



# L'experiència del projecte MicroMón a Catalunya, un cas de ciència ciutadana

Montserrat Llagostera

Unitat Microbiologia Campus, Departament de Genètica i de Microbiologia, Universitat Autònoma de Barcelona.

[Montserrat.Llagostera@uab.cat](mailto:Montserrat.Llagostera@uab.cat)

Susana Campoy

Unitat Microbiologia Campus, Departament de Genètica i de Microbiologia, Universitat Autònoma de Barcelona

[Susana.Campoy@uab.cat](mailto:Susana.Campoy@uab.cat)

Silvia Lope

Grup de Recerca Educativa en Ciències de la Salut (GRECS), Universitat Pompeu Fabra. Barcelona. España.

[Silvia.Lope@upf.edu](mailto:Silvia.Lope@upf.edu)

**Resum** • Es presenta l'experiència de la implementació del projecte MicroMón a Catalunya. Es tracta d'una proposta de proveïment participatiu (crowdsourcing) que adopta una estratègia d'aprenentatge servei (ApS) que apropa la cultura científica i fomenta la vocació investigadora d'alumnes de 4t d'ESO i 1r de Batxillerat, alhora que contribueix a millorar la informació i la consciència ciutadana envers a la greu amenaça que representa, per a la salut pública mundial, la manca creixent d'antibiòtics efectius pel tractament de malalties infeccioses. En el projecte, estudiants de diferents graus del àmbit de les Biociències i de la Salut, acompanyats per professorat universitari especialista en Microbiologia, porten a les aules d'instituts i escoles un projecte de recerca real en el que es recullen i es sembren mostres de sòl en condicions estèrils per cercar, dins la diversitat bacteriana de la mostra, bacteris productors d'antibiòtics. En el present article s'analitzen també les respostes a qüestionaris dels diferents actors involucrats en el projecte així com les observacions realitzades durant les sessions de treball per avaluar el funcionament d'aquesta prova pilot.

**Paraules clau** • Ciència ciutadana; Microbiologia; Aprenentatge Servei; Resistència bacteriana als antibiòtics;

---

## The experiences of the Micromón project in Catalonia, a case of citizen science

**Abstract** • The experience of the MicoMón project's implementation in Catalonia is presented. This is a crowdsourcing proposal that adopts a learning service strategy which aims to increase the scientific culture and to encourage 4th ESO and 1st Baccalaureate students to pursue careers in science while it contributes to improve citizen information and awareness regarding one of the most important threats of global public health, the increasing decrease of effective antibiotics for the treatment of infectious diseases. In the project, students of different Biosciences and Health bachelor degrees accompanied by university Microbiology professors, bring to the high school classrooms a real research project that collects soil samples in sterile conditions and search, in the microbial diversity of the sample, for antibiotic producing bacteria. The present article also analyzes the answers to questionnaires from the different actors involved in the project, as well as, the observations made during the work sessions to evaluate the operation of this pilot test.

**Keywords** • Citizen science; Microbiology; Learning-service; Antibiotic Bacterial resistance;

---

## UN PROJECTE DE CIÈNCIA CIUTADANA.

El document "Green Paper on Citizen Science: Citizen Science for Europe" defineix la ciència ciutadana com "el compromís del públic general en activitats d'investigació científica, quan els ciutadans contribueixen activament a la ciència amb el seu esforç intel·lectual o donant suport al coneixement amb les seves eines o recursos (1).

Un dels registres més antics de ciència ciutadana es remunta al 1835 quan el científic anglès William Wheewell va organitzar milers de persones a banda i banda de l'oceà Atlàntic per mesurar de manera sincronitzada les marees (2). En més de 650 localitzacions els voluntaris van seguir les indicacions de Wheewell i van mesurar les marees cada 15 minuts durant dues setmanes del mes de juny de 1835. Encara que ja s'havia estudiat el fenomen de les marees, abans d'aquell moment no es dis-ponava de dades per por establir un patró i poder predir-les. Sens dubte, el compromís ciutadà va ser un èxit i es va millorar molt en la capacitat de predicció d'algunes tragèdies marítimes.

En les últimes dècades estem assistint a un major desenvolupament de propostes de ciència ciutadana com una oportunitat per afavorir l'apropiació social del coneixement científic.

Els participants, alhora que aporten valor a la recerca, adquireixen també nous coneixements i/o habilitats i, especialment, un millor coneixement de la metodologia científica. La finalitat és que aquesta col·laboració entre ciència i societat propiciï una recerca més democràtica, basada en la presa de decisions fonamentada en evidències.

La resistència als antibiòtics per part de microorganismes patògens és avui una de les amenaces més grans per a la salut mundial, juntament amb la seguretat alimentària i el desenvolupament. De fet, organitzacions com l'Organització Mundial de la Salut (OMS), la European Food Safety Authority (EFSA) o l'European Medicines Agency (EMA) fa temps que alerten de la situació i promouen activitats que fan èmfasi en l'ús prudent dels antimicrobians i plans d'acció contra la resistència

a antimicrobians (3-5). D'igual manera, els Estats, mitjançant les seves corresponents agències (com ara la Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios), han adequat les seves polítiques en relació a les resistències als antibiòtics, que inclouen també campanyes de difusió i conscienciació ciutadana a més de plans estratègics sobre l'ús concret dels compostos antimicrobians (6). Malgrat això, la situació actual és molt més greu del que es podia pensar fa una dècada i l'amenaça que suposa és sovint desconeguda per la ciutadania en general. El doble objectiu d'aconseguir, per una banda, una major comprensió i sensibilització d'aquest problema per part de la ciutadania i, per l'altra, afavorir el desenvolupament de nous antibiòtics mitjançant l'aïllament massiu de bacteris productors, fa especialment rellevant el projecte MicroMón.

### Què és el projecte Micromón?

El projecte MicroMón va ser concebut a la Universitat de Yale (EUA) el 2012 per la Dra. Jo Handelsman, qui el va anomenar Small World Initiative® i actualment Tiny Earth. El seu objectiu és augmentar l'interès i el coneixement dels estudiants de tot el món cap a la ciència (7), alhora que porten a terme un treball de camp i d'investigació en el laboratori sobre mostres de sòl a la recerca de nous antibiòtics. Aquest aspecte és particularment rellevant, ja que dos terços dels antibiòtics disponibles procedeixen de bacteris o fongs aïllats dels sòls. En contrast amb els cursos tradicionals, MicroMón proporciona una plataforma d'aprenentatge que integra una aproximació real a la investigació en lloc d'un programa de pràctiques de laboratori amb resultats predeterminats. Els alumnes recol·lecten mostres de sòl, aïllen diversos bacteris i assagen la seva capacitat de inhibició del creixement de microorganismes de rellevància clínica, caracteritzant aquells que mostren activitat antimicrobiana (fig 1). L'estratègia de MicroMón proporciona així una plataforma per al descobriment de nous antibiòtics, basada en la participació de la comunitat, integrant el potencial intel·lectual de múltiples actors que, de manera simultània, aborden aquest desafiament global, generant candidats per al desenvolupament de

nous fàrmacs. La idea és aconseguir, de manera simultània, tant objectius educatius com a científics.

Les dades obtingudes pels participants són compartides amb els investigadors pertanyents al projecte global que així ho sol·licitin. Les aplicacions i eines per a la recollida de dades estan disponibles a la pàgina web de Tiny Earth. En particular, es demana als estudiants informació detallada sobre les seves mostres de sòl que s'inclourà a la "base de dades de mostres de sòl" (Soil Sample Database). Aquestes dades podran ser usades amb fins d'investigació per laboratoris, docents o estudiants associats a MicroMón. En el cas de la xarxa MicroMundo/SWI@España totes aquestes dades són recollides pel coordinador i s'envien a Tiny Earth.

### El projecte Micromón a Catalunya

La proposta que s'ha implementat a Espanya difereix del projecte original en que combina l'estratègia de proveïment participatiu (*crowdsourcing*) amb la d'aprenentatge servei (ApS), implicant nivells educatius diferents i combinant els objectius educatius amb un servei a la comunitat, tot sota les directrius del programa de la Generalitat de Catalunya per a la promoció de carreres STEM i seguint els principis recerca i innovació responsables (RRI) de la Comissió Europea.

La prova pilot del programa es va realitzar a Catalunya durant el curs 2017-18. Va involucrar un total de 16 professors universitaris de microbiologia, 56 estudiants de grau de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB) que cursaven tercer o quart curs dels Graus de Microbiologia, Biotecnologia, Biologia, Ciències Biomèdiques, Genètica, Bioquímica, Veterinària, Ciència i Tecnologia dels Aliments i 15 centres d'Educació Secundària i Batxillerat (de diferent nivell socioeconòmic), involucrant un total de 313 estudiants de quart curs d'ESO i/o primer de Batxillerat.

Per a les properes edicions es pot sol·licitar participar a partir d'aquest [enllaç](#). Per a la selecció de centres tindran prioritat els centres que no hagin participat en l'edició anterior; es reservarà com a mínim una plaça per a un centre de màxima complexitat i es tindrà en compte la proximitat a la UAB.



Figura 1: Placa de AACK sembrada amb una mostra de sòl.

En una fase preliminar es van seleccionar els centres d'ensenyament secundari i els estudiants de la Universitat Autònoma de Barcelona que volien participar en el programa. Es van definir els equips UAB, cada un integrat per 1 professor/a de Microbiologia i 3-4 estudiants de grau que havien superat un curs bàsic de Microbiologia incloent pràctiques de laboratori.

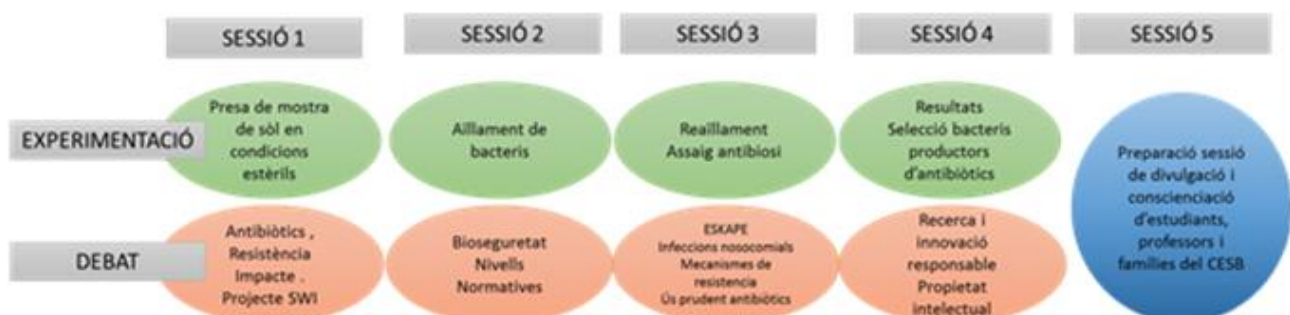


Figura 2: Contingut de les diferents sessions del programa MicroMón en els centres d'ensenyament Secundari

El professorat de la UAB va compartir amb els seus estudiants els conceptes clau del projecte (resistència a antibiòtics, proveïment participatiu - crowdsourcing-, vocacions STEM), a més d'instruir-los sobre com s'havia de realitzar l'experimentació en els centres d'Ensenyament Secundari, i les normatives de bioseguretat d'obligat compliment que imposa la vinculació amb el projecte internacional, obrint debats sobre tots aquests aspectes. Els estudiants de grau també van rebre instrucció sobre el significat de Recerca i Innovació Responsable (RRI) i sobre la propietat intel·lectual i la seva protecció.

L'alumnat de secundària era informat que els bacteris seleccionats formaran part d'una col·lecció UAB i estaran a la disposició de qualsevol investigador que els vulgui estudiar posteriorment.



Figura 3: Alumnes de secundària reutilitzant activitats associades amb el projecte

Durant el desenvolupament de la prova pilot es van recollir una sèrie de dades a fi de monitoritzar el projecte (és a dir, valorar el grau de consistència entre allò planificat i el que es va realitzar), d'avaluar l'impacte en els participants així com de poder fer propostes de millora. En primer lloc es van realitzar enquestes als diferents actors del projecte (amb preguntes tancades i obertes) (Taula 1).

El contingut i l'organització de la sessió cinquena corresponia a cada centre i va consistir a difondre el projecte en el seu entorn (resta del centre, mares i pares, barri...).

A cada equip UAB se li va assignar un centre d'Ensenyament Secundari. L'equip contactava amb el centre assignat per planificar el calendari de les diferents sessions.

Durant la següent fase del projecte, cada equip UAB es desplaçava al centre assignat, on traslladava tot el material (fungible i de petit equipament així com el material biològic) necessari per a dur a terme l'experiència, i conduïen les diferents activitats en 4 sessions de 2 h (vegeu fig. 2). Durant aquestes sessions els alumnes de secundària aprenien a recollir mostres de sòl en condicions estèrils, a aïllar bacteris i a seleccionar els millors bacteris productors d'antibiòtics (Fig. 3)

Professorat universitari	12 professors-investigadors d'entre 11 i més de 30 d'experiència
Professorat d'ensenyament secundari	10 (7 professores i 3 professors amb diferents anys d'experiència docent, entre 4 i 35 anys)
Alumnat de diferents graus de Biociències	43 participants d'edats compreses entre els 19 i els 25 anys, 29 noies i 13 nois.
Alumnat d'ensenyament secundari (4t d'ESO o 1r de Batxillerat)	Prèvia a la intervenció: 172, 107 noies i 65 nois.
	Posterior a la intervenció: 160, 92 noies, 68 nois

Figura 4: Enquestes realitzades als diferents participants en l'experiència pilot

Per a complementar les dades obtingudes amb les enquestes també es van realitzar observacions tant de les sessions de formació dels estudiants universitaris com de les sessions en els centres

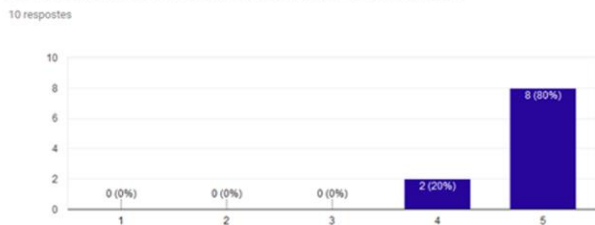
d'ensenyament secundari. En aquest últim cas l'observació de cada sessió es va realitzar en un centre diferent a fi de poder analitzar el funcionament amb diferent tipologia d'alumnat així com amb diferents equips UAB.

### Resultats de l'avaluació de la prova pilot

L'anàlisi de les dades mostra que, en relació als continguts treballats durant les sessions als centres de secundària, les opinions del professorat d'ensenyament secundari són positives, diuen que les explicacions rebudes han estat clares i ajustades al nivell de l'alumnat (vegeu fig 4). Els i les alumnes de grau també coincideixen en aquest aspecte amb el professorat.

També la percepció del professorat d'ensenyament secundari respecte a l'increment d'interès, de la formació científica, de la millora de les habilitats de laboratori, de la consciència sobre el problema de la resistència bacteriana als antibiòtics i al coneixement de la diversitat microbiològica és positiva (vegeu fig. 5).

Les activitats realitzades s'ajustaven al nivell del teu alumnat



L'alumnat ha comprès amb facilitat les explicacions

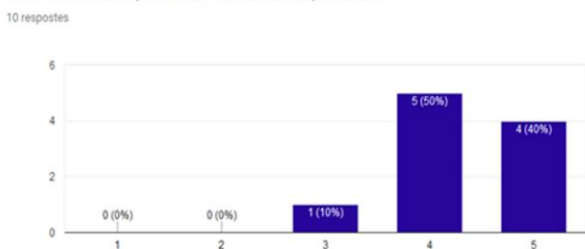
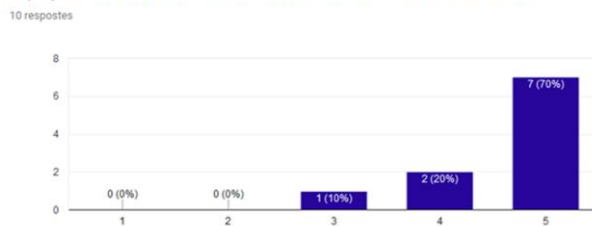


Figura 4: Algunes respostes al qüestionari del professorat d'ensenyament secundari en relació a la seva percepció sobre el nivell de les sessions del programa (1 en desacord, 5 d'acord).

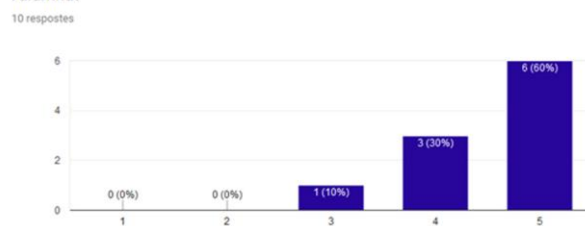
Aquesta percepció positiva és coincident amb la que mostren els professors universitaris. Pel que fa a la percepció del mateix alumnat de secundària és també força positiva, tot i que amb més variabilitat

que en els casos del seu professorat i del professorat universitari.

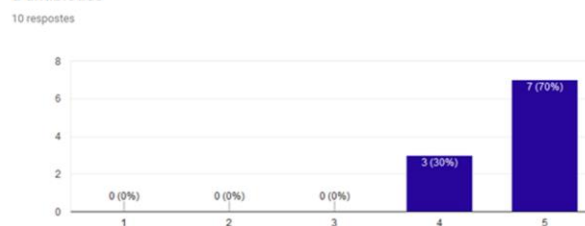
El projecte ha contribuït a millorar la formació científica del teu alumnat



El projecte ha contribuït a millorar les habilitats en el laboratori de l'alumnat



Els teus alumnes son ara més conscients del problema de la resistència a antibiòtics



Els alumnes tenen una millor comprensió del que significa portar a terme una recerca

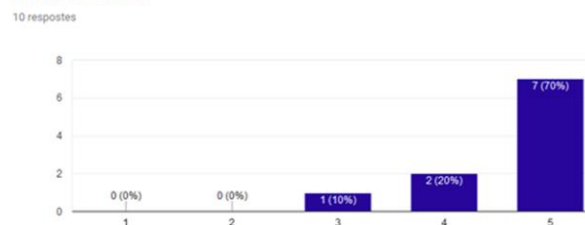


Figura 5: Algunes respostes al qüestionari del professorat d'ensenyament secundari en relació a la seva percepció sobre l'aprofitament de les sessions del programa per part dels seus alumnes (1 en desacord, 5 d'acord).

Per tal de tenir algun indicador sobre l'evolució de l'aprenentatge de l'alumnat de secundària en relació a alguns dels aspectes tractats durant les sessions de treball algunes de les preguntes es van repetir als qüestionaris previs i posteriors a la intervenció. Com es pot veure en la fig. 6 les respostes de l'alumnat van millorar en el qüestionari posterior a la participació en el projecte.

En les observacions realitzades en els centres de secundària es va posar de manifest que l'alumnat va millorar en la seva competència al laboratori. En concret es va observar com s'havien apropiat de la importància de treballar minimitzant les possibilitats de contaminació d'ells i de la mostra. També els professors universitaris en les respostes obertes parlen d'una millora en les habilitats pròpies del laboratori de l'alumnat de secundària.

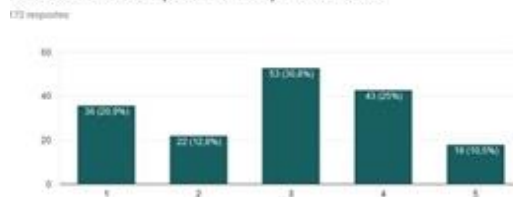
Tanmateix són els alumnes de secundària, en les preguntes obertes dels qüestionaris, els que majoritàriament indiquen que el que més valoren del projecte és l'oportunitat de fer treball experimental. La idea de participar directament en una empresa científica real també és destacada per una part de l'alumnat dels centres de secundària.

En les preguntes obertes dels qüestionaris que han respost els diferents agents involucrats en el projecte hi ha moltes aportacions relacionades amb l'actitud de l'alumnat de secundària. Una bona part dels comentaris dels professors universitaris i dels alumnes de grau destaquen la motivació i les ganes de treballar d'aquests alumnes.

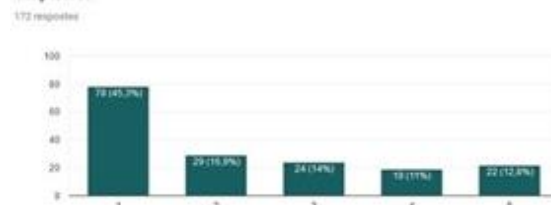
Durant les observacions de les sessions en els instituts de secundària hem vist en moltes ocasions com els alumnes de grau parlaven als alumnes d'ESO i/o Batxillerat de la seva realitat com a estudiants de biociències i com aquests mostraven molt interès en aquestes converses. També els professors-investigadors tenien un tracte proper amb l'alumnat de secundària que afavoria la conversa i la formulació de preguntes (tant relacionades amb aspectes científics com professionals) per part dels estudiants. Creiem que el fet que la participació en el programa MicroMón afavoreixi aquestes interaccions és també un valor positiu.

El nivell general de satisfacció amb el programa de l'alumnat de secundària va ser força elevat com pot observar-se en la figura 7.

Els antibiòtics són útils per a combatre qualsevol infecció



S'ha de suspendre l'administració de l'antibiòtic quan desapareixen els símptomes



Es convenient guardar els antibiòtics que ens sobrin d'un tractament per si en el futur tornem a tenir els mateixos símptomes

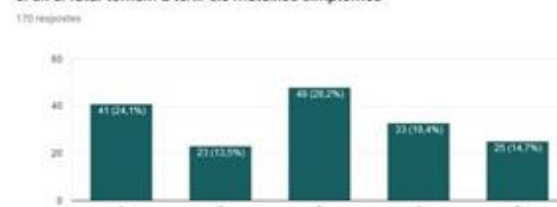
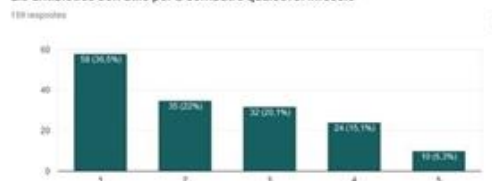
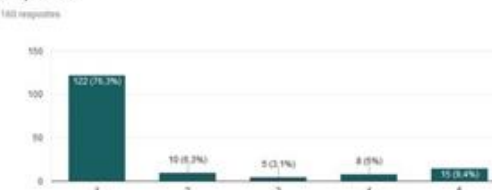


Figura 6a. Respostes de l'alumnat de secundària a preguntes relacionades amb el consum responsable d'antibiòtics abans de la seva participació en el programa MicroMón (1 en desacord, 5 d'acord).

Els antibiòtics són útils per a combatre qualsevol infecció



S'ha de suspendre l'administració de l'antibiòtic quan desapareixen els símptomes



Es convenient guardar els antibiòtics que ens sobrin d'un tractament per si en el futur tornem a tenir els mateixos símptomes



Figura 6b. Respostes de l'alumnat de secundària a preguntes relacionades amb el consum responsable d'antibiòtics després de la seva participació en el programa MicroMón (1 en desacord, 5 d'acord).

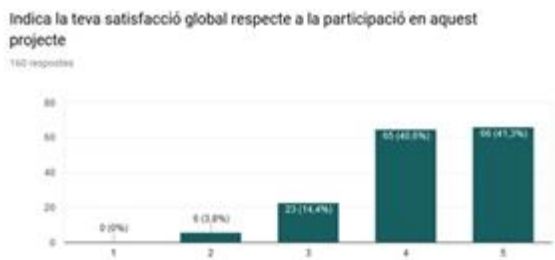


Figura 7. Respostes de l'alumnat d'ensenyament secundari en relació a la seva satisfacció amb el programa MicroMón.

Pel que fa als alumnes de grau, quan se'ls pregunta sobre la repercussió de la participació en el programa respecte a la seva formació científica, les respostes són força positives (fig. 8) però encara és molt més clara la percepció del professorat universitari respecte a la possible millora en la formació científica dels seus alumnes (fig. 9). Segurament els professors universitaris consideren la capacitat de transferència coneixement com un aspecte molt rellevant de la formació d'un científic.

Les percepcions de professorat i alumnat universitari són molt més coincidents quan se'ls pregunta sobre les millores que pot haver suposat la participació en el projecte respecte a les competències transversals de l'alumnat i, en concret, en la de divulgació científica.

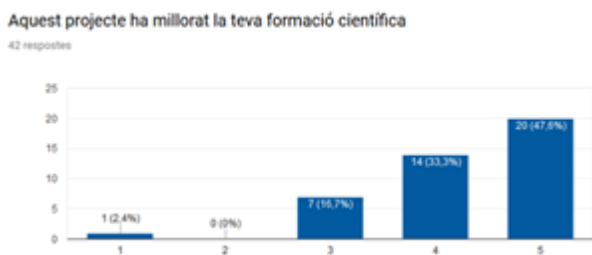


Figura 8: Percepció de l'alumnat de grau respecte a les millores en els seus coneixements científics.

El projecte ha millorat la formació científica dels alumnes de grau

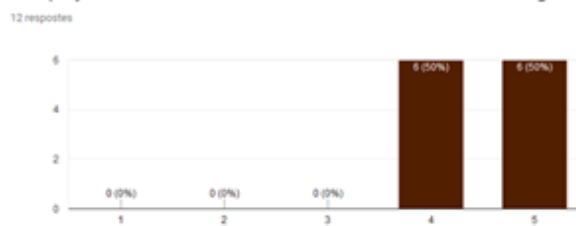


Figura 9: Percepció del professorat universitari respecte a la millora de formació científica de l'alumnat de grau.

### CONCUSIONS SOBRE EL FUNCIONAMENT DE LA PROVA PILOT A CATALUNYA

- La satisfacció dels diferents agents implicats en el projecte és elevada.
- S'ha produït molta interacció entre l'alumnat de secundària i els alumnes de grau (en algunes ocasions també amb el professorat universitari) que han donat peu a moltes converses en relació a l'experiència universitària i a les sortides professionals que segur han tingut un paper rellevant pel que fa a animar als estudiants de secundària a cursar carreres científiques.
- La participació en el projecte ha suposat una millora en el coneixement de l'alumnat de secundària pel que fa al problema de la resistència bacteriana als antibiòtics, a l'ús dels antibiòtics i a la importància de la diversitat bacteriana. També ha suposat un increment de l'interès cap a la ciència.
- Un dels aspectes del projecte més valorat pels alumnes de secundària ha estat l'oportunitat de fer treball experimental. S'ha pogut observar una millora en les habilitats de laboratori de l'alumnat de secundària.
- La participació en el projecte també ha suposat un aprenentatge pels estudiants de grau, sobretot pel que fa a les seves competències transversals i en la capacitat de divulgació del coneixement científic. De manera diferencial respecte als diferents graus, també s'ha vist millorat el coneixement específic en relació a aspectes microbiològics.
- Tant els estudiants de grau com els d'ESO i Batxillerat destaquen la motivació que ha

suposat per a ells la participació en una empresa científica real.

D'altra banda, l'anàlisi de les dades obtingudes durant el desenvolupament de la prova pilot va permetre introduir algunes millores en l'edició del curs 2018-19. Aquestes van estar relacionades amb una major formació didàctica pels alumnes de grau, l'elecció més acurada del moment del curs en el qual es realitza la intervenció en els centres de secundària, la necessitat d'un treball previ i posterior a la intervenció a càrrec del professorat del centre, tenir en compte el gènere dels alumnes de grau en el moment de la distribució als diferents centres o la millora en relació a la cobertura mediàtica del projecte.

No hem recollit informació sobre les diferents accions que s'han dut a terme en els centres d'Ensenyament Secundari en el marc del programa MicroMón, seria convenient fer-ho en el futur per tal de tenir evidències sobre l'impacte real del projecte en la societat.

Cada vegada hi ha més dades sobre els resultats de projectes de ciència ciutadana. A més de contribuir directament al coneixement científic, aquests projectes tenen un innegable impacte sobre els participants, ja que, en fer-los participar en un procés científic real, augmenten la seva capacitat sobre la metodologia científica, modifiquen i amplien els seus punts de vista sobre com la ciència pot fer front a les seves necessitats (9,10).

Per acabar no volem deixar d'expressar el nostre agraïment a tot el professorat universitari i d'ensenyament secundari i batxillerat, a tot l'alumnat de grau i d'ESO i batxillerat que han participat en aquest projecte.

## BIBLIOGRAFIA.

AEMPS (2019) Plan Nacional Resistencia Antibióticos. Recuperat de: <http://resistenciaantibioticos.es/es>

- Bonney, R., Phillips, T. B., Ballard, H. L., & Enck, J. W. (2016). *Can citizen science enhance public understanding of science?* *Public Understanding of Science*, 25(1), 2-16. <https://doi.org/10.1177/0963662515607406>
- EFSA 2019. Antimicrobial resistance. Recuperat de: [www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/antimicrobial-resistance](http://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/antimicrobial-resistance)
- EMA (2019) Revised guideline aims to strengthen global approach to development of new antibacterial medicines. Recuperat de: <https://www.ema.europa.eu/en/news/revised-guideline-aims-strengthen-global-approach-development-new-antibacterial-medicines>
- European Commission (2014) Green paper on Citizen Science for Europe: Towards a society of empowered citizens and enhanced research. Recuperat de: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/green-paper-citizen-science-europe-towards-society-empowered-citizens-and-enhanced-research>
- Finquelievich, S., & Fischnaller, C. (2014) *Ciencia ciudadana en la Sociedad de la Información: nuevas tendencias a nivel mundial*. CTS: Revista iberoamericana de ciencia, tecnología y sociedad, 9(27), 11-31.
- OMS (2018) Antimicrobial resistance. Recuperat de: <https://www.who.int/antimicrobial-resistance/en/>
- Rice LB. Federal funding for the study of antimicrobial resistance in nosocomial pathogens: no escape. *J Infect Dis.* (2008) 197(8):1079–1081. <https://doi.org/10.1086/533452>
- Tiny Earth (2019). Recuperat de <https://tinyearth.wisc.edu/>
- Trumbull, D. J., Bonney, R., Bascom, D., & Cabral, A. (2000). Thinking scientifically during participation in a citizen-science project. *Science education*, 84(2), 265-275. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(200003\)84:2<265::AID-SCE7>3.0.CO;2-5](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200003)84:2<265::AID-SCE7>3.0.CO;2-5)