

¿De dónde procede el alcohol de mi cerveza? El estudio de la Microbiología en la formación inicial de maestras y maestros de Educación Primaria

Rico, A., Díez, J.R.

Departamento de Didáctica de la Matemática y de las Ciencias Experimentales. Escuela Universitaria de Magisterio de Vitoria-Gasteiz. Universidad del País Vasco UPV-EHU.
arantza.rico@ehu.es

RESUMEN

En este trabajo se presenta el diseño y evaluación de unas prácticas de microbiología llevadas a cabo en el grado de Educación Primaria durante dos cursos académicos. Se examinaron las ideas del alumnado y los resultados de aprendizaje en aspectos relacionados con la microbiología y, en particular, con el cambio químico que tiene lugar durante el proceso de fermentación. Las prácticas se presentaron como un pequeño proyecto donde las y los estudiantes llevaron a cabo experimentos sencillos que les permitieron comprender el proceso de la fermentación y produjeron colectivamente su propia cerveza. Así mismo, el alumnado se familiarizó con el uso de lupas binoculares y microscopios donde examinaron levaduras y otros hongos. Cabe destacar que el uso de metodologías activas y la facilidad para extrapolar al aula de Primaria los conceptos y técnicas empleados fue valorado positivamente por el alumnado.

Palabras clave

Saccharomyces cerevisiae, fermentación, levaduras, microorganismos, formación inicial de maestras y maestros de Primaria

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presentan unas prácticas de microbiología dirigidas al alumnado del grado de Educación Primaria, así como la evaluación pre- y post-implementación de las ideas y conceptos que se trataron en dichas prácticas. Las prácticas se han realizado durante dos años académicos consecutivos y consisten en el estudio del proceso de fermentación a través de una actividad aplicable al contexto escolar, el examen de hongos al microscopio y la elaboración de cerveza. Así mismo las prácticas sirven para aprender sobre taxonomía y para ampliar sus conocimientos sobre la nutrición de los microorganismos. Habitualmente la enseñanza de microbiología no suele tratarse en cursos generales sobre ciencias experimentales por diversas razones, tales como limitaciones del programa, o falta de formación en el profesorado (Jones, 2011). A esto hay que sumar que tanto maestros en formación inicial como en activo presentan lagunas y concepciones erróneas, como por ejemplo relacionar el tamaño microscópico de los microorganismos con una simplicidad metabólica (Hilge, 2001). Un estudio indicó que lagunas y concepciones alternativas de este tipo suelen abundar más en educadores de niveles educativos básicos, los cuales se centran el rol de los microorganismos como agentes infecciosos reforzando la imagen negativa de éstos (Jones & Rua, 2006).

De hecho, el estudio de los microorganismos en la formación de futuras maestras y maestros de Educación Primaria ofrece un sorprendente espectro de actividades interdisciplinares que ayudan a ampliar el conocimiento científico del alumnado, así como comprender aspectos relacionados con la

naturaleza de la ciencia, como es el método científico (McLelland, 2006). Por tanto el aprendizaje de microbiología puede ayudar al alumnado a establecer conexiones con otras disciplinas, como la química, las ciencias de la salud o la taxonomía (Izquierdo, 2012). Así, según la Association for Science Education (Harlen, 2010), de entre las 14 grandes ideas de y sobre ciencia que los estudiantes deben adquirir durante la enseñanza obligatoria, al menos 4 están directamente relacionadas con el ser vivo y pueden ser abordadas desde la microbiología (Cuadro 1).

7. Los organismos vivos están organizados como conjuntos de células.
8. Los organismos vivos requieren un aporte de energía y materias por los cuales, a menudo, deben competir con otros organismos.
13. El conocimiento producido por la ciencia es usado por diversas tecnologías para crear objetos o productos que sirvan al ser humano.
14. Las aplicaciones de la ciencia a menudo tienen implicaciones éticas, sociales económicas y políticas que deben ser tenidas en consideración.

Cuadro 1. Selección de grandes ideas de y sobre la ciencia que es necesario enseñar durante la enseñanza obligatoria (Harlen, 2010).

Cabe destacar que la Asociación Americana de Microbiología (ASM) ha publicado recientemente un documento de trabajo en el que se proponen guías curriculares en cursos introductorios de microbiología (Merkel, 2012). Estos principios podrían ser aplicables a nuestros sujetos de enseñanza, las y los futuros maestros de Primaria, que deben tener unos conocimientos mínimos y sólidos sobre biología en general y microbiología en particular, tanto en lo que respecta a conceptos como a procedimientos. En el Cuadro 2 se resumen las líneas más relevantes y que son concordantes con los diseños curriculares de nuestra comunidad autónoma (D 175/2007, BOPV, de 16 de octubre).

CONCEPTOS

Estructura celular y función

- La estructura y función de los microorganismos se conoce gracias al uso del microscopio (óptico, de contraste de fases, fluorescente y electrónico).
- Aunque los eucariontes microscópicos (hongos, protozoos y algas) tienen funciones similares a las bacterias, muchas de sus propiedades celulares son fundamentalmente distintas.

Rutas metabólicas

- La supervivencia y crecimiento de cualquier microorganismo en un ambiente dado depende de sus características metabólicas.

Sistemas microbianos

- Los microorganismos son ubicuitarios y viven en ecosistemas diversos y dinámicos
- Los microorganismos interactúan con su ambiente y lo modifican y viceversa.
- Los microorganismos, celulares y virales, pueden interactuar con hospedadores humanos y no humanos de modo beneficioso, neutral o perjudicial.

Impacto de los microorganismos

- Los microbios son esenciales para la vida tal y como la conocemos y para los procesos que la condicionan (por ej. en ciclos biogeoquímicos, o en la microflora vegetal o animal)
- Las personas utilizan y aprovechan los microorganismos y sus productos.
- Debido a que la diversidad de la vida microbiana es prácticamente desconocida, sus efectos

y potenciales beneficios no han sido totalmente explorados.

PROCEDIMIENTOS

- Utilizar el método científico
- Usar el razonamiento matemático y el uso de gráficos para resolver problemas de microbiología.
- Preparar y ver especímenes bajo el microscopio óptico y a poder ser en el de contraste de fases
- Usar material y métodos de microbiología apropiados
- Conocer los procedimientos seguros para manejar microorganismos.

Cuadro 2. *Conceptos y procedimientos extraídos de la guía curricular para la introducción a la microbiología en niveles universitarios (Merkel, 2012).*

Además de enseñar sobre microbiología, nos interesaba realizar un proyecto colaborativo, en el que los estudiantes producen una bebida fermentada de modo que estimulamos y motivamos al alumnado a comprender los conceptos científicos que se esconden tras ese proceso, a la vez que lo relacionan con procesos de la vida cotidiana (Krasner, 2009; National Research Council, 2007). Con respecto a nuestro contexto de investigación, los conceptos y procedimientos que se trabajan en estas prácticas deberían ser útiles en la práctica profesional de nuestro alumnado, transponiendo los conceptos y procedimientos aprendidos a actividades adecuadas para el aula de primaria. En el caso de la fermentación, esta transposición es fácilmente aplicable y se tuvo en cuenta en el diseño de la práctica (Izquierdo, 2012).

Objetivos del estudio

- Diseñar y aplicar unas prácticas de laboratorio (2-3 sesiones) para la introducción a la microbiología.
- Identificar el conocimiento científico previo sobre microbiología (ver cuadro 4) en estudiantes del grado de Educación Primaria y evaluar la adquisición de los resultados de aprendizaje
- Evaluar si el sistema basado en metodologías activas y experimentales contribuye a ampliar el conocimiento científico de las y los estudiantes a la vez que se apropian de otros aspectos relacionados con la naturaleza de la ciencia.
- Medir la satisfacción del alumnado y la percepción de utilidad para la práctica profesional de las prácticas de microbiología.

DISEÑO EXPERIMENTAL Y METODOLOGÍA

Diseño de las sesiones de prácticas

Las prácticas consistieron en cuatro sesiones de laboratorio, las dos primeras tuvieron una duración de 2 horas, mientras que las dos últimas 30 minutos cada una, por lo tanto fueron 5 horas en total. En el año 2012-2013 participaron un total de 101 estudiantes. En cada sesión de laboratorio había entre 20 y 30 estudiantes, que se organizaron en grupos de 4-5 personas. En la Tabla 1 aparece la organización de las prácticas con las actividades implementadas en cada una de ellas.

El Cuadro 4 muestra las preguntas que se plantearon para discutir sus ideas respecto a tipos de microbios, su hábitat, tipo de interacciones, etc. Una vez rellenado el cuestionario se pusieron en común todas las ideas y se aprovechó para repasar la taxonomía de los seres vivos usando el sistema de tres dominios (Woese & Fox, 1977). La mayoría de las y los estudiantes sabían que la cerveza es

un producto fermentado, así que tras esta discusión se les pidió que rellenaran otro cuestionario KPSI (Tabla 2; El alumnado no tiene que dar una respuesta, sino asignar lo que creen que saben en cuatro categorías: 1: No sé nada sobre esta pregunta; 2: Sé algo; 3: Puedo contestar adecuadamente a la pregunta; 4: Puedo explicarle la respuesta a un amigo/a).

A continuación el alumnado realizó un experimento para observar la función de las levaduras en el cual tenían que identificar la fuente y naturaleza del gas que infla un globo conectado a una mezcla de levadura, azúcar y agua templada (Society for General Microbiology, n.d.) Así mismo los estudiantes midieron la tasa de crecimiento de una mezcla de harina, levadura y azúcar en una probeta, cambiando la cantidad de azúcar (“Carrera de Levaduras”; McNulty, n.d.). De este modo, el alumnado pudo formular una hipótesis, identificar variables, realizar medidas y discutir los resultados. En la segunda parte de esta sesión aislaron las podredumbres que trajeron de casa en placas de gelatina y azúcar (“Microbes in action,” n.d.). Tanto los experimentos de fermentación como el examen de podredumbres de alimentos son fácilmente aplicables en el entorno escolar, lo que puede ayudar al alumnado a relacionar estos conceptos con su futura práctica profesional. En la siguiente sesión se preparó la cerveza siguiendo un protocolo de elaboración basado en un kit de malta preparada (BrewMaker BB Old English, adquirido en cervezartesan.es) y se observaron a la lupa y al microscopio las estructuras de reproducción asexual de los hongos aislados.

SESIÓN 1	SESIÓN 2	SESIÓN 3	SESIÓN 4
1. Cuestionarios de detección de ideas 2. Experimento Yeast Power y Carrera de Levaduras 3. Aislar hongos de podredumbres obtenidas de alimentos (moho azul, moho del pan, etc.)	1. Puesta en común de los pasos necesarios para elaborar cerveza 2. Preparar el caldo de fermentación usando el kit BrewMaker 3. Observar los hongos crecidos en placas de gelatina en la lupa y al microscopio	3. Estimación del % de alcohol (v/v) mediante densimetría 4. Embotellamiento	5. Degustación de la cerveza
Trabajo autónomo- describir bebidas fermentadas y pasos básicos en la elaboración de la cerveza			

Tabla 1. Cronograma y descripción de actividades realizadas durante las prácticas

Cuestionario #1

1. ¿Qué es un microbio? ¿Qué tipos hay?
2. ¿Qué es un germen?
3. ¿Dónde podemos encontrar microbios?
4. Pon ejemplos de algunos microbios.
5. De entre los que has mencionado hay alguno perjudicial? ¿y beneficioso? Si no lo has mencionado antes, ¿podrías dar algún ejemplo?

Cuadro 4. Cuestionario de detección de ideas previas sobre microorganismos.

Evaluación de las prácticas

La evaluación de las ideas del alumnado se recogió junto al informe final de laboratorio que los grupos de estudiantes entregaron al finalizar las prácticas. Cada grupo de alumnos había escrito en su cuaderno de prácticas sus respuestas a las preguntas del primer cuestionario, mientras que el segundo se respondió siguiendo un formato KPSI. En el curso 2012-2013 se evaluaron los resultados de aprendizaje, examinando el contenido del informe de prácticas usando una rúbrica de

evaluación que incluía aspectos relacionados con la comunicación científica escrita así como contenido científico específico de las prácticas. También se les pidió una reflexión y valoración de las prácticas y su posible validez para hacer una transposición didáctica en el aula de Primaria. En el año 2013-2014 se pretende realizar un cuestionario pre-test individual y anónimo y otro post-test individual pero no anónimo. Además se pasará una encuesta de satisfacción (en desarrollo).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación del conocimiento científico previo en microbiología

La primera sesión introductoria mostró que, a pesar de que conocen que el término microbio está relacionado con su tamaño y la necesidad de usar microscopios para poder observarlos, el alumnado no fue capaz en general de mencionar al menos tres tipos (virus, bacterias, hongos y protistas). Algunos estudiantes eran conscientes de la controversia existente con los virus y si pueden ser considerados microbios a pesar de no ser considerados ser vivos. En la mayoría de los casos se dieron ejemplos de microorganismos perjudiciales y sólo mediante una discusión guiada consideraron otros tipos de interacciones beneficiosas para las personas.

La Tabla 2 muestra los resultados del cuestionario 2 para el año 2012-2013 donde se detectó el punto de partida del alumnado en relación a las levaduras y su modo de obtener energía. Esta evaluación muestra que, como esperábamos, el alumnado conoce ejemplos de productos fermentados y parecen poder diferenciar entre la respiración celular y la fermentación (entre un 37% y 42% creían que podían responder a estas preguntas). Sin embargo, una comparación entre estas dos preguntas y aquellas que preguntan sobre las transformaciones que ocurren durante la fermentación (Q6 y Q7), muestra que de hecho, el alumnado no puede dar una explicación completa a estos procesos (entre un 37% y 42% respondió “Sé algo”). Esto demostró la necesidad de realizar actividades experimentales para que pudieran visualizar la transformación del azúcar en alcohol y dióxido de carbono antes de comenzar a producir la cerveza.

Un experimento de fermentación para aprender sobre diseño experimental

Uno de los objetivos de la asignatura de ciencias experimentales del grado de Educación Primaria es que el alumnado sea capaz de comprender el método científico. Para ello, utilizamos el diseño experimental con control de variables, el cual además es fácilmente extrapolable a la ciencia escolar. Este diseño es esencial cuando se hacen comparaciones como la que se describe aquí, donde las y los estudiantes examinaron el efecto que tenía una mezcla con o sin azúcar en el crecimiento de una mezcla de levadura y agua. La mayor dificultad que encontraron fue el diseño sistemático de un experimento, asignar las variables correctamente (independiente, dependiente y control) y realizar un análisis crítico de los resultados. Esto quedó evidenciado al examinar el informe de prácticas donde se hallaron explicaciones confusas o incompletas sobre la función de las variables (Cuadro 5).

Reflexiones de los estudiantes sobre las prácticas y evaluación del proceso de aprendizaje

En el informe de prácticas que los grupos de alumnos entregaron, se les pidió que incluyeran una reflexión crítica sobre el proceso de aprendizaje de los conceptos y procedimientos y que valoraran la utilidad de estas prácticas para hacer una transposición didáctica al aula de Primaria. La mayoría de los informes detallaban descripciones ajustadas a los fenómenos científicos y procesos aprendidos durante las prácticas, mientras que un 20% no fue capaz de describir los resultados apropiadamente o extraer conclusiones de manera adecuada. Con respecto a las opiniones personales del alumnado, es interesante destacar que un 40% de los grupos valoraron positivamente las prácticas como un modo útil de aprender conceptos complejos y teóricos y las consideraron

motivadoras y contextualizadas. A pesar de utilizar procedimientos y materiales de laboratorio (control de variables, uso de microscopios, etc.), sólo un 20% reconoció que aprendieron ciencia haciendo ciencia. Por otro lado, un 30% de los grupos expresaron que los conceptos de fermentación y cambio químico eran muy complejos y que necesitaban más sesiones teóricas, y la mayoría expresó que les gustaría hacer más sesiones (tanto prácticas como teóricas) para realizar las conexiones apropiadas entre conceptos. En el cuadro 6 se muestran algunas de estas opiniones.

Pregunta	Categorías (%)			
	1	2	3	4
Q1-Si las bacterias y las levaduras son unicelulares, ¿en qué se diferencian?	26	63	5	5
Q2-Si las levaduras y los hongos pertenecen al reino Fungi, ¿en qué se diferencian?	42	26	32	
Q3-¿De dónde consiguen los animales su energía? ¿Conoces la reacción química que ocurre en nuestras células para obtener energía?	16	37	37	11
Q4-¿Conoces la reacción química de la fermentación? De dónde obtienen las levaduras su energía?	21	37	42	
Q5- Las levaduras se encargan de fermentar productos. Da 3 ejemplos de productos fermentados	11	26	47	16
Q6-¿Sabes porqué el yogur es ácido?	21	37	37	5
Q7-¿Por qué el vino tiene alcohol?	5	42	32	21

Tabla 2. Evaluación del punto de partida del alumnado al preguntarles sobre las levaduras y la fermentación

“La variable independiente es el azúcar, porque los otros materiales no tienen un efecto; la variable dependiente es el volumen, que es lo que cambia, y los controles son la temperatura y el tiempo, porque medimos los cambios a través de ellos. Estos dos últimos eran los mismos en ambas condiciones”

“Las variables independientes son: azúcar, levadura y harina. La variable dependiente es qué probeta (A o B) crecerá más. Las variables control son: agua templada y la temperatura”.

Cuadro 5. Descripción de variables en el experimento “Carrera de Levaduras”. El primer extracto se ajusta a un diseño experimental correcto. El segundo no acierta a clasificar las variables correctamente.

Algo que desconocíamos era el concepto de levadura (...), que creíamos que era una sustancia y no un organismo unicelular (hongo microscópico).

Hacer experimentos te permite seguir el proceso *in situ* y relacionarlo con la vida cotidiana.

Creemos que hemos aprendido mucho en las prácticas de laboratorio, sobre todo con respecto al uso de materiales, como el microscopio, probetas, balanzas... Con respecto al concepto de fermentación y las levaduras, a pesar de conocer su papel en la vida cotidiana, fue difícil abordarlo desde un punto de vista científico, como cuando usamos el microscopio, aunque a través de las prácticas nuestra comprensión aumentó.

Cuadro 6. Extractos de las opiniones de los estudiantes sobre las prácticas.

CONCLUSIONES

La razón principal de diseñar y evaluar estas prácticas se debe a la necesidad de conocer el punto de partida en conceptos relacionados con la microbiología del alumnado del grado de Educación Primaria y aportarles herramientas para abordar su estudio en conexión con la vida cotidiana. Observamos que, aunque el alumnado tiene un conocimiento básico de lo que es un producto fermentado, no comprende el proceso químico que está detrás de ese producto. Las actividades previas a la elaboración de cerveza sirvieron para visualizar dicho cambio químico y poner en práctica experiencias fácilmente aplicables en el aula de educación primaria. El hecho de elaborar cerveza, aunque es difícilmente aplicable en la escuela, indudablemente motiva a nuestro alumnado y le sirvió para contextualizar la fermentación. En el futuro, prevemos actividades adicionales en el que nuestro alumnado, en la línea descrita por Izquierdo y colaboradoras (2012), diseñen una actividad experimental adaptada al aula de primaria relacionada con la microbiología y/o la fermentación en particular. Los cuestionarios iniciales también evidenciaron confusión en cuanto a la organización taxonómica de los microbios, su ubiquidad y el tipo de interacciones que presentan, por tanto creemos que estas prácticas deben de apoyarse de más sesiones teórico-prácticas donde conceptualicen modelos y mapas que describan estos procesos. La implementación y los resultados obtenidos durante el curso 2012-2013 nos han permitido detectar puntos de mejora en el diseño metodológico. Así, para el curso actual, se diseñarán cuestionarios individuales pre- y post-implementación para evaluar las ideas del alumnado y su evolución.

BIBLIOGRAFÍA

- Harlen, W. (Ed.). (2010). *Principles and big ideas of science education*. Hatfield: Association for Science Education.
- Hilge, C. (2001). Using everyday and scientific conceptions for developing guidelines of teaching microbiology. In *Research in Science Education-Past, Present, and Future* (pp. 253–258). Springer. Retrieved from http://link.springer.com/chapter/10.1007/0-306-47639-8_34
- Izquierdo, M. (2012). El impulso lo dan las células. In *Química en infantil y primaria. Una nueva mirada* (pp. 75–103). Barcelona: Graó.
- Jones, M. G., & Rua, M. J. (2006). Conceptions of germs: expert to novice understandings of microorganisms. *Electronic Journal of Science Education*, 10(3). Retrieved from <http://ejse.southwestern.edu/article/view/7741>
- Jones, N. N. (2011). Investigating nitrate-dependent humic substance oxidation and in-service K-12 teachers' understanding of microbiology. Retrieved from <http://opensiuc.lib.siu.edu/dissertations/385/>
- Krasner, R. I. (2009). *The microbial challenge: Science, Disease and public health*. Jones & Bartlett Learning.
- McLelland, C. V. (Ed.). (2006). *The nature of science and the scientific method*. Geological Society of America.
- McNulty, C. A. M. (n.d.). Spain Junior Complete Pack.pdf. Retrieved May 9, 2014, from http://www.e-bug.eu/lang_sp/primary_pack/downloads/Spain%20Junior%20Complete%20Pack.pdf
- Merkel, S. (2012). The Development of Curricular Guidelines for Introductory Microbiology that Focus on Understanding. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 13(1). doi:10.1128/jmbe.v13i1.363
- Microbes in action. (n.d.). Retrieved from <http://www.umsl.edu/~microbes/techniques.html>
- mm1_yeast_all_in_one.pdf. (n.d.). Retrieved from http://www.microbiologyonline.org.uk/media/transfer/doc/mm1_yeast_all_in_one.pdf
- National Research Council. (2007). *Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8*. Washington, DC: The National Academies Press.
- País Vasco. (n.d.). Decreto 175/2007, de 16 de octubre, por el que se establece el currículo de la Educación Básica y se implanta en la Comunidad Autónoma del País Vasco. 218, 26035-26074.
- Society for General Microbiology. (n.d.). mm1_yeast_all_in_one.pdf. Retrieved May 8, 2014, from

http://www.microbiologyonline.org.uk/media/transfer/doc/mm1_yeast_all_in_one.pdf
Woese, C. R., & Fox, G. E. (1977). The concept of cellular evolution. *Journal of Molecular Evolution*, 10(1), 1–6.