

Artículo original breve

MicroMundo@Sevilla: ¿resistiremos a la próxima pandemia?

MicroMundo@Sevilla: will we bear the next pandemic?

Sánchez-Porro C, de la Haba RR*

Departamento de Microbiología y Parasitología, Facultad de Farmacia, Universidad de Sevilla, Sevilla, España

*Correspondencia: rrh@us.es

Resumen: Conceptualmente originado en la Universidad de Yale, el proyecto MicroMundo se importó y se adaptó a la idiosincrasia de España en el año 2016, extendiéndose rápidamente por varias Universidades de la península ibérica. El nodo MicroMundo@Sevilla comenzó su andadura en el año 2017 con un triple objetivo social: i) concienciar a los jóvenes sobre el uso racional de antibióticos; ii) fomentar la investigación hacia el descubrimiento de nuevos antimicrobianos; y iii) incentivar la vocación científica de los estudiantes jóvenes. Desde su creación, esta iniciativa a nivel de la provincia de Sevilla ha ido ampliándose en cada edición hasta la irrupción de la pandemia de COVID-19, interrumpiéndose su realización durante 1 año. Posteriormente, el proyecto ha ido progresando de nuevo hasta alcanzar e incluso superar en el curso 2022/2023 los niveles de repercusión prepandémicos. En esta edición la actividad se ha realizado en 11 centros educativos pertenecientes a Sevilla capital y provincia, llegando a 455 alumnos preuniversitarios e implicando a 35 profesores e investigadores y 15 estudiantes de la Universidad de Sevilla. Los alumnos preuniversitarios han participado en cinco sesiones realizadas en sus propios centros de enseñanza en las que, supervisados por el equipo docente de la Universidad, han determinado la capacidad antibiótica de varias cepas aisladas por ellos mismos a partir de muestras de suelo de su elección. Como resultado se obtuvieron 200 cepas inhibitoras del crecimiento de bacterias de los géneros *Bacillus* (92 aislados) y *Klebsiella* (108 aislados) y que podrían tener utilidad en el descubrimiento de nuevos antimicrobianos. Además de este valioso material biológico, el proyecto MicroMundo@Sevilla ha permitido a los estudiantes participantes tomar conciencia de la posible pandemia que nos acecha debido a las resistencias y escasez de antibióticos. Iniciativas como la aquí presentada pueden ayudar a evitar esta amenaza.

Abstract: Conceptually originated at Yale University, the MicroMundo project was imported and adapted to the Spanish peculiarity in 2016, quickly spreading to various Universities in the Iberian Peninsula. The MicroMundo@Sevilla node began its journey in 2017 with three social objectives: i) to raise awareness among young people about the rational use of antibiotics; ii) to promote research towards the discovery of new antimicrobials; and iii) to encourage the scientific vocation of young students. Since its creation, this initiative encompassing the province of Sevilla has been expanding in each edition until the outbreak of the COVID-19 pandemic, being interrupted for 1 year. Subsequently, the project has resumed until reaching and even exceeding the pre-pandemic impact levels in the 2022/2023 academic year. In this edition, the activity has been conducted in 11

educational centers belonging to Sevilla city and province, reaching 455 pre-university students, and involving 35 professors and researchers and 15 undergraduate students from the University of Sevilla. The pre-university students have participated in five sessions carried out in their own educational centers in which, supervised by the University teaching team, they have determined the antibiotic capacity of various strains isolated by themselves from soil samples of their choice. As a result, 200 strains that inhibit the growth of bacteria of the genera *Bacillus* (92 isolates) and *Klebsiella* (108 isolates) were obtained, and they might be useful in the discovery of new antimicrobials. In addition to this valuable biological material, the MicroMundo@Sevilla project has allowed participating students to become aware of the potential pandemic lurking us due to resistance and shortage of antibiotics. Initiatives like the one presented here can help to avoid this threat.

Palabras clave: Microbiología; resistencia antibióticos; ESKAPE; vocaciones científicas; aprendizaje-servicio; divulgación científica

Keywords: Microbiology; antibiotic resistance; ESKAPE; scientific vocation; service-learning; popular science

1. Introducción

Desde que fueron descubiertos en septiembre de 1928 [1], los antibióticos vivieron una época dorada a partir de los años 40 hasta finales de los 60, en los que se identificaron numerosas moléculas con valioso uso en terapéutica. Por desgracia, el ritmo de aparición de nuevos antimicrobianos decayó enormemente desde esa fecha, motivado principalmente por el agotamiento de los recursos microbianos que podían cultivarse con éxito en el laboratorio [2]. De hecho, en los últimos 40 años solo se han descubierto e introducido a nivel clínico dos nuevas clases de antibióticos (oxazolidinonas y lipopéptidos cíclicos) [3] (Figura 1) y, lo que es más preocupante, desde 2010 la FDA únicamente ha aprobado 17 nuevos antibióticos sistémicos, siendo la mayoría modificaciones de la estructura química de moléculas ya conocidas [4]. La falta de beneficio económico para la industria farmacéutica también está detrás de esta crisis antibiótica, y es que un nuevo antibiótico solo será rentable unos pocos años tras su salida al mercado después de haber invertido más de 20 años en su investigación [5].

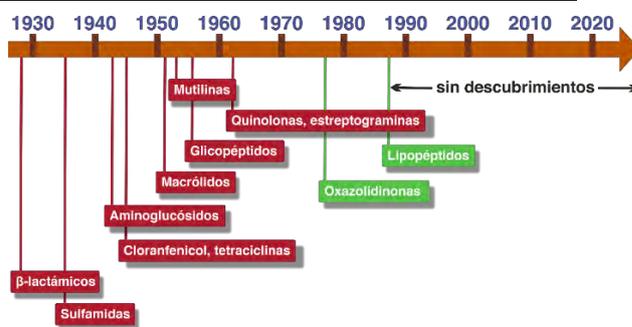


Figura 1. Línea del tiempo de descubrimiento de los principales grupos de antibióticos. Las dos últimas nuevas clases descubiertas se indican en verde, observándose carencia de nuevos descubrimientos desde 1987 (adaptada de [6]).

A la escasez de nuevas moléculas antimicrobianas se le suma el problema de la aparición de fenómenos de resistencia por parte de los microorganismos, motivados en muchos casos por el uso desmedido de antibióticos. Según la Organización Mundial de la Salud, la resistencia bacteriana a estos fármacos es una de las 10 principales amenazas para la salud humana en la actualidad [7]. A diferencia de las pandemias víricas que aparecen repentinamente y requieren acciones inmediatas, otras, como la que nos incumbe, evolucionan más pausadamente y a menudo pasan inadvertidas hasta que ya es demasiado tarde para evitarlas [8]. De hecho, los expertos estiman que hasta 10 millones de personas podrían morir anualmente como consecuencia de la resistencia a los antibióticos para el año 2050 [9]. Estas cifras son alarmantes si las comparamos con las de la pandemia por SARS-

CoV-2 declarada el 30 de enero de 2020, en la que han muerto cerca de 7 millones de personas en todo el mundo en algo más de tres años [10].

Ante este panorama, un ambicioso proyecto originado en 2012 en la Universidad de Yale pretendió involucrar de forma activa a la sociedad en la solución de la crisis antibiótica y la creciente aparición de resistencias. En el año 2016, la Universidad Complutense de Madrid fue la primera en implementar esta iniciativa en España, concebida como una estrategia de Aprendizaje-Servicio que combina el aprendizaje de los estudiantes universitarios con el compromiso cívico o el servicio a la comunidad [11]. Tras esta experiencia piloto, el proyecto se extendió por toda la península ibérica, creándose la red MicroMundo@España-Portugal. En la provincia de Sevilla, el proyecto fue implantado por algunos profesores del Departamento de Microbiología y Parasitología de la Universidad de Sevilla en 2017, bajo la denominación de MicroMundo@Sevilla [12].

La iniciativa MicroMundo@Sevilla se diseñó con una triple finalidad social: i) involucrar a los jóvenes de nuestra sociedad en la concienciación sobre el uso racional de antibióticos; ii) impulsar la investigación hacia el descubrimiento de nuevas moléculas antimicrobianas; y iii) incentivar la vocación de los estudiantes jóvenes por las Ciencias Experimentales mediante su inmersión en un proyecto real de búsqueda de nuevos antibióticos. Adicionalmente, el propósito de esta actividad también contempla promover las actitudes divulgadoras por parte de docentes, investigadores y alumnos universitarios.

Este proyecto se viene realizando ininterrumpidamente desde el curso 2017/2018 (a excepción del curso 2020/2021 debido a la pandemia) y, aunque empezó siendo una iniciativa modesta (abarcando sólo dos centros educativos), se ha ido extendiendo progresivamente. El objetivo del trabajo aquí presentado es describir la experiencia y los resultados obtenidos en MicroMundo@Sevilla durante el curso 2022/2023.

2. Material y métodos

2.1. Recursos humanos

La actividad MicroMundo@Sevilla está coordinada por los profesores Cristina Sánchez-Porro y Rafael Ruiz de la Haba, del Departamento de Microbiología y Parasitología de la Universidad de Sevilla, creadores de este nodo sevillano de la red e instructores para la formación del resto de participantes. En concreto, en el curso académico 2022/2023 han colaborado 33 profesores e investigadores, en su mayoría de la Facultad de Farmacia, pero también algunos pertenecientes a la Facultad de Biología y a la Facultad de Medicina, cuyos nombres se citan a continuación por orden alfabético: Tania Antón, Alba Arranz, José Antonio Carrasco, Rocío Carvajal, Isabel Comino, Manuel de Miguel, Rocío de la Encarnación Fernández, Noris Jarleny Flores, Cristina Galisteo, Alicia García, Ángela M^a García, Rosa García, María González, Abel Heredia, M^a José León, Francisco Javier López, Guillermo Martínez, Rebeca M^a Mejías, Manuel Merinero, M^a de Lourdes Moreno, Salvadora Navarro, Eloísa Pajuelo, Francine Piubeli, Julia Rivero, Ignacio Rodríguez, Elena Romano, M^a Antonia Sánchez, Verónica Segura, Carolina Sousa, Dáša Straková, Malika Tamo, Lourdes Tordera y Antonio Ventosa.

No podemos olvidar que este proyecto se centra en difundir la información mediante la estrategia Aprendizaje-Servicio, que implica a estudiantes universitarios en la gestión, realización y toma de decisiones científicas de esta actividad educativa. Si bien el equipo docente de MicroMundo@Sevilla anteriormente enumerado se responsabilizó en todo momento de las sesiones, visitas, trabajo de campo y laboratorio, un grupo de 15 alumnos universitarios del Grado en Farmacia y del Grado en Biología se integraron en dicho equipo. La misión de estos universitarios es la de transmitir la información de una manera próxima y clara a los estudiantes de Colegios e Institutos y son los más apropiados para la explicación de los experimentos de laboratorio, al estar en un rango de edad más próximo a ellos, lo que los hace más cercanos y da a entender que la problemática actual es real y no sólo un problema que preocupa a los adultos. Es requisito indispensable que los alumnos universitarios que quieran participar en esta experiencia realicen un curso de formación a

cargo de los coordinadores de la red o, alternativamente, hayan cursado las prácticas de la asignatura Ampliación de Microbiología que se imparte en el tercer curso del Grado en Farmacia y del Doble Grado en Farmacia y en Óptica y Optometría. Además, deben firmar un consentimiento informado para garantizar la protección y la confidencialidad de los datos que pudieran recabar durante su participación en el proyecto.

2.2. Centros educativos

Para poder llevar a cabo esta actividad es imprescindible contar con la colaboración de los centros de Educación Secundaria y Bachillerato. Durante los meses de noviembre y diciembre de 2022 se llevaron a cabo los contactos con estos centros y la organización de las visitas (fechas, horarios, estimación de alumnos participantes y curso al que pertenecían). Finalmente, se acordó la realización de la experiencia en 11 centros educativos, pertenecientes a Sevilla capital y provincia: Instituto de Enseñanza Secundaria Beatriz de Suabia, Colegio San Antonio María Claret, Colegio Nuestra Señora de las Mercedes (Doctrina Cristiana), Highlands School, Colegio BVM Irlandesas de Bami, Colegio Diocesano Nuestra Señora de las Mercedes, Colegio Sagrada Familia de Urgel, Salesianos de Triana, Colegio San Miguel-Adoratrices, St. Mary School e Instituto de Enseñanza Secundaria Velázquez.

Una vez establecida la colaboración con los centros de enseñanza fueron estos los que difundieron y promocionaron la actividad entre su alumnado. Aquellos estudiantes que decidieron realizar la actividad MicroMundo@Sevilla debieron obtener un permiso paterno de participación y, opcionalmente, una autorización para poderseles tomar fotografías durante las sesiones. Para cada uno de los grupos participantes en cada centro educativo se desarrollaron un total de cinco sesiones de 1 hora de duración.

2.3. Material de laboratorio

Los medios necesarios para llevar a cabo el proyecto son los habituales que se encuentran en un laboratorio muy básico de microbiología

con nivel de bioseguridad 1. Esto es perfectamente adaptable a los laboratorios de Ciencias con los que están dotados habitualmente los Institutos de Educación Secundaria y Bachillerato. No obstante, los docentes Universitarios aportaron material específico para el trabajo en Microbiología que se transportó desde la Universidad, esencialmente cepas bacterianas de referencia, medios de cultivo, material de trabajo estéril (asas de siembra, escobillones, puntas de pipeta), pipetas de volumen fijo y equipos de protección (batas, guantes, bolsas de autoclavado, etc.). Como cepas microbianas de referencia se seleccionaron bacterias inofensivas pero muy similares biológicamente a las "superbacterias" patógenas multirresistentes conocidas como microorganismos "ESKAPE" (*Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Enterobacter* spp) [13]. Estas cepas de referencia se obtuvieron de diferentes colecciones de cultivo.

Una vez terminadas las sesiones, los cultivos se transportaron para su incubación a los laboratorios de la Universidad, respetando las correspondientes normas asepticas y de seguridad biológica. Igualmente, los residuos biológicos generados durante la práctica se retiraron del centro educativo para su destrucción en la Universidad. Los análisis más complejos de posibles aislamientos positivos (técnicas bioquímicas, microscópicas avanzadas, moleculares y bioinformáticas de identificación) se realizarán en los laboratorios universitarios a final de curso y se invitará a participar en ellos a estudiantes de niveles preuniversitarios seleccionados por su peculiar motivación.

3. Resultados

3.1. Alumnos preuniversitarios participantes

El total de estudiantes de centros de Educación Secundaria y Bachillerato que se han inscrito en MicroMundo@Sevilla durante el curso 2022/2023 ha sido de 455, pertenecientes a los cursos y centros de enseñanza que se muestran en la Tabla 1. Además, de forma indirecta el proyecto ha repercutido también en familiares y amigos de los estudiantes preuniversitarios,

puesto que una de las consignas que se les recaló durante las visitas fue la necesidad de

difundir lo que hubieran aprendido durante su participación.

Tabla 1. Estudiantes preuniversitarios participantes en MicroMundo@Sevilla 2022/2023 distribuidos por centros educativos.

Centro de enseñanza	Nº de alumnos	Nº de grupos	Curso
IES Beatriz de Suabia	30	1	1º ESO
Claret	63	2	4º ESO 1º Bachillerato
Doctrina Cristiana	55	2	1º ESO
Highlands School	21	1	1º Bachillerato
Irlandesas de Bami	69	3	4º ESO 1º Bachillerato
Nrta. Sra. de las Mercedes	21	1	4º ESO
Sagrada Familia de Urguel	56	2	4º ESO
Salesianos de Triana	23	1	1º Bachillerato
San Miguel-Adoratrices	50	2	1º Ciclo Formativo de Grado Medio de Técnicos en Operaciones de Laboratorio
St. Mary School	35	2	1º ESO
IES Velazquez	32	1	4º ESO
11	455	18	TOTAL

3.2. Desarrollo de las visitas a los Centros de Educación Secundaria y Bachillerato

En la práctica, los miembros del equipo MicroMundo@Sevilla (profesores, investigadores y alumnos universitarios) realizaron cinco sesiones de 1 hora para cada uno de los grupos que integran el programa de visitas a Colegios e Institutos de Educación Secundaria y Bachillerato. En la primera sesión, de carácter más teórico, se presentó a los alumnos el proyecto MicroMundo y sus objetivos, se les explicó el problema de la resistencia antibiótica y su trascendencia, se les expuso la biodiversidad microbiana en el medio ambiente, se les repartió el “kit” de recogida de muestra y se les dieron las instrucciones para su uso.

Las siguientes visitas, en cambio, fueron eminentemente prácticas (Figura 2). En la segunda sesión los estudiantes aprendieron las técnicas microbiológicas asépticas para resuspender sus muestras, diluirlas y sembrarlas en medios microbiológicos. La

tercera sesión consistió en la observación por parte de los alumnos del crecimiento microbiano en los medios que habían inoculado en la sesión anterior, así como la selección de colonias para su aislamiento en cultivo puro y posterior estudio. En la cuarta sesión se enfrentaron los microorganismos aislados a las bacterias de referencia inofensivas estrechamente emparentadas con los patógenos “ESKAPE”, con el fin de detectar posibles fenómenos de antibiosis. En la última y quinta visita al centro se detectaron los aislados con potencial capacidad para producir antibióticos (cepas positivas) y se registraron para su posterior estudio.

A los estudiantes que obtuvieron algún microorganismo positivo y con especial motivación se les ha invitado a participar en dos sesiones adicionales que tendrán lugar en la Universidad en un futuro y en las que se emplearán técnicas más avanzadas para la identificación de las cepas con actividad antibiótica. Los microorganismos con valor potencial serán enviados a instituciones colaboradoras para su caracterización

metabólica detallada y análisis genómicos (Figura 2). En todo caso, los alumnos preuniversitarios que originalmente hayan

aislado algún microorganismo que en un futuro tuviese un valor real a nivel industrial y clínico serán apropiadamente reconocidos.

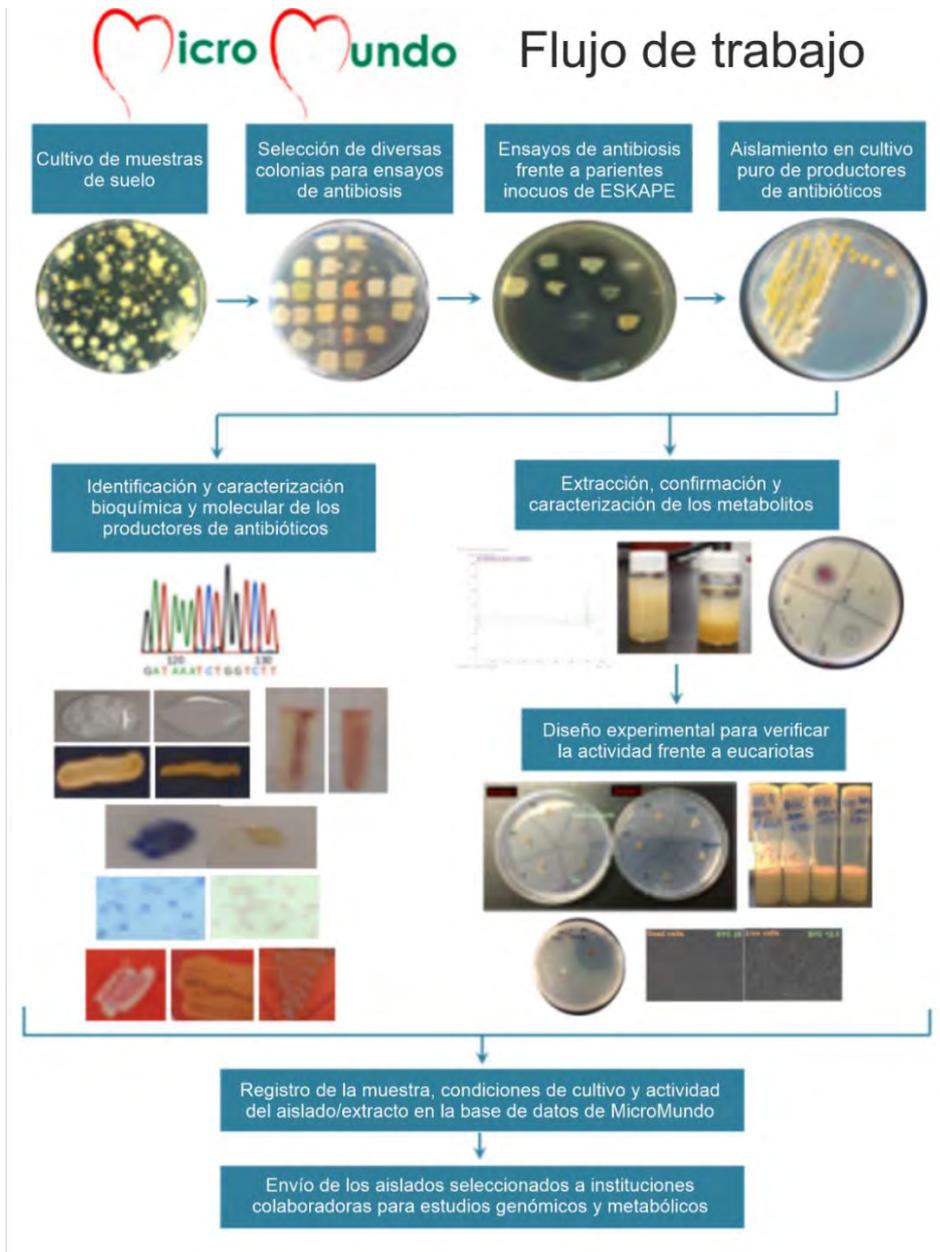


Figura 2. Flujo de trabajo del proyecto MicroMundo@Sevilla. En la parte superior se representan las etapas prácticas correspondientes a las visitas a los centros educativos. La parte central e inferior se corresponden con los análisis más avanzados a realizar en la Universidad de Sevilla e instituciones colaboradoras (adaptada de [14]).

3.3. Cepas aisladas con potencial valor como productoras de antibióticos

A excepción del Colegio Diocesano Nuestra Señora de las Mercedes, en todos los demás centros de enseñanza se obtuvieron cepas con capacidad de inhibir el crecimiento de microorganismos inocuos análogos a los

patógenos “ESKAPE”. El valor absoluto y normalizado (en función del número de alumnos participantes) de aislados obtenidos en cada centro educativo se muestra en la Figura 3. En total se han obtenido 200 cepas microbianas que mostraban actividad antibiótica frente a miembros del género *Bacillus* (92 aislados) o del género *Klebsiella* (108 aislados) (Figura 3).

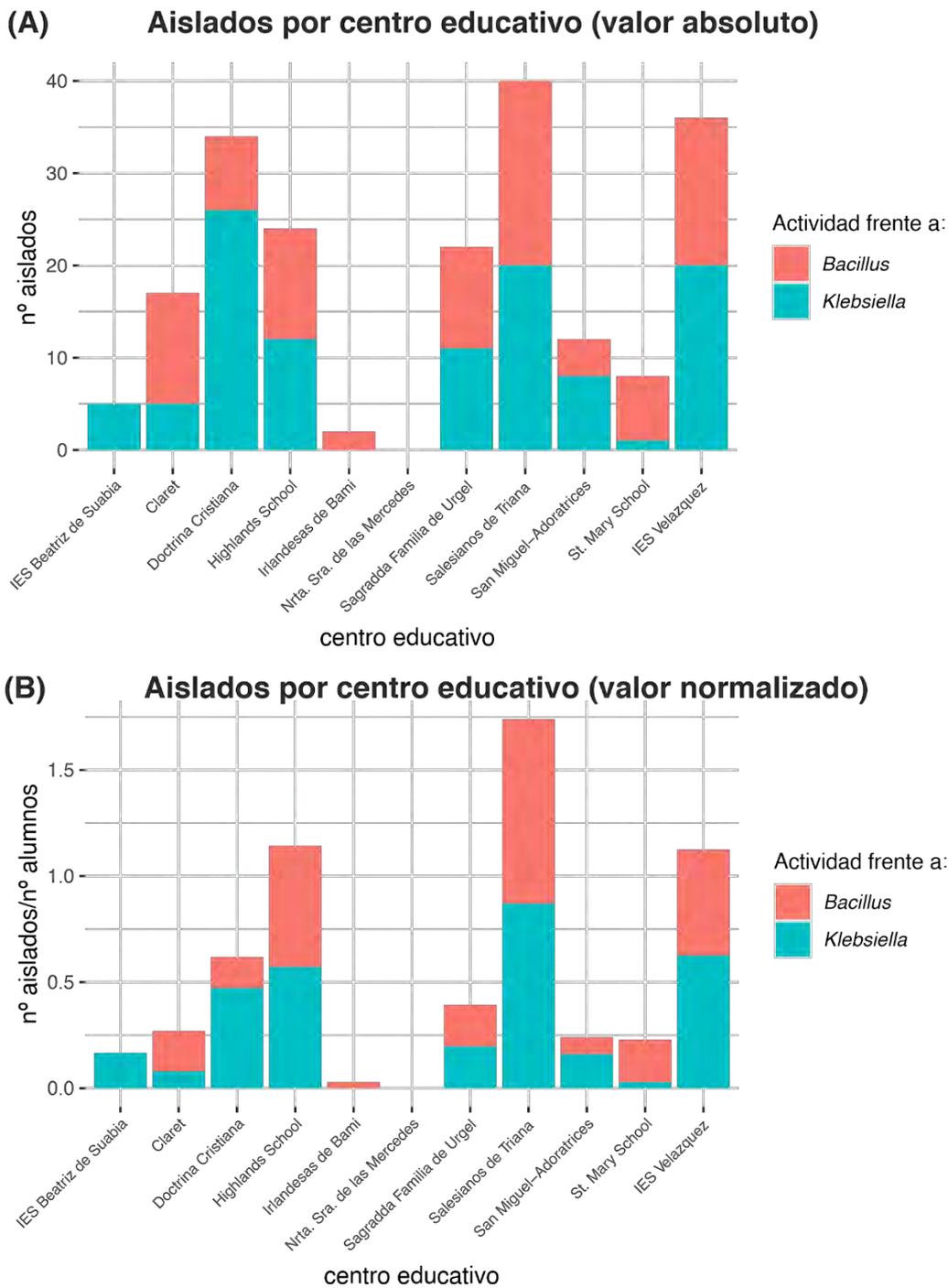


Figura 3. Comparación del número de cepas positivas aisladas en el proyecto MicroMundo@Sevilla 2022/2023 según el centro de enseñanza. El número de aislados positivos se muestra en valores absolutos (A) y en valores normalizados en función del número de alumnos participantes (B). Se indican con diferente color las cepas con potencial actividad antimicrobiana frente a bacterias del género *Bacillus* y del género *Klebsiella*.

4. Discusión

Desde el establecimiento del nodo MicroMundo@Sevilla en el curso 2017/2018 la red se ha ido expandiendo en cada nueva edición hasta la llegada de la pandemia de SARS-CoV-2, que impidió la realización de la actividad en el curso 2021/2021. El proyecto se

retomó el curso pasado 2021/2022 aunque de forma más modesta que anteriores ocasiones, principalmente debido a la reticencia de algunos centros de enseñanza a la entrada de personal externo en sus instalaciones. En la presente edición 2022/2023 se han recuperado los niveles de participación prepandémicos, llegando al máximo histórico de realización de

la actividad en 11 centros de Educación Secundaria y Bachillerato en la ciudad de Sevilla y su provincia.

De forma similar, MicroMundo@Sevilla 2022/2023 ha contado con el mayor número registrado de profesores e investigadores colaboradores de todas las ediciones (35, contando los dos coordinadores generales del proyecto) y ha implicado por primera vez a tres centros diferentes de la Universidad de Sevilla: la Facultad de Farmacia, la Facultad de Biología y la Facultad de Medicina. En cambio, la participación de estudiantes universitarios no ha vuelto a alcanzar los datos anteriores a la pandemia, con solo 15 inscritos. Por tanto, debe llevarse a cabo una profunda reflexión para saber como incentivar a los alumnos de Grado a colaborar como voluntarios en futuras convocatorias de esta iniciativa.

Las visitas a los centros de enseñanza se han desarrollado sin incidencias. Las cinco sesiones realizadas parecen suficientes para cumplir con los objetivos del proyecto de concienciar sobre el uso adecuado de antibióticos, promover vocaciones científicas y contribuir al descubrimiento de nuevos antimicrobianos. Aunque algunos alumnos manifestaron querer alargar su participación en MicroMundo@Sevilla, aumentar el número o la duración de las sesiones no es factible, dado que los centros educativos deben garantizar la impartición del temario completo de las materias. Por tanto, de cara a futuras ediciones del proyecto la intención es mantener el mismo esquema de visitas. Quedan pendientes por realizar algunas sesiones adicionales para identificar a nivel de género y especie las cepas positivas aisladas. Estas se realizarán fuera del horario escolar cuando se aproxime el final de curso para no interferir con las clases ni con los exámenes.

En lo que respecta a la cantidad de microorganismos detectados con capacidad de antibiosis llama la atención la variabilidad entre centros, siendo el rango entre 0 y 40 cepas aisladas (Figura 3). Los grupos de alumnos de cursos superiores, con mayor experiencia, son los que mayor número de cepas positivas han obtenido, pero a la vez, en otros centros, alumnos de esos mismos cursos son también los que menos microorganismos de interés han

logrado. Aunque podrían atribuirse estas variaciones a las diferencias de nivel formativo entre los centros o a la actuación desempeñada por los profesores e investigadores responsables de cada grupo, lo más probable es que se deban al azar. En cualquier caso, lo que no deja lugar a dudas es que las muestras de suelos han demostrado ser una buena fuente de microorganismos con actividad antibiótica. No obstante, todos los aislados han mostrado inhibición del crecimiento de cepas del género *Bacillus* o del género *Klebsiella*. Por tanto, en ediciones venideras del proyecto debería potenciarse la búsqueda de antibiosis frente a otros géneros bacterianos, a ser posible los géneros a los que pertenecen los microorganismos "ESKAPE".

Por falta de tiempo y de planificación no se han podido realizar encuestas de opinión a los participantes de MicroMundo@Sevilla 2022/2023. Estos datos son muy relevantes para conocer el grado de satisfacción de estudiantes pre-universitarios, centros educativos y equipo docente de la Universidad con la actividad realizada, así como para llevar a cabo propuestas de mejora. Por tanto, se tratará que futuras ediciones del proyecto contemplen esta dimensión.

El alcance de MicroMundo va más allá de los alumnos que realizan la actividad y sus familiares y amigos a los que le puedan contar la experiencia. Tanto la iniciativa nacional MicroMundo como la rama local MicroMundo@Sevilla están presentes en las redes sociales Facebook (<https://es-la.facebook.com/groups/SWISpain>) e Instagram (@micromundo_sevilla), con publicaciones frecuentes y seguimiento por un importante número de usuarios. Los propios centros educativos también han difundido este proyecto en sus propias páginas web y redes sociales, llegado así a muchas personas de diferentes ámbitos.

5. Conclusiones

Tras la pandemia vírica que mermó la repercusión del proyecto MicroMundo en toda España, incluyendo Sevilla, en esta edición se han recobrado e incluso superado los niveles divulgativos pre-pandémicos, con una gran aceptación por los centros

de enseñanza y entusiasmo por parte de los profesores e investigadores de la Universidad de Sevilla. Sin embargo, se ha detectado menor implicación de la esperada por parte de los alumnos universitarios, aspecto que se debe corregirse en futuras ediciones.

La cantidad de aislados con actividad antimicrobiana positiva demuestra la utilidad de MicroMundo no solo para concienciar a la población, sino también como medio para descubrir nuevas cepas con potenciales propiedades antibióticas de utilidad clínica. En este sentido, los suelos constituyen una excelente fuente de recursos microbianos aún por explorar.

Es nuestra intención poder seguir repitiendo esta experiencia y ampliar la red MicroMundo@Sevilla en cursos posteriores, ya que es urgente que la sociedad sea consciente de este gran problema de resistencias y escasez de antimicrobianos que nos acecha. Si no tomamos

medidas los antibióticos van a dejar de curar y eso sí que nos avocará a una terrible pandemia.

Agradecimientos

La edición actual del proyecto MicroMundo@Sevilla no podría haberse llevado a cabo sin el apoyo del Vicerrectorado de Investigación de la Universidad de Sevilla (VII Plan Propio de Investigación y Transferencia, acción IV.2. Ayudas para Actividades de Divulgación Científica – Anualidad 2023) y de la Facultad de Farmacia, que han financiado los costes de ejecución del proyecto. Por ello, los autores quieren agradecer explícitamente su contribución e implicación.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias bibliográficas

1. Fleming A. On the antibacterial action of cultures of a penicillium, with special reference to their use in the isolation of *B. influenzae*. Br J Exp Pathol. 1929;10(3):226–36.
2. Lucio CG. Un nuevo y potente antibiótico. EL MUNDO. 7 enero 2015. Disponible en: <https://www.elmundo.es/salud/2015/01/07/54ad7acde2704e1d418b456d.html>
3. Silver LL. Challenges of antibacterial discovery. Clin Microbiol Rev. 2011;24(1):71–109. doi: 10.1128/CMR.00030-10.
4. Chahine EB, Dougherty JA, Thornby KA, Guirguis EH. Antibiotic approvals in the last decade: are we keeping up with resistance? Ann Pharmacother. 2022;56(4):441–62. doi: 10.1177/10600280211031390.
5. McKenna M. The antibiotic Gamble. Nature. 2020;584:338–41. doi: 10.1038/d41586-020-02418-x.
6. Silver L. Challenges in overcoming antibiotic resistance. En: Friedman D, Alper J, ponentes. Technological challenges in antibiotic discovery and development: a workshop summary. Washington, DC: The National Academies Press; 2014. p. 7–12. doi: 10.17226/18616.
7. World Health Organization. Antimicrobial resistance [Internet]. Noviembre 2021 [consultado 25 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance>.

8. EClinicalMedicine. Antimicrobial resistance: a top ten global public health threat. EClinicalMedicine. 2021;41:101221. doi: 10.1016/j.eclinm.2021.101221.
9. O'Neill J. Tackling drug-resistant infections globally: final report and recommendations. Review on Antimicrobial Resistance. Londres: Gobierno del Reino Unido; 2016. 84 p.
10. WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2020 [consultado 26 mayo 2023]. Disponible en: <https://covid19.who.int>.
11. Kenny ME, Gallagher LA. Service-Learning: a history of systems. En: Kenny ME, Simon LAK, Kiley-Brabeck K, Lerner RM, editores. Learning to serve: promoting civil society through service learning. Boston, MA: Springer; 2002. p. 15-29. doi: 10.1007/978-1-4615-0885-4_2
12. Sánchez-Porro C, de la Haba RR, Ventosa A. Apuesta del Departamento de Microbiología y Parasitología de la Universidad de Sevilla por la Innovación Docente y la Difusión en Microbiología. SEM@foro. 2020;69:30-1.
13. Mulani MS, Kamble EE, Kumkar SN, Tawre MS, Pardesi KR. Emerging strategies to combat ESKAPE pathogens in the era of antimicrobial resistance: a review. Front Microbiol. 2019;10:539. doi: 10.3389/fmicb.2019.00539.
14. TinyEarth [Intenet]. Madison: The Board of Regents of the University of Wisconsin System, University of Wisconsin–Madison; 2023 [consultado 25 mayo 2023]. Disponible en: <https://tinyearth.wisc.edu>.

Este trabajo debe ser citado como:

Sánchez-Porro C, de la Haba RR. MicroMundo@Sevilla: ¿resistiremos a la próxima pandemia? Rev Esp Cien Farm. 2023;4(1):175-184.