

Serendipia en el laboratorio de educación secundaria. La antibiosis

José Pedro López Pérez¹, Raquel Boronat Gil²

¹IES Ricardo Ortega, 30320 Fuente Álamo. Murcia. España y Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Facultad de Educación. Universidad de Murcia. Campus de Espinardo. 30100 Murcia. España. josepedro.lopez@murciaeduca.es

²IES Antonio Menárguez Costa, 30710 Los Alcázares. Murcia. España. raquel.boronat@murciaeduca.es

[Recibido en enero de 2014, aceptado en mayo de 2014]

Las moléculas con actividad antimicrobiana, en especial los antibióticos, son objeto de estudio en la Educación Secundaria Obligatoria. En esta actividad práctica se pone de manifiesto un hecho de serendipia, en cuanto a la observación de la actividad antibiótica por parte de bacterias sobre hongos en un muestreo de colonias de microorganismos heterótrofos, así como su repercusión y discusión en la enseñanza de las ciencias.

Palabras clave: Serendipia; Antimicrobiano; Antibiosis; Antibiótico; Fleming; Laboratorio de Educación Secundaria.

Serendipity in compulsory secondary education laboratory. Antibiosis

Molecules with antimicrobial activity, especially antibiotics, are studied in Compulsory Secondary Education. In this practical activity we show an act of serendipity, through the observation of antibiotic activity by bacteria on fungi in a sampling of heterotrophic microorganism colonies, as well as its impact and discussion on the teaching of science.

Keywords: Serendipity; Antimicrobial; Antibiosis; Antibiotic; Fleming; Compulsory Secondary Education Laboratory.

Introducción y justificación del trabajo

El término serendipia, si bien no viene recogido en el diccionario de la Real Academia Española de la Lengua (RAE 2014), aunque sí lo hace el sinónimo «chiripa», es justificado por Roberts (2010) como «la facultad de hacer descubrimientos afortunados e inesperados por accidente». Según nos introduce este autor en el libro que lleva el mismo nombre que el título de esta comunicación, la palabra serendipia fue acuñada por Horacio Walpole (IV Conde de Oxford, siglo XVIII) tras la lectura del cuento *Los tres príncipes de Serendip*, donde sus protagonistas siempre llevaban a cabo experiencias con hallazgos impresionantes de modo accidental y partiendo de situaciones, a priori, que no se habían planteado. No extraña este término cuando los descubrimientos científicos mediante serendipia han sido cuantiosos y de suma importancia para la sociedad en la que vivimos hoy día; si bien no todos los experimentos funcionan desde el primer momento. De este modo, la vacunación de E. Jenner (siglo XVIII) para combatir la viruela, el descubrimiento del oxígeno (J. Priestley y C. Scheele, siglo XVIII), la síntesis de la urea (F. Wöhler, siglo XIX) o el hallazgo del analgésico aspirina (F. Hoffmann, siglo XIX), son claros ejemplos de accidentes afortunados en la ciencia (Roberts 2010).

El uso del antibiótico penicilina en nuestros días se debe a otro hecho de serendipia llevado a cabo por A. Fleming. Mientras trabajaba con cultivos puros de la bacteria *Staphylococcus aureus*, se dio cuenta que una de las placas de Petri se había contaminado con un hongo. Lo sorprendente para este investigador fue que, en la zona de confluencia donde se desarrollaba el micelio y la esporada fúngica, la bacteria había desaparecido (Fleming 1929). La explicación que dio a este hecho radicaba en que el hongo liberaba alguna sustancia que impedía el desarrollo o provocaba la muerte de la bacteria con la que estaba trabajando. Después de analizar el hongo imperfecto bajo el microscopio, el cultivo fúngico se definió perteneciente al

género *Penicillium* (*P. notatum*) y el compuesto que secretaba se denominó penicilina (Camacho 2008).

En el laboratorio de Educación Secundaria, rara vez puede darse algún descubrimiento de esta índole científica, consecuencia de la rudimentaria tecnología y el escaso material que se dispone. No obstante, como muy bien nos indica el término que estamos analizando, podemos hallar valiosos y afortunados resultados como los que se dan a conocer en esta comunicación.

Descripción de la actividad. Metodología

El reino Moneras lo forman seres vivos de constitución celular procariota (su material genético no se rodea por una membrana). En la actualidad, estos microorganismos se engloban en los dominios Bacteria y Archaea (Madigan *et al.* 2004). Con el objetivo de poner de manifiesto la observación directa de la microbiota presente en las manos de los alumnos de primer curso de Educación Secundaria Obligatoria, como complemento a la enseñanza de las características del reino Moneras, se procedió con la metodología descrita por López (2009) en esta revista, en cuanto a la preparación del medio de cultivo para bacterias. Tras disponer de tres placas de Petri con el medio de cultivo sólido, se dividió la clase de 30 alumnos en dos grupos (A y B). Ambos grupos dispondrían las yemas de la superficie de los dedos de una mano, elegida al azar, sobre una de las placas que se les suministraba. Para la inoculación de la última placa de Petri se eligió a una alumna del grupo que disponía de uñas largas (hincándolas en el agar), con el objetivo de comprobar el variado mundo microbiano que puede aislarse de las mismas si la higiene no es del todo correcta y diaria. Las placas de Petri se incubaron a 37 °C durante 48 horas.

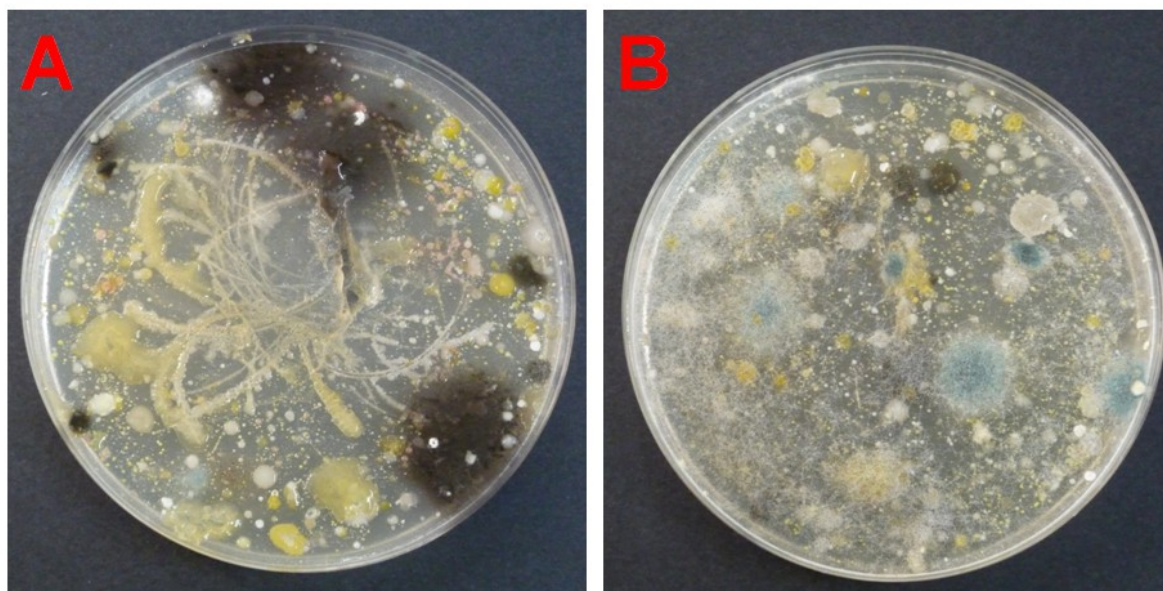


Figura 1. Colonias de microorganismos viables heterótrofos en medio de cultivo sólido procedentes de la superficie de las manos de los alumnos. Se aprecian colonias bacterianas de coloración amarilla (probablemente *Micrococcus* y *Staphylococcus* sp) y masas fúngicas con esporada negra (probablemente *Alternaria* sp) y azul verdosa (probablemente *Penicillium* sp). Incubación 48 horas, 37° C. (A) y (B) Grupo A y B de alumnos.

Para la observación de las bacterias formadoras de colonias se llevó a cabo un frotis de una masa de microorganismos sobre un portaobjetos, fijándolas a la llama y tiñéndolas con una solución de azul de metileno al 1 %, durante 30 segundos. Tras el lavado con abundante agua del grifo, se llevó a cabo su observación bajo el microscopio óptico (Optika B290) y objetivo

100x de inmersión en aceite. Las imágenes de los cultivos microbianos se obtuvieron mediante una cámara digital (Scope) y posterior tratamiento con el software informático adjunto a la misma (Scope-Photo).

Resultados y discusión

La figura 1 muestra el resultado de la incubación de las dos placas del cultivo que portan la microbiota procedente de las manos de los alumnos. Destaca la variedad de colorido de las colonias bacterianas sobre las que salpican algunos micelios portadores de esporada fúngica. Este hecho es muy didáctico para el alumnado y da suficiente juego al docente para profundizar en los aspectos más cotidianos de la higiene personal diaria, así como la repercusión del mundo microbiano como el principal responsable de enfermedades infecciosas en el ser humano y los mecanismos de transmisión directa de la enfermedad. López (2009) describe algunas de las características más sobresalientes de los géneros bacterianos dominantes que se desarrollan sobre las manos.

No obstante, la gran sorpresa de esta experiencia se muestra en la figura 2. Esta recoge el resultado de la incubación de la placa de cultivo que porta la microbiota presente en las uñas de una discente. De la simple observación del mundo microbiano recogido sobre el medio de cultivo sólido, destaca la presencia de una colonia bacteriana que determina una morfología peculiar, en media luna, en una masa algodonosa fúngica. ¿A qué puede deberse este hecho? Al igual que le ocurrió a A. Fleming en su observación sobre la actividad del hongo *Penicillium* sobre un cultivo de *S. aureus*, la bacteria de nuestra experiencia libera al medio una sustancia que no permite el acercamiento del hongo, como respuesta a unas necesidades de espacio y disponibilidad de nutrientes para su desarrollo. El hongo irá colonizando la superficie y, en respuesta a la presencia del compuesto antimicrobiano producido por la bacteria, describirá un halo de inhibición.

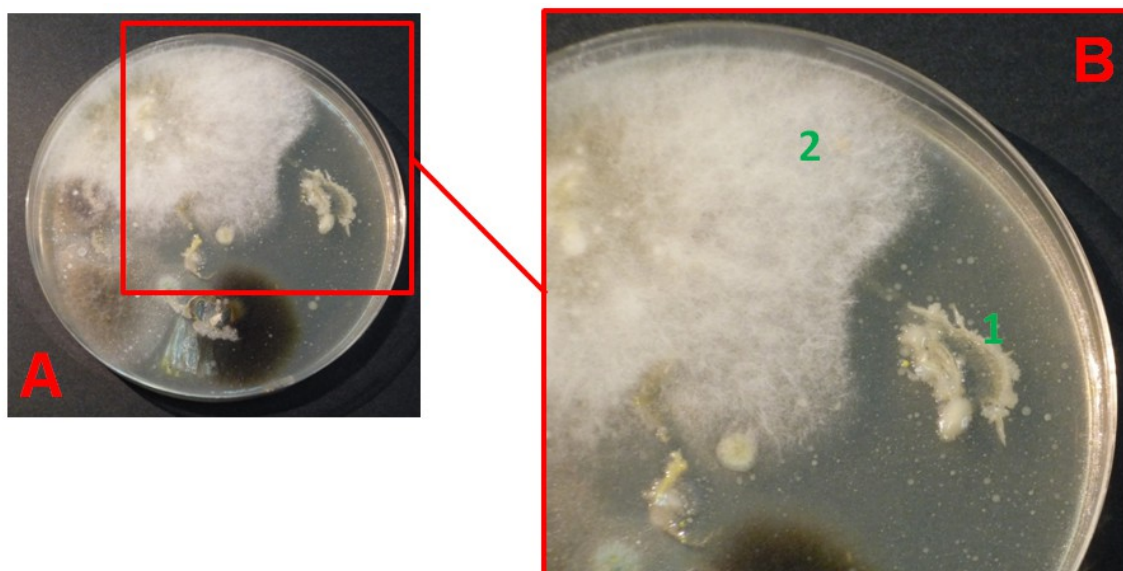


Figura 2. (A) Colonias de microorganismos viables heterótrofos sobre medio de cultivo sólido procedente de la superficie de las uñas de una mano de un discente. (B) Detalle donde se aprecia la acción antimicrobiana de la bacteria (1) sobre la masa algodonosa fúngica (2). La perturbación en la morfología de la colonia fúngica es indicativo de la liberación de compuestos de acción antibiótica que impiden el correcto desarrollo microbiano. El hongo describirá un crecimiento alrededor de la colonia bacteriana, dejando en todo momento un halo de inhibición.

La observación de la colonia bacteriana bajo el microscopio óptico se muestra en la figura 3. Se destaca la morfología bacilar del microorganismo, con presencia de espora interna (endospora) como estructura de resistencia, siendo estas características muy próximas a las descritas para el género *Bacillus*. Para este grupo microbiano se ha definido la capacidad de sintetizar compuestos peptídicos de naturaleza antimicrobiana para bacterias y hongos (López 2007, Bodanszky y Perlman 1964, Katz y Demain 1977).

¿Cómo se ha llevado a cabo esta experiencia?

Con el objetivo final de profundizar, en la medida de lo posible, los contenidos teóricos que abarca la materia de Ciencias de la Naturaleza para primer curso de Educación Secundaria Obligatoria, la visita al laboratorio y el empleo de materiales rutinarios pueden ser una herramienta muy útil para el docente, con la meta de que el alumnado pueda concebir la experiencia que se presenta como una ilustración empírica de los conocimientos teóricos aportados en el aula (Boronat y López 2014).

La actividad práctica se preparó en dos sesiones. En una primera sesión, antes del comienzo del análisis de contenidos del tema, el docente mostró las placas de Petri que portaban el medio de cultivo sólido, recordando a los alumnos la necesidad de suministrar nutrientes orgánicos para el correcto desarrollo de los microorganismos heterótrofos. Los seres vivos heterótrofos son aquellos que se alimentan de sustancias orgánicas que encuentran en el medio donde habitan. Por el contrario, los autótrofos son capaces de fabricar su propia materia orgánica a partir de sustancias inorgánicas (dióxido de carbono y agua), aceptando una fuente energética externa (luz solar o la procedente de reacciones químicas). Tras la definición de heterotrofia y sus diferencias con la nutrición autótrofa, los discentes inocularon las placas de Petri con la hipotética microbiota presente en la superficie de sus manos y uñas, se incubaron a temperatura ambiente, durante 8 días.

Transcurrido este período de tiempo, los alumnos volvieron al laboratorio para comprobar el crecimiento de las bacterias y hongos, a modo de colonias microbianas como manifestación macroscópica. En ese momento el docente debe acentuar la idea de que una masa de microorganismos formadores de una colonia puede estar formada por billones (10^{12}) de éstos (consecuencia directa de reproducción asexual mediante sucesivas divisiones celulares). Junto a estos detalles, el docente llamó la atención de los alumnos cuando les preguntó qué pensaban ellos que estaba ocurriendo en la zona conflictiva entre la colonia de bacteria (posible productora de compuesto/s antimicrobiano/s) y la masa algodonosa fúngica (figura 2B).

Tras discutir lo que estaba ocurriendo, el docente introdujo el concepto de antibiótico: «sustancias químicas de naturaleza microbiana que, a bajas concentraciones, matan o inhiben el crecimiento de otros microorganismos». Del mismo modo, preguntó a los alumnos el conocimiento de algunos compuestos con naturaleza antimicrobiana, intentando esclarecer el descubrimiento de la penicilina. Tras discutir las ideas del alumnado, se comentó la base histórica de la penicilina, argumentando la serendipia del descubrimiento por A. Fleming (1929).

Para finalizar, un hecho muy importante que pasa al olvido de los discentes es la relación interespecífica que se genera en una antibiosis, así como el aprovechamiento de los compuestos liberados por algunos microorganismos por parte del ser humano. La antibiosis es un caso particular de amensalismo o interacción entre individuos de especies diferentes, en la que una de ellas afecta desfavorablemente a otra, pero en la que esta última no ejerce ningún efecto, malo o bueno, sobre la primera (Begon *et al.* 1995, p. 255). Existe la arraigada afirmación antropocéntrica entre el alumnado, como la mayoría de las ideas preconcebidas,

que los antibióticos son compuestos puramente artificiales. Tras la experiencia que describimos, el discente empieza a comprender que son producidos por seres vivos para, posteriormente, sintetizarlos en los laboratorios, alejando la creencia de que esta acción de síntesis biológica la llevan a cabo para beneficiar al ser humano. Es obvio pensar que la bacteria o el hongo productor no sintetizan compuestos antimicrobianos para ayudarnos; si bien lo hacen con un objetivo puramente ecológico, permitiendo su subsistencia, ganando espacio y nutrientes a los competidores más cercanos (Katz y Demain 1977). También se ha descrito que algunos antibióticos actúan como señales de comunicación intraespecíficas, informando a miembros de la misma especie que las condiciones ambientales no son las favorables para el correcto desarrollo (El-Halfawy y Valvano 2013).

La evaluación de la actividad práctica no se ha llevado a cabo con el rigor científico que debiera, siendo el único interés y preocupación por parte del equipo de docentes que su alumnado conozca la ciencia en un Instituto de Educación Secundaria como algo más que conceptos e ideales teóricos, abriéndoles una nueva forma de comprensión y entendimiento de una materia.

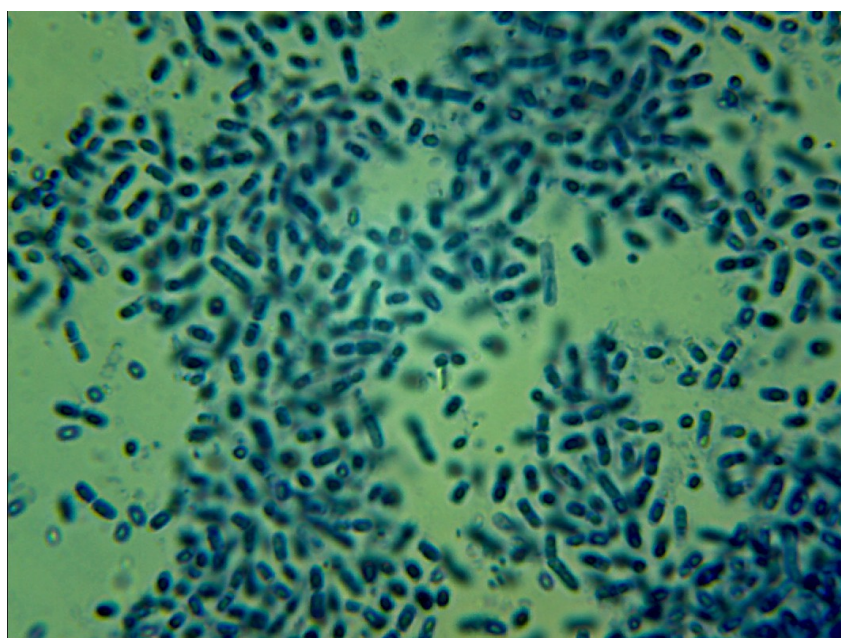


Figura 3. Imagen al microscopio de campo claro de una tinción con azul de metileno de la colonia bacteriana productora de compuestos antimicrobianos. Puede comprobarse en algunos somas bacterianos la presencia de endosporas refringentes.

Materiales y aspectos a considerar

Finalizada la experiencia y como medida básica de higiene, es aconsejable el lavado de las manos con abundante agua y jabón. El material de trabajo deberá dejarse unas horas en agua con hipoclorito de sodio, previo a su fregado escrupuloso.

Agradecimientos

Los autores quieren expresar su más sincero agradecimiento a todos los alumnos de 1º y 4º curso de Educación Secundaria del IES Ricardo Ortega de Fuente Álamo, Murcia (curso 2013-2014), por el interesante trabajo realizado y las imágenes presentadas en esta actividad.

Referencias

- Begon M., Harper J., Townsend C. (1995) *Ecología. Individuos, poblaciones y comunidades*. Barcelona. Editorial Omega.
- Bodanszky M., Perlman D. (1964) Are peptide antibiotics small proteins? *Nature* 204, 840-844.
- Boronat R., López, J.P. (2014) Estudio de la transmisión de la infección del VIH en el laboratorio de Educación Secundaria. *Revista Eureka de Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 11(1), 94-99.
- Camacho J. (2008) *La prodigiosa penicilina. Fleming*, 2ª ed. Madrid. Editorial Nivola.
- El-Halfawy O. M., Valvano M. A. (2013) Chemical Communication of Antibiotic Resistance by a Highly Resistant Subpopulation of Bacterial Cells. *PLoS ONE* 8(7), e68874.
- Fleming A. (1929) On the antibacterial action of cultures of a *Penicillium*, with special reference to their use in the isolation of *B. influenzae*. *British Journal of Experimental Pathology* 10, 226-236.
- Katz E., Demain A. L. (1977) The peptides antibiotics of *Bacillus*: chemistry, biogenesis and possible functions. *Bacteriology Reviews* 41, 449-474.
- RAE. (2014) *Diccionario de la Lengua Española*.
- Roberts R. M. (2010) *Serendipia. Descubrimientos accidentales en la ciencia*. Madrid. Alianza Editorial.
- López J. P. (2007) *Microbiología de la producción de ocratoxina en uvas para vinificación y pimentón: Biología de los hongos responsables y microbiota asociada*. Tesis doctoral. Universidad de Murcia. Inédito.
- López J. P. (2009) Microbiología básica en la Educación Secundaria Obligatoria: el lavado de las manos. *Revista Eureka de Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 6(2), 319-324.
- Madigan M., Martinko J., Parker J. (2004) *Brock. Biología de los microorganismos*, 10ª ed. Madrid. Editorial Pearson-Prentice-Hall.