



Los microorganismos en la educación primaria. Ideas de los alumnos de 8 a 11 años e influencia de los libros de texto

Microorganisms in Primary Education. Conceptions in children from 8 to 11 years old and influence of the textbooks

María-Isabel Ballesteros, Esther Paños

Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Facultad de Educación, Universidad de Castilla-La Mancha, Albacete (España)

MIsabel.Ballesteros@alu.uclm.es, Esther.Panos@uclm.es

José-Reyes Ruiz-Gallardo

Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Facultad de Educación. Grupo de investigación en Etnobiología, Botánica y Educación, Instituto Botánico, Universidad de Castilla-La Mancha, Albacete (España)

JoseReyes.Ruiz@uclm.es

RESUMEN • La relevancia de los microorganismos en la biosfera y sus crecientes aplicaciones en diferentes ámbitos los convierten en un contenido imprescindible para los escolares. Este estudio analiza, mediante el empleo del dibujo y preguntas abiertas, las ideas que los alumnos de entre 8 y 11 años tienen sobre los microorganismos. Se revisan, asimismo, doce libros de texto de Ciencias Naturales en el mismo tramo, evaluando cómo se trata a estos seres. Los resultados muestran, en general, una concepción negativa y limitada de los microorganismos, en buena medida coincidente con la forma en que este tema es abordado por las diferentes editoriales. Todo ello puede tener implicaciones en el proceso de planificación y secuenciación de los contenidos de microbiología, de modo que esta se reoriente para proporcionar una visión más amplia y equilibrada de los perjuicios-beneficios de los microorganismos.

PALABRAS CLAVE: microorganismos; concepciones científicas; representaciones; educación primaria; libros de texto.

ABSTRACT • The relevance of microorganisms in the biosphere and their growing applications in different areas make them an essential content for schoolchildren. This research, through the use of drawing and open questions, analyzes the preconceptions that students aged between 8 and 11 have on microorganisms. A set of 12 Natural Science textbooks for students in that age group are also reviewed, checking how this topic is addressed. Findings show a negative and limited view of microorganisms, coinciding largely with the way in which this subject is approached in the different publishers. All of this may have implications for planning and sequencing the microbiology contents, in order to give a wider and more balanced view of microorganisms' harms and goods.

KEYWORDS: microorganisms; scientific conceptions; representations; Primary Education; textbooks.

Recepción: enero 2017 • Aceptación: julio 2017 • Publicación: marzo 2018

Ballesteros, M. I., Paños, E., & Ruiz-Gallardo, J-R. (2018). Los microorganismos en la educación primaria. Ideas de los alumnos de 8 a 11 años e influencia de los libros de texto. *Enseñanza de las ciencias*, 36(1), 79-98.

INTRODUCCIÓN

Los microorganismos se encuentran distribuidos en todos los ecosistemas de la Tierra, interactuando entre sí y con el medio que los rodea, por lo que los seres humanos estamos inevitablemente conectados con ellos (Harvey, Champe y Fisher, 2008). Estos seres microscópicos están implicados en buena parte de los procesos que tienen lugar en la biosfera: ciclos químicos que convierten elementos esenciales (carbono, nitrógeno, oxígeno y azufre) en formas biológicamente accesibles, fermentación y otros procesos naturales que crean o añaden valor a los alimentos, extracción de energía y materia de los alimentos en la boca y el intestino, etc. (Handelsman *et al.*, 2007). La relevancia y el creciente empleo de los microorganismos en ámbitos como la medicina, agricultura, biotecnología y protección del medio ambiente apuntan a la necesidad de que los alumnos estén bien informados sobre sus características y funciones (Byrne, 2011). Este conocimiento científico se muestra como una herramienta indispensable para que los niños interpreten y comprendan ciertos hechos de su vida cotidiana (De Marinis, 2008).

A pesar de su importancia, parece que los alumnos son incapaces de reconocer o atribuir causas microbiológicas al origen de ciertos cambios beneficiosos en los alimentos (Díaz *et al.*, 1996) y tienen, asimismo, ideas incompletas sobre el papel que los microorganismos desempeñan en el mantenimiento del medio ambiente o en determinadas aplicaciones tecnológicas (Byrne y Sharp, 2006; Nagy, 1953). Así, la mayoría de investigaciones llevadas a cabo con alumnos de educación primaria y secundaria muestran que los estudiantes les asignan, básicamente, funciones perjudiciales (Byrne, Grace y Hanley, 2009; Jones y Rua, 2006), relacionándolos con entornos poco higiénicos y como causa de enfermedades (Byrne, 2011), a pesar de que los microorganismos patógenos representan, tan solo, un pequeño porcentaje del total.

La existencia de una percepción negativa generalizada sobre los microorganismos podría ser el resultado de la influencia de los medios de comunicación, que informan o desinforman sobre hechos relacionados con los contenidos que los alumnos aprenderán en la escuela (de Pro y Pérez, 2013). Estos medios han mostrado, tradicionalmente, una imagen de los microorganismos vinculada a sus funciones perjudiciales (Bandiera, 2007; Gillen y Williams, 1993; Jones y Rua, 2006).

Los centros educativos son responsables de promover una enseñanza que consiga que los alumnos adquieran un conocimiento científico objetivo, que les permita desenvolverse adecuadamente y con autonomía en todos los ámbitos de su vida. Un currículo adaptado a las características de la sociedad actual debe incluir el estudio de los microorganismos y su influencia en la vida diaria de los estudiantes, ayudándolos de este modo a tomar decisiones apropiadas ahora y en el futuro (Byrne, 2011). Es necesario, por tanto, trabajar la relación entre microbiología y medicina, agricultura, biotecnología o protección medioambiental, por ejemplo. A pesar de ello, existen investigaciones que reflejan cómo los currículos de diversos países abordan esta cuestión de manera inadecuada o incluso carecen de un contenido específico sobre microorganismos, por ejemplo en Portugal (Mafra, Lima y Carvalho, 2015), la India (Vijapurkar y Konde, 2014), Inglaterra (Byrne, 2011), Italia (Bandiera, 2007) o Alemania (Hilge y Kattman, 2003).

En el ámbito español, la norma educativa que establece el currículo básico de educación primaria es el Real Decreto 126/2014 (BOE, 2014), y no hace mención explícita de los microorganismos, aunque se entiende que están contenidos en el bloque 3: «Los seres vivos», dentro del apartado «Otros reinos». Es en el Decreto 54/2014 (DOCM, 2014), que desarrolla este currículo a nivel autonómico, donde encontramos, en el tercer curso de primaria, una primera referencia a hongos y bacterias, como seres vivos pertenecientes a otros reinos. A pesar de ello, en este curso no hay estándares de aprendizaje que los evalúen. Los contenidos de los dos últimos cursos del ciclo sí incluyen detallados los niveles de clasificación de la materia viva, distinguiéndose entre virus, bacterias, protoctistas, hongos, plantas y

animales, y estableciéndose como estándar de aprendizaje evaluable que los alumnos observen y puedan identificar las características de los seres vivos y clasificarlos atendiendo a estos niveles.

La elaboración de un currículum efectivo y la implementación de estrategias de enseñanza-aprendizaje que mejoren la enseñanza de las ciencias exigen conocer las preconcepciones que tienen los alumnos en relación con un contenido. Los niños tratan de dar sentido al mundo natural en el que se desenvuelven, desarrollando ideas sobre cómo y por qué suceden las cosas (Osborne y Freyberg, 1985). El verdadero aprendizaje significativo pasa por el descubrimiento de aquellas ideas iniciales que los alumnos tienen sobre un determinado concepto o fenómeno científico (Allen, 2010). Conocer las similitudes y diferencias entre la ciencia de los niños y el conocimiento científico ha de ser un elemento central en la enseñanza de las ciencias (Osborne y Freyberg, 1985).

En este proceso de comprensión del modo en que los niños interpretan la realidad, las representaciones mediante el dibujo se muestran como un instrumento didáctico de gran potencial. Dibujar es una actividad altamente gratificante que los ayuda a conectarse con el entorno (Sáinz, 2006). Los niños, desde muy temprana edad, utilizan el dibujo para comunicarse, generándose un clima de confianza en el que se sienten más seguros (Brooks, 2005; Goodnow, 2001) y que se convierte en idóneo para representar conceptos científicos (Faccio *et al.*, 2013). El dibujo implica la creación de imágenes para comunicar una idea, lo que supone reflexionar sobre el mensaje que se quiere transmitir, y por ello puede utilizarse como una poderosa herramienta de aprendizaje (Krees y Van Leeuwen, 2006). Utilizado en la clase de ciencias, fomenta la participación y la motivación de los alumnos, junto a otras habilidades de representación, razonamiento y comunicación (Ainsworth, Prain y Tyler, 2011).

Estado de la cuestión

A pesar de que las investigaciones sobre los conocimientos de los estudiantes con relación a los microorganismos han aumentado en las últimas décadas, son todavía muy inferiores a las realizadas en otras áreas de ciencias (Byrne, 2011), especialmente en el ámbito español. La mayoría de trabajos se han llevado a cabo con alumnos mayores de 11 años (Hilge y Kattmann, 2003; Maxted, 1984; Prout, 1985; Simoneaux, 2000; Vasquez, 1985), aunque también se ha mostrado cierto interés en las ideas de estudiantes más jóvenes (Byrne, 2011; Díaz *et al.*, 1996; Faccio *et al.*, 2013; Mafra *et al.*, 2015; Nagy, 1953), incluso de educación infantil (Ergazaki, Saltapida y Zogza 2010). Los métodos que habitualmente se han utilizado para obtener la información han sido las entrevistas personales (Simonneaux, 2000), los cuestionarios de preguntas abiertas y cerradas (Bandiera, 2007; Mafra *et al.*, 2015), el análisis de dibujos (Nagy, 1953) o la combinación de dibujos y las entrevistas o cuestionarios (Byrne, 2011; Díaz *et al.*, 1996; Faccio *et al.*, 2013; Jones y Rua, 2006).

La psicóloga Mary H. Nagy, pionera en este campo, llevó a cabo una investigación con estudiantes de entre 5 y 11 años en 1953. Encontró que los alumnos tienen ideas erróneas sobre las funciones de los microorganismos. Por ejemplo, creen que atacan al cuerpo interfiriendo en su funcionamiento regular. Además, detectó que los alumnos más jóvenes (5-9 años) representan a los microorganismos como figuras abstractas, mientras que el grupo de los mayores (10-11 años) les otorgan una forma animal, concretamente de insecto.

Díaz y colaboradores (1996) estudiaron las percepciones sobre microorganismos de 140 estudiantes de cuarto de primaria (9-10 años) y primero de secundaria (12-13 años). En contraposición a los resultados obtenidos por Nagy, la forma abstracta es realizada de forma mayoritaria por los alumnos de ambos cursos, algo que los investigadores justifican en la ausencia de conocimiento sobre la materia, para el caso de los alumnos más jóvenes, y en la vinculación del concepto de microbio y célula en los alumnos de secundaria. Es notable, además, que casi un tercio de los estudiantes de primaria afirmasen que los microorganismos no son seres vivos, aunque sí estarían dotados de movimiento.

Faccio y colaboradores (2013) analizaron 492 dibujos y 141 entrevistas personales llevadas a cabo con alumnos de educación primaria. La investigación se diseñó en el marco de una campaña de promoción de la salud orientada a la corrección de hábitos alimentarios y a una mejora de la comprensión de los microorganismos y sus funciones. Los estudiantes eligieron una forma indefinida para sus dibujos, mostrando que se trata de un concepto abstracto e inusual para ellos. Es significativo, por otra parte, el antropomorfismo que se reflejó en una cuarta parte de los dibujos. A pesar de haberse realizado una intervención, los alumnos siguieron considerando los microorganismos como agentes perjudiciales y causantes de enfermedades, aunque mejoraron el conocimiento sobre su utilidad en la producción de alimentos.

Por otra parte, Byrne (2011), mediante el empleo de diferentes métodos como análisis de dibujos, entrevistas y lluvias de ideas, estudió los modelos mentales que 458 estudiantes, de entre 7 y 14 años, tenían sobre los microorganismos y la actividad microbiana. En todos los grupos de edad prevalecieron ideas negativas centradas en la amenaza que los microorganismos suponen para la salud. Concluye, además, afirmando que los estudiantes no entienden la utilidad que estos seres microscópicos tienen en la producción de alimentos, con la única excepción del yogur. La mayoría de participantes otorgaron a su dibujo rasgos humanos.

Teniendo en cuenta la relevancia de las preconcepciones en el proceso de enseñanza-aprendizaje, así como la escasez de estudios similares llevados a cabo en el ámbito español, el principal objetivo de esta investigación es explorar los conocimientos que los alumnos de entre 8 y 11 años tienen sobre los microorganismos. Se pretende, además, analizar la información que, a este respecto, aporta una muestra de libros de texto de Ciencias Naturales, y su posible vinculación con los conocimientos de los niños.

MÉTODO

Diseño de la investigación

Se trata de un estudio de corte cualitativo, con carácter exploratorio, ya que el problema abordado ha sido poco estudiado en nuestro entorno, y descriptivo, porque analiza y detalla las ideas de los participantes con relación al fenómeno estudiado. La muestra ha sido seleccionada mediante un muestreo no probabilístico de conveniencia.

Participantes

La muestra está formada por 145 estudiantes con edades comprendidas entre los 8 y 11 años. Los participantes pertenecen a los cursos de tercero, cuarto y quinto de primaria de un colegio público de Albacete. La distribución por cursos y edades se detalla en la tabla 1. La investigación se ha desarrollado en el último periodo del año escolar, aprovechando que la mayoría de contenidos habían sido trabajados.

El haber seleccionado a los alumnos a partir de tercero de primaria responde al hecho de que en el marco normativo de la comunidad autónoma (DOCM, 2014), como se ha señalado anteriormente, no se mencionan contenidos relacionados con microorganismos hasta este curso, haciéndose referencia, concretamente, a hongos y bacterias.

Tabla 1.
Distribución de participantes por curso y género

Curso	Masculino	Femenino	Total
3.º (8-9 años)	28	23	51
4.º (9-10 años)	20	27	47
5.º (10-11 años)	29	18	47
Total	77	68	145

Instrumentos de recogida de información

La recogida de información se ha llevado a cabo mediante un dibujo y dos preguntas abiertas. En primer lugar, se pidió a los alumnos que realizasen el dibujo de un microorganismo en un lugar que considerasen que podría encontrarse. No se les dio ninguna instrucción sobre cómo realizar el dibujo o sobre los materiales que podían usar.

Debajo del dibujo y, para complementar la información aportada por este, se incluyeron dos preguntas abiertas relacionadas con las fuentes de información y las funciones de los microorganismos: «¿Qué funciones tienen los microorganismos?» y «¿Dónde has oído hablar de los microorganismos?». Las preguntas se elaboraron tras hacer una revisión de la literatura (Bandiera, 2007; Faccio *et al.*, 2013), utilizando un lenguaje comprensible para los niños y siguiendo el consejo y revisión de expertos (dos profesores del área de Biología y dos maestros de educación primaria). Se eligió el cuestionario como instrumento para la obtención de información teniendo en cuenta que, aunque depende de las habilidades verbales y escritas de los estudiantes, también promueve la reflexión, la creatividad e incluso la solución de problemas, ya que los alumnos deben tomar constantemente decisiones sobre qué escribir y cómo escribirlo (Kellogg, 2008).

Se seleccionaron, asimismo, cuatro editoriales con las que habitualmente se trabaja en los centros educativos de la provincia (Anaya, Santillana, SM y Edelvives). La editorial Edelvives es la que estaba siendo utilizada en el colegio en el que se realizó la investigación. Dentro de cada editorial se recogió información del libro de texto de Ciencias Naturales de cada uno de los cursos participantes. En total fueron revisados doce libros: Brandi, 2014; Gómez y Valbuena, 2014a; Gómez y Valbuena, 2014b; Gómez y Valbuena, 2015; Grence, 2015a; Grence, 2015b; Pueyo, Hidalgo, González, Peña, Navarro y López, 2015; Riach, 2014; Riach y Shaw, 2014; Sanderson, 2014; Soria, 2015; Soria, Navarro y López, 2015.

Análisis de datos

Dibujos y cuestionarios

Siguiendo el método empleado por Byrne (2011), el análisis cualitativo se realizó asignando características de los dibujos y de las ideas principales de las preguntas abiertas a una serie de categorías predefinidas: forma, color, ubicación, tamaño, función y fuente de información. Las dimensiones de cada una de las categorías no se fijaron previamente, sino que se definieron conjuntamente por dos investigadores durante la evaluación, y surgieron al examinar y reexaminar los dibujos y las respuestas de los estudiantes (tabla 2). Para las categorías color, función y fuente de información hubo acuerdo inicial con respecto a las dimensiones que debían incluir. En tamaño, las dimensiones grande y pequeño se establecieron analizando la proporcionalidad del microorganismo con otros elementos del dibujo; se incluyó la dimensión microscópica, al encontrarse dibujos que enfatizaban esta propiedad. Con

respecto a la forma, se discutió la posibilidad de separar los dibujos con una forma geométrica concreta de los abstractos, pero finalmente se optó por incluirlos todos en una misma dimensión, la abstracta, siguiendo los trabajos de Faccio *et al.* (2013) y de Byrne (2011), anteriormente mencionado. Para la categoría ubicación, el desacuerdo se produjo debido al gran número de dimensiones que surgieron dentro de esta, lo que se solventó seleccionando las más comunes y aquellas que se habían tenido en cuenta en otros estudios de referencia, e incluyendo el resto en la dimensión «Otros». Los datos cuantitativos sobre frecuencia y porcentaje se obtuvieron tras el recuento de la información registrada en las dimensiones de cada categoría.

Tabla 2.
Categorías y dimensiones para el análisis de dibujos y preguntas abiertas

<i>Forma</i>	<i>Color</i>	<i>Ubicación</i>	<i>Tamaño</i>	<i>Función</i>	<i>Fuente de información</i>
Animal, por ejemplo, insectos, gusanos, etc.	Coloreado	En todas partes	Dibujo pequeño	Beneficiosos, por ejemplo, en vacunas, producción de comida, para curar enfermedades, etc.	Colegio
Abstracta, por ejemplo, puntos, cuadrados, triángulos, líneas curvas, etc.	Sin colorear	Seres humanos	Dibujo grande	Perjudiciales, por ejemplo, causantes de enfermedad o muerte, putrefacción de alimentos, etc.	Entorno familiar
Antropomórfica, por ejemplo, con cabeza, manos, ojos, etc.		Lugares sucios o con falta de higiene	Dibujo microscópico (incluyen vista ampliada)		Medios de comunicación
Bacteria		Animales			Médico
		Comida			
		Suelo			
		Cuarto de baño			
		Campo			
		Hospital, dentista, consulta del médico			
		Otros, por ejemplo, teléfono móvil, monedas, marco de la ventana, etc.			

Libros de texto

Debido a la escasez de trabajos centrados en el análisis de contenidos en microbiología en educación primaria, el modo de categorizar la información de los libros de texto se ha desarrollado tras una lectura detallada de aquellos temas en los que podría aparecer algún contenido relativo a los microorganismos en todos los libros. De esta manera, se han determinado cuatro bloques en los que los microorganismos se incluían o podrían incluirse: clasificación de los seres vivos, alimentación, salud y ecosistemas. Como información complementaria y, con el fin de vincularla a las categorías analizadas

mediante el dibujo y las preguntas abiertas, se decidió analizar si cada uno de los libros incluía: imágenes de microorganismos, referencias a su tamaño microscópico y a la posibilidad de vivir en diferentes localizaciones, y las funciones que desempeñan.

RESULTADOS

Los resultados extraídos de las representaciones realizadas por los niños y las preguntas abiertas que respondieron se organizan de acuerdo con las características morfológicas, de color, ubicación, tamaño, función y fuente de información asignadas por los participantes a los microorganismos. El análisis de los libros de texto se presenta en un apartado posterior.

Forma

Como se observa en la tabla 3, la mayoría de dibujos analizados presentan una forma abstracta, reflejada en el uso de puntitos, líneas curvas, polígonos, etc. (figura 1.a). Un 20 % de los estudiantes, siendo la mayoría del grupo de menor edad, atribuyen a sus microorganismos forma de pequeño animal, como piojos y hormigas (figura 1.b), y un porcentaje algo inferior, principalmente alumnos de 10 y 11 años, son capaces de conferirles forma de bacteria (figura 1.c). Solo 17 alumnos, de todas las edades, han incluido elementos antropomórficos en sus representaciones (figura 1.d) y en 11 de los cuestionarios no se adjuntó ningún dibujo.

Tabla 3.
Forma asignada a los microorganismos por grupos de edad

Edad	8-9 años n = 51		9-10 años n = 47		10-11 años n = 47		Total n = 145	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Forma abstracta	23	45,1	22	46,81	19	40,43	64	44,14
Forma animal	17	33,33	9	19,15	3	6,38	29	20
Forma bacteria	5	9,8	5	10,64	14	29,79	24	16,55
Forma humana	5	9,8	6	12,77	6	12,77	17	11,72
No incluye dibujo	1	1,96	5	10,64	5	10,64	11	7,59

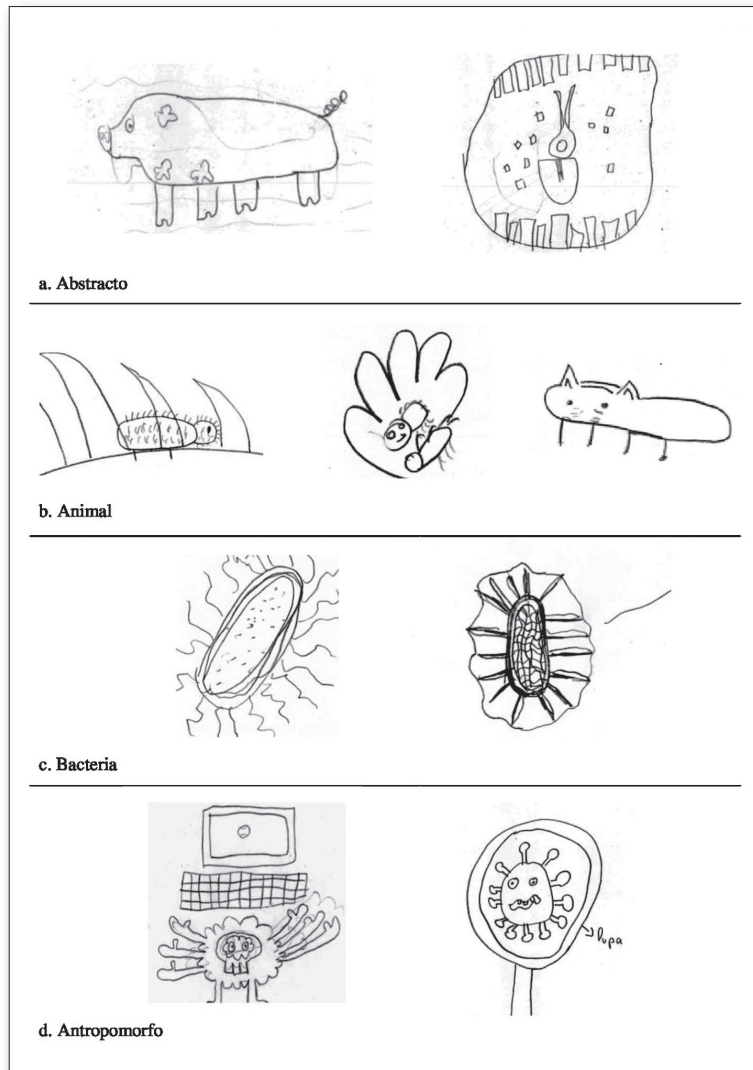


Fig. 1. Ejemplo de dibujos para cada una de las dimensiones de forma.

Color

Con relación al uso del color, es significativo que la gran mayoría de los participantes (93,1 %), a pesar de disponer de material, no colorean sus dibujos, empleando únicamente un lápiz o bolígrafo. Aquellos alumnos que sí les han dado color han utilizado básicamente tonos verdes, amarillentos y/o violetas (figura 2).



Fig. 2. Ejemplo de dibujos coloreados.

Ubicación

Los lugares donde se han ubicado los microorganismos son muy diversos (figura 3). La mayoría de alumnos, particularmente los de edades comprendidas entre 8 y 10 años, los han representado en el cuerpo humano y, dentro de este, se eligen principalmente las manos (56,9 %), la boca o garganta (17,6 %) y el estómago o intestinos (9,8 %). También se han elegido, de manera destacada, lugares tradicionalmente concebidos como entornos sucios (basura, papelera, agua estancada, etc.) y el suelo, sin encontrarse diferencias destacables entre los grupos de edad. Con respecto al ámbito doméstico, únicamente se ha mencionado el baño. Solo tres estudiantes del total, todos de quinto curso, incluyen un comentario indicando que los microorganismos pueden habitar en cualquier sitio. Finalmente, en «Otros», se han dibujado lugares y objetos muy variados, destacando aquellos habitualmente tocados por el ser humano (13 estudiantes), como monedas, el teléfono móvil, la manilla de la ventana, el teclado del ordenador o el lápiz, entre otros.

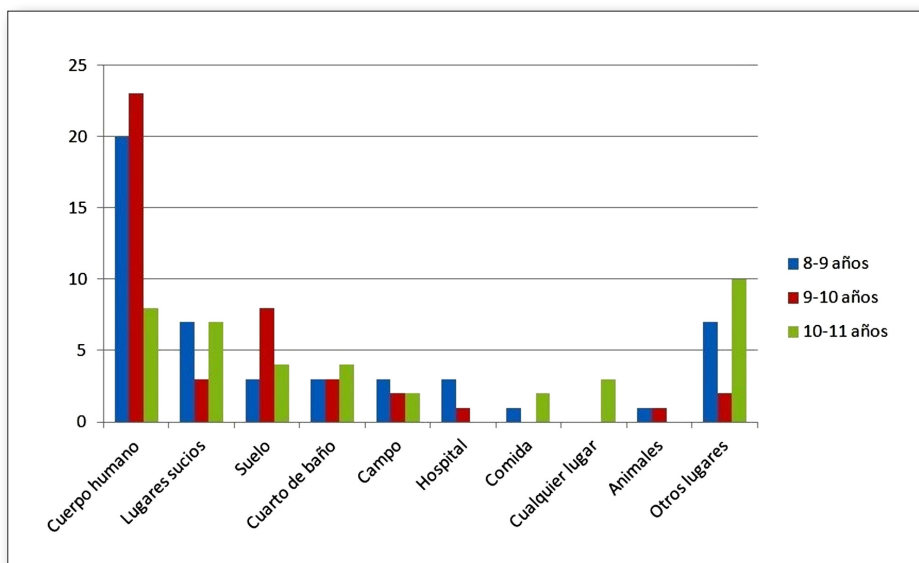


Fig. 3. Lugares donde los estudiantes ubican los microorganismos (distribución por grupos de edad).

Tamaño

Más de la mitad de los alumnos confieren a sus dibujos un tamaño pequeño (52,24 %). Algo que llama la atención es que un considerable porcentaje de estudiantes, pertenecientes principalmente al grupo de mayor edad (22,76 %), quisieron enfatizar el tamaño microscópico de los microorganismos, incluyendo en su dibujo un objeto para establecer una comparación o una lupa (figura 4). Otros, incluso añaden un comentario clarificando que los microorganismos no son perceptibles a simple vista:

Este es mi boli. Los microorganismos son veinte mil veces más pequeños (alumno de 11 años).
Así pero un millón de veces más pequeño (alumno de 11 años).

Solo un 12,41 % de los participantes hicieron dibujos grandes. Casi todas estas representaciones utilizan formas simples y elementos antropomórficos.

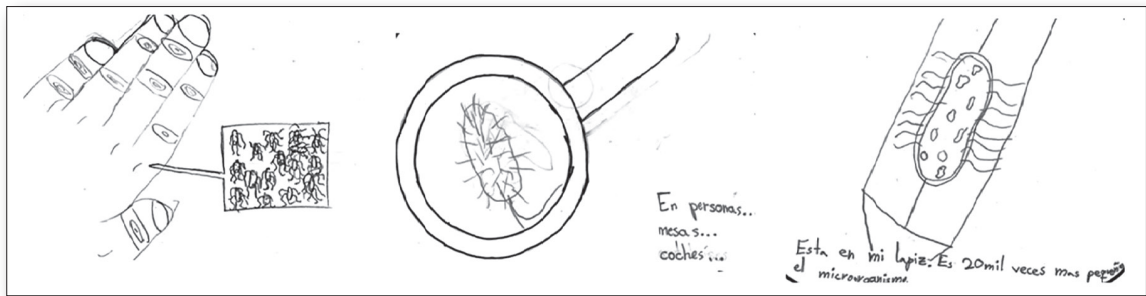


Fig. 4. Ejemplo de dibujos en la dimensión microscópica.

Función

A través de las cuestiones abiertas se preguntó a los estudiantes por las funciones que desempeñan los microorganismos. Más de una cuarta parte (27,59 %) no fueron capaces de responder a esta cuestión, algunos dejándola en blanco y otros indicando que no conocían ninguna. Un 33,1 % consideran que los microorganismos tienen únicamente funciones perjudiciales, mientras que los otros (39,31 %), 14 alumnos de tercero, 11 de cuarto y 32 de quinto, incluyen funciones tanto perjudiciales como beneficiosas. Es significativo que ningún estudiante haya incluido funciones beneficiosas exclusivamente.

Al describir los microorganismos como agentes perjudiciales (tabla 4), la mayoría de alumnos señalan que son patógenos y causantes de enfermedades, llegando a especificar diferentes tipologías como gripe, varicela, conjuntivitis e incluso la muerte. Solo cinco estudiantes relacionan los microorganismos con la comida podrida y unos pocos escriben que ensucian o molestan. No se encuentran diferencias destacables entre los grupos de edad. A continuación, se detallan algunas de las respuestas:

Es un virus que hace que tosas y te pongas malo (alumno de 8 años).

Son un virus que puede hacer que tosas y picor (alumna de 9 años).

Son bichos que se meten en la barriga y te pones malo (alumno de 8 años).

Pueden hacerte daño y que te duela la cabeza (alumna de 11 años).

Tabla 4.
Funciones perjudiciales asignadas a los microorganismos por grupos de edad (porcentajes relativos a los alumnos que responden)

Grupo	8-9 años n = 51		9-10 años n = 47		10-11 años n = 47		Total n = 145	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Causar enfermedad	30	100	32	91,42	33	82,5	95	90,48
Comida en mal estado	-		-		5	12,5	5	4,76
Ensuciar	-		3	8,57	-		3	2,86
Perjudicar/Fastidiar	-		-		2	5	2	1,90
Total	30	58,82	35	74,47	40	85,11	105	72,41

Para los alumnos que incluyen funciones beneficiosas (tabla 5), los microorganismos sirven para curar enfermedades. Es notable que ninguna respuesta aborde el tema de la prevención, aunque dos estudiantes de 11 años incluyen la palabra *vacuna*:

Lo he encontrado en la vacuna (alumno de 11 años).

Los utilizan en las vacunas (alumna de 11 años).

El resto de respuestas describe, de una forma muy simple, funciones beneficiosas relacionadas con los alimentos, únicamente productos lácteos, y con el proceso digestivo:

Se usan para hacer yogures (alumna de 8 años).

En yogures (alumno de 11 años).

Ayudan a nuestro cuerpo en la digestión (alumno de 10 años).

Tabla 5.
Funciones beneficiosas asignadas a los microorganismos
por grupos de edad (porcentajes relativos a los alumnos que responden)

Grupo	8-9 años n = 51		9-10 años n = 47		11-12 años n = 47		Total n = 145	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Curar enfermedades	13	92,86	10	90,91	27	84,38	50	87,72
Alimentos	1	7,14	-	-	3	9,38	4	7,02
Vacunas	-	-	-	-	2	6,25	2	3,51
Digestión	-	-	1	9,09	-	-	1	1,75
Total	14	27,45	11	23,40	32	68,09	57	39,31

Fuentes de información

Considerando la importancia de averiguar el origen de los conocimientos previos de los niños, la última cuestión se orientó en este sentido: dónde habían escuchado hablar de los microorganismos. Aunque la mayoría solo menciona una fuente, un 20 % de los participantes incluyeron dos o tres distintas. La principal es el colegio (33,55 %), elegida básicamente por los alumnos de mayor edad y pequeños, seguida por la familia, incluyendo a padres, abuelos y otros parientes cercanos (26,21 %). Es llamativo que solo dos alumnos del grupo de mayor edad mencionen esta fuente. Los medios de comunicación, televisión, radio, revistas, etc., también desempeñan un papel relevante como fuentes de información (22,07 %), sobre todo a partir de cuarto curso. Finalmente, se menciona la consulta del médico, principalmente nombran al dentista (10,35 %).

Análisis de los libros de texto

Todas las editoriales analizadas (excepto una) hacen referencia a los microorganismos a partir de tercero de primaria, en el tema relacionado con la clasificación de los seres vivos, y siguiendo así las directrices marcadas por el currículo. Se incluyen desde este curso, por lo general, imágenes reales o esquemas de microorganismos, casi siempre de bacterias u hongos, así como referencias claras a su tamaño microscópico. Es significativo que uno de los libros incluye una representación de microorganismos con elementos antropomórficos: ojos, manos y pies. Se omite, en tres de las cuatro editoriales, la particularidad de que estos seres microscópicos pueden habitar o colonizar casi cualquier parte de la tierra. Únicamente hacen una pequeña descripción de estos sin detallar sus funciones, y en el caso de hacerlo, la función referida es perjudicial.

A partir de cuarto, además de incluirse en la clasificación de los seres vivos, la mayoría de editoriales trabajan este tema en el bloque de salud. Dos de los libros de texto de cuarto hacen alguna mención a los microorganismos al desarrollar los ecosistemas, enfatizando su función como agentes descomponedores. Las otras funciones descritas son, significativamente, de carácter perjudicial y relacionadas, de nuevo, con enfermedades. Solo una editorial incluye la función «ayudar al cuerpo». Exclusivamente en uno de los libros se ha encontrado una referencia a la existencia de diferentes localizaciones donde pueden hallarse microorganismos.

En el último de los cursos analizados, casi todas las editoriales trabajan aspectos de microbiología en todos los bloques de contenidos seleccionados. Son dos los libros que mencionan expresamente la utilidad de los microorganismos en la producción de alimentos, concretamente en productos lácteos como el yogurt y el queso, o el pan y el vino, mientras que otras funciones ya citadas, como la de causar enfermedades y participar en la descomposición de restos orgánicos, se abordan en tres. De forma general, se incluyen imágenes y referencias al tamaño microscópico y la mitad de los libros hacen referencia a las diferentes ubicaciones.

Un análisis individualizado de los libros de texto que se utilizan en el colegio en el que se ha llevado a cabo el estudio (editorial Edelvives, inglés) muestra cómo, desde tercero, se incluyen contenidos relativos a los microorganismos como grupo de seres vivos, con imágenes de bacterias y referencias a su tamaño microscópico. A partir de cuarto, se incrementa notablemente la cantidad de información, añadiéndose datos relacionados con la salud, aunque presentando los microorganismos como agentes perjudiciales, y con los ecosistemas, mencionándose, únicamente, la función de los hongos y bacterias en la descomposición de la materia orgánica. En el último curso, los microorganismos se incluyen en todos los bloques de contenido definidos, añadiéndose información nueva, como su forma de reproducción, y refiriéndose a su tamaño, a sus diferentes ubicaciones, aunque de forma muy general, y a las funciones en relación con la producción de alimentos lácteos, la descomposición y la generación de enfermedades. En el bloque de salud se profundiza en la tipología de enfermedades causadas por los microorganismos, y también se incluye, por primera vez, el término *vacuna* y una referencia a los antibióticos, concretamente a la penicilina. Como actividad de refuerzo al final de la unidad se plantea el desarrollo de un experimento para analizar el proceso de formación del moho.

En la tabla 6 se resumen los contenidos sobre microorganismos en cada libro de texto por curso y editorial. Con respecto a la editorial Edelvives se incluye un resumen más detallado.

Tabla 6.

Contenidos sobre microorganismos por editorial. Resumen de los incluidos en la editorial utilizada en el colegio donde se realiza la experiencia (Edelvives)

3.º primaria		
	Editorial	Contenido Edelvives
Clasificación seres vivos	A, E, SM	Cuatro grupos: animales, plantas, hongos (moho) y otros organismos (bacterias).
Alimentación	A	No se mencionan.
Salud	A	No se mencionan.
Ecosistemas	-	No se mencionan.
Incluye imagen	A*, E, SM	Bacteria (2).
Tamaño microscópico	A, E, SM	Se describen las bacterias como organismos muy pequeños, solo visibles con un microscopio.
Diferentes ubicaciones	Ninguna	No se mencionan.
Funciones	Causar enfermedad: A / Invadir las heridas: A	

4.º primaria		
	Editorial	Contenido Edelvives
Clasificación seres vivos	S, A, E	Cinco reinos: animal, vegetal, monera (bacterias), protista y hongos (levadura y moho).
Alimentación	A	No se mencionan.
Salud	A, E, SM	Normas para mantener buena salud: lavarse para eliminar la suciedad, las bacterias y el sudor. Las vacunas también sirven para proteger frente a ciertas enfermedades. Existencia de enfermedades contagiosas y de gérmenes o agentes patógenos que entran al cuerpo por la boca o la nariz. El cuerpo tiene defensas naturales para protegernos frente a estos gérmenes.
Ecosistemas	A, E	Otros seres vivos en los ecosistemas: hongos, microorganismos del reino monera (bacterias) y protistas. Cadena alimentaria: existen los descomponedores, como los hongos y bacterias, que viven de los restos de otros seres vivos.
Incluye imagen	S, A*, E	Bacterias (2) y hongos (levadura) (1).
Tamaño microscópico	S, A	No se menciona.
Diferentes ubicaciones	A	No se mencionan.
Funciones	Ayudar al cuerpo: S / Causar enfermedad: S, A, SM Invadir las heridas: A / Descomponedores: A, E	
5.º primaria		
	Editorial	Contenido Edelvives
Clasificación seres vivos	A, E, SM	Funciones vitales-nutrición: descomponedores, como los hongos y las bacterias, viven de los restos de plantas y animales muertos. Funciones vitales-reproducción: las bacterias son seres vivos con reproducción asexual. Como curiosidad se describe la forma y velocidad en que puede dividirse una bacteria. Cinco reinos: animal, vegetal, monera (bacterias, algunas de las cuales se utilizan para hacer comida, como queso y yogur), protista y hongos (levadura).
Alimentación	A, E, SM	No hay un tema de alimentación, aunque se dan referencias en el apartado anterior.
Salud	A, E, SM	Enfermedades contagiosas causadas por agentes patógenos. Entre los más comunes están las bacterias y virus, aunque también los hongos. Ejemplos (bacterias): tétanos, salmonelosis, conjuntivitis y algunos tipos de neumonía y amigdalitis. Virus: sarampión, varicela, gripe, paperas, resfriado, papiloma y sida. Los patógenos, llamados frecuentemente microbios, alteran el normal funcionamiento del organismo. Las enfermedades infecciosas pueden tratarse con antibióticos o antivirales. Un agente patógeno puede transmitirse por la boca o nariz. El cuerpo tiene defensas naturales para protegernos contra microorganismos perjudiciales. Normas para mantener buena salud igual que en 4.º. Se añade qué es una vacuna: dosis de una bacteria o virus debilitado que estimula los glóbulos blancos para crear anticuerpos [...]. Se describe brevemente cómo se descubrió la penicilina para tratar infecciones causadas por bacterias. Incluye un experimento para ver cómo se forma el moho en el pan de molde.
Ecosistemas	S, A, E, SM	Otros seres vivos en los ecosistemas y cadena alimentaria, igual que en 4.º.
Incluye imagen	A, E, SM	Bacteria (4), virus (2) y hongos (levadura) (1).
Tamaño microscópico	S, A, E, SM	Solo al mencionar los virus.
Diferentes ubicaciones	E, SM	Diferentes formas vivas pueden encontrarse en casi cualquier lugar de la tierra.
Funciones:	Causar enfermedad: A, E, SM / Tratamiento enfermedades infecciosas: E Descomponedores: S, A, E / En alimentos: E, SM	

S: Santillana; A: Anaya; E: Edelvives.

(n.º) Cantidad de imágenes que aparecen en el libro de texto.

*Además de una imagen real incluye otra animada con elementos antropomórficos.

DISCUSIÓN

Los resultados de esta investigación coinciden con trabajos anteriores al mostrar cómo los alumnos de educación primaria tienen una visión limitada y negativa de los microorganismos (Byrne, 2011; Byrne y Grace, 2010; Guillen y William, 1993; Harms, 2002; Jones y Rua, 2006; Nagy, 1953; Simoneaux, 2000), considerándolos, básicamente, agentes perjudiciales causantes de enfermedades en los seres humanos.

Los dibujos aportan una gran cantidad de información sobre las ideas que tienen los estudiantes acerca de los microorganismos. Así, en relación con su morfología, la mayoría les atribuye una forma abstracta, lo que puede evidenciar un vacío de conocimiento, en línea con lo que sugieren Díaz *et al.* (1996) y Faccio *et al.* (2013). La siguiente categoría más representada es la forma animal, coincidiendo con los trabajos de Nagy (1953), Simoneaux (2000), Byrne (2011) o Vasquez (1985), algo que reflejaría una tendencia propia de los alumnos de este rango de edad a generalizar sus dibujos con cosas familiares para ellos, en este caso pequeños animales o insectos, como también sucede en la investigación llevada a cabo por Byrne (2011). A pesar de que a partir de tercero de primaria, según se ha comprobado al analizar las diferentes editoriales, los libros de texto de Ciencias Naturales incluyen imágenes de microorganismos, son pocos los dibujos analizados que pueden identificarse con alguna forma microbiana de las que se trabajan en estos cursos (bacterias, virus y hongos), y los que sí lo hacen corresponden principalmente a bacterias, que es una de las tipologías más representadas tanto en los libros analizados y otros de referencia, como en pósteres de hospitales o consultas médicas (Byrne, 2011). Este hecho apunta la importancia del uso de imágenes como parte inherente del proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias, como señalan Galera y Ruiz-Gallardo (2016). Es significativo que cuando el dibujo del microorganismo incluye una cara, esta refleja expresión de enfado, lo que parece querer enfatizar su rol de agente perjudicial (Simoneaux, 2000).

El color que se da a un dibujo se ha relacionado, tradicionalmente, con los sentimientos o el estado de ánimo de la persona que lo realiza (Argüelles, García y Agramonte, 2005). Así, la mayoría de participantes no ha utilizado color, hecho que puede interpretarse como una falta de motivación hacia el tema estudiado (Bedard, 2003). Los pocos alumnos que han coloreado sus dibujos han utilizado un código similar, de tonos verdes, amarillos o violáceos, colores que podrían estar vinculados a la idea de «cosa peligrosa», según sugiere Bedard (2003).

Con respecto al lugar en que pueden habitar los microorganismos y, contrariamente a lo que sucede en otras investigaciones, el cuerpo humano es la opción más representada (Faccio *et al.*, 2013; Nagy, 1953), concretamente las manos, asociándose así su presencia con la falta de higiene (Karandon y Sahin, 2010; Vasquez, 1985). La segunda opción elegida también se vincula a lugares poco higiénicos, reflejándose de nuevo una consideración negativa de estos seres vivos. Aunque los objetos habitualmente tocados por los humanos también han sido dibujados por algunos alumnos, no se consideran como su principal localización, algo que sí sucede en el trabajo de Jones y Rua (2006). Los estudiantes, en general, no mencionan en las preguntas ni reflejan en sus dibujos el que los microorganismos pueden habitar casi en cualquier lugar del planeta, idea que la mayoría de libros de texto no desarrollan, aunque sí se menciona en el libro de quinto curso del grupo analizado.

Algo que los alumnos parecen tener muy claro es el tamaño de los microorganismos, incluso algunos han reflejado en los dibujos su carácter microscópico, como también sucede en los trabajos de Byrne (2011), Maxted (1984), Nagy (1953) o Simoneaux (2000). Esta característica se trabaja, normalmente, en todas las editoriales analizadas.

En general, como se ha mencionado anteriormente, los alumnos consideran que los microorganismos son agentes patógenos que, principalmente instalados en nuestro cuerpo, provocan enfermedades. Aunque una parte de los estudiantes son capaces de identificar funciones beneficiosas, básicamente

hablan de curar enfermedades, quizá refiriéndose a vacunas, que en realidad ayudan a proteger, pero no a curar, no parecen comprender sus potencialidades, ya que solo las mencionan sin profundizar en la explicación, algo que también sucede en el trabajo de Byrne (2011) en relación con su participación en la producción de alimentos. No se conocen las aplicaciones tan relevantes que los microorganismos tienen en ámbitos como la medicina, ciclos químicos o protección ambiental, conclusión a la que también llegan Byrne y Grace (2010). Es notable que una parte importante de los alumnos no sean capaces de responder a esta pregunta.

El análisis de contenidos en la editorial Edelvives justifica parte de este desconocimiento, incluso la visión negativa que se desprende de la información obtenida, ya que es a partir de cuarto curso cuando se empiezan a incluir funciones muy básicas de los microorganismos, siendo la más mencionada la de causar enfermedad, patrón generalizado, asimismo, en el resto de editoriales. Por otro lado, además de describir el rol de agentes descomponedores, una editorial atribuye a los microorganismos la función de «ayudar al cuerpo», sin detallar en modo alguno en qué consistiría esta ayuda.

La secuenciación de contenidos que se sigue en la editorial del colegio en el que se ha realizado la investigación parece que se ajusta a los criterios fijados desde la norma educativa. En el análisis realizado, se muestra claramente que esta secuenciación tiene influencia en los conocimientos de los estudiantes. Así, son los alumnos de más edad, aunque muy pocos, los que atribuyen forma bacteriana al dibujo del microorganismo, los que inciden en su tamaño microscópico o en la posibilidad de vivir en cualquier parte del planeta. Es en el ámbito de la salud en el que la editorial Edelvives profundiza más en cada curso, detallándose la relación entre microorganismos y enfermedades, aspecto que parece determinante en la visión negativa que muestran los estudiantes. Es destacable que, aunque tanto en cuarto como en quinto curso se incluyen funciones diferentes a las relacionadas con enfermedades, como la de descomponer la materia orgánica, solo cinco alumnos las han identificado, por ejemplo, reconociendo una intervención microbiana en alimentos podridos. Parece que los alumnos no han sido capaces de acomodar esta nueva idea en su esquema cognitivo, lo que podría deberse a que esta no se ha presentado de forma satisfactoria, verosímil, inteligible y útil (Solís, 1984). Algo similar sucede con la intervención de los microorganismos en los productos lácteos, ya que a pesar de que esta idea se incluye en los contenidos del último curso, solo cuatro estudiantes la han mencionado.

Las ideas que los alumnos tienen sobre los microorganismos se adquieren en diferentes entornos, principalmente el escolar, aunque también el familiar, como sucede en el trabajo de Simmoneaux (2000), los medios de comunicación y los relacionados con aspectos de salud. Los medios de comunicación no desempeñan un papel tan relevante como fuentes de información como sucede en el trabajo de Bandiera (2007), realizado en el ámbito educativo italiano, en el que ante la ausencia de una enseñanza formal sobre el rol de los microorganismos en el medio ambiente y en el cuerpo humano, los anuncios y programas de televisión adquieren un peso importante.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

El estudio trata de averiguar las ideas que sobre los microorganismos tienen los escolares de entre 8 y 11 años, así como qué información presentan los libros de texto a este respecto, en el mismo tramo académico. Los resultados nos llevan a concluir que la idea de los niños es bastante negativa, y que se centra en las enfermedades, suciedad y putrefacción. Se obvia, casi en su totalidad, su función protectora y simbiótica en nuestro cuerpo, médica, y otras aplicaciones y usos alimentarios e industriales y en agricultura. Así pues, esta percepción no es extraña a juzgar por la práctica ausencia de referencias al respecto en los libros de texto.

La imagen negativa no solo queda plasmada en las descripciones de las cuestiones abiertas, sino también en sus dibujos, con imágenes de caras de enfado y colores relacionados con el peligro, o ausencia de color, lo que puede representar falta de motivación por el tema, cuando se trata de un grupo de seres vivos tan importante en tantos campos de la vida infantil, no solo como causa de enfermedad o suciedad. El análisis de las representaciones de los niños mediante dibujos, junto con las preguntas abiertas, se ha mostrado como herramienta extremadamente útil para la percepción infantil.

La información que se presenta en este trabajo puede tener implicaciones educativas. En primer lugar, para los profesores, como piezas esenciales del proceso de enseñanza y aprendizaje y responsables de involucrar a sus alumnos en un aprendizaje de las ciencias más real y útil, que ha de partir de sus conocimientos e intuiciones, para poder centrar la enseñanza sobre los puntos más débiles y más relevantes. En segundo lugar, para los agentes que se encargan de determinar y secuenciar los contenidos que han de trabajarse en los diferentes cursos escolares, o para las editoriales, en quienes se confía para implementar en la práctica los contenidos propuestos en el currículo, para que los adapten a las características de una sociedad que demanda, cada vez más, ciudadanos con un alto nivel de formación científica.

En este sentido, tanto los conocimientos acertados encontrados en los distintos grupos de edad, como los errores generalizados y que son, en definitiva, los obstáculos que han de superarse para una adecuada enseñanza de los microorganismos, pueden servir como punto de partida a las personas y entidades implicadas en la organización y secuenciación de contenidos de ciencias, en la educación primaria. Sobre esta base, podría abordarse, con más facilidad, el modo de reducir la distancia entre estos conocimientos y los científicamente aceptados, al tiempo que proponer actividades, recursos o representaciones más ajustadas a las necesidades reales.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido parcialmente financiada por el Ministerio de Educación, Cultura y Deportes, a través del programa de formación de profesores universitarios FPU14/05751.

REFERENCIAS

- AINSWORTH, S. E., PRAIN, V. y TYLER, R. (2011). Drawing to learn in science. *Science*. 333 (6046), pp. 1096-1097. <https://doi.org/10.1126/science.1204153>.
- ALLEN, M. (2010). *Misconceptions in Primary Science*. Berkshire: McGraw-Hill.
- ARGÜELLES, T., GARCÍA, R. y AGRAMONTE, A. (2005). El dibujo como exponente de las percepciones sobre la enfermedad en niños y niñas con diabetes mellitus. *Revista Cubana de Endocrinología*, 17(1). <http://scielo.sld.cu/pdf/end/v17n1/end03106.pdf>.
- BANDIERA, M. (2007). Micro-organisms: Everyday knowledge predates and contrasts with school knowledge. En R. Pintó y D. Couso, D. (eds.), *Contributions from science education research*, pp. 213-224. Dordrecht: Springer https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5032-9_16.
- BEDARD, N. (2003). *Cómo interpretar los dibujos de los niños*. Barcelona: Editorial Sirio S.A.
- BOE (2014). Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la educación primaria.
- BRANDI, A. (2014). *Ciencias de la Naturaleza. 3.º Primaria. Proyecto saber hacer*. Madrid: Santillana.

- BROOKS, M. (2005). Drawing as a unique mental development tool for young children: interpersonal and intrapersonal dialogues. *Contemporary issues in Early Childhood Education*, 6(1), pp. 80-91. <https://doi.org/10.2304/ciec.2005.6.1.11>.
- BYRNE, J. (2011). Models of Micro-organisms: Children's knowledge and understanding of micro-organisms from 7 to 14 years old. *International Journal of Science Education*, 33(14), pp. 1927-1961. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.536999>.
- BYRNE, J. y GRACE, M. (2010). Using a Concept Mapping Tool with a Photograph Association Technique (CoMPAT) to Elicit Children's Ideas about Microbial Activity. *International Journal of Science Education*, 32(4), pp. 479-500. <https://doi.org/10.1080/09500690802688071>.
- BYRNE, J., GRACE, M. y HANLEY, P. (2009). Children's anthropomorphic and anthropocentric ideas about micro-organisms. *Journal of biological education*, 44(1), pp. 37-43. <https://doi.org/10.1080/00219266.2009.9656190>.
- BYRNE, J. y SHARP, J. (2006). Children's ideas about micro-organisms. *School Science Review*, 88(322), pp. 71-79. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2104605>.
- DE MARINIS, S. (coord.) (2008). *Ciencias naturales. Los microorganismos: para el alumno*. Buenos Aires: Ministerio de Educación.
- DE PRO, A. y PÉREZ, A. (2014) Actitudes de los alumnos de Primaria y Secundaria ante la visión dicotómica de la Ciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), pp. 111-132. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1015>.
- DÍAZ, R., LÓPEZ, R., GARCÍA, A., ABUÍN, G., NOGUEIRA, E. y GARCÍA, J. A. (1996). ¿Son los alumnos capaces de atribuir a los microorganismos algunas transformaciones de los alimentos? *Enseñanza de las ciencias*, 14(2), pp. 143-153. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=94844>.
- DOCM (2014). Decreto 54/2014, de 10/07/2014, por el que se establece el currículo de la educación primaria en la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha.
- ERGAZAKI, M., SALTAPIDA, K. y ZOGZA, V. (2010). From Young children's ideas about germs to ideas shaping a learning environment. *Research in Science Education*, 40(5), pp. 699-715. <https://doi.org/10.1007/s11165-009-9140-2>.
- FACCIO, E., COSTA, N., LOSASSO, C., CAPPA, V., MANTOVANI, C., CIBIN, V., ANDRIGHETTO, I. y RICCI, A. (2013). What programs work to promote health for children? Exploring beliefs on microorganisms and on food safety control behavior in primary schools. *Food control*, 33(2), pp. 320-329. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.03.005>.
- GALERA, M. y RUIZ-GALLARDO, J. R. (2016). Influencia de Concept Cartoons en la motivación y resultados académicos de los estudiantes. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(3), pp. 419-440. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2015.v12.i3.03.
- GILLEN, A. L. y WILLIAMS, R. P. (1993). Dinner date with a microbe. *American Biology Teacher*, 55(5), pp. 268-274. <https://doi.org/10.2307/4449658>.
- GÓMEZ, R. y VALBUENA, R. (2014a). *Ciencias de la Naturaleza. 3.º Primaria. Aprender es crecer*. Madrid: Anaya.
- GÓMEZ, R. y VALBUENA, R. (2014b). *Ciencias de la Naturaleza. 5.º Primaria. Aprender es crecer*. Madrid: Anaya.
- GÓMEZ, R., y VALBUENA, R. (2015). *Ciencias de la Naturaleza. 4.º Primaria. Aprender es crecer*. Madrid: Anaya.
- GOODNOW, J. (2001). *El dibujo infantil*. Madrid: Ediciones Morata.

- GRENCE, T. (2015a). *Ciencias de la Naturaleza. 4.º Primaria. Proyecto saber hacer*. Madrid: Santillana.
- GRENCE, T. (2015b). *Ciencias de la Naturaleza. 5.º Primaria. Proyecto saber hacer*. Madrid: Santillana.
- HANDELSMAN, J., TIEDJE, J., ALVAREZ-COHEN, L., ASHBURNER, M., CANN, I. K. O., DELONG, E. F. y RILEY, M. (2007). The new science of metagenomics: revealing the secrets of our microbial planet. *Nat Res Council Report*, 1.
<https://doi.org/10.17226/11902>.
- HARMS, U. (2002). Biotechnology education in schools. *Electronic Journal of Biotechnology*, 5(3), pp. 205-211.
<https://doi.org/10.2225/vol5-issue3-fulltext-i03>.
- HARVEY, R., CHAMPE, P. y FISHER, B. (2008). *Microbiología*. Barcelona: Wolters Kluwer.
- HILGE, C. y KATTMANN, U. (2003). The significance of microbes for biology teaching – A study of scientific students' conception. Documento presentado en la 4.ª Conferencia ESERA. Holanda: Noordwijkerhout.
- JONES, M. G. y RUA, M. J. (2006). Conceptions of germs. Expert to novice understandings of microorganisms. *Electronic Journal of Science Education*, 10(3). https://www.researchgate.net/publication/253940083_Conceptions_of_Germs_Expert_to_Novice_Understandings_of_Microorganisms.
- KARANDON, H. D. y SAHIN, N. (2010). Primary school students' basic knowledge, opinions and risk perceptions about microorganisms. *Procedia Social and Behavioural Sciences*, 2, pp. 4398-4401.
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.700>.
- KELLOGG, R. T. (2008). Training writing skills: A cognitive developmental perspective. *Journal of writing research*, 1(1), pp. 1-26.
<https://doi.org/10.17239/jowr-2008.01.01.1>.
- KREES, G. y VAN LEEUWEN, T. (2006). *Reading images*. Londres: Routledge.
- MAFRA, P., LIMA, N. y CARVALHO, G. S. (2015). Experimental Activities in Primary School to Learn about Microbes in an Oral Health Education Context. *Journal of Biological Education*, 49(2), pp. 190-203.
<https://doi.org/10.1080/00219266.2014.923485>.
- MAXTED, M. A. (1984). *Pupils' prior beliefs about bacteria and science processes: Their interplay in school science laboratory work* (Unpublished MA thesis). University of British Columbia. <https://open.library.ubc.ca/cIRcle/collections/ubctheses/831/items/1.0096380>.
- NAGY, M. H. (1953). The representation of germs by children. *Journal of Genetic Psychology*, 83, pp. 227-240.
<https://doi.org/10.1080/08856559.1953.10534089>.
- OSBORNE, R. y FREYBERG, P. (1985). *Learning in Science. The Implications of Children's Science*. Auckland: Heinemann Education.
- PROUT, A. (1985). Science, health and everyday knowledge: A case study about the common cold. *European Journal of Science Education*, 7(4), pp. 399-406.
<https://doi.org/10.1080/0140528850070408>.
- PUEYO, I., HIDALGO, A. J., GONZÁLEZ, M., PEÑA, A., NAVARRO, A. y LÓPEZ, S. (2015). *Natural Science. 5 primary. Savia*. Madrid: SM.
- RIACH, M. (2014). *Natural Science Byme Primary 4*. Zaragoza: Edelvives
- RIACH, M. y SHAW, D. (2014). *Natural Science Byme Primary 5*. Zaragoza: Edelvives
- SÁINZ, A. (2006). *El arte infantil: Conocer al niño a través de sus dibujos*. Madrid: Eneida.
- SANDERSON, H. (2014). *Natural Science Byme Primary 3*. Zaragoza: Edelvives

- SIMONNEAUX, L. (2000). A study of pupils' conceptions and reasoning in connection with 'microbes', as a contribution to research in biotechnology education. *International Journal of Science Education*, 6, pp. 619-644.
<https://doi.org/10.1080/095006900289705>.
- SOLIS, R. (1984). Ideas intuitivas y aprendizaje de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 2(2), pp. 83-89. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=94111>.
- SORIA, A. (2015). *Natural Science. 4th Primary. Savia*. Madrid: SM.
- SORIA, A., NAVARRO, A. y LÓPEZ, S. (2015). *Natural Science. 3th Primary. Savia*. Madrid: SM.
- VASQUEZ, E. (1985). Les representations des enfants sur les microbes. *Feuilles D'Epistemologie Appliquee et de Didactique des Sciences*, 7, pp. 31-36. <http://hdl.handle.net/2042/23202>.
- VIJAPURKAR, J. y KONDE, P. (2014). «Omne Vivum Ex Vivo»? A Study of Middle School Students' Explanations of the Seemingly Sudden Appearance of Some Life Forms. *Research in Science Education*, 44, pp. 885-902.
<https://doi.org/10.1007/s11165-014-9406-1>.

Microorganisms in Primary Education. Conceptions in children from 8 to 11 years old and influence of the textbooks

María-Isabel Ballesteros, Esther Paños

Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Facultad de Educación, Universidad de Castilla-La Mancha, Albacete (España)

MIsabel.Ballesteros@alu.uclm.es, Esther.Panos@uclm.es

José-Reyes Ruiz-Gallardo

Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Facultad de Educación. Grupo de investigación en Etnobiología, Botánica y Educación, Instituto Botánico, Universidad de Castilla-La Mancha, Albacete (España)

JoseReyes.Ruiz@uclm.es

Background: The relevance of microorganisms in the biosphere and their growing applications in different areas make them an essential content for schoolchildren. Despite this, they are inadequately addressed or even excluded in official curricula.

Although pathogenic microorganisms represent only a small proportion, research shows that students consider microorganisms as harmful agents causes of diseases, relating them to unhygienic environments.

Purpose: The study aims to find out primary school students perceptions' of microorganisms and to analyse the contents of microbiology in a sample of Science textbooks, assessing their influence on children's knowledge.

Sample: The sample consisted of 145 primary students from 3rd to 5th grade (aged 8 to 11 years old) from a public school in Albacete (Spain).

Design and method: Qualitative exploratory and descriptive study.

Data collection: Data have been collected through the use of drawings and open questions. The information of microbiology contents has been extracted from a set of 12 textbooks from four commonly used publishers.

Analysis data: Following previous researches, drawings and open questions have been categorized according to: shape, colour, location, size, function and source of information. Dimensions of each category were assigned after expert analysis of the information collected.

A comprehensive reading of the contents related to microorganisms in the textbooks allowed to establish four categories of analysis: classification of living beings, food, health and ecosystems. As complementary information and, in order to link the content information to the categories employed in drawing and open questions analysis, it was checked if each of the books included: images of microorganisms, references to their microscopic size and the possibility of living in different locations, and the functions they perform.

Findings: Findings show a negative and limited view of microorganisms, coinciding largely with the way in which this subject is approached by the different books. Students consider microorganisms, basically, as harmful agents that cause diseases in humans. Although part of the students is able to identify beneficial functions, they mainly focus on their potential to cure diseases, without providing specific details. Drawings show that most students attribute an abstract shape to microorganisms, followed by an animal form. With regard to the place these living beings can inhabit, the most chosen option is the human body, and concretely the hands.

The analysis of textbooks shows that the topic of microorganisms is mostly addressed in the 3rd grade of Primary Education as part of the contents related to the classification of living things. In the next grade, this issue is also included in the block related to health and, in some textbooks, when describing the decomposition processes in ecosystems. In the 5th grade, almost all publishers include microbiology contents in all the defined categories, although only two books expressly mention microorganisms' usefulness in food production. Functions related to diseases appear in three books.

Conclusion: Students' perceptions of microorganisms are quite negative, and focused on diseases, dirt and putrefaction. Their protective and symbiotic function in our body and other applications in food, industry and agriculture are ignored. This perception can be due to the scarcity of references in textbooks analysed. The findings can have implications for planning and sequencing the microbiology contents, in order to give a wider and more balanced view of microorganisms' harms and benefits.