la nostra societat.

Les epidèmies causades per malalties infeccioses, per exemple, han estat documentades molt detalladament, ja que en moltes vegades han representat el punt d'inflexió en la història política, social i comercial del món (Nelson i Williams, 2007). Gràcies a aquestes documentacions i investigacions, afortunadament hem pogut conèixer a poc a poc la raó per la qual certes malalties infeccioses es podien relacionar amb l'ambient, a través d'un element peculiar i molt present avui dia. Es tracta del bacteri, un ésser tan diminut que ha provocat grans mortalitats amb el pas del temps.

El desenvolupament del microscopi al segle XVII gràcies al comerciant neerlandès ha permès conèixer la presència d'aquests petits organismes que abans eren considerats invisibles. Aquest fet va permetre obrir el camí de la ciència amb el naixement de l'anomenada microbiologia, la disciplina que s'encarrega de l'estudi dels microorganismes. La detecció dels bacteris i la seva recerca gràcies a nombrosos investigadors, científics i biòlegs de tot arreu del planeta han servit de guia per a establir les causes de les diferents malalties que existeixen des de l'inici de la humanitat, a més de desenvolupar nous tractaments, entre ells el miraculós antibiòtic descobert pel metge britànic Alexander Fleming.

L'antibiòtic ha fet meravelles pertot arreu. Ara bé, no sempre ha estat efectiu per a curar totes les malalties infeccioses d'origen bacterià. Encara que s'hagin pogut controlar la majoria d'elles i reduir-les en més d'un 90%, continuen persistint i provocant morts en gran part del món. Per quina raó? Doncs per una ben simple: tal com nosaltres els humans ens podem defensar d'un atac, els bacteris també ho poden fer mitjançant diferents mètodes que suposen un endarreriment en la recerca de nous antibiòtics.

Totes aquestes tècniques formen el fenomen anomenat com la resistència antibiòtica, una de les amenaces més grans per a la salut mundial actualment, i no només per a això, sinó també per al desenvolupament de la ciència i la seguretat alimentària. Encara que aquesta resistència es doni de forma natural, l'ús incorrecte dels antibiòtics està accelerant aquest procés: cada vegada és major el nombre d'infectats per malalties com ara la tuberculosi, la gonorrea o la pneumònia, el tractament dels quals es torna cada vegada menys útil a causa de la pèrdua d'eficàcia dels antibiòtics.

Sembla ser que, tot i haver perdut una primera guerra, aquests microorganismes han descobert les nostres tàctiques i no s'han rendit: han declarat una segona guerra i de moment l'estan guanyant parcialment. Estem entrant cap a un món postantibiòtic? Estarem immersos, de nou, en una etapa en la qual moltes infeccions comunes tornaran a ser potencialment mortals? Sense nous antibiòtics, poca cosa es podrà fer.

0.1. Motivació

Heus aquí la meua intervenció, el motiu que m'ha portat a dur a terme aquest treball: el problema de la resistència antibiòtica. Podrem resoldre'l amb el desenvolupament de nous fàrmacs? Possiblement, però la següent pregunta que ens hauríem de dir a nosaltres mateixos seria quan i com. Respondré aquesta pregunta a continuació, no sense abans explicar detalladament els perquès d'aquesta investigació.

A qui no li agrada investigar, preguntar-se per què una cosa passa així i no d'una altra manera? Des de ben petits ho hem fet. A mi m'ha agradat des de molt petit la natura, el nostre cos i la salut de les persones. Vaig tenir el somni de ser un dentista ja des dels sis anys, quan vaig veure per primer cop a algú duent a terme una cirurgia dental. Una persona que somreia contínuament, portava la típica bata blanca dels científics i l'uniforme blau dels metges. Una persona que no es cansava de res i ajudava a qualsevol necessitat. En resum, un exemple a seguir. Aquest fet em va portar fins al punt en què vaig estar disposat a trobar els secrets de la vida, la solució a

tot allò que ens molesta dins nostre i a la recerca de la felicitat i de l'alegria en les persones, qüestions que m'han ajudat a prendre la decisió d'estudiar ciències de la salut en el futur, per tal de poder investigar noves cures per a malalties que afecten anualment molts innocents.

Combinar la microbiologia, principalment, i la medicina en una investigació ha esdevingut la base d'aquest treball de recerca. Aquest talent que disposen els microorganismes per produir un efecte greu en la salut de les persones i animals, malgrat la seva mida, ha estat clau per al desenvolupament del projecte. Considero que hi ha certes alternatives que moltes vegades es deixen de banda i poden ser millors que aquelles que sí que es tenen en compte. Per què no veure la mel com una solució a la resistència antibiòtica? És per aquesta mateixa raó que m'agradaria investigar més sobre aquesta qüestió i extreure totes les conclusions possibles.

En cas que en trec de positives, podria tenir l'oportunitat de sensibilitzar la població informant que la ignorància de les pautes manades pels metges i l'abús dels antibiòtics comporta a un greu problema, i que la mel pot ser una alternativa eficaç per a alleujar les lesions més comunes d'origen bacterià. En cas negatiu, podré desmentir la mel com una opció a tenir en compte i haver gaudit dels experiments duts a terme, un aspecte que es deixa bastant de banda en els centres educatius. Per aquesta raó, opino que he trobat l'ocasió de treballar-ho més activament en el treball de recerca, una ocasió que la trobo perfectament ideal per a aprendre més sobre el món que ens envolta.

0.2. Hipòtesis i objectius

Per tal de poder abordar el tema anteriorment esmentat amb més claredat, he començat amb la primera fase del mètode científic: el plantejament de preguntes. M'he formulat una sèrie de preguntes per tal de poder concretar al màxim el que pretenia estudiar. A continuació esmentaré el seguit de preguntes que han anat apareixent al cap d'aquest primer pas:

- Què succeeix quan la mel actua sobre una soca bacteriana?

- Per què hi ha tesis que desmenteixen l'eficàcia antibacteriana de la mel i d'altres que no?
- Quins efectes provoca la mel quan actua sobre una soca bacteriana? Són diferents dels d'un antibiòtic?
- Quina composició té la mel que no tingui un antibiòtic?
- Així com tots els antibiòtics tenen l'objectiu d'impedir el creixement bacterià, però es divideixen segons diversos criteris, podem esbrinar si totes les mels tenen la mateixa funció, o hauríem també de dividir-les segons el seu origen?
- En cas que la mel no pugui matar parcialment una soca bacteriana, quines són les causes d'aquest fet?

Després d'haver meditat suficientment i definit allò que volia estudiar, ja va ser hora de plantejar-me la següent hipòtesi: «És possible que la mel sigui capaç d'inhibir el creixement i desenvolupament d'un patògen bacterià gràcies a les propietats que posseeix.»

Per tal de poder comprovar si la hipòtesi establerta és veritable o falsa, he estructurat el meu treball en diversos objectius que aniré complint al llarg del projecte, els quals es detallaran a continuació:

- **Objectius generals:**
 - Fer una recerca sobre els mecanismes genètics que permeten als bacteris ser resistents davant d'un determinat antibiòtic, així com de quina forma actuen els mateixos fàrmacs.
 - Cercar les propietats fisicoquímiques de la mel i el seu mecanisme d'acció davant infeccions bacterianes.
 - Dur a terme un experiment que pugui falsar o verificar la hipòtesi establerta anteriorment. En aquest experiment s'observaran els efectes de la mel de timó (*Thymus vulgaris*) sobre una soca determinada i es compararà el seu resultat amb els d'altres substàncies de referència: en el meu experiment, de la sal comuna i del sucre.
 - Dur a terme una sèrie d'enquestes per tal de comprovar la popularitat de la mel com un possible antibiòtic i esbrinar quant se sap dels antibiòtics i de la

resistència antibiòtica.

- **Objectius específics:**

- Fer créixer en un medi sòlid bacteris del gènere *Staphylococcus epidermidis* i utilitzar-los com agents sensibles als possibles efectes produïts per la mel de timó (*Thymus vulgaris*), la sal comuna i el sucre.
- Esbrinar els coneixements que té la societat quant a la mel com a antibiòtic i els efectes perjudicials dels antibiòtics.

0.3. Metodologia

Per tal de començar les investigacions i acomplir els objectius que m'he establert, he hagut de plantejar *a priori* una metodologia. Els passos que he seguit per a cadascun dels objectius anteriors són els següents:

- S'ha realitzat amb antelació una recerca bibliogràfica sobre la mel i la seva composició, els bacteris i la seva classificació i, per últim, els antibiòtics i els seus efectes. Tot aquest seguit d'esdeveniments conformen l'anomenat marc teòric. Tota la bibliografia consultada, tant en format digital com físic, s'ha revisat, verificat i contrastat detalladament per tal d'acompanyar el treball amb informació plenament verídica i en cap moment falsa.
- Amb la finalitat de comprovar els coneixements de la societat envers l'ús de la mel que no sigui l'alimentari i el fenomen de resistència antibiòtica, he realitzat una enquesta en línia amb la plataforma Google Forms, que permet crear formularis de temàtiques diverses. Així, he pogut identificar si el tema que tracto al meu projecte és d'interès actual o no.
- Per tal de dur a terme la part més experimental, he tingut accés al laboratori del meu centre d'estudis, per tal de realitzar les proves pertinents als cultius de bacteris estudiats. Comptaré amb l'ajuda i supervisió del meu tutor del treball.

SECCIÓ 1. BASE CIENTÍFICA DEL TREBALL

1. Els bacteris, què són?

Els bacteris són microorganismes unicel·lulars que es reproduïxen per fissió binària o bipartició, un tipus de reproducció asexual molt comuna en bacteris i protozous on es duplica el DNA i es divideix el citoplasma, donant lloc a cèl·lules idèntiques. Són de tipus procariota i, com cada ésser viu, tenen els mecanismes necessaris per produir energia i el material genètic necessari per a desenvolupar-se i créixer. Normalment són de vida lliure, a excepció d'algunes com el gènere *Rickettsias* o el *Chlamydias*, que són de vida intracel·lular obligada (és a dir, han de viure dins d'una cèl·lula per fer les seves funcions vitals).

Acostumen a mesurar entre 0,5 i 5 micròmetres i presenten diferents formes. No presenten nucli diferenciat ni orgànuls membranosos al seu interior, però sí una paret cel·lular de glicopèptids.

Són l'espècie dominant del planeta i es poden trobar en qualsevol mena d'hàbitat, des de zones amb condicions extremes de sequera fins a llocs amb pH excessivament àcid o amb molta salinitat. Sols es coneix entre l'1% i el 2% de la població bacteriana existent en la Terra (Trueba, Gabriel, 2017) i representen, segons experts, el 13% del total de la biomassa terrestre.

1.1. Classificació taxonòmica dels bacteris

Podem situar tots els organismes en tres grans dominis diferents: *Eukarya*, *Archaea* i *Bacteria*. Quan es parla de bacteris, sovint els mencionem en els dos últims dominis indicats, sota la tipologia *Archaeobacteria* i *Eubacteria* (tot i que aquestes classificacions ja no s'utilitzen molt).

a) *Archaeobacteria* o *Archaea*

Són el conjunt de bacteris que formen el domini d'organismes unicel·lulars microscòpics i procariotes. No presenten cap orgànul membranós i no són capaços de fer la fotosíntesi per a desenvolupar-se. La seva paret bacteriana manca de peptidoglicans, a diferència d'*Eubacteria*. Tenen una membrana cel·lular formada per

lípidis èter amb glicerol, inusual en els bacteris de l'actualitat, que tenen membranes compostes per lípidis èster amb glicerol. Això és una prova que els *Archaeobacteria* només tenen una relació distant amb els bacteris i eucariotes (Koga Y, Morii H, 2007).

És el domini més primitiu del planeta i és, consegüentment, aquell que habitava més medis amb condicions extremes. Per aquesta raó, els *Archaeobacteria* també s'anomenen bacteris extremòfils. Dit això, podem esmentar els diferents subgrups del domini segons el tipus de medi al qual poden habitar:

- **Hipertermòfils:** Són aquells que viuen en medis amb temperatures extremes i sovint també en zones amb pH excessivament baix. Part d'ells poden viure per sota dels 0°C gràcies a unes molècules que tenen i que actuen com a barrera anticongelant. L'altra part pot viure per sobre dels 80°C, gràcies al seu metabolisme acostumat a aquestes temperatures. Habiten els volcans i les aigües termals.
- **Metanògens:** Són aquells que viuen en medis exclusivament anaerobis (amb absència d'oxigen) i que, com el seu nom indica, desprenen metà (CH_4) durant el seu metabolisme, que s'acumula en grans reserves de gas natural.
- **Halòfils:** Són aquells que viuen en zones amb concentracions de salinitat molt altes, per sobre de les dels mars i oceans. Aprofiten la sal (NaCl) per a formar les seves parets cel·lulars i per a estabilitzar certs enzims del seu organisme.

b) Eubacteria o Bacteria

Són el domini d'organismes pertanyent als bacteris pròpiament dits. Igual que *Archaeobacteria*, són unicel·lulars, microscòpics i unicel·lulars, i tampoc presenten cap orgànucl membranós. La seva membrana, a diferència d'*Archaeobacteria*, la formen glicerols units per èsters a àcids grassos lineals. La paret bacteriana està formada per peptidoglicà, el més habitual dels quals és la mureïna, mentre que en *Archaeobacteria* és la pseudomureïna, un polímer que s'anomena així per la semblança notable amb el peptidoglicà pròpiament dit.

Alguns dels organismes d'aquest domini són capaços de fer la fotosíntesi per a desenvolupar-se, mentre que d'altres no la poden realitzar. A més, en funció de si

tenen paret bacteriana o no i de com la presenten, podem separar-los en les següents classificacions:

- **Bacteris presentadors de paret cel·lular:**
 - **Grampositius:** Presenten una capa gruixuda (de 10 a 80 nm) de peptidoglicà a la part exterior de la membrana. Per aquesta raó, durant el procés de tinció Gram, s'observen de color blau o violeta al microscopi. Els més coneguts són el gènere *Staphylococcus* (responsable de moltes malalties), *Streptococcus* (molt conegut per causar la pneumònia i la meningitis) i *Bacillus* (coneguda per ser productora d'antibiòtics).
 - **Gramnegatius:** Presenten una capa fina de peptidoglicà i una doble membrana lipídica sobre ella. S'observen de color rosa al microscopi durant la tinció Gram. Hi ha importants gèneres bacterians, com ara *Escherichia* (que viuen en el tracte gastrointestinal dels animals de sang calenta) o *Salmonella*.

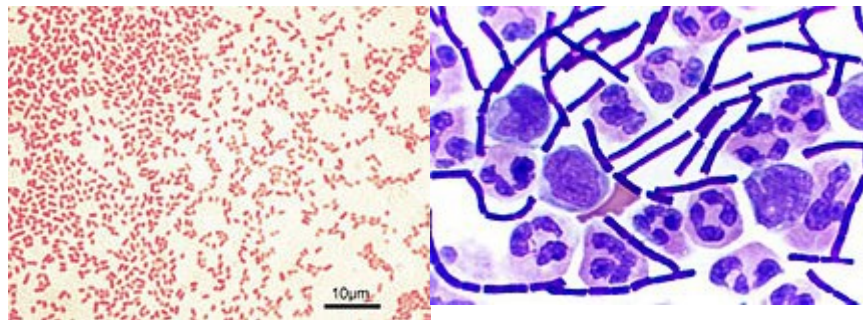


Figura 1. Bacteri gramnegatiu (esquerra) i grampositiu (dreta) durant el procés de tinció Gram. Vegeu la diferència en el color (wikipedia.org).

- **Bacteris sense paret cel·lular:**
 - **Micoplasmes:** Són els únics bacteris que no tenen una paret bacteriana. Sense la paret, no estan afectats per molts antibiòtics que pretenen atacar la paret cel·lular, com ara la penicil·lina. Solen ser patògens en humans i provocar malalties respiratòries i inflamatòries.

BACTERIS	Archaeobacteria o Archaea (primitius)	Hipertermòfils (temperatura)		
		Metanògens (metà)		
		Halòfils (salinitat)		
	Eubacteria o Bacteria	Amb paret cel·lular	Grampositiu (blau)	
			Gramnegatiu (rosa)	
		Sense paret cel·lular	Micoplasma	

Taula 1. Recull de tota la classificació taxonòmica bacteriana (font: elaboració pròpia).

1.2 Morfologia externa dels bacteris

Dins del domini bacterià hi ha una gran varietat de formes, que van des d'esferes fins a barres i espirals. A continuació s'esmenten diferents paràmetres que es tenen en compte a l'hora de classificar els bacteris.

a) Mida

La mida dels bacteris sovint oscil·la entre els 0,5 i els 3 µm, però poden arribar en alguns tipus a 10 µm o fins i tot a 20 µm, com és el cas de les espiroquetes. Els bacteris d'interès mèdic normalment alternen entre els 0,4 i els 2 µm. Són més grans que els virus (0,1 µm) però més petits que les cèl·lules eucariotes (>5 µm).

b) Forma

Segons com es veuen al microscopi, es classifiquen de la següent forma:

- **Cocs:** Tenen una forma esfèrica o lleugerament ovalada.
 - **Diplococs:** S'agrupen de dos en dos.
 - **Estreptococs:** Formen una cadena.
 - **Estafilococs:** S'agrupen en forma de raïm.
 - **Tètrades:** S'agrupen de quatre en quatre.
 - **Sarcines:** Formen un cub.

- **Bacils:** Tenen una forma similar a la d'un bastó.
 - **Diplobacils:** S'agrupen de dos en dos.
 - **Estreptobacils:** Formen una cadena, com els estreptococs.
 - **En “V”:** S'agrupen de dos en dos, però formen una espècie de “V”.
 - **En “empallissada”:** S'agrupen en paral·lel.
 - **Lletres xineses:** Formen, tal com el nom indica, caràcters xinesos.
- **Espirals:** Tenen una forma helicoidal i allargada.
 - **Vibris:** Fan una espècie de coma ortogràfica.
 - **Espirils:** Tenen forma helicoidal amb flagels als dos extrems.
 - **Espiroquetes:** Tenen forma de tirabuixó, i poden presentar desenes de flagels. Són capaços de girar com un llevataps gràcies als seus flagels.
- **Cocobacils:** Bacils molt curts, amb una forma entre els cocs i els bacils.
- **Pleomòrfiques:** Poden canviar de forma durant el seu cicle de vida o segons el medi que habiten.
- **Altres formes (quadrades, filamentoses, estrellades...):** No són de gran importància mèdica.

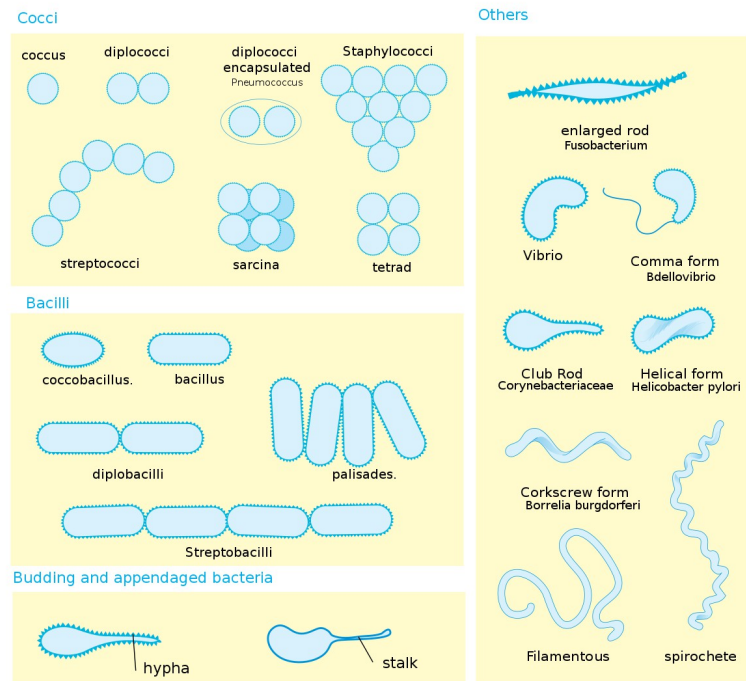


Figura 2. Recull de la classificació morfològica bacteriana en anglès (wikipedia.org).

1.3. Estructura bacteriana

En comparació amb les cèl·lules eucariotes, no presenten orgànuls al seu interior, però sí altres estructures que les fan diferir d'altres tipus d'organismes. Les cèl·lules procariotes estan formades per un elevat nombre de configuracions proteiques internes i externes.

Dins del context dels bacteris, una de les més importants a destacar és la paret bacteriana, un embolcall exclusiu dels bacteris format per glicopèptids o mureïna, un disacàrid compost per N-acetil-muràmic (NAM) i N-acetil-glucosamina (NAG). Es tracta d'una estructura complexa i fonamental, ja que la seva rigidesa li dona forma a cada bacteri, a més de protegir-la de canvis de pressió osmòtica del medi que els envolta i de la dessecació. Això permet en conseqüència colonitzar medis secs, com ara la pell humana.

A més, és la part on es localitzen els antígens que permeten diferenciar un bacteri d'un altre i la responsable de la protecció contra l'anomenat estrès antimicrobià: si la paret es trenca, el bacteri adquireix una forma esfèrica que li impedeix mantenir la seva estructura habitual i compromet la seva integritat, la qual cosa crea un desequilibri intern que a poc a poc desencadena la mort cel·lular.

L'anomenada membrana plasmàtica també n'és, de fonamental. Es tracta d'una barrera semipermeable formada per una bicapa lipídica que regula l'eixida de certs productes cel·lulars a l'exterior. Conté els mesosomes, malformacions pròpies de les cèl·lules procariotes, situades dins de la membrana plasmàtica que, tot i que se li han arribat a atribuir diverses funcions, s'ha demostrat que no són part de l'estructura normal dels bacteris.

A més de les dues estructures anteriors, podem trobar d'altres estructures externes en els bacteris. Les que s'esmentaran a continuació són elements no imprescindibles per viure. Per aquesta raó, hi ha soques bacterianes en què les trobem, i d'altres que no les presenten. Alguns d'ells són els següents:

- **Càpsula:** És un embolcall glucoproteic que envolta el bacteri d'una forma molt compacta i la protegeix de la fagocitosi, és a dir, evita que el microbi sigui "menjat" per algun organisme.
- **Fímbrics o pili:** Són filaments petits necessaris per dur a terme la conjugació bacteriana, un procés que consisteix en l'intercanvi de material genètic entre dos bacteris a través del pèl com a pont d'unió.
- **Flagels:** Són estructures proteiques helicoidals, formades principalment per flagelina, que proporcionen motilitat al bacteri.

S'han fet servir els flagels per a diferenciar d'una altra forma les espècies bacterianes. Segons el nombre i la seva disposició en la cèl·lula, es poden distingir els següents tipus bacterians:

- **Àtric:** No tenen cap flagel.
- **Monòtric:** Presenten un flagel a un dels dos extrems del bacteri. Cada extrem rep el nom de pol cel·lular.
- **Amfítric:** Presenten un flagel a cada pol cel·lular.
- **Lofòtric:** Presenten nombrosos flagels en un o en ambdós pols cel·lulars.
- **Perítric:** Presenten flagels per tota la superfície bacteriana.

L'interior del bacteri rep el nom de medi intracel·lular o matriu citoplasmàtica. És un fluid format per aigua, molècules orgàniques i inorgàniques, DNA, ribosomes i vacúols, que es troba envoltat per la membrana citoplasmàtica. Els elements que conté són els següents:

- **Ribosomes:** Són orgànuls esfèrics compostos pel seu propi material genètic, anomenat àcid ribonucleic ribosòmic (rRNA), i per proteïnes. La seva funció principal és sintetitzar proteïnes.
- **Vacúols:** Són vesícules de mida variable que contenen material de reserva per a la cèl·lula. En algunes ocasions s'utilitzen per degradar certes molècules nocives per al bacteri.
- **Nucleoide (*fals nucli bacterià*):** És una molècula empaquetada que conté el DNA del cromosoma bacterià. Tot i això, en certes ocasions els bacteris poden presentar plasmidis, molècules de DNA extracromosòmic de doble cadena que

s'utilitzen molt sovint en el camp de l'enginyeria genètica.

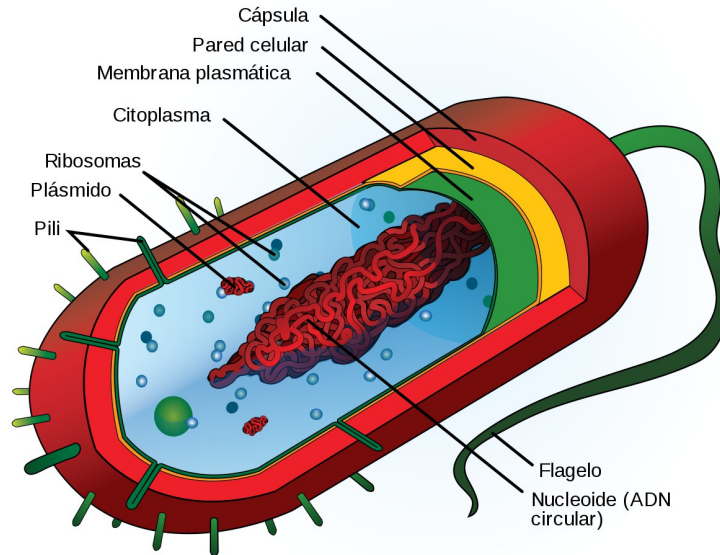


Figura 3. Parts principals d'un bacteri (wikipedia.org).

2. Els antibiòtics

Els antibiòtics són substàncies químiques que habitualment són inofensives per a l'hoste i que són principalment produïdes per microorganismes (com ara bacteris, o fongs), o bé tenen un origen sintètic. S'utilitzen per tractar malalties infeccioses d'origen bacterià.

Els antibiòtics es poden classificar segons dos criteris:

- **Segons el que causen:**
 - **Bactericides:** Causen directament la mort del microorganisme.
 - **Bacteriostàtics:** Bloquegen el desenvolupament i la multiplicació dels bacteris. Per tant, inhibeix el creixement bacterià per a facilitar el treball al sistema immunitari, que l'acabarà eliminant.
- **Segons l'espectre d'activitat:**
 - **D'ampli espectre:** Poden actuar contra molts tipus de bacteris, tant sobre grampositius com sobre gramnegatius, i fins i tot poden realitzar ambdós mecanismes.

- **De curt espectre:** Només poden actuar sobre certs bacteris.

2.1. El funcionament dels antibiòtics i els grups d'antimicrobians

Els antibiòtics estan destinats únicament per tractar infeccions microbianes. Alguns estan altament especialitzats i només són efectius contra determinats bacteris, mentre que d'altres ataquen a un rang molt ampli de bacteris, incloent-hi aquells beneficiosos per a nosaltres.

Per aconseguir destruir o inhibir els microorganismes, els antibiòtics han de travessar la barrera superficial del bacteri i després fixar-se sobre l'anomenada molècula diana, una estructura que li és necessària al bacteri per a multiplicar-se o sobreviure.

Aquests agents químics actuen unint-se a partícules situades a diferents zones del bacteri. Aquestes molècules, tal com s'ha indicat, sovint tendeixen a tenir funcions vitals per a la cèl·lula procariota, de manera que en actuar sobre elles, els antibiòtics inhibeixen el procés en el qual estan involucrades, provocant d'aquesta manera la desestabilització interna de la cèl·lula, cosa que li dona al sistema immunitari temps per a eliminar-la completament de l'organisme, o fins i tot directament la mort.

En funció del nivell estructural on actuen els antibiòtics i el seu mecanisme d'acció, els podem classificar de la següent forma:

- **Inhibidors de la síntesi de la paret cel·lular:** Bloquegen la síntesi de peptidoglicà, necessària per a la configuració de la paret bacteriana. No són letals ni perjudiquen la vida de l'ésser humà, atès el fet que les cèl·lules eucariotes no presenten paret cel·lular. Dins d'aquest grup podem situar la penicil·lina, els β -lactàmics, la fosfomicina i els glicopèptids.
- **Inhibidors de la membrana cel·lular:** Interactuen amb els fosfolípids del bacteri, desestabilitzant la composició de la membrana cel·lular i consegüentment trencant la seva estructura. Són agents químics considerablement tòxics, sabent que les cèl·lules eucariotes també presenten

una membrana cel·lular. És el cas de la polimixina i la daptomicina.

- **Inhibidors de la síntesi proteïca:** Actuen sobre els ribosomes, provocant la producció de proteïnes anòmales o bloquejant la síntesi de proteïnes. És el cas d'aminoglicòsids, de la tetraciclina i de la clindamicina, entre d'altres.
- **Inhibidors de la síntesi de DNA o RNA:** Actuen sobre les molècules de DNA o RNA del bacteri, inhibint la seva síntesi. És el cas de les quinolones i de la rifampicina.
- **Inhibidors de factors de creixement:** Detenen el creixement dels anomenats factors de creixement, compostos imprescindibles per a la síntesi d'àcid fòlic bacterià, necessari per a la síntesi d'àcids nucleics i per al creixement cel·lular. És el cas de les sulfonamides.

2.2. La resistència bacteriana

Els bacteris són capaços de desenvolupar mecanismes de resistència a aquells agents que els perjudiquen. Aquests mecanismes formen l'anomenada resistència antibiòtica o bacteriana. Espanya és un país que destaca per la seva alta prevalença, sobretot en espècies que causen infeccions fonamentalment extrahospitalàries. Actualment està sent un dels països amb el consum més alt d'antibiòtics per habitant (Alós, JI, Carnicero M., 1997). Això provoca que cada cop més sovint tingui lloc aquesta situació (i no només a Espanya, sinó arreu) i que, consegüentment, es torni en un problema greu a escala mundial, sabent que estan apareixent cada vegada més bacteris multiresistents.

La resistència a un antibiòtic es dona a terme quan el bacteri és capaç de sobreviure i créixer en presència d'un o més antibiòtics. En altres paraules, un bacteri és resistent quan el seu creixement sols pot ser inhibit a concentracions superiors a les que el fàrmac pot assolir en el lloc de la infecció (García Rodríguez JA, García Sánchez E. 1997). Quan això passa, el bacteri resistent continua causant la infecció a l'hoste.

El desenvolupament de resistències és comú a la naturalesa. No obstant això, l'ús rutinari d'antibiòtics provoca una exposició dels bacteris a aquests cada vegada més freqüent, cosa que permet que la resistència es desenvolupi cada cop més ràpidament. Si no disposem d'antibiòtics efectius, les infeccions comuns, com ara la pneumònia bacteriana, podran tornar a ser mortals de nou. Fins i tot els procediments complexos, com ara la cirurgia cardíaca, podrien ser més perilloses, atès el nombre d'eines que hi ha en contacte durant l'operació, i les morts per infecció més comunes.

2.2.1. Com es produeixen les resistències als antibiòtics?

Existeixen tres mecanismes principals de resistència als antibiòtics. No són excloents entre ells, ja que cada espècie resistent pot presentar-ne un o més:

- **Inactivació de l'antibiòtic mitjançant enzims:** El bacteri produeix enzims que inactiven l'antibiòtic, la més important de les quals és la β -lactamasa, una molècula produïda per molts bacteris.
- **Modificacions bacterianes que impedeixen l'arribada de l'antibiòtic al punt diana:** Certes mutacions en la paret cel·lular bloquegen l'entrada de certs antibiòtics, o fins i tot alteren els sistemes de transport del mateix microorganisme, provocant la sortida de l'antibiòtic en cas que hagi entrat prèviament i impedit que s'acumuli al seu interior en quantitat suficient perquè actuï adequadament.
- **Alteració del punt diana:** Hi ha mutacions produïdes dins les molècules diana (com ara al DNA, a l'RNA o als enzims del bacteri, molècules necessàries per a la formació de proteïnes i, consegüentment, de la paret cel·lular) que impedeixen l'acció de l'antibiòtic, ja que no pot detectar la molècula que es necessita eliminar.

Les indicacions anteriors reflecteixen la forma en què només un bacteri pot generar resistència a l'antibiòtic. A escala de població bacteriana, trobem tres formes de generar resistència:

- **Pressió selectiva:** En tota una població hi ha bacteris sensibles a un antibiòtic, i d'altres que no. Davant d'una dosi antibiòtic (que elimina els bacteris tant

perjudicials com beneficiosos per a l'organisme), gran part de la població mor, però els bacteris resistents a l'antibiòtic poden seguir multiplicant-se i així crear una població completament resistent a l'antibiòtic. És un procés natural lent, però que no es pot parar. Tot i això, la sobreutilització d'un antibiòtic ajuda a accelerar-lo.

- **Transmissió del material genètic d'un bacteri a un altre (conjugació):** Els bacteris poden transferir el seu material genètic mitjançant els plasmidis i els pèls sexuals com a ponts d'unió. Així, els plasmidis passats d'un bacteri a un altre s'utilitzaran per a produir enzims capaços d'inutilitzar l'antibiòtic. Pot arribar a ser un procés molt ràpid entre els bacteris, sobretot si es tracta d'una població molt gran.
- **Transferència de gens de les cèl·lules mare a les cèl·lules filles:** Quan es produeix una mutació en un bacteri, es produeix alhora una modificació del seu material genètic, que es transmet a la següent generació de cèl·lules, encomanant així una herència important per a la seva supervivència, en cas que sigui una mutació que la faci resistent a un fàrmac, per exemple.

2.2.2 Tipus de resistència bacteriana

Existeixen diferents tipus de resistència bacteriana en funció del seu origen i de quines siguin les seves propietats. A continuació s'esmenten les següents:

- **Resistència intrínseca:** Es dona quan un bacteri la produeix de forma natural.
- **Resistència natural:** Es dona quan el bacteri no presenta l'estructura sobre la qual actua un antibiòtic. És aquella que caracteritza a cada bacteri.
- **Resistència creuada:** Es dona quan el bacteri genera resistència a diferents fàrmacs de la mateixa família.
- **Multiresistència:** Es dona quan el bacteri genera resistència a diferents fàrmacs de diferents famílies.
- **Resistència pliotròpica:** Es dona quan la resistència està ocasionada per un mecanisme que afecta a més d'un antibiòtic.
- **Resistència estesa:** Es dona quan el bacteri presenta una elevada probabilitat de ser resistent a pràcticament tots els antibiòtics aprovats clínicament.

La resistència pliotròpica i l'estesa sovint funcionen com un únic concepte. No obstant això, si la resistència es dona en tots els antibiòtics coneguts, tant aprovats clínicament com no, i per tant fa el bacteri immune a qualsevol fàrmac, es tracta d'una panresistència.

3. La mel

La mel és una substància dolça elaborada per les anomenades abelles domèstiques, coneguda sota el nom taxonòmic d'*Apis mellifera*, o per diferents subespècies, a partir del nèctar de les flors i d'altres secrecions extraflorals que les abelles recol·lecten, transformen i combinen amb altres substàncies, deshidraten, concentren i emmagatzemen en bresques (Organització Mundial per a l'Alimentació, 2001).

Al llarg de la història existeixen nombroses referències que deixen constància de la grandíssima importància i dels diversos usos que s'han donat a la mel, convertint-la en moltes ocasions en un producte indispensable i de primera necessitat. En alguns indrets del món, com ara en zones on predominava la cultura maia, la mel s'utilitza per a fer begudes alcohòliques com el vi de mel o hidromel. Fins i tot en algunes parts d'Àfrica, la cervesa de mel és una de les begudes més tradicionals i populars (Gentry, 1982).

Se li ha atribuït a la mel diverses propietats medicinals que han sigut comprovades per diferents treballs científics (Sato i Miyata, 2000), alguns dels quals destaquen la mel contra l'anèmia gràcies al seu poder energètic. A més, se l'ha descrit com a dinamitzant, laxant, hepatoprotector, antisèptic, antibacterià i cicatritzant (Humbel, 2004).

La producció mundial de mel és de l'ordre d'unes 1.310.000 t (tones). El principal continent productor és Àsia, seguit d'Europa i d'Amèrica. A escala de país, Xina és el major productor, seguit dels Estats Units i Argentina (FAOSTAT, 2004).

	Producció (t)	Importacions (t)	Valor (\$ x 1000)	Exportacions (t)	Valor (\$ x 1000)
Total	1.112.000	317.630	539.820	264.701	453.546
Argentina	65.000	171	336	70.422	108.361
Austràlia	26.000	30	70	13.287	22.159
Canadà	29.000	1.992	3.279	8.408	17.054
Xina	188.000	2.296	2.393	48.306	69.200
Cuba	6.000	-	-	3.800	5
Etiòpia	31.000	-	-	1	5.000
Alemania	12.000	83.295	130.383	13.061	33.406
Kenya	26.000	20	57	1	1
Mèxic	54.000	135	246	26.900	41.090
Sudàfrica	1.000	587	707	27	83
Regne Unit	3.000	21.223	37.282	904	2.430
EE.UU	90.000	75.950	124.852	4.111	7.858

Taula 2. Producció i mercat mundial de mel, 1997 (font: FAO Production Yearbook, Vol. 51).

Nota: La taula il·lustra només les dades oficials, encara que les exportacions dels països africans i asiàtics són significatives, no oficials.

L'absència de dades científiques quant a les característiques de la mel de tota mena, inclús en la literatura de caràcter divulgatiu i gastronòmic, ens ha portat a plantejar una investigació a llarg termini que respongui a l'interès manifestat pel sector apícola (Mungó, 2008).

3.1. Composició de les mels

Alguns dels components de la mel (carbohidrats, aigua, traces d'àcids orgànics, enzims, aminoàcids, pigments, pol·len i cera) es deuen a la seva maduració amb el temps. Alguns d'ells són afegits per les abelles i d'altres són derivats de les plantes (EUA, 2002). La mel del mateix origen floral pot variar en la seva composició a causa de variacions climàtiques estacionals o a diferent origen geogràfic (Anklam, 1998). El nèctar de les flors ja és una solució aquosa ensucrada, segregada per les glàndules

de la planta (Serrano et al., 1994). A més, la composició de les mels varia àmpliament i depèn fonamentalment de la composició del nèctar, les condicions climàtiques i l'origen floral (European Commission Health & Consumer Protection Directorate-General, 2002), encara que pot ser descrita de la següent forma:

- **Carbohidrats o glúcids (73-83%):** Constitueixen el principal component de la mel. Hi ha 7 glúcids que són sempre presents en la mel: fructosa (30,9-44,3%), glucosa (22,9-40,8%), sacarosa (0,8-10%), maltosa (0,5-2,8%), isomaltosa (0,5-1,5%), turanosa (0,5-1,5%), nigerosa (0,2-1%).
- **Aigua:** El contingut normal està entre 14,5 i 18,5%. Valors més alts informen d'una possible fermentació. Valors inferiors al 17% indiquen que no pot haver-hi cap fermentació. No obstant això, hi ha algunes mels que poden presentar continguts d'aigua majors de la mitjana (com el de castanyes, entre 17 i 19%, i el de bruc, fins a 21%).
- **Components minoritaris (<1,5% sobre la matèria seca):**
 - **Àcids orgànics (0,6%):** Glucònic (principal), acètic, butíric, cítric, fòrmic (present en el verí de les abelles), làctic, màlic, piroglutàmic i succínic.
 - **Compostos nitrogenats (0,4%):** Proteïnes (0,3%), aminoàcids (0,05-0,1%) i enzims.
 - **Minerals (0,1%):** Majoritàriament potassi (0,05%), fòsfor, calci, sodi i magnesi (tota la resta sota el 0,01%).

La presència de vitamines B i C procedeixen del pol·len de les flors o es formen durant la maduració. Una mel amb contingut de vitamina C s'associa a un alt contingut de pol·len, però una sotmesa a filtració o sobreescalfament (sobretot per a treure el pol·len de la mescla) perd les seves propietats fent que la mel sembli tèrbola, atribut no apreciat entre els consumidors.

El tipus de flor condiciona el color i la sabor de la mel, que poden variar considerablement. Hi ha mels que són més lleugeres i delicades, i d'altres fosques i molt fortes.

3.2. Classificació de la mel

Hi ha nombroses classificacions de la mel, la més general de les quals (Anònim, 2003) és la següent:

- **Segons el seu origen:**
 - **Mel de flors o de nèctar:** És la que procedeix del nèctar de les plantes.
 - **Mel de melada:** És la que procedeix fonamentalment d'excrecions d'insectes xucladores de plantes (hemípters) presents en les parts vives de les plantes.
- **Segons la seva elaboració o presentació:**
 - **Mel en bresca:** És aquella dipositada en les cel·les de les bresques, elaborades per les abelles naturalment o a partir de làmines de cera comercials.
 - **Mel amb trossos de bresca:** És aquella que conté un o més trossos de mel en bresca.
 - **Mel escorreguda:** És aquella obtinguda escorrent les bresques.
 - **Mel centrifugada:** És aquella que s'obté mitjançant la centrifugació de les bresques.
 - **Mel premsada:** És aquella obtinguda per la compressió de les bresques, aplicant o no calor fins a un màxim de 45°C.
 - **Mel filtrada:** És aquella que s'obté mitjançant un procés de filtració per a generar una important eliminació de pol·len.
 - **Mel per a ús industrial:** És aquella apropiada per a usos industrials o com a ingredient d'altres productes alimentaris. Pot ser fermentada, sobreescalfada i inclús presentar sabors i olors desagradables.

3.3. Característiques generals de la mel

Les mels, en estat natural, són viscoses, de sabor ensucrat, àcid i més o menys aromàtic, i desprenen una olor característic. El color és molt variable: segons el seu origen floral, podem veure des de mels blanques quasi transparents fins a un marró o castany molt pronunciat, quasi negre.

A més, és molt estable gràcies a la seva baixa activitat aquosa, pH baix i per la presència de substàncies antimicrobianes. Per aquestes raons es diu que és una substància altament perdurable (Anònim, 2009).

Des del punt de vista nutricional, és molt energètic, a causa de l'alta concentració de sucres. És possible calcular que 100 grams de mel proveeixen aproximadament unes 320 kcal.

A diferència del sucre, no és un aliment refinat i té un major poder endolcidor. És un edulcorant nutritiu natural que inclús podria utilitzar-se en menor quantitat que el sucre per a assolir el mateix efecte.

L'alta pressió osmòtica que exerceix la mel augmenta l'absorció dels sucres a l'organisme. Aquest fet el converteix en una font d'energia important per als atletes i persones sotmeses a esforços físics. A més, accelera el metabolisme de l'alcohol i ajuda a la digestió si es combina amb aliments rics en proteïnes o greixos, ja que contribueix a la motilitat intestinal i a l'absorció del calci.

És beneficiosa en alguns quadres respiratoris aguts, ja que posseeix efecte antitussigen i balsàmic, deguts a la presència de compostos anomenats com a flavonoides, que s'encarreguen de la formació de pigments en les plantes. Posseeix propietats bactericides contra diversos bacteris, com ara *Streptococcus mutans*, responsable de la càries, per l'acció de l'aigua oxigenada produïda per alguns enzims de la mel, i *Helicobacter pylori*, responsable de l'úlceres gàstrica.

3.4. Paràmetres físicoquímics importants a l'hora d'analitzar la mel

Hi ha nombrosos paràmetres que els productors tenen en compte a l'hora de comercialitzar la mel:

- **pH:** És de gran importància, ja que influeix en el desenvolupament de microorganismes i enzims dins el contingut. Afecta la textura, l'estabilitat i la resistència de la mel. Assenyala la seva acidesa, la qual cosa contribueix a

donar estabilitat davant de patògens, i està molt condicionada pel contingut en sals minerals. Oscil·la entre 3,4 i 6,1, amb una mitjana de 3,9 (Louveaux, 1985). Aquesta variació depèn de l'origen floral, sent inferiors a 4 per a mels florals i superiors per a mels de melada (Frias i Hardisson, 1992). Amb el temps, el pH de la mel disminueix molt lleugerament (Cherchi et al. 1994).

- **Activitat aquosa:** Està relacionada amb la textura dels aliments, i és una altra variable a estudiar per a predir l'estabilitat de la substància, la velocitat de reacció que porta en reaccions d'alteració, l'activitat enzimàtica i el creixement de microorganismes. És un paràmetre adimensional, sense unitats, amb un màxim d'1. Valors més propers a 1 indiquen una textura tendra que s'altera més fàcilment, mentre que valors molt baixos indiquen una textura dura i que s'asseca més ràpidament. La mel s'emmarca dins els aliments d'humitat intermèdia, molt segurs respecte als perills sanitaris habituals que envolten aliments tradicionals artesanals.
- **Conductivitat elèctrica:** Està relacionada amb el contingut en sals minerals. En la mel, indica si les abelles han sigut alimentades artificialment amb sucres (Vorwohl, 1964).
- **Acidesa:** L'acidesa de la mel la protegeix dels atacs antimicrobians i contribueix a atorgar-li aroma. Està associada al contingut de glucosa (ja que és convertit en àcid glucònic) i d'àcids orgànics secretats per les glàndules salivals de l'abella.
- **Contingut de sòlids insolubles:** És un paràmetre fonamental per a detectar el grau d'impureses en la mel (Bogdanov, 2002). Afecta en la textura, l'estabilitat i la resistència de la mel, i indica de la quantitat de partícules en suspensió dins de la mel.
- **Color:** És un dels atributs de major variabilitat i important des del punt de vista comercial. Molts països reporten que les mels fosques són les més apreciades (Murphy et al., 2000). És determinat per la flor, però també pel contingut en cendra, temperatura i temps d'emmagatzematge.
- **Humitat:** Està altament relacionat amb l'activitat aquosa. Influeix en conservació de la mel, i condiciona el color, la palatabilitat, el sabor, la solubilitat i el valor comercial de la mel (Crane, 1975).

- **Contingut en sucre:** Contribueix en el sabor de la mel, així com la viscositat, la refracció i les propietats tèrmiques.
- **Cristal·lització:** En ser una solució sobresaturada de sucres, la mel assoleix l'equilibri màxim amb la cristal·lització, a causa de la precipitació de glucosa que provoca la separació de la mel en dues fases, una fase sòlida constituïda per cristalls de glucosa i una fase superior líquida amb un major contingut d'aigua. Les mels cristal·litzades no solen ser ben acceptades pels consumidors, perquè presenten el risc de patir fermentacions (Sancho et al., 1991).
- **Contingut de sals minerals i de cendres:** El conjunt de sals minerals presents en la mel reben el nom de cendra. Influeixen en el sabor i l'olor de la mel, i es relaciona amb l'origen de la mel. Les mels de melada tenen un major contingut en cendres que les florals.
- **Frescor de la mel:** El grau de frescor és un indicador del processament de la mel i de les condicions a les quals ha estat emmagatzemada la substància. Afecta l'aroma de l'aliment. És valorada mitjançant dos índexs:
 - **Activitat diastàsica:** Té relació amb l'activitat enzimàtica de la mel.
 - **Contingut en hidroximetilfurfural (HMF):** L'HMF no és un component normal de la mel, sinó que és un compost orgànic que es forma a temperatura ambient per deshidratació dels sucres de la mel en medi àcid, procés que s'accelera amb l'emmagatzematge a elevades temperatures. La seva presència produeix enfosquiment i un envelliment prematur de la mel, aspecte poc acceptat pels consumidors.

3.5. Anàlisi comercial de la mel

La mel ha de passar per un seguit de controls contemplats per diferents legislacions, amb la finalitat d'oferir als consumidors un aliment lliure de substàncies alienes en la seva composició. Les exigències que ha de complir la mel estan presents en diferents reglaments: a Amèrica del Sud es disposa del Reglament Tècnic MERCOSUR d'Identitat i Qualitat de Mel; internacionalment, de la Norma del Codex Alimentari; en l'àmbit regional, de la Directiva de la Unió Europea per a la Mel.

3.5.1. Característiques sensorials

A continuació s'esmenten un seguit d'aspectes observats a simple vista que ha de reunir la mel:

- El color pot ser variable, des de quasi incolora fins a castany molt fosc, però ha de ser uniforme en tot el volum de l'envàs que la conté.
- El sabor i l'aroma han de ser caracteritzats fonamentalment per l'origen floral (és a dir, que l'olor i el sabor facin recordar a la planta que ha originat el nèctar necessari per a la mel), lliure d'aromes estranyes o alienes.
- La consistència pot ser fluida, viscosa o cristal·litzada totalment o parcialment.

3.5.2. Característiques fisicoquímiques

		% màxim
Maduresa	Contingut en sucre	Mel de flors: mínim 65%. Mel de melada: mínim 60%. Mescla de mel de melada i de flors: mínim 60%.
	Humitat	20%.
	Contingut en sacarosa respecte el total de sucres	Mel de flors: 5%. Mel de melada i mescles: 10%.
Presentació	Contingut de sòlids insolubles en suspensió	0,1%, excepte en mel premsada (0,5%).
	Contingut en minerals (cendres)	Mel de flors: 0,6%. Mel de melada i mescles: 1%
Deteriorament	Fermentació	No ha de tenir indicis de fermentació ni ha de ser efervescent.
	Acidesa lliure	50 meq/kg.
	Grau de frescor	Es determina després del tractament.
	Activitat diastàtica	8 en l'escala de Gothe.
	Contingut en HMF	60 mg/kg

Taula 3. Il·lustració on figuren els requisits mínims o màxims necessaris per a la comercialització de la mel (font: elaboració pròpia).

Críterios Físico-químicos	Directiva 74/409/ECC	Directiva 2001/110/CE
Contenido de Fructosa y Glucosa		
Miel de flores	≥ 65%	≥ 60%
Miel de mielada y su mezcla con miel de flores	≥ 60%	≥ 45%
Contenido de Agua		
En general	≤ 21% ≤ 23%	≤ 20% ≤ 23% ≤ 25%
Contenido de Sacarosa	≤ 5% ≤ 10%	≤ 5% ≤ 10% ≤ 15%
Contenido de Sólidos Insolubles en Agua		
Miel	≤ 0,1%	≤ 0,1%
Miel prensada	≤ 0,5%	≤ 0,5%
Sustancias Minerales		
Miel	≤ 0,6%	No contempla
Miel de mielada o su mezcla con miel de flores	≤ 1,0%	
Conductividad Eléctrica		
Miel		≤ 0,8
Miel de mielada, de castaña y mezclas	No contempla	≥ 0,8
Acidez Libre		
En general	≤ 40	≤ 50
Miel para uso industrial		≤ 80
Actividad diastásica y contenido de HMF		
a) Actividad diastásica		
En general		
b) Hidroximetilfurfural	≥ 8	≥ 8
En general		
Mieles provenientes de regiones con clima tropical y sus mezclas	≤ 40	≤ 40 ≤ 80

Taula 4. Comparativa de les Directives de la Unió Europea per a la Mel en castellà, del 1974 (74/409/ECC), i del 2001 (2001/110/CE) (font: eur-lex.europa.eu).

3.6. Ecologia microbiana. Propietats antibacterianes de la mel

La mel és un aliment, tal com s'ha indicat, d'humitat intermèdia, i presenta una flora que s'adapta a les condicions poc favorables per al creixement en aquest producte a causa d'un pH àcid, humitat i activitat d'aigua baixes, una elevada viscositat, concentració de sucres i pressió osmòtica altes, pel que la fan un substrat poc apte per al desenvolupament microbià, encara que la supervivència en ella és possible.

La mel té una flora microbiana original que li és pròpia, introduïda per les abelles, com ara soques de diferents bacils, floridures i llevats (Pérez-Arquillué y

Benito, 1985). A part d'aquesta microflora, poden incorporar-se altres microorganismes dins l'aliment segons les manipulacions que pateix, tant originades pels dels éssers humans i per l'ús d'aparells, com per l'acció d'insectes.

Entre els patògens que poden passar de l'abella a la mel es troben els següents: *Bacillus larvae*, *Bacillus alvei*, *Aspergillus flavus*, *Ascosphera apis*, *Ascosphera alvei* (Pérez-Arquillué y Benito, 1985), *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens* o *C. botulinum* (Snowdon i Cliver, 1996). Els llevats són sovint trobats en el sòl dels apiaris, procedents de la cera, del nèctar i d'abelles mortes.

Al llarg de la història, s'han detectat microorganismes perillosos en la salut humana com ara el *Staphylococcus aureus*, el *Bacillus cereus* o el *Clostridium botulinum* en mels d'origen italià i brasiler.

Nombrosos estudis han demostrat que la mel posseeix diverses propietats antimicrobianes, moltes d'elles conegudes des de temps d'Aristòtil (350 aC). El baix desenvolupament microbià en la mel és degut a la presència de components derivats de la seva activitat enzimàtica, com ara el peròxid d'hidrogen (conegut com a aigua oxigenada), produït per enzims coneguts com a catalases. En un principi s'ha cregut que les propietats eren degudes a la seva alta osmolaritat, però s'ha comprovat que persisteixen després de diluir la mel (Russel et al. 1990).

La majoria dels tipus de mel generen aigua oxigenada quan es dilueixen, degut a l'activació de l'enzim glucosa-oxidasa que transforma la glucosa en àcid glucònic i aigua oxigenada, la qual cosa contribueix a l'activitat antimicrobiana (Bang LM et al., 2003). A més, en ser característicament àcida, té un pH suficientment baix per a inhibir diversos patògens bacterians (Haniyeh K. et al., 2010).

Centres de recerca com ara la Universitat de Birmingham i el Centre Nacional per a la Informació Biotecnològica dels Estats Units, societats científiques com la Societat Química Americana, i periòdics científics com ara la Revista Internacional de Ciències Mèdiques, l'Oxford University Press i ScienceDirect han pogut demostrar que la mel pot ser un antibiòtic natural contra soques bacterianes resistents a diferents

tipus d'antibiòtics.

La mel que ha tingut més èxit en experiments d'aquesta mena és l'anomenada mel de manuka, una de les mels més promocionades a escala global com un "superaliment" que tracta moltes afeccions, incloent-hi al·lèrgies, refredats, gripes, gingivitis, mals de gola, infeccions per estafilococs i nombrosos tipus de ferides. Deriva del nèctar dels arbres del mateix nom (*Leptosperum scoparium*) i té un component addicional a la potent activitat antimicrobiana d'altres mels d'abella. La seva activitat antimicrobiana va ser descoberta pel bioquímic neozelandès Peter Nolan, a les dècades del 1980, i el seu potencial antibacterià és reconegut en tot el món.

A més de tenir un ús alimentari, s'ha utilitzat per al tractament de faringitis, laringitis, rinitis, gripes, estats depressius menors, úlceres, gastritis, cremades i ferides. La propietat curativa de la mel és degut al fet que manté humida la ferida, i la seva alta viscositat ajuda a proporcionar una barrera protectora per a prevenir infeccions. Quan s'aplica tòpicament, elimina ràpidament la infecció de la ferida per a facilitar la cicatrització de ferides quirúrgiques profundes que no responen a la teràpia convencional amb antibiòtics i antisèptics.

Dit això, pretenc que qualsevol classe de mel funcioni com un antimicrobià natural de la pell, que pugui ser d'ús sobretot per a les lesions epidèrmiques superficials, com ara ferides o cremades lleus, o fins i tot per a les úlceres bucals, creant una superfície protectora i cicatritzant gràcies a la seva alta viscositat i a l'activitat enzimàtica de la glucosa-oxidasa, respectivament.

SECCIÓ 2. DE LA HIPÒTESI AL DISSENY EXPERIMENTAL

4. Materials i mètodes

Aquesta secció està dedicada exclusivament a l'explicació de la part experimental del projecte, en la qual ha estat ideat un experiment que requereix unes proves al laboratori i anàlisi de dades, i un sondeig poblacional virtual.

A grans trets, els elements utilitzats en el disseny experimental han estat els següents:

- Per a les proves al laboratori:

Materials	Ampolla de vidre amb cultiu de <i>S. epidermidis</i> liofilitzat (deshidratat, per a mantenir en vida el microorganisme), Plaques de Petri recobertes de Purple Agar, pinces, balances, becs de Bunsen, llumins, guants, mascaretes de protecció, discs de paper, nanses de sembra, vidres de rellotge, estufa d'incubació, matrassos Erlenmeyer, vasos de precipitats, gradetes, plaques calefactores espàtules i una estufa d'incubació.
Productes	Alcohol etanol 96%, sal comuna, peptona, brou de carn, aigua destil·lada esterilitzada i normal, mel de timó (<i>Thymus vulgaris</i>) i sucre.
Programes	<i>KLONK</i> , utilitzat per a mesurar de forma ràpida i senzilla àrees, perímetres i longituds de superfícies seleccionades en una imatge.

- Per al sondeig: Google Forms i OpenOffice Calc.

Abans de començar a explicar pas per pas el disseny experimental, convé explicar les característiques que té l'espècie *S. epidermidis* i el tipus de medi de cultiu utilitzat a les plaques de Petri.

S. epidermidis és una espècie de la família *Staphylococcaceae* integrant de la flora normal de la pell i de les mucoses humanes. De vegades s'associa a diferents infeccions lleus dèrmiques i és molt freqüentment aïllat en mostres biològiques sense que tingui repercussió clínica. La majoria de les soques d'aquest gènere són multiresistents als antibiòtics més comuns, mecanisme que comparteix amb *S. aureus*. És grampositiva, i fermenta glucosa, lactosa i maltosa. He pogut tenir l'oportunitat d'obtenir aquest gènere de bacteri gràcies a la Colección Española de Cultivos Tipo (CECT), l'únic centre de recursos microbians públic en Espanya, ubicat a València, encarregat de proveir als necessitats material microbiològic.

El medi de cultiu utilitzat és l'anomenat Purple Agar, un tipus d'agar de color porprat sovint utilitzat per a la detecció de bacteris de la família *Enterobacteriaceae*, però que, igual que l'agar nutritiu (un altre tipus d'agar), pot ser utilitzat per a tota mena de bacteris. És de bastant utilitat perquè pot romandre sòlid a altes temperatures, i conté lactosa que permet identificar organismes fermentadors i no fermentadors d'aquest glúcid. He pogut obtenir aquest agar directament fixat en diferents plaques de Petri inicialment estèrils gràcies a l'empresa estatunidenca Thermo Fisher Scientific.

Segons les instruccions enviades per l'empresa estatunidenca, el medi presenta el següent:

- **Peptona (10 g/L):** És un conjunt de teixits animals que constitueixen una font de nutrients per als bacteris.
- **Extracte de carn (10 g/L):** Font de nutrients.
- **Lactosa (5 g/L):** S'utilitza per a diferenciar entre aquells organismes fermentadors de lactosa i no fermentadors.
- **Clorur de sodi (5 g/L):** Proporciona equilibri osmòtic.
- **Fosfat de sodi i amoni (5 g/L):** Són agents tamponadors, és a dir, substàncies que permeten mantenir estable el pH de l'agar.
- **Porpra de bromocresol (0,05 g/L):** És un indicador de pH. Pot indicar valors des de 5,2 a poc més de 7, canviant de groc a porpra en l'interval mencionat.
- **Agar (15 g/L):** És l'agent solidificant, on els bacteris es desenvolupen.
- **Aigua.**
- Un **pH** de 7,4 amb variació d'error de $\pm 0,2$.

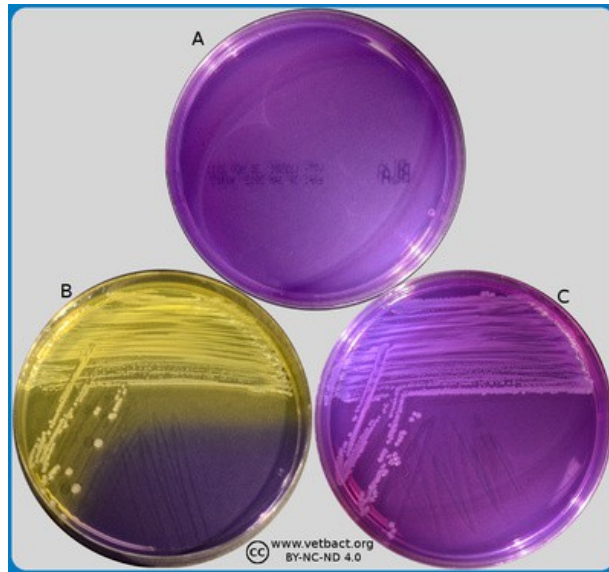


Figura 4. Plaques de Petri recobertes de Purple Agar, on s'observa una placa sense soca bacteriana (A), una amb bacteris del gènere *E. coli* (B), fermentadors, i una amb bacteris del gènere *Salmonella*, no fermentadors de la lactosa. Aquesta il·lustració és purament informativa, no forma part de la pràctica (font: Karl-Erik Johansson i Lise-Lotte Fernström).

El format de la prova al laboratori es divideix en tres blocs experimentals: el primer engloba un experiment relacionat amb la creació d'una soca bacteriana de *Staphylococcus epidermidis* a partir d'un cultiu liofilitzat del bacteri de la mateixa espècie, necessària per a poder dur a terme el segon bloc, el nucli del treball, que consisteix en la multiplicació de la soca en diferents plaques de Petri per tal de poder aplicar sobre elles diferents substàncies que pretendran eliminar totalment o parcialment la presència bacteriana a les plaques. Aquestes substàncies seran diferents dissolucions de mel de timó (*Thymus vulgaris*), sucre i sal comuna amb aigua esterilitzada. L'última part del disseny experimental consisteix en la verificació de la meua hipòtesi observant el que s'ha desenvolupat a cada placa.

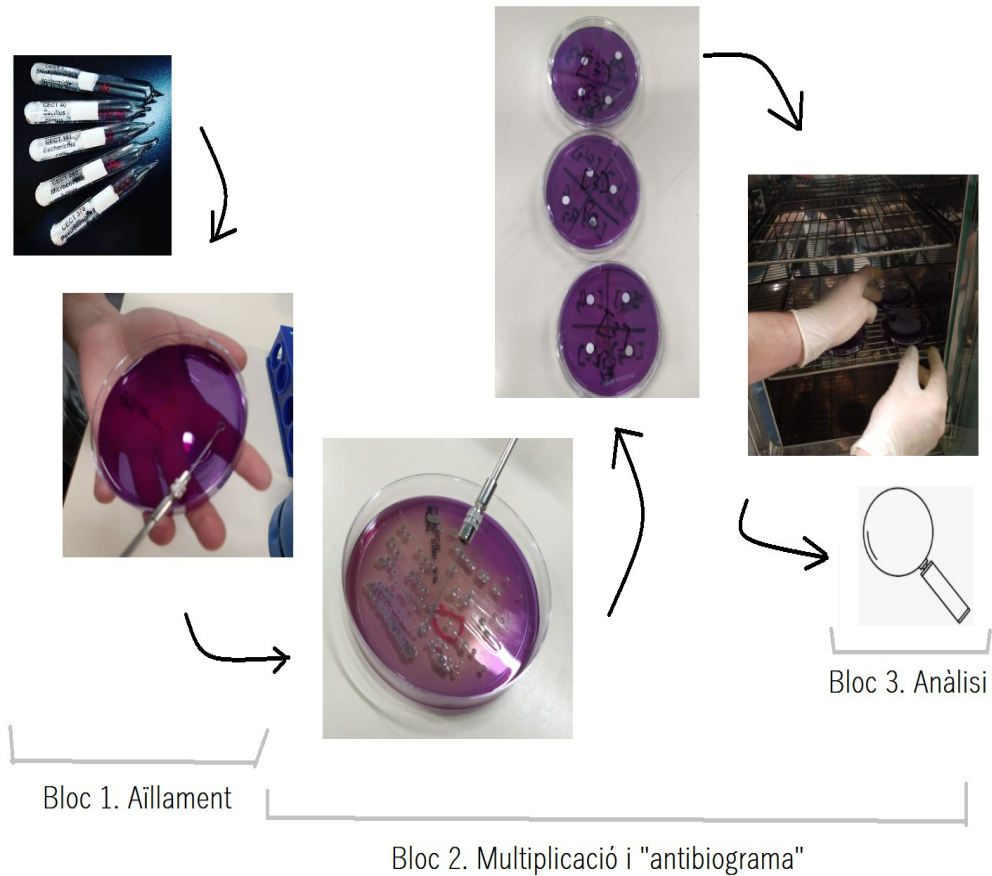


Figura 5. Parts de les diferents etapes del disseny experimental, des de l'aïllament del liòfil fins a la seva multiplicació, la creació d'un procés similar a un antibiograma i l'anàlisi final dels resultats (font: elaboració pròpia).

Atesa la situació alarmant d'aquesta temporada, l'estudi s'ha realitzat dins del laboratori del meu centre d'estudis.

4.1. Metodologia de l'experiment

A continuació detallarem pas per pas cadascun dels diferents blocs experimentals establerts per al treball d'investigació. A cadascuna, s'inclourà els seus objectius, el material i els productes emprats, els procediments duts a terme, esquemes per a representar visualment el format de l'experiment (si escau) i fotografies.

Tots els experiments s'han dut a terme respectant les directrius encomanades per la CECT en un full informatiu que venia juntament amb el liòfil.

Bloc experimental I	Obtenció de mostres de <i>S. epidermidis</i> del liòfil a una placa de Petri
Objectius	<ul style="list-style-type: none"> • Crear un medi líquid en el qual es pugui passar el bacteri liofilitzat en una dissolució de peptona, aigua destil·lada, sal comuna i extracte de carn. • Moure el contingut del medi líquid uniformement per una placa Petri amb Purple Agar present, per tal d'obtenir una mostra sòlida de <i>S. epidermidis</i>. • Intentar reconèixer l'espècie veient canvis en la coloració de la placa.
Material i productes	<p>Material: vidre de rellotge, ampolla de vidre amb el bacteri liofilitzat, estufa d'incubació, plaques de Petri recobertes de Purple Agar, nansa de sembra, bec de Bunsen, llumí, matràs Erlenmeyer, guants, pinces, espàtula, balança, vasos de precipitats, gradeta, placa calefactora.</p> <p>Productes: alcohol etanol 96%, 0,8 g de NaCl; 1,4 g de peptona; 0,7 g de brou de carn, 150 mL d'aigua destil·lada i una mica més d'aigua destil·lada esterilitzada.</p>
Procediment	
1. Esterilitzar el material emprat a la pràctica	1. S'esterilitzen els estris de metall amb etanol 96% i calor directa a través del bec de Bunsen, i els de plàstic amb etanol 96%.
2. Preparar el medi líquid per a <i>S. epidermidis</i>	<p>2. Es mesuren les quantitats necessàries per al medi líquid en una balança: 0,8 g de NaCl; 1,4 g de peptona i 0,7 g de brou de carn.</p> <p>3. Es mesura 150 mL d'aigua destil·lada en un matràs Erlenmeyer.</p> <p>4. Es mesclen totes els components anteriors en el mateix matràs, que estarà sota calor directa sobre una placa calefactora per a poder esterilitzar en la mesura del possible la mescla i dissoldre totes les partícules que no s'han dissolt.</p>
3. Transferir el bacteri liofilitzat en un medi líquid	<p>5. Es deixa el contingut del matràs Erlenmeyer tapat amb un cotó, i s'agafa l'ampolla de vidre liofilitzada per a calentar la punta de l'ampolla amb el bec de Bunsen durant 7-8 segons.</p> <p>6. Es deixa l'ampolla de vidre a sobre d'un vidre de rellotge, i es deixa caure a poc a poc unes gotes d'aigua destil·lada estèril, prèviament ficada en una pipeta, amb la finalitat d'esquerdar el vidre de la punta de l'ampolla.</p> <p>7. Es retira la punta de l'ampolla amb una pinça prèviament esterilitzada al bec de Bunsen, donant un cop sec al mateix lloc del recipient.</p> <p>8. Es treu tot allò que impedeix l'accés al liòfil, inclòs el cotó de dins de l'ampolla que serveix de protecció per al bacteri.</p> <p>9. Amb l'ajuda d'una pipeta Pasteur prèviament esterilitzada, s'afegeix 0,2 mL del medi líquid creat prèviament a l'ampolla de vidre oberta. S'apropa l'ampolla de vidre al bec de Bunsen per a esterilitzar l'obertura, i s'aspira i s'expulsa la suspensió en la pipeta durant uns minuts, evitant la formació de bombolles d'aire.</p>

	10. Es deixa la suspensió durant 25 minuts fins a aconseguir una rehidratació completa.
4. Sembra del bacteri en una medi sòlid, a la placa de Petri	11. Esterilitzem una nansa de sembra sobre el bec de Bunsen. 12. Deixem refredar durant uns segons la nansa abans d'introduir-la a l'ampolla de vidre oberta. 13. Utilitzem la suspensió en dues plaques de Petri: inoculem el medi sòlid d'ambdues movent diagonalment la nansa d'esquerra a dreta. 14. Incubem a 37°C el microorganisme dins les plaques de Petri i esperem 24 hores per veure el resultat.



Figura 6. Ampolla de vidre amb el liòfil de *S. epidermidis* dins el contingut, oferida pel CECT (font: elaboració pròpia).



Figura 7. Part dels components de la pràctica. A la primera il·lustració, d'esquerra a dreta: clorur de sodi, peptona, aigua destil·lada, brou de carn. A la segona, podem apreciar una gradeta, dues plaques de Petri amb Purple Agar, una nansa de sembra, bec de Bunsen i l'ampolla amb el bacteri liofilitzat (font: elaboració pròpia).

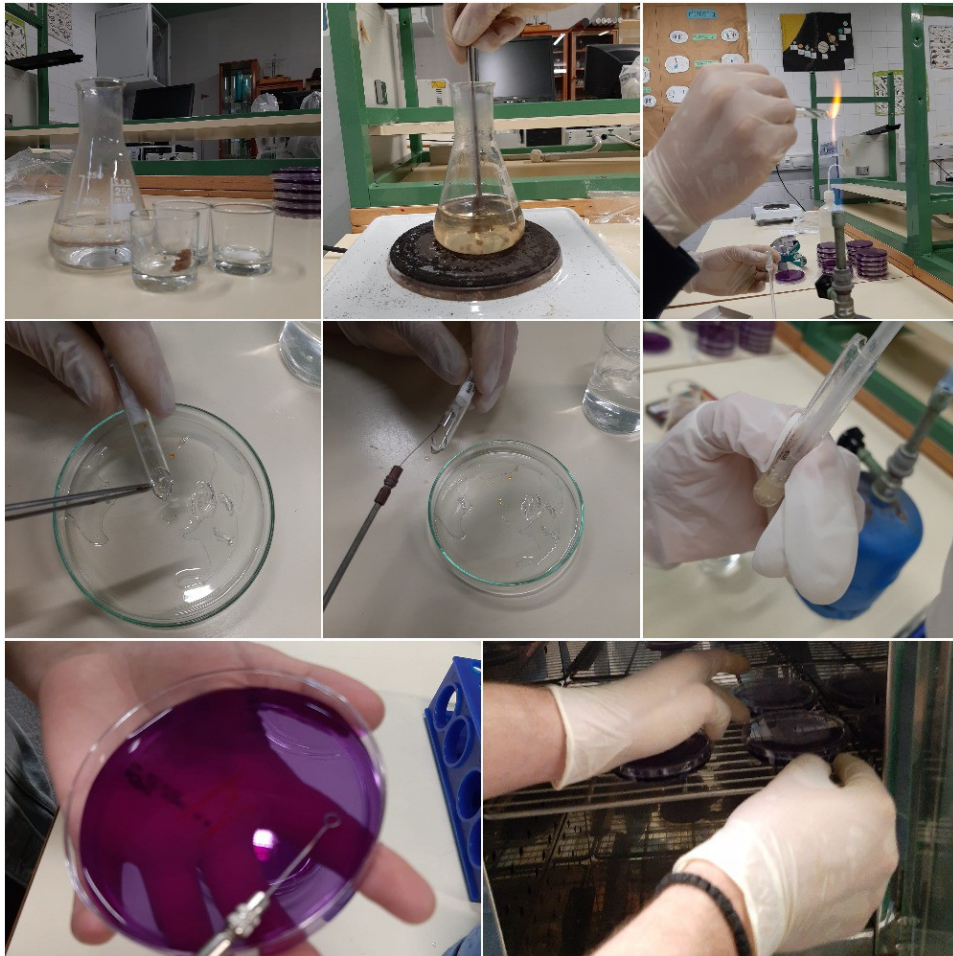
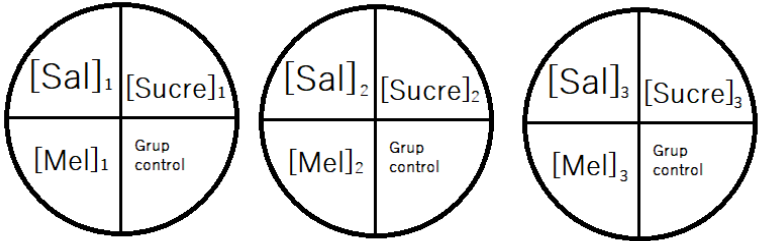


Figura 8. Esquema visual general del bloc experimental 1. A la fotografia es representen el tercer, quart, cinquè, setè, vuitè, tretzè i catorzè passos indicats a la taula anterior (font: elaboració pròpia).

Bloc experimental II	Multiplicació de la soca bacteriana de la placa Petri mare a 9 noves plaques, i creació d'un pseudoantibiograma amb diferents concentracions de dissolucions de sal, sucre i mel.
Objectius	<ul style="list-style-type: none"> • Fer ús de la placa contaminada amb <i>S. epidermidis</i> per a multiplicar la soca en diferents plaques. • Distribuir les plaques en diferents seccions, i fer repeticions de cada secció, per tal de representar diferents condicions i poder comparar el creixement bacterià de cada secció. • Crear un pseudoantibiograma utilitzant diferents dissolucions de mel de timó (<i>Thymus vulgaris</i>), sal i sucre. • Intentar verificar o falsar la hipòtesi del treball observant l'evolució de la soca en cada placa.

Hipòtesi del treball	«És possible que la mel sigui capaç d'inhibir el creixement i desenvolupament d'un patògen bacterià gràcies a les propietats que posseeix.»																				
Material i productes	<p>Material: plaques de Petri recobertes de Purple Agar, placa calefactora, pinça, nansa de sembra, guants, mascareta de protecció, bec de Bunsen, llumí, discs de pape, balança.</p> <p>Productes: Aigua destil·lada, diferents dissolucions de mel de timó (<i>Thymus vulgaris</i>), sal comuna i sucre, alcohol etanol 96%.</p>																				
Condicions de la mel	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Paràmetre</th> <th>Valor mitjà</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Color (mm Pfund)</td> <td>57,18</td> </tr> <tr> <td>Humitat (%)</td> <td>15,4</td> </tr> <tr> <td>Fructosa + Glucosa (%)</td> <td>68,57</td> </tr> <tr> <td>Sacarosa (%)</td> <td>1,31</td> </tr> <tr> <td>Conductivitat elèctrica (mS/cm)</td> <td>5,33</td> </tr> <tr> <td>Acidesa lliure (meq/kg)</td> <td>23,37</td> </tr> <tr> <td>HMF (mg/kg = ppm)</td> <td>8,45</td> </tr> <tr> <td>Diastases (unitats Schade)</td> <td>18,91</td> </tr> <tr> <td>Percentatge mitjà de pol·len</td> <td>26,98</td> </tr> </tbody> </table> <p>Zona de producció: Castell de Cabres (Comunitat Valenciana). Envasat: mel natural crua, sense filtració ni altres modificacions del contingut. Època: primavera tardana-estiu. Aspecte visual: àmbar clar a àmbar. Aroma: floral, molt intens i persistent. Gust: dolç amb clares indicacions àcides. Tacte: escassa tendència a cristal·litzar-se.</p>	Paràmetre	Valor mitjà	Color (mm Pfund)	57,18	Humitat (%)	15,4	Fructosa + Glucosa (%)	68,57	Sacarosa (%)	1,31	Conductivitat elèctrica (mS/cm)	5,33	Acidesa lliure (meq/kg)	23,37	HMF (mg/kg = ppm)	8,45	Diastases (unitats Schade)	18,91	Percentatge mitjà de pol·len	26,98
Paràmetre	Valor mitjà																				
Color (mm Pfund)	57,18																				
Humitat (%)	15,4																				
Fructosa + Glucosa (%)	68,57																				
Sacarosa (%)	1,31																				
Conductivitat elèctrica (mS/cm)	5,33																				
Acidesa lliure (meq/kg)	23,37																				
HMF (mg/kg = ppm)	8,45																				
Diastases (unitats Schade)	18,91																				
Percentatge mitjà de pol·len	26,98																				
Procediment																					
1. Dissenyar la distribució de les concentracions de sal comuna, mel i sucre.	<p>1. S'han utilitzat nou plaques de Petri per a aquest bloc experimental, el qual està separat en tres agrupacions, cadascuna de les quals té 3 repeticions per a reduir el marge d'error experimental:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Primera agrupació x 3: dissolucions de 100 g de sal, 50 g de sucre i mel en 150 mL d'aigua destil·lada. • Segona agrupació x 3: dissolucions de 300 g de sal (valor mitjà necessari per a produir la mort bacteriana) i 100 g de sucre en 150 mL d'aigua destil·lada, i mel en 75 mL d'aigua destil·lada (menys diluïda que al primer cas en factor 2). • Tercera agrupació x 3: dissolucions de 600 g de sal i 200 g de sucre en 150 mL d'aigua destil·lada, i mel sense diluir. <p>2. S'han marcat amb retulador les diferents caselles en les quals se separaran les parts de cada placa. El resultat ve donat per la següent forma:</p>																				

	 <p style="text-align: center;">x3 x3 x3</p> <p style="text-align: center;">Agrupació 1 Agrupació 2 Agrupació 3</p>
<p>2. Plantejar-se el resultat que inicialment s'espera</p>	<p>El resultat que l'observador s'esperaria de la pràctica és el següent:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La sal no hauria de fer efecte sobre l'agrupació bacteriana 1, perquè la concentració salina és inferior a la mínima per poder matar <i>S. epidermidis</i>. Així doncs, s'hauria d'esperar una coloració groguenca en la zona on s'introdurà el disc amb sal. En la resta, sí. • El sucre hauria de fer un efecte similar que la sal, tot i que no s'ha identificat cap valor mínim per a eliminar la soca bacteriana. • La mel hauria de fer efecte en totes tres agrupacions. • En el grup control no hauria de passar gairebé res: s'hauria de veure una coloració groga, cosa que indica la presència del bacteri.
<p>2. Preparar les diferents dissolucions de mel, sal i sucre.</p>	<p>3. Es mesuren les quantitats necessàries amb una balança, en diferents vasos de precipitats: 100, 300 i 600 g de sal, i 50, 100 i 200 g de sucre.</p> <p>4. Es mesuren els volums necessaris d'aigua destil·lada amb diferents vasos de precipitats: 7 vasos amb 150 mL i un de 75 mL.</p> <p>5. Es mesclen els components, de manera que resulten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un vas amb 150 mL d'aigua destil·lada amb 100 g sal. • Un vas amb 150 mL d'aigua destil·lada amb 300 g sal. • Un vas amb 150 mL d'aigua destil·lada amb 600 g sal. • Un vas amb 150 mL d'aigua destil·lada amb 50 g sucre. • Un vas amb 150 mL d'aigua destil·lada amb 100 g sucre. • Un vas amb 150 mL d'aigua destil·lada amb 200 g sucre. • Un vas amb 150 mL d'aigua destil·lada amb una quantitat considerable de mel. • Un vas amb 75 mL d'aigua destil·lada amb una quantitat considerable de mel.
<p>3. Inocular el bacteri de la placa de Petri mare a les altres 9 plaques.</p>	<p>6. S'escalfa cada vas de precipitats a la placa calefactora, per tal d'esterilitzar mínimament el contingut de cada recipient.</p> <p>7. Mentre s'escalfen, agafem la nansa de sembra, l'esterilitzem sobre el bec de Bunsen durant uns segons i procedim a rascar una petita part de la placa de Petri mare amb la punta de la nansa.</p> <p>8. Tenint en compte que la punta de la nansa està ara contaminada amb <i>S. epidermidis</i>, inoculem el medi d'una de les 9 plaques de Petri de la mateixa manera que al bloc experimental 1: diagonalment, d'esquerra a dreta.</p>

	<p>9. Es repeteixen els passos 6 i 7 vuit vegades més, fins a obtenir 9 plaques de Petri marcades amb 4 caselles diferents i contaminades amb <i>S. epidermidis</i>.</p>
<p>4. Submersió dels discs de paper en cada dissolució</p>	<p>10. Una vegada escalfats tots els vasos de precipitats, els deixem reposar sobre una base sòlida ferma, mentre procedim a esterilitzar una pinça escalfant-la sobre el bec de Bunsen.</p> <p>11. Submergim diferents discs de paper amb cadascuna de les dissolucions resultants. Per a cada placa, haurem de tenir un disc de paper submergit en aigua i sal; un en aigua i sucre, un altre en aigua i mel (o amb mel per a la tercera agrupació), i un sense res.</p> <p>Agrupació 1 x 3</p> <ul style="list-style-type: none"> Disc 150mL + 100g sal Disc 150mL + 50g sucre Disc 150mL + mel Disc sense res <p>Agrupació 2 x 3</p> <ul style="list-style-type: none"> Disc 150 mL + 300g sal Disc 150mL + 100g sucre Disc 75 mL + mel Disc sense res <p>Agrupació 3 x 3</p> <ul style="list-style-type: none"> Disc 150mL + 600g sal Disc 150mL + 200g sucre Disc mel Disc sense res
<p>5. Emmagatzematge de les plaques</p>	<p>12. Tapem cadascuna de les 9 plaques i agrupem cadascuna de les 3 plaques de cada agrupació en una mateixa fila.</p> <p>13. Incubem les plaques resultants en una estufa precalentada a 37°C, durant 48 hores.</p>

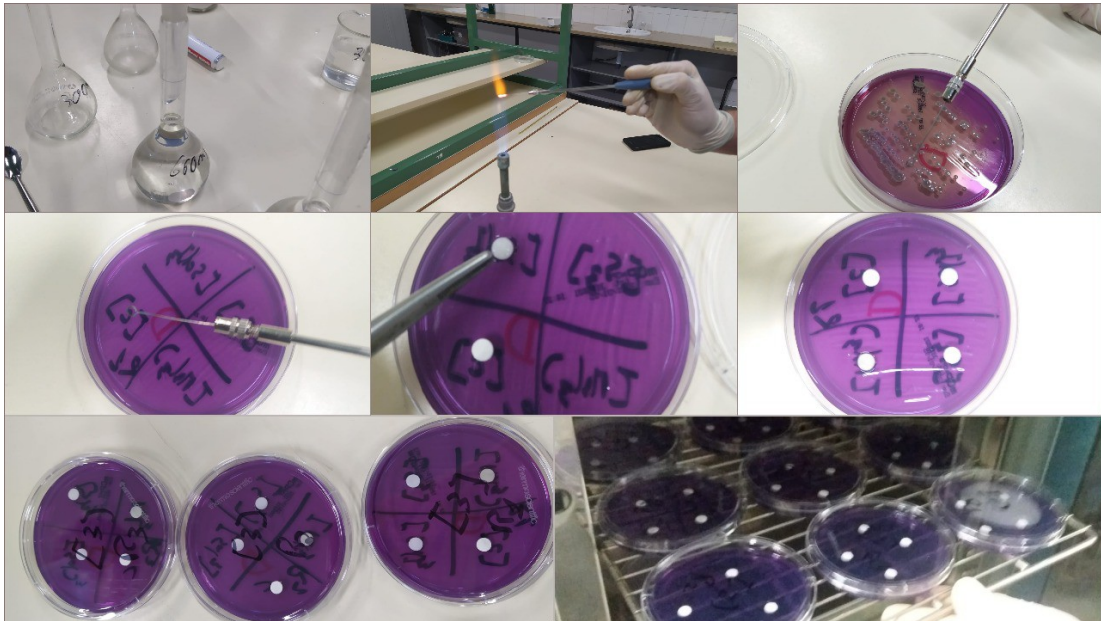


Figura 9. Esquema visual general del bloc experimental 2. A la fotografia es representen el cinquè, sisè, setè, vuitè, onzè, dotzè i tretzè passos indicats a la taula anterior (font: elaboració pròpia).

4.2. Un primer dubte social: què sabem de la mel i dels antibiòtics?

Després d'escollir la temàtica de què tractaria la investigació, vaig decidir esbrinar, a partir d'una sèrie d'enquestes a la població en format digital, pel Google Forms, si es tractava d'una qüestió de caire actual i interessant no només per a mi sinó també per a la societat present.

M'és necessari indagar sobre els coneixements que té la societat quant a aquesta problemàtica. Heus aquí la meua proposta de realitzar un sondeig a tres sectors poblacionals determinats segons la franja d'edat i separats segons el seu sexe. Les franges d'edat triades van ser les següents: menors de la majoria d'edat, entre 18-40 anys i majors de 40 anys.

En aquest sondeig es realitzaven 12 preguntes de cultura general sobre els medicaments i els antibiòtics, per tal de veure el nivell de consciència que presenta la

societat quant als abusos que es reporten mundialment, segons estadístiques mundials i, a nivell més regional, europees. Les qüestions han estat preguntades a un total de 128 individus (dels quals un no ha desitjat compartir el seu sexe), amb l'objectiu de fer una anàlisi de les respostes obtingudes segons l'edat i el sexe.

Cadascuna de les preguntes tenia una resposta ideal segons la meua perspectiva, una resposta que l'anomenaré com a correcta, i seran marcades en verd en una taula que es veurà a continuació. A banda, les preguntes s'han organitzat en dues classes segons la intenció que tenia cadascuna i la naturalesa de les seves respostes. Les preguntes realitzades a aquesta enquesta són les següents:

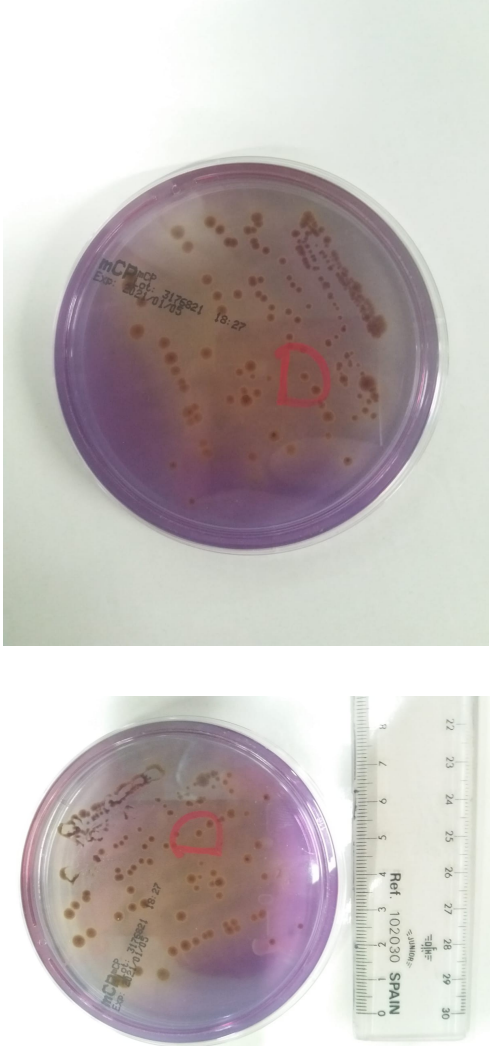
Pregunta	Opcions oferides
Secció 1. Preguntes de coneixement	
1. Quins microorganismes creus que són aquells contra els quals actuen els antibiòtics? Marqui les que cregui adients.	Virus.
	Fongs.
	Paràsits.
	Bacteris.
	No ho sé.
2. Els bacteris poden mutar i ser resistents als antibiòtics. Quina creus que és la causa principal de l'aparició de resistència a antibiòtics?	Els antibiòtics "caduquen" com els aliments: perden efectivitat amb el temps, i per això els bacteris s'aprofiten per a tornar-se resistents.
	Les mutacions espontànies en els bacteris poden permetre'ls ser resistents.
	L'abús d'un antibiòtic (prendre més de la dosi indicada) fa que perdi efectivitat amb el temps.
	No ho sé.
3. L'OMS ens adverteix que el 2050 "hi haurà més morts relacionades per superbacteris que per càncers". Has sentit parlar d'això?	Sí.
	No.
	No, però estava al cas d'aquest problema.
4. Com podem confirmar si una persona té febre?	Posant la mà al front per a veure si està molt calent.
	Quan la persona es queixa de molèsties com ara mal de cap.
	Comprovant la temperatura amb un termòmetre sota l'axil·la.

5. Estudis recents indiquen que la mel és en ocasions millor que els antibiòtics, especialment en refredats. Sabies aquest fet?	Sí.
	No.
Secció 2. Preguntes de responsabilitat	
6. Prens medicines amb el mínim mal de cap o només els prens si t'ho indica el metge de referència?	Al mínim dolor.
	Només si no puc resistir el dolor.
	Només sota prescripció mèdica, sigui quina sigui la magnitud del dolor.
7. Has deixat mai un tractament mèdic a mitges perquè ja te trobaves bé?	Sí.
	No, però ho faria.
	No.
8. Ets conscient que si no se segueix el tractament d'un metge, els antibiòtics poden perjudicar la teva salut?	Sí.
	Sí, però no hi faig cas.
	No.
9. Com s'informa sobre els efectes positius i negatius dels antibiòtics?	Pel metge.
	Pel prospecte del medicament.
	Pel farmacèutic. Per coneguts, familiars o amics.
10. Quin ús PRINCIPAL li donaria a la mel d'abella?	Ús alimentari.
	Ús cosmètic.
	Ús medicinal.
11. Ha consumit mai mel d'abella com a substitut d'antibiòtic?	Sí.
	No, però ho faria.
	No, i mai ho faria.
12. Considera que la mel pot ser en ocasions un substitut de l'antibiòtic?	Sí.
	No.

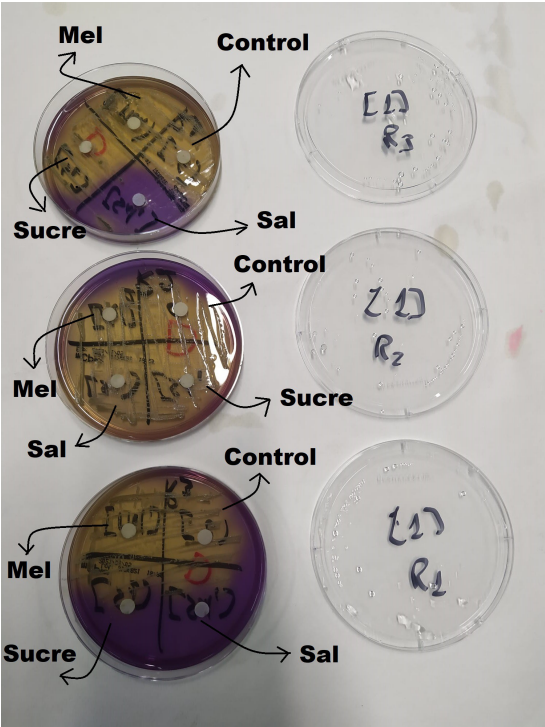
4.3. Resultats i discussió

A continuació s'analitzaran els resultats obtinguts en els blocs experimentals i en el sondeig poblacional:

4.3.1. Discussió sobre els resultats al laboratori

Bloc experimental I	
Interval de temps transcorregut (h)	24
<p>Placa #1</p> <p>S'aprecia una distribució gairebé uniforme d'una soca bacteriana que presenta visualment les mateixes característiques: mateix color, mateixa forma de la circumferència de cada colònia, entre d'altres. S'observa una presència més predominant de bacteri a la banda dreta de la placa, degut al fet que s'ha començat a inocular el medi per aquell costat, i la concentració de medi líquid en la nansa ha anat disminuint a poc a poc.</p> <p>Cadascun dels punts que s'aprecien s'anomenen unitats formadores de colònies (UFC).</p> <p>L'UFC és una unitat de mesura utilitzada per a quantificar el nombre d'entitats bacterianes dins d'una placa. S'han numerat un total d'aproximadament 130 UFC, i s'han mesurat les circumferències de cadascuna: utilitzant un regle com a escala i el programa <i>KLONK</i> per a determinar la mida de cada circumferència, s'ha arribat a dir que mesuren des d'un 0,05 fins a 0,25 mm.</p> <p>No podem verificar amb total seguretat que el bacteri inoculat sigui <i>S. epidermidis</i>, però tenint en compte l'ús d'equipament mínimament esterilitzat, l'ús d'un liòfil de sols un tipus de bacteri, i la presència homogènia de colònies dins de la placa, podem concloure amb bastant certesa que el bacteri que es pretén identificar és <i>S. epidermidis</i>. A més, el color groc indica que el bacteri és fermentador de la lactosa, cosa certa en <i>S. epidermidis</i>.</p>	

Placa #2	
<p>No s'aprecia en cap punt presència de colònies bacterianes. Aquest fet ha estat possiblement pel fet que, després d'inocular el medi de la primera placa, s'ha tornat a esterilitzar la nansa, dificultant així el pas de bacteris des de la nansa fins al medi sòlid. Això es tradueix en una quantitat insuficient de cultiu líquid en la punta de l'instrument.</p> <p>Aquesta placa no tindrà cap altra finalitat, i no s'utilitzarà per als següents blocs experimentals.</p>	

Bloc experimental III	
Interval de temps transcorregut (h)	48
Agrupació 1	
<p>S'observa una clara distribució homogènia del bacteri en totes les tres plaques: cadascuna d'elles ha estat, des del final del segon bloc experimental, completament ocupada per la soca bacteriana <i>S. epidermidis</i>, tenint en consideració que s'observen nombroses colònies de circumferència gairebé imperceptibles a ull nu distribuïdes equitativament pel Purple Agar de cada placa.</p>	
<p>En dues de les tres repeticions s'observa que la sal aparentment ha fet efecte sobre <i>S. epidermidis</i>, molt probablement degut al procés d'osmosi: la sal provoca la pèrdua d'aigua del microorganisme per tal de regular les concentracions salines tant a l'exterior com a l'interior de la cèl·lula. Aquest fet provoca la deshidratació del bacteri i la mort cel·lular.</p>	
<p>S'aprecia que el sucre ha fet gairebé el mateix efecte sobre <i>S. epidermidis</i>, però només en una sola repetició. L'efecte que ha pogut produir aquest fenomen és pràcticament el mateix que amb la sal.</p>	
<p>Sorprenentment, s'observa amb clara facilitat que en cap repetició, la mel ha fet efecte sobre <i>S. epidermidis</i>.</p>	
<p>Tal com s'ha esperat, ha crescut la soca sense problemes dins de la zona del grup control.</p>	

Agrupació 2

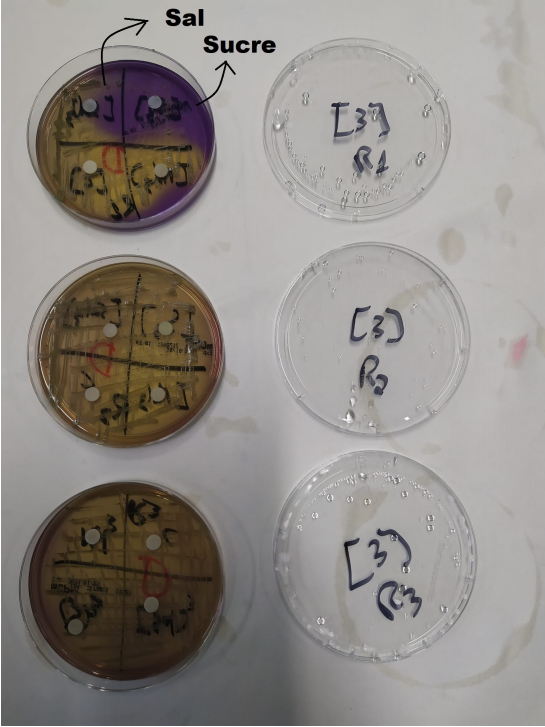
Sorprenentment, s'ha observat que cap disc ha fet efecte sobre *S. epidermidis*, cosa que no estava prevista que passés. Possibles respostes quant a les fallides de la sal i el sucre que puguin contestar a aquest fenomen són les següents:

- La soca d'aquest bloc ha pogut créixer amb halotolerància, és a dir, han pogut suportar la pressió osmòtica produïda per la sal comuna i el sucre i així continuar desenvolupant-se.
- Els seus efectes han pogut ser de tipus bacteriostàtic, és a dir, han sigut capaços de limitar el creixement del bacteri; no obstant això, en l'interval de 48 hores encara han pogut proliferar (tot i que a velocitat més lenta) per tot l'agar de cada placa.
- La concentració de sal i sucre ha estat per sota del necessari per a eliminar la soca bacteriana.

S'evidencia efecte nul de la mel de timó (*Thymus vulgaris*) sobre *S. epidermidis*.

Tal com s'ha esperat, ha crescut la soca sense problemes dins del grup control.



Agrupació 3	
<p>S'observa poc efecte sobre <i>S. epidermidis</i>. Només un disc submergit en sucre i un en sal han pogut fer efecte: el primer totalment, mentre que el darrer parcialment. Les explicacions del perquè han de ser una barreja de les esmentades a les dues agrupacions anteriors.</p> <p>La mel, de nou, no ha fet efecte sobre la soca bacteriana.</p> <p>El grup control, però, segueix contaminat, com a la resta d'agrupacions, sense cap mena d'obstacle.</p>	

Una vegada realitzada tota la pràctica, convé extreure conclusions raonables segons els resultats que hem pogut obtenir al cap de 48 hores, resultats que semblen bastant sorprenents, atès el fet que els estudis fets per experts en l'àmbit de la microbiologia i la bioquímica indiquen el contrari del que es pot observar en el meu disseny experimental.

M'és necessari, en primer lloc, destacar que s'ha intentat minimitzar el risc de contaminació bacteriana el màxim possible. Atesa la gravetat de la situació en la qual estem vivint actualment, la meua investigació ha hagut de romandre dins del meu centre d'estudis, on les condicions no es poden comparar amb les d'un laboratori universitari o d'hospital. Per aquesta mateixa raó, s'ha escollit en demanar el material microbiològic a través d'empreses, per tal d'abaixar el marge d'error del disseny experimental considerablement. D'aquesta forma, he pogut obtenir plaques de Petri amb Purple Agar i un cultiu de *S. epidermidis* liofilitzat inicialment.

Només dues tècniques d'esterilització s'han pogut realitzar en el laboratori del centre: en una banda, la calor directa a través de la flama del bec de Bunsen; per l'altra, la neteja del material amb alcohol etanol 96%. Són tècniques que habitualment solen ser útils en dissenys experimentals similars a aquest, però no sempre.

En segon lloc, tenint en compte el sorprenent resultat obtingut, he decidit interessar-me més a detall sobre els efectes produïts per agents antimicrobians a *S. epidermidis*. S'ha pogut trobar que aquest gènere és capaç de produir macromolècules extracel·lulars de caràcter lipídic i polisacàrid que permeten al bacteri formar diverses capes al voltant de la seva membrana cel·lular i de la paret bacteriana, que formen una mena de matriu extracel·lular adhesiva protectora contra substàncies alienes al bacteri. Aquesta estructura rep el nom de biofilm o *slime*, i té la finalitat de protegir el microorganisme d'agents com ara la sal, sucre o fins i tot de la mel (això sí, dins d'uns límits de concentració, ja que el biofilm sovint es degrada quant més concentració d'agent hi ha present en la capa). En moltes ocasions és necessària l'extracció d'aquest cos estrany per a assolir allò que es vol investigar (Veija, S., 2008).

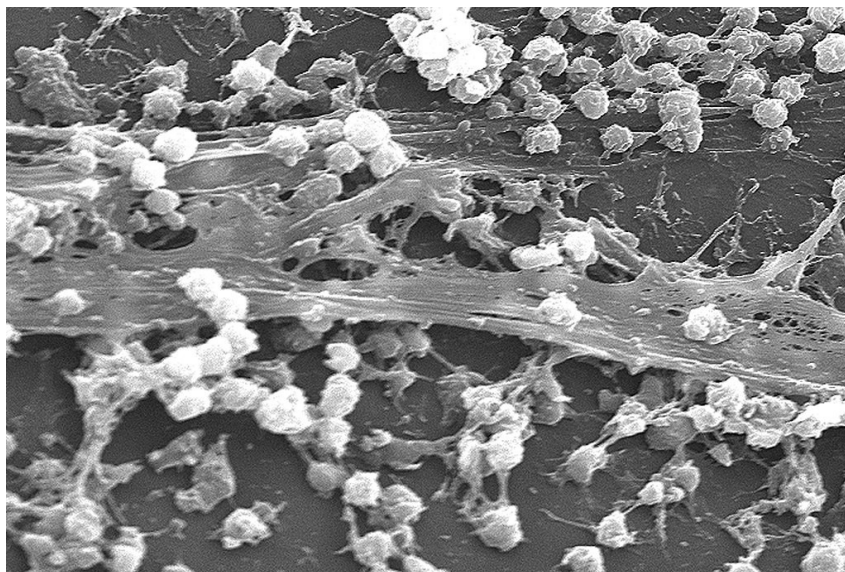


Figura 10. Biofilm produït per una soca de *S. aureus* en la superfície d'un catèter, tub medicinal (font: wikipedia.org).

A més, *S. epidermidis* és un dels gèneres més estudiats clínicament (Weinstein M. et al., 1997), atesa la poca problemàtica que ha generat al llarg de la història de la

medicina. S'ha considerat durant molt de temps com un agent contaminant de cultius biològics (Von Eiff C. et al., 20011). Al ser flora normal de la pell humana, moltes vegades contamina les mostres en el moment de l'estudi, creant dificultats per a interpretar els resultats dels cultius (Veija, S., 2008).

El motiu pel qual molts discs no han pogut fer efecte és molt possiblement degut a aquestes raons indicades en els dos últims paràgrafs. No obstant això, convé destacar una sorprenent conclusió que es pot generar a l'hora d'estudiar l'efecte antibacterià de la mel.

Per tal d'esterilitzar cadascuna de les dissolucions, s'ha hagut d'escalfar, entre d'altres, aquelles on la mel es diluïa amb aigua. Com que la mel conté enzims capaços de generar agents antibacterians, al sotmetre's a temperatures altes per a bullir el contingut dels matrassos i així esterilitzar la mescla, els enzims han hagut de perdre estabilitat (tenint en compte que temperatures altes són roïnes per a molècules de naturalesa proteica), produint així poc efecte o nul sobre el bacteri. Per aquesta raó hem pogut observar que no hi ha hagut cap evolució, sinó que *S. epidermidis* ha pogut continuar desenvolupant-se.

Amb aquest argument podem extreure una conclusió valuosa quant a l'ús de la mel com a antibacterià: la mel sotmesa a calor directa no produeix cap efecte antibacterià, considerant que es desactiven els mecanismes dels seus enzims. És necessària l'aplicació de la mel a temperatura ambient o sense modificació calorífica.

4.2.2. Discussió de les respostes del sondeig

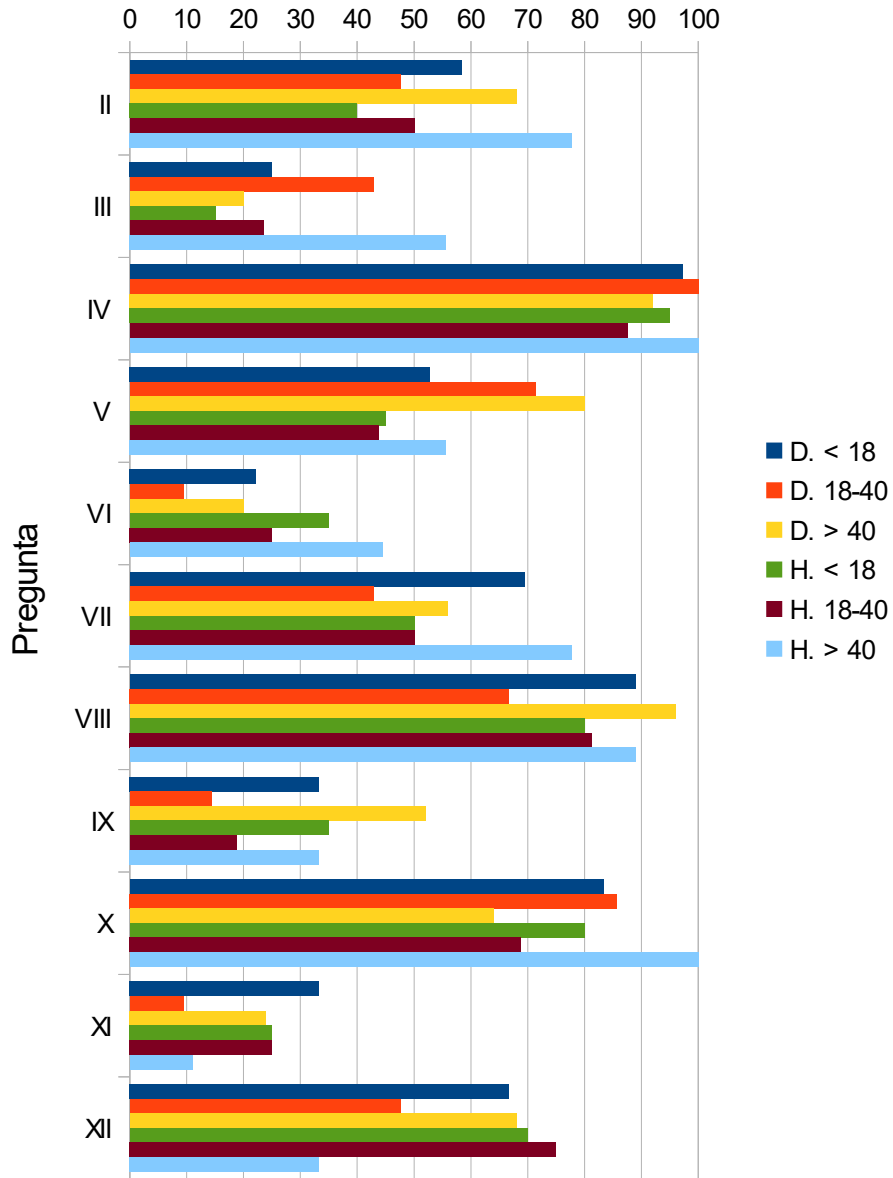
Després d'haver calculat el percentatge de respostes correctes segons l'edat i el sexe, obtenim les següents proporcions:

% respostes correctes	< 18 anys		18-40 anys		> 40 anys		Total
	Dona	Home	Dona	Home	Dona	Home	
Pregunta II	58,3	40	47,6	50	68	77,8	55,9
Pregunta III	25	15	42,9	23,5	20	55,6	27,3
Pregunta IV	97,2	95	100	87,5	92	100	95,3
Pregunta V	52,8	45	71,4	43,8	80	55,6	59,1
Pregunta VI	22,2	35	9,5	25	20	44,4	23,6
Pregunta VII	69,4	50	42,9	50	56	77,8	57,5
Pregunta VIII	88,9	80	66,7	81,3	96	88,9	84,3
Pregunta IX	33,3	35	14,3	18,8	52	33,3	32,3
Pregunta X	83,3	80	85,7	68,8	64	100	78,7
Pregunta XI	33,3	25	9,5	25	24	11,1	23,6
Pregunta XII	66,7	70	47,6	75	68	33,3	63

Taula 5. Representació del percentatge de respostes correctes segons el rang d'edat i el sexe (font: elaboració pròpia).

Per a cada pregunta, els colors marcats en rosa indiquen el percentatge més alt en les dones, mentre que aquells marcats en verd indiquen el més alt en els homes.

% Respostes correctes segons edat i sexe



Percentatge de població amb resposta correcta (%)

Gràfic 1. Representació visual del percentatge de respostes correctes segons el rang d'edat i el sexe (font: elaboració pròpia).

El gràfic anterior resulta de la conversió dels nombres de la taula de percentatge de respostes correctes en un gràfic de barres que pugui reflectir els resultats d'una manera més visual. Un cop observades les il·lustracions podem constatar que els homes presenten en gairebé totes les preguntes un percentatge més elevat de respostes encertades que no pas les dones, tot i que la variació entre els dos sexes no és dispar. Tot i això, cal destacar que els homes adults majors de 40 anys presenten un percentatge de respostes correctes molt superior al de la resta d'individus del mateix sexe, i són els responsables de superar el percentatge global de dones que responen correctament a les qüestions.

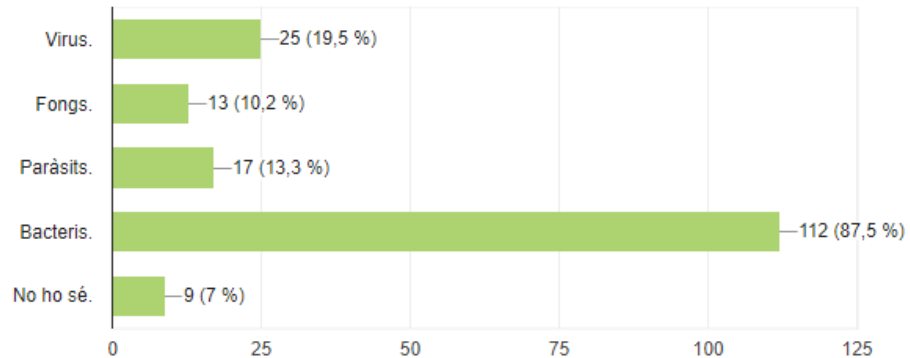
Si observem els resultats en les preguntes de coneixement, globalment podem tornar a destacar les respostes vàlides per part del sexe femení. En canvi, no podem trobar una clara predominança en els resultats de les preguntes de responsabilitat, la qual cosa ens indica que és necessari l'anàlisi dels resultats segons els rangs d'edat de cada sexe.

En un primer instant, podem observar com els màxims de les preguntes es troben, en els homes, concentrats en un rang d'edat: el de més de 40 anys. En canvi, en les dones, estan concentrats en dos rangs d'edat: el de menys de 18 anys i el de més de 40 anys. Cap d'ells predomina respecte de l'altre, però.

Això últim es pot deure al fet que, en el cas dels homes, aquest rang d'edat de major de 40 anys se situa en una etapa de maduresa on la responsabilitat mèdica sembla ser més alta que a altres etapes, tot i que també hauríem de tenir en compte altres factors com ara l'educació rebuda, el poder adquisitiu i la situació social de cada persona, per exemple. Aquesta explicació podria ser un argument a la variació sobtada entre els rangs d'edat femenins.

Convindria veure el resultat del sondeig observant un a un les preguntes i les seves respostes en gràfics de sectors. Aquests gràfics de sectors, però, no distingiran entre sexes.

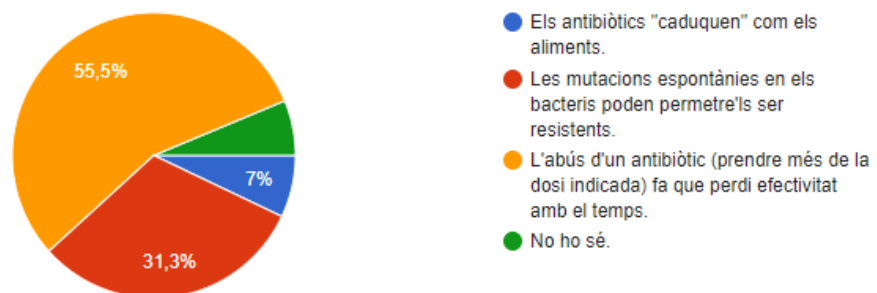
Quins microorganismes creus que són aquells contra els quals actuen els antibiòtics? Marqui les que cregui adients.



Gràfic 2. Respostes obtingudes a la primera pregunta del sondeig (font: elaboració pròpia).

Un 87,5% dels enquestats han pogut respondre amb èxit la pregunta anterior. Més de la majoria de la població sap el microorganisme diana dels antibiòtics, tot i que és sorprenent veure que part del total ha respost que els virus també n'és un, qüestió totalment errònia.

Els bacteris poden mutar i ser resistents als antibiòtics. Quina creus que és la causa principal de l'aparició de resistències a antibiòtics?

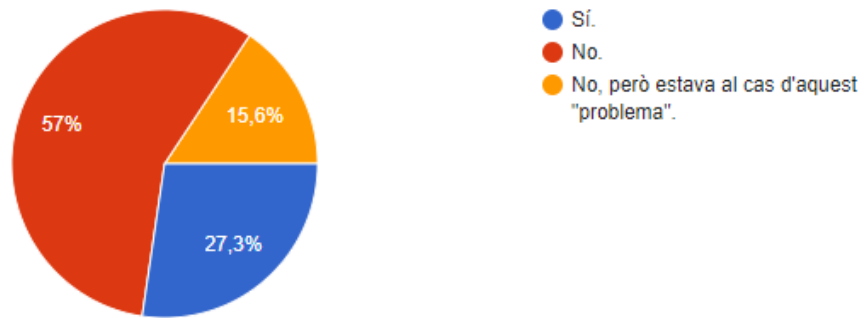


Gràfic 3. Respostes obtingudes a la segona pregunta del sondeig (font: elaboració pròpia).

Sembla a primer instant que la societat té consciència que l'abús dels antibiòtics afavoreix a la pèrdua d'efectivitat d'aquests. En aquesta pregunta, es pot veure pel gràfic de barres que els homes majors de 40 anys són els que millor han

respost a aquesta qüestió, seguits per les dones de més de 40 anys.

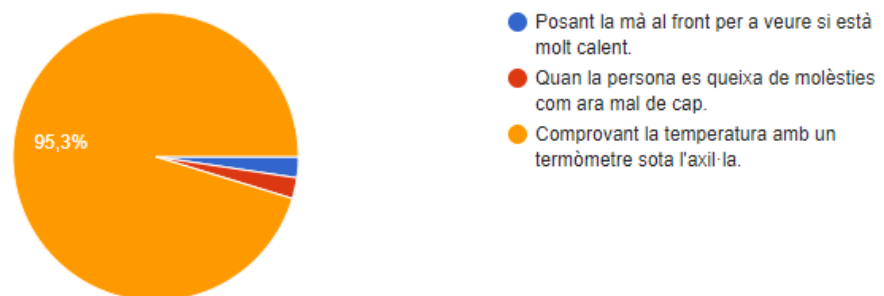
L'OMS ens adverteix que el 2050 "hi haurà més morts relacionades per superbacteris que per càncers". Has sentit parlar d'això?



Gràfic 4. Respostes obtingudes a la tercera pregunta del sondeig (font: elaboració pròpia).

En aquest gràfic, però, podem observar amb facilitat que més de la mitjana no és conscient del problema al qual podrem arribar d'aquí a 30 anys. Els homes majors de 40 anys se situen més en el percentatge correcte del 27,3%, a una diferència bastant considerable de les dones.

Com podem confirmar si alguna persona té febre?

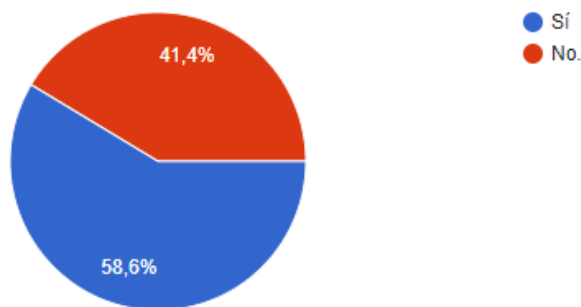


Gràfic 5. Respostes obtingudes a la quarta pregunta del sondeig (font: elaboració pròpia).

Aquesta pregunta té una conclusió ben clara: gairebé tothom sap confirmar la causa de la febre. No hi ha cap diferència entre rangs d'edats ni entre sexes, ja que és

una qüestió de cultura general en la qual s'espera que tota la població l'encerti correctament.

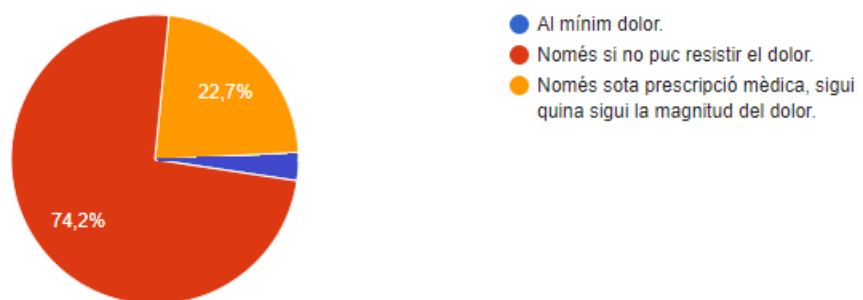
Estudis recents indiquen que la mel és en ocasions millor que els antibiòtics, especialment en refredats. Sabies aquest fet?



Gràfic 6. Respostes obtingudes a la cinquena pregunta del sondeig (font: elaboració pròpia).

De la gràfica anterior podem treure la conclusió que la majoria de la població té present que la mel és una alternativa més eficaç en comparació als antibiòtics, especialment en refredats. En aquesta pregunta, tornen a ser els homes els qui figuren més en el percentatge correcte del 58,6%: en primer lloc estan els adults majors de 40 anys, seguits pels menors de 18 anys.

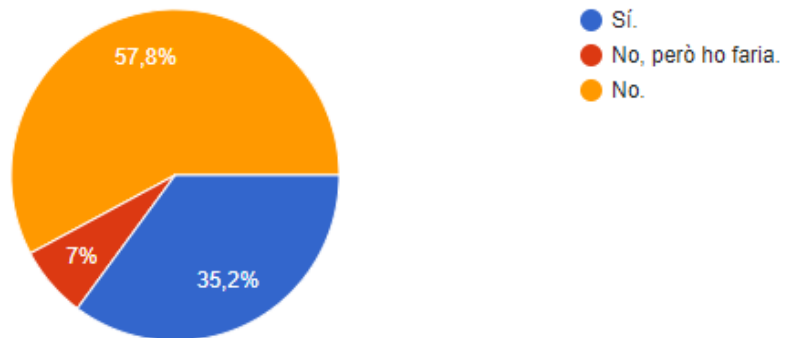
Prenc medicines amb el mínim mal de cap o només els prenc si t'ho indica el metge de referència?



Gràfic 7. Respostes obtingudes a la sisena pregunta del sondeig (font: elaboració pròpia).

En aquesta pregunta, s'observa que la població és majoritàriament inconscient a l'hora de prendre's fàrmacs. Tot i que pocs dels enquestats serien capaços d'administrar-se fàrmacs al primer senyal de dolor, només un 22,7% seria capaç de suportar el dolor abans d'acudir al metge, mentre que un 74,2% no en seria capaç. D'entre els que responen correctament (dins del 22,7%), tornen a predominar els homes majors de 40 anys.

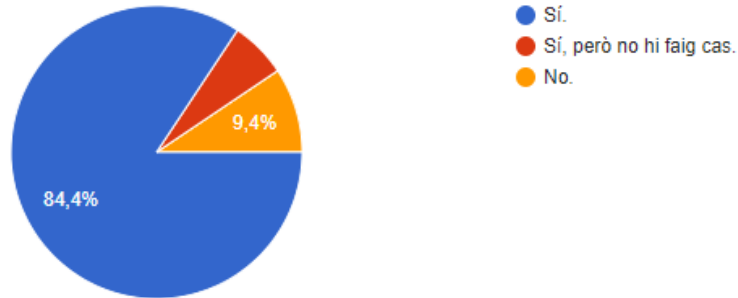
Has deixat mai un tractament mèdic a mitges perquè ja te trobaves bé?



Gràfic 8. Respostes obtingudes a la setena pregunta del sondeig (font: elaboració pròpia).

S'observa a aquesta gràfica que més de la majoria de la població enquestada escolta les indicacions recomanades pels metges i respecten l'interval de dies necessaris per a un tractament mèdic. Dins del percentatge correcte, tornen a figurar més els homes majors de 40 anys, seguits per les dones menors de 18 anys. Convindria relacionar aquesta gràfica amb la següent, ja que van totes dues pel mateix camí.

Ets conscient que si no se segueix el tractament d'un metge, els antibiòtics poden perjudicar la teva salut?

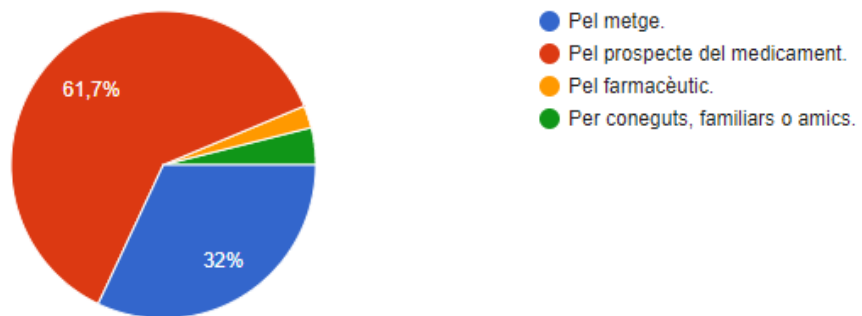


Gràfic 8. Respostes obtingudes a la vuitena pregunta del sondeig (font: elaboració pròpia).

La població és més que conscient dels riscos que es poden derivar al no seguir els tractaments mèdics. Heus aquí la raó per la qual més de la majoria no deixarien mai de seguir els tractaments mèdics a mitges, encara que es trobin en bon estat físic. En aquesta pregunta, predominen les dones majors de 40 anys amb un percentatge més alt de respostes correctes, a comparació de la resta de gràfiques estudiades.

Com s'informa sobre els efectes positius i negatius dels antibiòtics?

128 respuestas

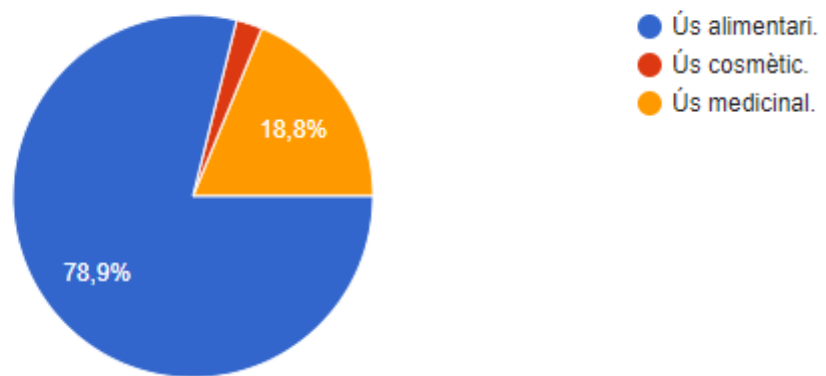


Gràfic 10. Respostes obtingudes a la novena pregunta del sondeig (font: elaboració pròpia).

El gràfic anterior reflecteix la tendència que hi ha de la població a llegir el prospecte del medicament, qüestió important a considerar a l'hora de prendre's

fàrmacs i d'informar-se sobre els efectes positius i negatius dels antibiòtics. Gairebé tota la població (un 93,7%) s'informa d'això escoltant les pautes dels metges o llegint els prospectes dels medicaments, una cosa que s'hauria de fer molt seguit. Les dones majors de 40 anys predominen dins el percentatge del 32%.

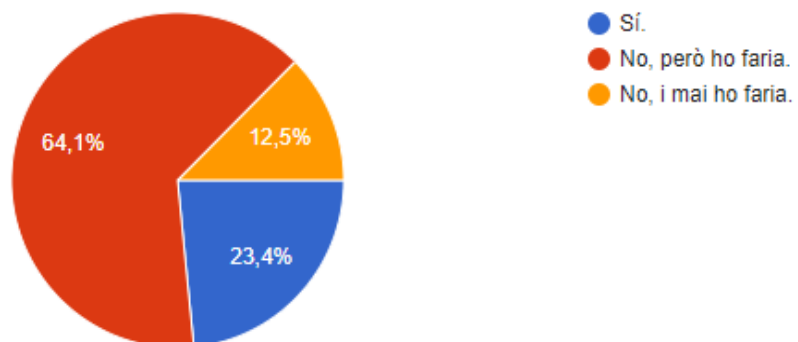
Quin ús PRINCIPAL li donaria a la mel d'abella?



Gràfic 11. Respostes obtingudes a la desena pregunta del sondeig (font: elaboració pròpia).

La mel d'abella és considerada un aliment per gairebé un 80% de la població enquestada, tot i que és sorprenent veure com gairebé un 20% l'atribueix com un element medicinal.

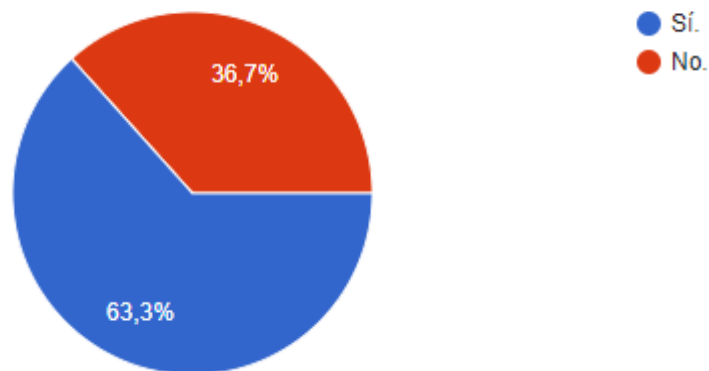
Ha consumit mai mel d'abella com a substitut d'antibiòtic?



Gràfic 12. Respostes obtingudes a la onzena pregunta del sondeig (font: elaboració pròpia).

En aquest gràfic podem observar que la majoria de la població tindria l'oportunitat de provar la mel d'abella en comptes d'antibiòtic, a l'hora de tractar una infecció de qualsevol tipus. Les dones menors de 18 anys són els que formen el percentatge més alt del 23,4%.

Considera que la mel pot ser en ocasions un substitut de l'antibiòtic?



Gràfic 13. Respostes obtingudes a la dotzena pregunta del sondeig (font: elaboració pròpia).

Atesa la situació problemàtica dels antibiòtics, més d'un 60% de la població enquestada considera que la mel pot ser de vegades una alternativa a l'antibiòtic. Encara que la mel no podrà mai ser una alternativa a l'antibiòtic en tots els casos, veiem que la població s'aferra a un pensament optimista en la qual la mel seria una possible solució al problema de la resistència bacteriana. Els homes entre 18 i 40 anys són els que predominen més el percentatge del 63,3%.

A grans termes, existeix un nivell mitjà de conscienciació respecte a l'ús dels antibiòtics i això pot conduir a un mal ús o abús d'aquests, que poden propiciar una selecció artificial de bacteris resistents cada cop més perillosos dintre de l'àmbit sanitari.

És també per aquest motiu que després d'aquesta anàlisi estadística, m'agradaria dur a terme al meu institut una petita campanya de sensibilització per a pares i alumnes sobre el consum responsable dels antibiòtics. D'aquesta manera, tot i

que a gran escala no suposarà un canvi gairebé significatiu quant a les dades anteriorment estudiades, serà la meua forma d'aportar el meu granet de sorra.

CONCLUSIONS

5. Conclusions

Un dels objectius principals d'aquest treball d'investigació era intentar posar solució a un tema que sembla ser de preocupació global, la resistència bacteriana i la possible substitució de l'antibiòtic per altres agents antimicrobians (com ara la mel), i a partir d'aquí idear nous tipus de substàncies que, sense haver de ser antibiòtic perquè està sent considerablement perjudicat pel mecanisme generat pels bacteris, conservés la propietat antibacteriana, alhora que suposés una reducció seriosa de les infeccions bacterianes a escala mundial.

El camí seguit durant tot aquest treball d'investigació m'ha portat a obtenir la clau que em permetrà validar o falsar la meva hipòtesi inicial, que s'enunciava de la següent forma: «És possible que la mel sigui capaç d'inhibir el creixement i desenvolupament d'un patògen bacterià gràcies a les propietats que posseeix.»

Per tal de verificar la hipòtesi anterior, s'ha dut a terme un cultiu del bacteri *S. epidermidis* liofilitzat en nou medis sòlids. Posteriorment, s'ha fet un estudi qualitatiu dels medis resultants i s'ha realitzat un pseudoantibiograma en cada un d'ells, per tal d'analitzar l'evolució del desenvolupament bacterià en cadascun.

Les dades obtingudes han sigut analitzades visualment i després investigades a fons per tal de verificar si el que ha passat ha estat degut a errors experimentals o no, ja que els resultats no van ser els esperats abans de fer el disseny experimental.

Tornant de nou a la hipòtesi inicial i un cop analitzades les plaques resultants del disseny experimental, podem concloure, que tot i no haver obtingut uns resultats completament clarificadors en suport de la meva hipòtesi, sí que és possible fer una petita modificació de la suposició, gràcies a la possible resposta de per què la mel no ha fet efecte en les plaques contaminades amb *S. epidermidis*. S'ha de reconèixer que han estat nombroses les dificultats afrontades durant aquest treball, perquè la meua aposta per demostrar l'existència de propietat antibacteriana en la mel era arriscada, tant que les probabilitats d'obtenir uns resultats desfavorables sobrepassaven les d'obtenir uns favorables, però no pas la meua esperança posada des d'un inici.

Tal com s'ha vist en la pràctica, la hipòtesi no ha pogut estar corroborada amb total seguretat. Encara que hi hagi molts estudis que han pogut demostrar amb màxima certesa les propietats bacterianes de la mel, la pràctica duta a terme per mi no m'ha facilitat l'extracció de conclusions clares i concises. Com puc establir qüestions que els estudis fets per experts més qualificats que jo desmenteixen? No obstant això, hem pogut arribar a la valuosa conclusió següent: les temperatures altes no beneficien la mel, sinó que la seva composició es veu perjudicada, ja que els seus enzims es desestabilitzen i no poden fer les seves funcions principals. Tanmateix, no pot verificar-se en la mostra de la mel que no ha patit cap transformació calorífica. Per tant, l'únic argument que se m'ha acut per respondre a aquesta incògnita és que la quantitat de mel impregnada en el disc hauria d'haver estat més alta perquè fes efecte.

Tot això es tradueix en un efecte nul sobre qualsevol bacteri, tal com s'ha pogut veure en la meva pràctica. Tot i haver de falsar la meva hipòtesi, s'ha pogut trobar una interessant pista que pot derivar d'aquesta.

L'ideal seria fer-ne una investigació més exhaustiva i amb unes condicions extremadament diferents de les del laboratori del centre d'estudis. La finalitat d'aquest habitatge és fonamentalment educatiu. Els paràmetres de la sala són ben diferents dels d'un laboratori pròpiament dit. Tot i això, les circumstàncies a les quals estem vivint dia rere dia no són ni de bon tros les mateixes que de les de fa una temporada, cosa que ha endarrerit la meva recerca.

Tot aquest conjunt de reptes que m'he trobat m'han servit per aprendre de mi mateix, d'aquells que m'envolten, i de nous conceptes del camp de la ciència. La investigació no és gens com sembla: la metodologia utilitzada ha de ser meticulosa i molt analitzada a fons. I per això és necessari material i condicions de qualitat. Però jo em quedo amb el fet d'haver pogut realitzar per primera vegada una investigació seriosa, que requereix coneixements previs i de suposicions inicials, de preguntes a contestar, d'incògnites a resoldre, entre d'altres. En conjunt, de ser un investigador. Potser algun dia acabaré sent un científic a un laboratori en un estudi molt més extens que aquest.

Fins i tot puc establir aquesta última línia com a hipòtesi inicial de la meua etapa adulta. Al cap i a la fi, estem submergits dins de centenars d'investigacions durant la nostra vida.

“Senyors, seran els microbis els que diguen l'última paraula.”

Louis Pasteur (1822-1895), pare de la microbiologia.

BIBLIOGRAFIA

6. Referències bibliogràfiques

Article acadèmic i científic

Daza Pérez, R. M. (1998). *Resistencia bacteriana a antimicrobianos: su importancia en la toma de decisiones en la práctica diaria*. Información Terapéutica del Sistema Nacional de Salud. Vol. 22. <https://www.msccbs.gob.es/biblioPublic/publicaciones/docs/bacterias.pdf> [consulta: 23 agost 2020].

Garcia Apac, C., Pardo Valdespino, J., & Seas Ramos, C. (2003). *Bacteremia por Staphylococcus epidermidis y absceso de partes blandas en un paciente post-operado: Reporte de un caso*. Revista Medica Herediana, 14(4), 221-223.

Iracheta, M. Antonia Lizarbe (2009). *Bacterias y virus, ¿cómo nos defendemos?* Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Vol. 103. <https://rac.es/ficheros/doc/00919.pdf> [consulta: 23 agost 2020].

M. Pérez, M. Mota (2008). *Morfología y estructura bacteriana*. <http://www.higiene.edu.uy/cefa/2008/MorfologiayEstructuraBacteriana.pdf> [consulta: 23 agost 2020].

Resistencia bacteriana. Cria y Salud. Vol. 31. http://axonveterinaria.net/web_axoncomunicacion/criaysalud/31/cys_31_34-37_Resistencia_bacteriana.pdf [consulta: 23 agost 2020].

V. Seija (2008). *Etiopatogenia microbiológica*. <http://www.higiene.edu.uy/cefa/2008/Staphylococcus.pdf> [consulta: 23 agost 2020].

Pàgina web

Dulcynat (2021). *Miel: definición y características*. <http://www.dulcynat.com.ar/index.php?pag=11> [consulta: 23 agost 2020].

Mohorte, Andrés P (2018). *Los humanos sólo somos el 0,01% de la vida del planeta y hemos aniquilado al 83% de los mamíferos*. Magnet. <https://magnet.xataka.com/en->

[diez-minutos/los-humanos-solo-somos-el-0-01-de-la-vida-del-planeta-y-hemos-aniquilado-al-83-de-mamiferos#:~:text=Somos%20el%200%2C01%25%20del,coloca%20en%20una%20posici%C3%B3n%20insignificante](#) [consulta: 25 agost 2020].

Resistencia bacteriana a los antibióticos. Lab Tests Online-ES. (s.d.). <https://labtestsonline.es/articulos/resistencia-bacteriana-los-antibioticos> [consulta: 23 agost 2020].

Watt, Nicholas (2016). *Antimicrobial resistance a "greater threat than cancer by 2050"*. The Guardian. <https://www.theguardian.com/society/2016/apr/14/antimicrobial-resistance-greater-threat-cancer-2050-george-osborne> [consulta: 24 agost 2020].

4.4F (2017). *Damage of the Cell Wall*. Biology LibreTexts. [https://bio.libretexts.org/Bookshelves/Microbiology/Book%3A_Microbiology_\(Boundless\)/4%3A_Cell_Structure_of_Bacteria_Archaea_and_Eukaryotes/4.4%3A_Cell_Walls_of_Prokaryotes/4.4F%3A_Damage_of_the_Cell_Wall](https://bio.libretexts.org/Bookshelves/Microbiology/Book%3A_Microbiology_(Boundless)/4%3A_Cell_Structure_of_Bacteria_Archaea_and_Eukaryotes/4.4%3A_Cell_Walls_of_Prokaryotes/4.4F%3A_Damage_of_the_Cell_Wall) [consulta: 25 agost 2020].

Tesi o treball d'investigació

Fattori, Susana Beatriz (2004). *La miel: propiedades, composición y análisis físico-químico* [Tesi doctoral]. https://www.apiservices.biz/documents/articulos-es/la_miel_propiedades_composicion_y_analisis_fisico-quimico.pdf [consulta: 25 agost 2020].

Mandal, M. D., & Mandal, S. (2011). *Honey: Its medicinal property and antibacterial activity*. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, 1(2), 154-160. [https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(11\)60016-6](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(11)60016-6) [consulta: 25 agost 2020].

Montedeoca Vázquez, Alba (2018). *Bacteris: resistències a antibiòtics en un viatge d'anada i tornada*. <https://repositori.upf.edu/handle/10230/34563> [consulta: 15 maig 2020].

Mungói, Z., & Flora, E. M. (2008). *Caracterización físico-química y evaluación sanitaria de la miel de Mozambique* [Ph.D. Thesis, Universitat Autònoma de Barcelona].

<http://www.tdx.cat/handle/10803/5701> [consulta: 27 setembre 2020].

Llibres científics i divulgatius

Bradbear, Nicola (2005). *La apicultura y los medios de vida sostenibles*.
<http://www.fao.org/3/y5110s/y5110s06.htm#TopOfPage> [consulta: 23 agost 2020].

Fernández, Antonio Jimeno; Ucar, Luis Ugedo; Rodríguez, Santiago Rodríguez (2016).
Biología. Barcelona. Grup Promotor / Santillana Educación. 2016.

M. Pérez, M. Mota (2008). *Morfología y estructura bacteriana*.

Von Eiff C., Proctor RA., Peters G. *Coagulasa-negative staphylococci: pathogens have major role in nosocomial infections*. Postgrad Med. 2001; 110: 63-76.

Weinstein M, Towns ML, Quartey SM, Mirrett S, Reimer LG, Parmigiani G, Reller LB.
The clinical significance of positive blood cultures in the 1990s: a prospective comprehensive evaluation of the microbiology, epidemiology, and outcome of bacteremia and fungemia in adults. Clin Infect Dis 1997; 9:582-602.