



# La enseñanza de la resistencia a antibióticos desde un enfoque “One Health”

Irene González-Costa y Blanca Puig

Universidade de Santiago de Compostela, España.

[Recibido: 18 noviembre 2024; Revisado: 05 febrero 2025; Aceptado: 21 marzo 2025]

**Resumen:** La resistencia a antibióticos es una cuestión socio-científica de impacto social cuya enseñanza en el aula de ciencias desde el enfoque “Una Salud” (One Health) resulta esencial para poder actuar de forma responsable frente a este problema. Este trabajo abordó esta problemática con estudiantes de 1º de Bachillerato de un centro público de la costa occidental de Galicia, sin formación previa en dicho enfoque. La metodología fue de corte cualitativo y se centró en el análisis del discurso y modelos del alumnado en distintas actividades diseñadas para la aplicación del modelo “One Health”. Los resultados mostraron que el alumnado fue capaz de identificar acciones adecuadas para prevenir la resistencia a antibióticos en relación con las esferas “One Health” y de elaborar modelos consensuados integrando factores que forman parte de estas esferas en un contexto cercano relacionado con la infección por tuberculosis.

**Palabras clave:** resistencia a antibióticos; problemáticas socio-científicas; una salud; modelización.

## Teaching antibiotic resistance using the One Health approach

**Abstract:** This article examines the implementation of a One Health science teaching approach in secondary schools to address the socio-scientific issue (SSI) of antibiotic resistance (AR). The study involved a group of first-year senior cycle students at a public high school in a town on the west coast of Galicia (Spain) with no previous experience of the One Health approach. A qualitative methodology was used to analyse the students’ discourses and strategies in the different One Health activities conducted. Students were found to be able to identify appropriate actions for the prevention of AR across different One Health spheres and to develop models in relation to the specific context of tuberculosis infection.

**Keywords:** antibiotic resistance (AR); socio-scientific issue (SSI); One Health; modelling.

## Introducción

El uso de antibióticos para tratar infecciones ha ido creciendo con el trascurso de los años encontrándonos, en la actualidad, en una situación crítica debido a la aparición de resistencias bacterianas a estos medicamentos. Este problema se ve incrementado por acciones individuales como interrumpir el tratamiento pautado por profesionales médicos, la toma de antibióticos para tratar infecciones no bacterianas o su empleo en animales como técnica de engorde (Medina-Morales *et al.*, 2015).

La resistencia a antibióticos (RA) es considerada como una de las mayores amenazas para la salud humana en el mundo. Solo en España, se estima que el número de muertes producidas por bacterias multirresistentes es de 35000 personas al año (Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica, 2018). Además, para el año 2050, se prevé que el número de muertes debidas a este problema sea mayor que las ocasionadas por cáncer (de Kraker *et al.*, 2016). Es, por tanto, una problemática socio-científica que requiere ser trabajada en la enseñanza de ciencias con el objetivo de concienciar al alumnado y fomentar acciones responsables que permitan mitigar la RA y sus consecuencias sanitarias a nivel global e individual, siendo el enfoque “One Health” clave para lograr este fin (García *et al.*, 2023).

Este trabajo aborda un estudio de caso cuyo principal objetivo fue analizar la comprensión y percepción del alumnado de 1º BACH sobre la problemática de la RA desde una visión “One Health”, y su aplicación a un contexto relacionado con una enfermedad zoonótica. Este objetivo se concreta en tres preguntas de investigación:

- P1. ¿Cómo son los conocimientos, hábitos y creencias del alumnado de 1º BACH sobre los antibióticos y la problemática de la RA?
- P2. ¿Cuál es la capacidad del alumnado para identificar acciones concretas para prevenir la RA en las tres esferas “One Health”?
- P3. ¿Cómo son los modelos “One Health” que elaboran para explicar un problema auténtico relacionado con una enfermedad zoonótica?

## Fundamentación teórica

La adolescencia es una etapa en la que es frecuente adquirir hábitos de vida no saludables tales como fumar, el consumo de drogas o el sedentarismo, evidenciando la necesidad de promover acciones de educación para la salud (EpS) en la educación secundaria. La consideración de la EpS ha tenido, en los últimos años, un cambio significativo. Según Gavidia Catalán (2021), en la actualidad, la EpS pretende fomentar el análisis de los factores que influyen en los comportamientos de la sociedad. De esta forma y, concordando con lo propuesto por la OMS (1989), la EpS debe servir para formar ciudadanos/as críticos/as, capaces de desarrollar acciones individuales responsables en lo referente a la salud en todas sus esferas (ambiental, humana y animal).

Los estudios que analizan los contenidos de salud en educación secundaria se fundamentan en el sedentarismo y la alimentación o el consumo de drogas, destacando también la salud sexual (Ayuso-Margañón *et al.*, 2018). Para trabajar en el aula estos contenidos resulta esencial generar diseños didácticos que fomenten la acción responsable (Franco Mariscal *et al.*, 2014). Esto implica abordar cuestiones socio-científicas relacionadas con la salud que ayuden a estimular el interés y requieran la toma de decisiones (Blanco *et al.*, 2012). En la ESO destacan las propuestas que implican al alumnado en la resolución de problemas de salud mediante el enfoque basado en prácticas científicas (Aznar y Ageitos, 2023; Uskola *et al.*, 2021). Aunque existen propuestas para trabajar problemáticas de salud desde la modelización, no hay evidencia suficiente sobre cómo beneficia al desarrollo de

una visión global. En este trabajo se propone la modelización como vía para que el alumnado comprenda la problemática de la RA desde un enfoque sistémico.

Algunas de las propuestas para abordar con el alumnado problemáticas de salud proceden de organismos e instituciones científicas como el “Manual sobre educación sanitaria en educación primaria de salud” de la OMS (1989). Además, en Galicia existen programas, como UNICEF Educación (Unicef, 2020), específicos para promover hábitos saludables entre la población.

La noción “One Health” está cobrando gran importancia debido a la aparición de enfermedades emergentes, algunas ya existentes, como el ébola o la hepatitis E (Verweij y Bovenkerk, 2016) y, otras nuevas, como el COVID-19. Este término fue propuesto por la OMS en el 2017 y pretende servir para concienciar a la población sobre la interconexión entre la salud humana, animal y ambiental, que deben considerarse de forma sistémica para mejorar hábitos de salud entre la sociedad (Wilfert *et al.*, 2021).

Los estudios sobre las concepciones de los/las estudiantes de secundaria sobre RA son limitados a pesar de la importancia social que está cobrando este tema. Una investigación reciente en el contexto español muestra que el alumnado de 3º ESO es capaz de definir a los microorganismos e identificar a las bacterias como seres vivos, pero no de reconocerlos visualmente (Robredo Valgañón y Torres Manrique, 2021). Además, evidencia que los/las participantes del estudio consideran los antibióticos como medicamentos para la eliminación tanto de bacterias como de virus. Los/las estudiantes no son conscientes de la gran problemática que supone actualmente la RA. Existen también trabajos relacionados con la RA en formación de profesorado que evidencian que los conocimientos y la visión sistémica de los futuros maestros en relación con este tema son limitados (Martínez Pena *et al.*, 2024). Otro estudio sobre el uso de antibióticos realizado en Brasil, muestra que realizar actividades sobre este tema es útil para corregir ideas previas de estudiantes de 16 años (Manhães *et al.*, 2022).

Existen también proyectos, tanto estatales como internacionales, que informan a la población sobre la RA. Destacan iniciativas como la del Instituto de Salud Global de Barcelona (ISGlobal, s.f.), que acerca numerosos recursos didácticos para trabajar estos contenidos, entre los que podemos destacar el juego educativo “MicroCombat”. Además, propone cómics interactivos que informan a la población sobre las prácticas responsables para prevenir la resistencia a medicamentos o webs informativas que presentan el contenido de una forma atractiva y fácil de entender (EduCaixa, s.f.).

Entre los programas europeos destaca E-Bug, que ofrece recursos educativos clasificados por rangos de edad para promover buenos hábitos de salud entre niños/as y adolescentes (E-Bug, s.f.). A pesar del valor educativo de estas propuestas, en ningún caso, estos proyectos integran en las actividades el enfoque “One Health”. En el abordaje de esta visión destaca AmBientech, un portal educativo que pretende difundir y facilitar el aprendizaje de Ciencias, Tecnología, el medioambiente y la salud a alumnado de secundaria, bachillerato y ciclos formativos. AmBientech organiza el evento escolar ONE WORLD ONE HEALTH, un ciclo de debates y charlas destinados, entre otros, a alumnado de Secundaria y Bachillerato (AmBientech, s.f.).

Además, en el contexto de la RA existe el proyecto de ciencia ciudadana “MicroMundo” de la Universidad Complutense de Madrid, sobre la RA desde un enfoque “One Health”. El objetivo de este proyecto de aprendizaje-servicio es acercar este enfoque y la cultura científica a alumnado de centros de enseñanza secundaria y bachillerato de la Comunidad de Madrid para el fomento de vocaciones científicas STEM (Universidad Complutense de Madrid, s.f.).

En la revisión de la literatura sobre la enseñanza de temas de salud desde la perspectiva “One Health” se han podido encontrar trabajos que analizan los contenidos de salud ambiental en los libros de texto de primaria y secundaria (Carrasquer-Álvarez *et al.*, 2023). Estos suelen presentar las tres esferas que definen esta noción de forma independiente. A esto se suma que estos libros, generalmente, no contemplan las competencias en salud ambiental, tal y como destacan Carrasquer-Álvarez *et al.* (2023). Otros trabajos, que indagaban sobre los modelos mentales del alumnado relacionados con la noción de “medio ambiente”, evidencian que los/las estudiantes de secundaria no consideran que las personas influenciamos negativamente el medio que nos rodea, mostrando así que la educación ambiental en la escuela se limita a aspectos ecológicos y estéticos dejando a un lado el contexto sociocultural (Muñoz-Rodríguez *et al.*, 2019). La noción “One Health” también se ha trabajado en los últimos años desde la perspectiva de la EpS, relacionando este enfoque con la aparición de pandemias (Martínez Pena *et al.*, 2024; Uskola y Puig, 2023). Estos estudios permitieron comprobar que este contexto es efectivo a la hora de trabajar el pensamiento sistémico en el aula.

En síntesis, la información disponible en la actualidad sobre cómo concibe el alumnado de secundaria la RA es aún muy escasa, al igual que todo lo referente al enfoque “One Health”. Por otro lado, los estudios que emplean la práctica de modelización para abordar problemáticas de salud son limitados (Aznar Cuadrado y Puig, 2016). En este sentido, este TFM, que supone un acercamiento a la investigación en didáctica de ciencias, pretende ser una primera aproximación a la enseñanza de RA mediante la modelización, bajo el enfoque “One Health”.

## Metodología

### Contexto didáctico, participantes y diseño didáctico

Este estudio se llevó a cabo en un instituto público situado en un pueblo costero de Galicia, en el que el nivel socioeconómico del alumnado puede considerarse medio y su procedencia, mayoritariamente, rural. Los/las participantes fueron un grupo de alumnos/as de 1º BACH (de los itinerarios de ciencias, ciencias sociales y humanidades).

Se desarrolló una propuesta didáctica titulada “La resistencia a antibióticos desde un enfoque One Health”, compuesta por cinco actividades y un cuestionario de ideas previas. Esta secuencia adapta y amplía levemente las actividades de un diseño previo elaborado por García *et al.* (2023) (cuestionario previo y A1, A2 y A3) e incorpora dos nuevas (A4 y A5). Tres de las cinco actividades, junto con el cuestionario, se realizaron con todo el alumnado de 1º BACH y las dos últimas se llevaron a cabo, únicamente, con el alumnado de Anatomía Aplicada por cuestiones de tiempo.

**Tabla 1.** Actividades de la propuesta didáctica (las actividades A1, A2 y A3 han sido adaptadas de la propuesta García *et al.* (2023)).

Sesión	Actividad	Objetivos específicos
1	A1. El descubrimiento de la penicilina	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Explicar con sus palabras la función de los antibióticos</li> <li>• Identificar la influencia del contexto socio-histórico en el descubrimiento de la penicilina</li> </ul>
2	A2. ¿Podrían cumplirse las predicciones de Fleming?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formular hipótesis sobre la RA en base al análisis de un enunciado científico</li> <li>• Identificar factores que favorezcan la aparición de la RA</li> </ul>
	A3. Acciones contra las superbacterias	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar acciones adecuadas para prevenir la RA</li> <li>• Relacionar acciones y esferas “One Health”</li> </ul>
3	A4. El caso de Carmeliña	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar críticamente datos sobre un caso clínico en clave “One Health”</li> <li>• Establecer relaciones causales entre las esferas “One Health” para explicar un caso clínico</li> </ul>
4	A5. Modelización de la RA desde el enfoque “One Health”	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaborar un modelo “One Health” para explicar la RA en un contexto concreto</li> <li>• Usar un modelo “One Health” para argumentar las relaciones entre salud humana, animal y ambiental</li> </ul>

El enfoque didáctico de la propuesta se relaciona con un modelo de enseñanza de ciencias mediante prácticas científicas desde la perspectiva “One Health”, lo que es coherente con el actual marco curricular (Real Decreto 217/2022), que hace referencia a la importancia de aplicar este enfoque en la ESO. Sin embargo, no se vincula a temáticas de salud, sino que únicamente se menciona en el bloque de ecología y sostenibilidad siendo, por lo tanto, esta propuesta una contribución novedosa para la enseñanza de una sola salud.

Las cinco actividades de la propuesta diseñada se distribuyen en cuatro sesiones de 50 minutos de duración. La Tabla 1 muestra las diferentes actividades, así como su distribución en sesiones y los objetivos perseguidos con su realización.

Para identificar los hábitos, creencias y conocimientos del alumnado con respecto a la problemática de RA (P1) realizamos un cuestionario de ideas previas que incluía preguntas para poner en práctica el pensamiento crítico y la reflexión sobre acciones individuales y cotidianas relacionadas con el uso de antibióticos. Este cuestionario se realizó a todo el alumnado de 1ºBACH (N=54) en los días previos a la primera sesión dedicada a los contenidos de RA desde el enfoque “One Health”. En la Figura 1 se muestran las preguntas de este cuestionario (PC).

**Cuestionario previo sobre resistencia a antibióticos**

1. ¿Piensas que la resistencia a antibióticos es un problema actualmente? Explícalo con tus palabras.
2. Cuando tienes un resfriado con fiebre, ¿qué sueles hacer en primer lugar?
  - a) Intento que se me pase solo, sin tomar nada.
  - b) Intento que se me pase con analgesia, es decir, con medicamentos tales como la aspirina, el ibuprofeno...
  - c) Intento que se me pase con un jarabe a base de plantas.
  - d) Tomo un antibiótico para curarme rápido.
  - e) Llamo al médico, el sabrá qué debo hacer.
3. Con tus palabras, explica cómo piensas que funciona un antibiótico
4. ¿Has tomado antibióticos sin receta médica? ¿Sabrías indicar el nombre de alguno de ellos?
5. Ana tiene un problema de cistitis y, después de un tiempo tomando antibióticos, el médico afirma que existe resistencia. ¿Piensas que esto supone que, aunque Ana supere la enfermedad esta vez, su cuerpo se volvió resistente y que, si vuelve a padecer cistitis, el antibiótico no funcionará? ¿Es el cuerpo de Ana el que se volvió resistente? Explícalo brevemente.
6. Mi médico me ha recetado un antibiótico que debo tomar durante 4 días para tratar una infección bucal. Este problema ya me apareciera anteriormente y tengo una caja de antibióticos que me sobraron. Aunque no es exactamente igual, es un antibiótico para lo mismo. ¿Qué harías?
  - a) Compró una nueva caja del antibiótico que me ha recetado el médico y sigo el tratamiento.
  - b) Termino la caja de antibióticos que tengo en casa.
  - c) Combino el que tenía con uno nuevo para que me sobre y tener así una nueva reserva de antibiótico por si aparece de nuevo este problema.
  - d) No sigo el tratamiento porque me encuentro mejor y el antibiótico me dio efectos secundarios.
7. Mi amigo Xulio se hizo un corte en un dedo. Fue al médico y este le indicó que tomase un antibiótico para tratar una posible infección. El otro día salí con Xulio y estaba angustiado porque piensa que no es bueno tomar el antibiótico porque este podría dejarlo sin defensas. ¿Qué opinas?

**Figura 1.** Preguntas del cuestionario de ideas previas sobre RA.

Fuente: adaptado de García, *et al.* (2023)

Las respuestas escritas se analizaron y clasificaron en función de la modalidad de BACH cursada. Se recogieron un total de 15 respuestas de estudiantes del itinerario de ciencias; 34 de ciencias sociales y 5 de humanidades. Dividimos dichas respuestas en tres dimensiones: “conocimientos”, “hábitos” y “creencias”, para responder a la P1.

Para abordar la P2 y la P3 se analizaron las actividades A3, A4 y A5 (Tabla 1).



La A3 se propuso para que el alumnado identificase las acciones adecuadas para prevenir la RA y las relacionase con las tres esferas “One Health”. En esta actividad se propusieron 16 acciones para que los/las participantes, individualmente, indicaran si eran favorables o no para prevenir la RA y las englobaran en alguna de las esferas “One Health”. La Figura 2 muestra el planteamiento de esta actividad.

Acciones	Si/No	Esfera One Health
1. Evitar el uso de antibióticos cada vez que estemos enfermos		
2. Sustituir los antibióticos por terapias alternativas como la homeopatía		
3. Reducir el uso de antibióticos animales destinados a consumo humano		
4. Administrar antibióticos solo a personas enfermas con fiebre		
5. Introducir cambios en la cría de animales como mejoras en la higiene y condiciones de amontonamiento		
6. Promover/aumentar la vacunación como medida preventiva frente a enfermedades infecciosas		
7. Desarrollar nuevos antimicrobianos a partir de plantas		
8. Usar antibióticos solo para prevenir enfermedades infecciosas que pueden ser muy contagiosas		
9. Reducir el consumo de carne procedente de macrogranjas		
10. Reducir la movilidad humana entre países		
11. Administrar antibióticos para prevenir enfermedades a animales sanos de la misma cabaña		
12. Proteger la biodiversidad		
13. Usar antibióticos solo como último recurso para el tratamiento de infecciones víricas en humanos		
14. Disminuir el contacto humano con especies animales silvestres		
15. Tomar antibióticos solo mientras presente síntomas de la enfermedad		
16. Abastecer de antibióticos a países del tercer mundo que carecen de recursos para tratar enfermedades infecciosas		

**Figura 2.** Actividad 3 (A3). Fuente: adaptado de García *et al.* (2023)

Se recogieron las respuestas escritas para analizarlas posteriormente. El análisis de dichas respuestas individuales permitió abordar la P2.

La A4 consistió en un caso clínico auténtico relacionado con la infección por tuberculosis que el alumnado analizó de forma crítica desde el enfoque “One Health”. La actividad requería establecer relaciones causales entre las tres esferas “One Health” para explicar el caso clínico. Este diseño está basado en un trabajo previo desarrollado en el grupo de investigación RODA (Aznar Cuadrado y Puig, 2016) en el que se exploraron los conocimientos de futuros/as docentes sobre la infección por tuberculosis. Trabajaron en tres pequeños grupos con el fin de poder debatir sus respuestas a las siete preguntas formuladas. La Figura 3 muestra las preguntas y contextos de esta actividad.

La A4 se realizó, por cuestiones de tiempo, únicamente con un grupo de 14 estudiantes de Anatomía Aplicada (N=14), de diferentes itinerarios de Bachillerato. En la Figura 4 se muestra al grupo 3 resolviendo el caso.

La A5 consistió en una actividad de modelización que pretendía que los/las participantes elaborasen un modelo “One Health” para explicar la RA en un contexto determinado, siendo este el caso clínico trabajado en la A4. Además, se pretendía que aplicasen este modelo para argumentar las relaciones entre salud humana, animal y ambiental.

El análisis de las respuestas escritas y de las grabaciones orales de la A4 y A5 permitió abordar la P3.

Carme tiene 18 años y vive en una aldea del ayuntamiento de Cee. A Carme le gusta mucho la naturaleza y emplea su tiempo libre en ayudar en las tareas de la granja de sus padres. A esta granja ha llegado, en el mes de octubre de 2022, una vaca seleccionada genéticamente para la cría, procedente de otra granja situada en Ourense. Esta vaca era muy valiosa para los granjeros, ya que aseguraba una descendencia de gran productividad cárnica y también en lo referido a la producción de leche. A esta vaca la llamaron Carmeliña y era ella la encargada de abastecer de leche a la familia de Carme, quién la ordeñaba todas las mañanas. Carmeliña se puso enferma recientemente. Perdió mucho peso, no comía y se sentía débil. Además, presentaba dificultad para respirar y tos seca. El veterinario identificó signos de neumonía y una inflamación evidente de los ganglios linfáticos. Todos estos signos clínicos hacen sospechar al veterinario de que Carmeliña padece tuberculosis (una infección producida por la bacteria *Mycobacterium bovis*), lo que confirma con las pruebas pertinentes.




Para intentar solucionar el problema, el veterinario pauta un tratamiento antibiótico durante una semana. Pasado este tiempo, los síntomas no remitían, por lo que los padres de Carme deciden llamar de nuevo al veterinario. Este les comunica que, tristemente, los antibióticos pautados no estaban funcionando.



**Pregunta 2 y 3:** ¿Por qué pensáis que ocurre esto? ¿Qué solución propondrías para lidiar con este problema?

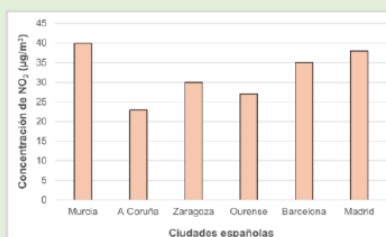
**Pregunta 1:** ¿Cómo pensais que se infectó Carmeliña? Esquematiza el proceso

Actualmente, el veterinario sigue buscando soluciones para acabar con la tuberculosis de Carmeliña pero la familia tiene ahora una mayor preocupación: Carme se puso enferma. Hace unos días que presenta sudores nocturnos y fiebre. Además, perdió el apetito, lo que le hizo bajar preocupantemente de peso.



**Pregunta 4:** ¿Pensáis que es posible que esto tenga relación con lo que le ocurrió a Carmeliña? En caso de respuesta afirmativa indicad cómo creéis que ocurrió y, en caso de respuesta negativa, explicad por qué pensáis que no es posible

En Madrid, Sabela, de 18 años, se contagió del mismo patógeno que Carme en su reciente viaje a Galicia. A pesar de esto, los médicos afirman que Sabela tiene un peor pronóstico para superar la enfermedad que Carme



**Pregunta 5:** Teniendo en cuenta el gráfico anterior, ¿por qué pensáis que Sabela tendrá más problemas para superar la tuberculosis que Carme?

Un grupo de biólogas y biólogos de la Universidad de Santiago de Compostela están realizando estudios de suelo en las inmediaciones de la granja en la que vive Carmeliña. Se sorprenden al descubrir en estas inmediaciones restos del antibiótico que el veterinario le recetara a Carmeliña.



**Preguntas 6 y 7:** Ayudadles a estas biólogas y biólogos a buscarle una explicación a esto. ¿Cómo pensáis que se pudo producir? ¿Puede tener este descubrimiento consecuencias para otros seres vivos?

**Figura 3.** Actividad 4 (A4). Fuente: autoras



**Figura 4.** Grupo de estudiantes de Anatomía Aplicada resolviendo el caso clínico (A4). Tomada por: autora 1

## Recogida y análisis de datos

Los datos recogidos incluyeron los informes escritos de las actividades desarrolladas y los modelos elaborados por el alumnado. Además, se recogieron datos orales de las interacciones grupales y de los debates en aula usando grabadoras de voz. El proceso de análisis de datos para cada pregunta de investigación requirió la lectura sucesiva de las respuestas escritas y la escucha de grabaciones orales, siendo el método de análisis para cada pregunta el que se detalla a continuación.

Para la P1 se analizó de forma cualitativa el contenido de las respuestas escritas del cuestionario de ideas previas. Dichas respuestas se agruparon en categorías que surgieron en interacción con los datos, siguiendo un procedimiento de análisis de tipo deductivo.

Para la P2 se analizó cuantitativamente el contenido de las respuestas escritas a la A3 teniendo en cuenta las acciones seleccionadas como favorables para combatir la pandemia de la RA y también la esfera (o esferas) en la que englobaban cada acción. Las respuestas se agruparon en categorías no definidas previamente, en función de la esfera “One Health” en la que situaban cada acción, siendo las siguientes: 1) esfera humana; 2) esfera animal; 3) esfera ambiental; 4) esfera humana+ esfera animal; 5) esfera humana+ esfera ambiental; 6) esfera animal+ esfera ambiental; 7) todas las esferas; 8) no clasifica.

En el caso de la P3, se analizaron cualitativamente tanto los modelos elaborados por los alumnos/as de Anatomía Aplicada, como las grabaciones orales tomadas en el aula. Los modelos de la A5 se contrastaron con las respuestas a la A4. Estas últimas se compararon con las respuestas de referencia escolar establecidas previamente por las autoras. La Tabla 2 muestra dichas respuestas.

**Tabla 2.** Respuestas de referencia de la A4. Elaborado por autoras.

Pregunta	Respuesta de referencia
1. ¿Cómo piensas que se infectó Carmeliña? Esquematiza el proceso	<pre> graph LR     A[Vacas de la granja de Cee] -- patógeno --&gt; C[Carmeliña]     B[Vacas de la granja de Ourense] -- patógeno --&gt; C     D[Vacas que viajan en el mismo transporte que Carmeliña] -- patógeno --&gt; C           </pre>
2. ¿Por qué piensas que ocurre esto?	Porque la bacteria causante de la infección se volvió resistente a los antibióticos
3. ¿Qué solución propondrías para lidiar con este problema?	Usar un antibiótico diferente para el que <i>Mycobacterium bovis</i> no adquirió resistencia
4. ¿Piensas que es posible que esto tenga relación con lo que le pasó a Carmeliña?	Si, puede ser un caso de zoonosis
5. ¿Por qué piensas que Sabela tendrá más problemas para superar la tuberculosis que Carme?	Debido a que la salud respiratoria de Sabela está comprometida por la alta concentración de gases contaminantes de la ciudad en la que vive
6. ¿Cómo piensas que se pudo producir?	Los antibióticos llegan al ambiente por las sustancias de deshecho generadas en la granja, tales como excrementos u orina
7. ¿Puede tener consecuencias para otros seres vivos?	Si, otros seres vivos pueden adquirir la cepa de <i>Mycobacterium bovis</i> resistente a antibióticos y tener problemas para superar la tuberculosis

Para el análisis de la A5 se utilizaron los datos de las grabaciones orales, con el objetivo de comprobar su comprensión sobre el modelo “One Health” y el modo en que argumentan las relaciones entre las diferentes esferas. También, se analizaron los modelos elaborados y las respuestas escritas en base a estos.



A continuación, se compararon las respuestas de los/las participantes con el modelo de referencia, que se muestra en la Figura 5.

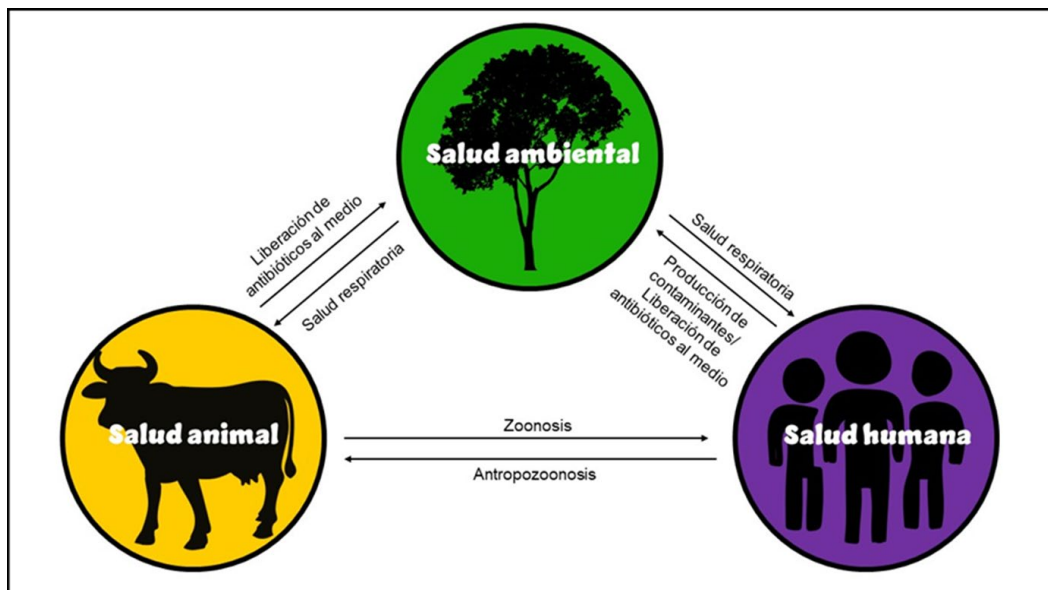


Figura 5. Modelo de referencia para la A5. Fuente: autoras

## Resultados

### Conocimientos, hábitos y creencias sobre la problemática de la RA

En este apartado se presentan los resultados de la P1, atendiendo a tres dimensiones: “conocimientos”, “hábitos” y “creencias”.

Dimensión “conocimientos”: El análisis del conocimiento de los/las participantes sobre la RA se centró en el ítem número tres del cuestionario de ideas previas (PC3). Las respuestas a esta pregunta se distribuyeron en cuatro categorías (excelente, bien, mal, NS/NC). Los resultados se muestran en la Figura 6.

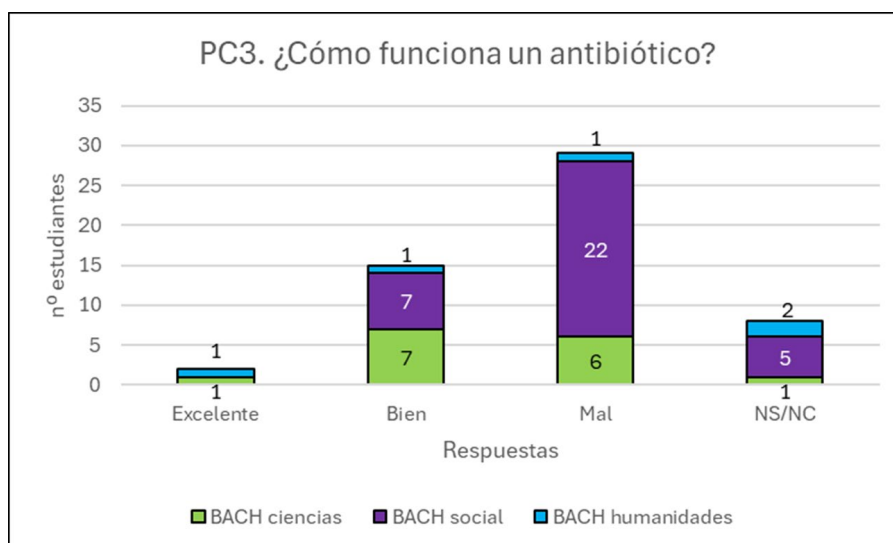


Figura 6. Respuestas de los estudiantes a la PC3

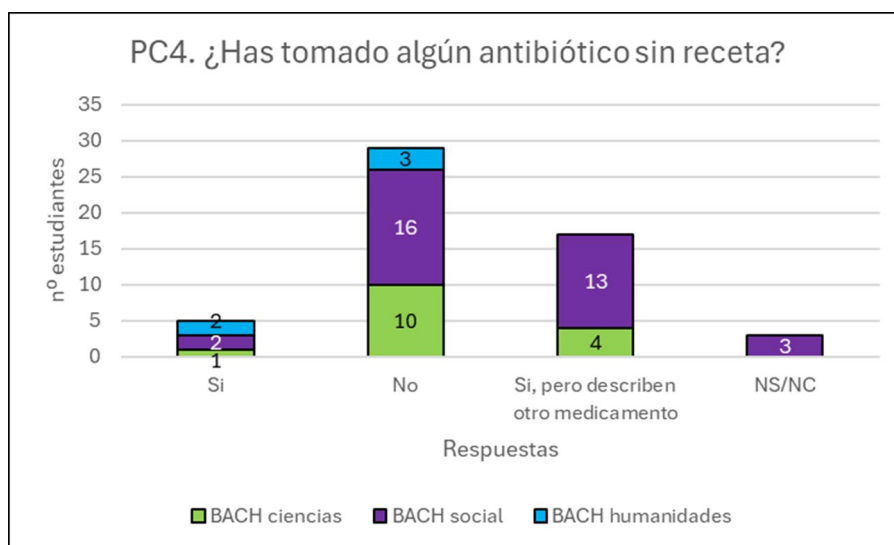
Las respuestas de siete de los/las 15 estudiantes de ciencias se englobaron en la categoría “bien”. Solo se codificaron en este grupo siete de las 34 respuestas de los/las alumnos/as de ciencias sociales y una de las cinco de humanidades. Es también relevante que las respuestas de dos alumnos, uno de la modalidad de ciencias y otro de humanidades, se incluyeron dentro de la categoría “excelente”, empleando términos tales como “antibiograma” o “especificidad bacteriana” en sus contestaciones. Predominó la idea de antibiótico como analgésico para eliminar la sensación de dolor. Los resultados parecen mostrar que la mayoría de este grupo de estudiantes no fue capaz de explicar cómo funciona un antibiótico.

Dimensión “hábitos”: El análisis de esta dimensión se centró en la PC2, PC4 y PC6, relacionadas con hábitos de consumo de antibióticos.

En lo que se refiere a la PC2, la mayoría del alumnado de ciencias (9 de los 15) escogió la opción “intento que se me pase solo” de darse la situación de padecer un resfriado con fiebre, frente a las modalidades de ciencias sociales y humanidades, donde una pequeña proporción optó por esta opción. En el primer caso, siete de un total de 34 alumnos/as y, en el segundo, uno de cinco. La respuesta mayoritaria por parte de este alumnado fue “intento que se me pase con analgesia” (22 de los 34 de ciencias sociales y tres de los cinco de humanidades). Del alumnado de ciencias, solo eligieron esta opción cinco de los/las 15 estudiantes.

La opción “tomo un antibiótico para que se me pase rápido” fue escogida por un único alumno, de la modalidad de ciencias sociales.

Los resultados de la PC4 indican que la mayoría no toma antibióticos sin que se los recete un/a profesional médico/a. Estos resultados se muestran en la Figura 7.

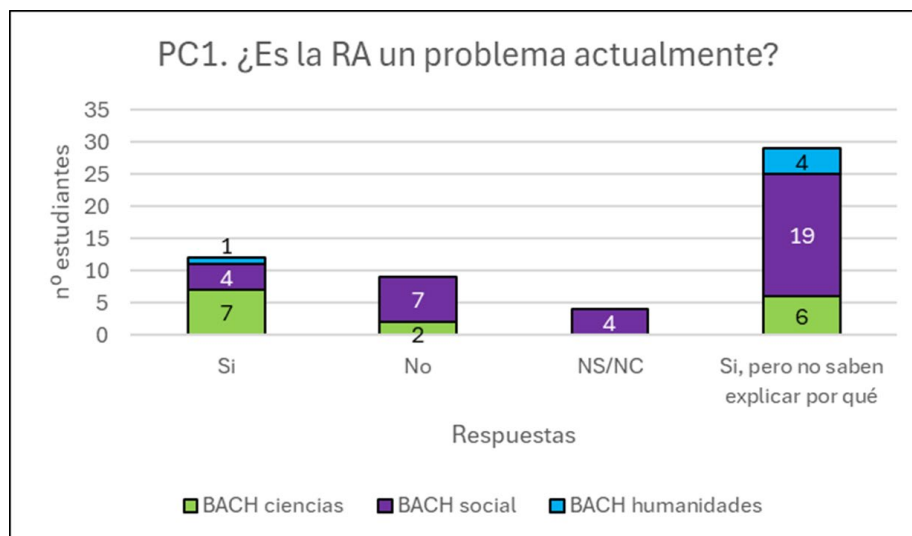


**Figura 7.** Respuestas de los estudiantes a la PC4

En concreto, 10 de los/las 15 estudiantes del itinerario de ciencias; 17 de los/las 34 de ciencias sociales y tres de los/las cinco de humanidades respondieron de esta forma.

En la PC6, la mayoría respondió “compro una caja nueva de antibiótico” en lugar de reutilizar la caja de antibióticos que utilizaron para tratar una infección previa. Escogieron esta opción 9 de los/las 15 estudiantes de ciencias; 28 de los/las 34 de ciencias sociales y cuatro de los/las cinco de humanidades.

Dimensión “creencias”: Se analizan posibles creencias sobre la RA que emergen en las respuestas a las PC1, PC5 y PC7. La Figura 8 muestra los resultados de la PC1.



**Figura 8.** Respuestas de los estudiantes a la PC1

La mayoría respondió afirmativamente, es decir, identificaron la RA como un problema actual, argumentando sus respuestas una pequeña proporción: siete de los/las 15 alumnos/as de ciencias; cuatro de los/las 34 de ciencias sociales y uno de los/las cinco de humanidades.

El análisis de las respuestas a la PC5 mostró que parte de los/las participantes identificó erróneamente la RA como generada por el propio organismo dado que respondieron afirmativamente a la pregunta “¿es el cuerpo de Ana el que se volvió resistente?” seis de los/las 15 estudiantes de ciencias; 20 de los/las 34 de ciencias sociales y tres de los/las cinco de humanidades.

La PC7 analizó la opinión de los/las estudiantes en relación con si los antibióticos son tratamientos que bajan las defensas. La mayoría opinó que los antibióticos bajan las defensas pero que deben tomarse siguiendo las recomendaciones médicas. Dentro de esta categoría se incluyeron las respuestas de 9 de los/las 15 estudiantes de ciencias; 24 de los/las 34 de ciencias sociales y cuatro de los/las cinco de humanidades.

En síntesis, el análisis del cuestionario mostró que el alumnado difiere en sus conocimientos y creencias según la modalidad de Bachillerato cursada. Además, se detectaron concepciones erróneas relacionadas con la RA.

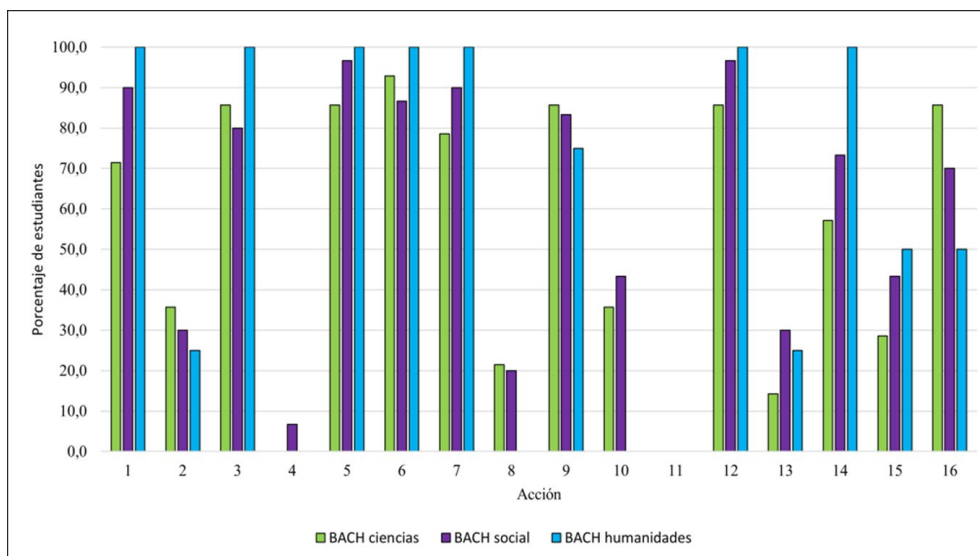
### **Acciones “One Health” para prevenir la RA**

En este apartado se desarrollan los resultados de la P2 (¿Cuál es la capacidad del alumnado para identificar acciones concretas para prevenir la RA en las tres esferas “One Health?”).

Se analizaron las respuestas escritas de los/las estudiantes de 1º BACH a la A3 recogiendo un total de 48 respuestas (N=48) de las que 14 se corresponden con estudiantes de ciencias; 30 de ciencias sociales y 4 de humanidades.

La actividad presentaba 16 acciones individuales para actuar contra la RA que los/las participantes tenían que identificar como adecuadas o no, y relacionarlas con las esferas “One Health”.

La Figura 9 muestra las acciones identificadas como adecuadas por el alumnado, expresadas en porcentajes en relación con el total de alumnos/as de cada especialidad.



**Figura 9.** Porcentaje de estudiantes que eligen cada acción como favorable para prevenir la RA

Las acciones en las que se encontraron mayores diferencias son la uno, en la que respondieron “sí, es adecuada”, un 71,4% de los/las estudiantes de ciencias (10 de 14), un 90% de los/las alumnos/as de ciencias sociales (27 de 30) y un 100% de los/las de humanidades (4 de 4); y la 14, que marcaron como adecuada un 53,3% de los/las estudiantes de ciencias (8 de 15), un 73,3% de los/las de ciencias sociales (22 de 30) y un 100% de los/las de humanidades (4 de 4).

La Tabla 3 resume los resultados del análisis de las relaciones establecidas por los/las alumnos/as entre las acciones proporcionadas y las esferas “One Health”, comparando sus respuestas con las de referencia, establecidas previamente por las autoras. Las categorías establecidas hacen referencia a una única esfera o a la combinación de dos o tres.

Esfera “humana”: Los/las estudiantes englobaron, predominantemente, en esta esfera las acciones uno y 16.

Esfera “animal”: Se englobó, mayoritariamente, en esta esfera la acción cinco.

Esfera “ambiental”: La mayoría de los/las participantes incluyeron en esta categoría la acción siete existiendo, en este caso, grandes diferencias en las respuestas, pues esta acción es la única en la que fueron marcadas todas las categorías posibles (salvo la referida a salud animal) por algún/una estudiante.

Esfera “humana+ animal”: Se incluyeron en esta categoría, mayoritariamente la acción seis (que también engloban en la esfera humana); la acción 9 (incluida también en la categoría referida a las tres esferas, sobre todo por alumnado de ciencias); y la acción 14.

Esfera “humana+ animal+ ambiental”: Los/las alumnos/as categorizaron dentro de las tres esferas “One Health”, predominantemente, la acción 12, siendo también significativo el número de alumnos/as que englobaron dicha acción dentro de la categoría referida a la esfera ambiental.

Se observaron diferencias en la consideración de algunas de estas acciones como “usar antibióticos cada vez que estemos enfermos” o “disminuir el contacto humano con

especies animales silvestres” como adecuadas en función del itinerario de Bachillerato cursado. En términos generales, la clasificación de las diferentes acciones en las esferas “One Health” por parte del alumnado se ajusta a la establecida por las autoras.

**Tabla 3.** Respuestas de referencia y respuestas del alumnado a la A3. Elaborada por autoras.

Acciones	Adecuada/ No	Esfera(s) referencia	Esfera(s) alumnos
1. Evitar el empleo de antibióticos cada vez que estemos enfermos	Adecuada	Humana	Humana
2. Substituir los antibióticos por terapias alternativas tales como la homeopatía	No adecuada	-	-
3. Reducir el uso de antibióticos animales destinados al consumo humano	Adecuada	Humana+ animal	Humana/humana+ animal
4. Administrar antibióticos solo a personas enfermas con fiebre	No adecuada	-	-
5. Introducir cambios en la cría de animales como mejoras en la higiene y condiciones de hacinamiento	Adecuada	Humana+ animal	Animal
6. Promover/aumentar la vacunación como medida preventiva frente a enfermedades infecciosas	Adecuada	Humana+ animal	Humana/ Humana+ animal
7. Desarrollar nuevos antimicrobianos a partir de plantas	Adecuada	Humana+ ambiental	Ambiental
8. Emplear antibióticos solo para prevenir enfermedades infecciosas que pueden ser muy contagiosas	No adecuada	-	-
9. Reducir el consumo de carne procedente de macrogranjas	Adecuada	Humana	Humana+ animal/ Todas las esferas
10. Reducir la movilidad humana entre países	Adecuada	Humana	-
11. Administrar antibióticos para prevenir enfermedades a animales sanos de la misma cabaña	No adecuada	-	-
12. Proteger la biodiversidad	Adecuada	Todas	Todas las esferas/ ambiental
13. Usar antibióticos solo como último recurso para el tratamiento de infecciones víricas en humanos	No adecuada	-	-
14. Disminuir el contacto humano con especies animales silvestres	Adecuada	Humana+ animal	Humana+ animal
15. Tomar antibióticos solo mientras presentes síntomas de la enfermedad	No adecuada	-	-
16. Abastecer de antibióticos países del tercer mundo que carecen de recursos para tratar enfermedades infecciosas	Adecuada	Humana+ animal	Humana

### Aplicación del modelo “One Health” en un caso práctico sobre tuberculosis

En este apartado se desarrollan los resultados de la P3 (¿Cómo son los modelos “One Health” que elaboran para explicar un problema auténtico relacionado con una enfermedad zoonótica?).

Se analizaron los tres modelos elaborados por los grupos, siendo el foco de atención, en primer lugar, los factores de las tres esferas “One Health” que seleccionaron y, en segundo lugar, las relaciones causa-efecto que establecieron para relacionar estas esferas. Además, se tuvo en cuenta si establecían relaciones uni o bidireccionales. Estos modelos



se presentan ordenados de mayor a menor similitud con el modelo de referencia (Figura 5). La Tabla 4 muestra los resultados del grupo 3, que elaboró el modelo más completo (Figura 10).

**Tabla 4.** Resultados de la A5 del grupo 3

Grupo 3				
ESFERAS	Humana	Animal	Ambiental	
Humana	-	Antibióticos innecesarios	Contaminación (NO <sub>2</sub> y antibióticos)	Factores
Animal	Enfermedad zoonótica	-	Antibióticos Heces	
Ambiental	NO <sub>2</sub>	Antibióticos	-	
Humana	-	El ser humano aporta antibióticos a animales de forma innecesaria	El ser humano contamina el medio ambiente, causando daños en este último	Relaciones causa-efecto
Animal	Las enfermedades infecciosas de animales pueden pasar a humanos	-	Los antibióticos permanecen en el ambiente debido a que están contenidos en las heces, pudiendo ser adquiridos por otros animales	
Ambiental	El NO <sub>2</sub> puede causar enfermedades respiratorias en humanos	Los antibióticos del ambiente (a donde llegaron mediante heces) son adquiridos por otros animales	-	
Humana	-	Unidireccional	Unidireccional	Uni/ Bidireccional
Animal	Unidireccional	-	Unidireccional	
Ambiental	Unidireccional	Unidireccional	-	



**Figura 10.** Modelo elaborado por el grupo 3

Tanto el grupo 3 como el grupo 2 fueron capaces de elaborar un modelo que incluía las tres esferas “One Health” para explicar el caso clínico de la A4. La Tabla 5 muestra el análisis del modelo elaborado por el grupo 2 (Figura 11), siendo este el segundo más completo.

Tabla 5. Resultados de la A5 del grupo 2

Grupo 2				
ESFERAS	Humana	Animal	Ambiental	
Humana	-	Enfermedades Heces/Residuos	Producción de gases nocivos	Factores
Animal	Enfermedades Heces/Residuos	-	Heces/ residuos	
Ambiental	Contaminación ambiental	Contaminación ambiental	-	
Humana	-	La enfermedad y los residuos afectan a animales y personas y viceversa	Las personas producen gases nocivos que contaminan el ambiente	Relaciones causa-efecto
Animal	Las enfermedades y los residuos afectan a animales y personas y viceversa	-	Los residuos pasan al ambiente y lo contaminan	
Ambiental	La contaminación ambiental afecta al bienestar del sistema respiratorio	La contaminación ambiental afecta al bienestar del sistema respiratorio	-	
Humana	-	Bidireccional	Bidireccional	Uni/ Bidireccional
Animal	Bidireccional	-	Bidireccional	
Ambiental	Bidireccional	Bidireccional	-	

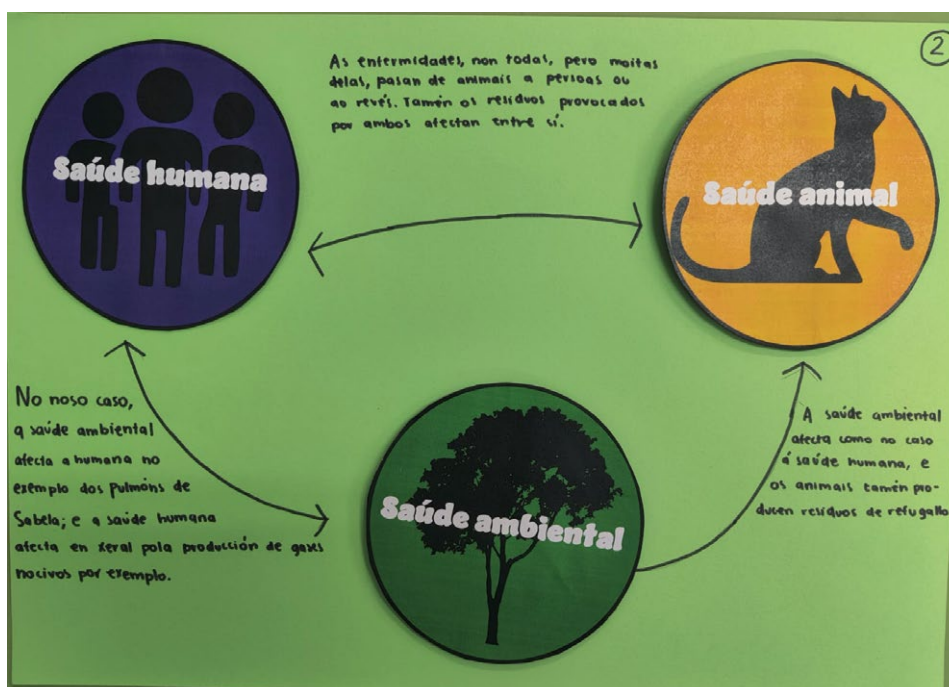


Figura 11. Modelo elaborado por el grupo 2

Por el contrario, el grupo 1 tuvo dificultades para elaborar un modelo contextualizado, presentando un modelo “One Health” general (Figura 12). Los resultados derivados del su análisis se recogen en la Tabla 6.

**Tabla 6.** Resultados de la A5 del grupo 1

Grupo 1				
ESFERAS	Humana	Animal	Ambiental	
Humana	-	Caza indiscriminada	Contaminación del medio	Factores
Animal	Ingesta de animales “contaminados”	-	Especies invasoras	
Ambiental	Impactos del cambio climático	Cambios en los ecosistemas	-	
Humana	-	La caza indiscriminada de animales puede llevarlos a la extinción	Los seres humanos contaminamos el medio ambiente causando daños en este último	Relaciones causa-efecto
Animal	Si los animales están “contaminados” y los ingerimos, enfermamos	-	Las especies que migran a “otro medio” pueden causar efectos negativos sobre este	
Ambiental	Subida del nivel del mar, temperaturas más altas. etc., producen daños al ser humano	El deterioro del medio ambiente produce cambios en los ecosistemas	-	
Humana	-	Unidireccional	Unidireccional	Uni/ Bidireccional
Animal	Unidireccional	-	Unidireccional	
Ambiental	Unidireccional	Unidireccional	-	



**Figura 12.** Modelo elaborado por el grupo 1

El análisis de la adecuación con el modelo de referencia se resume en las siguientes líneas. El grupo 3 elaboró el modelo más completo y respondió correctamente a cinco de las siete preguntas de la A4.

En su respuesta a la pregunta dos y tres pudo apreciarse que identificaron la RA como un fenómeno generado por el propio organismo (Figura 13).

**Preguntas 2 e 3:** Por que pensas que ocorre isto? Que solución propoñerías para lidiar con este problema? *Porque tomou antibióticos nunha cantidade ou momento inadecuado e xerou resistencia a eles. Para solucionalo cambiaría os antibióticos a uns máis fortes, ou outro tipo de tratamentos, e en caso de non funcionar, poderíase sacrificar.*

**Figura 13.** Respuesta del grupo 3 a las preguntas dos y tres de la A4

En el análisis del debate oral se observó que una alumna relacionó la aparición de la RA con el hecho de que la vaca estaba modificada genéticamente, a diferencia de otros miembros del grupo, que atribuyeron esta resistencia a un exceso en el consumo de antibióticos.

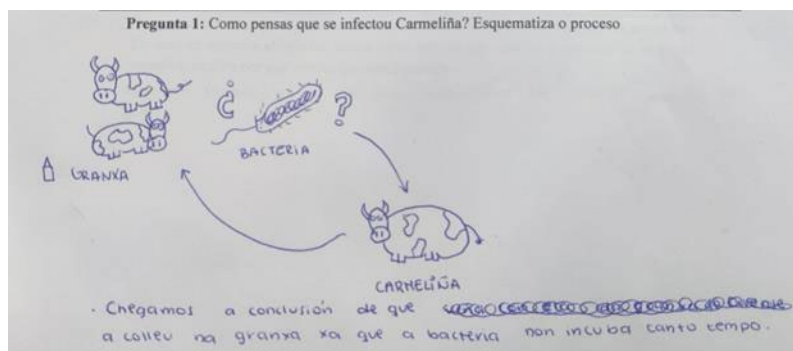
Otro aspecto relevante es cómo interpretaron la presencia de los antibióticos suministrados a la vaca en el ambiente. Unos son partidarios de que el antibiótico llega a este último de forma directa y otros que este contamina el suelo por los residuos del animal. La respuesta final se muestra en la Figura 14.

**Preguntas 6 e 7:** Axúdalles aos biólogos e biólogas a buscarlle unha explicación a isto. Como pensas que se puido producir? Pode ter este achado consecuencias para outros seres vivos? *Cando ilo estaba dando caeu ao chan e por eso quedaron restos. Pode ter consecuencias para seres vivos pequenos que non precisan dese antibiótico e tamén poden <sup>xerar</sup> ~~crear~~ resistencia a eles.*

**Figura 14.** Respuesta del grupo 3 a las preguntas seis y siete de la A4

Parecen concluir que el antibiótico cayó al suelo, contaminando el ambiente y que este contribuyó a la RA de “seres vivos pequeños”.

El grupo 2 elaboró el segundo mejor modelo. Analizando las respuestas escritas de este grupo a la A4 se observó que respondieron correctamente a seis de las siete preguntas. Destaca la discusión a la pregunta 1 en la que existió discrepancia sobre si la bacteria que causa la tuberculosis (*Mycobacterium bovis*) puede incubarse o no. La Figura 15 muestra la respuesta escrita de este grupo a esta pregunta.



**Figura 15.** Respuesta escrita del grupo 2 a la primera pregunta de la A4



El grupo 1, aunque contestó adecuadamente todas las preguntas de la A4, no fue capaz de elaborar un modelo “One Health” en este contexto concreto.

### **Conclusiones e implicaciones educativas**

Se presentan las conclusiones, organizadas en base a las tres preguntas de investigación, y las implicaciones educativas derivadas de este estudio.

#### **Conocimientos, hábitos y creencias que manifiesta el alumnado partícipe sobre la problemática de la RA**

En lo referente a la dimensión “conocimientos” se encontraron diferencias en función del itinerario de Bachillerato cursado. Los/las estudiantes de ciencias respondieron de forma satisfactoria a preguntas como la PC3, mostrando un mayor nivel de conocimientos sobre el funcionamiento de los antibióticos que alumnos/as de ciencias sociales o humanidades. Estos resultados eran esperables dado que la problemática de RA se había abordado previamente en el presente curso (Real Decreto 157/2022). El alumnado que no optó por cursar Biología, Geología y Ciencias Ambientales tuvo su primer contacto con estos contenidos durante esta propuesta.

En la dimensión “hábitos”, la mayor parte de los/las participantes manifestaron pautas de consumo responsable de antibióticos. La mayoría afirmó no tomar estos medicamentos sin que se los recetara un/a médico/a. Se pudo identificar en sus respuestas cierta confusión entre antibióticos y analgésicos de uso frecuente (ibuprofeno, aspirina, paracetamol...), lo que ya se evidenciara en estudios previos sobre problemáticas de salud (Robredo Valgañón y Torres Manrique, 2021).

En la dimensión “creencias”, comprobamos que la mayoría consideró la RA un problema, pero no todos/as fueron capaces de dar argumentos. El alumnado de ciencias mostró una mayor capacidad para argumentar sus respuestas frente al de ciencias sociales y humanidades. Los/las participantes que argumentaron sus respuestas científicamente sin ayuda ni guía del profesorado recurrieron a los conocimientos aprendidos previamente sobre la RA. Estudios previos de argumentación destacan que el alumnado de secundaria es capaz de argumentar de forma científica si practica cómo hacerlo (Revel Chion *et al.*, 2021). Generalmente, los/las estudiantes que aportan argumentos científicos en sus respuestas se alejan de creencias que no se relacionan con la realidad (García *et al.*, 2023).

Además, gran parte los/las participantes identificaron el consumo de antibióticos como un factor que contribuye a bajar las defensas. No es posible concluir si identifican estas defensas con anticuerpos o microbiota mediante el análisis de sus respuestas, aspecto que requiere seguir investigándose.

#### **Acciones “One Health” para prevenir la RA**

Los resultados de la P2 permiten concluir que no existen diferencias significativas entre las acciones elegidas por el alumnado de ciencias, ciencias sociales y humanidades para prevenir la RA. La mayoría de las acciones consideradas son adecuadas y también las esferas en las que las engloban. Sin embargo, algunas acciones como la 10 (reducir la movilidad humana entre países) no fueron escogidas por la mayoría para reducir la RA. Aunque la pandemia del COVID-19 evidenció que los agentes patógenos pueden distribuirse a escala global, esto no parece tener impacto entre los/las estudiantes. Además, cabe destacar que las acciones concretas tuvieron mayor aceptación que las acciones globales, lo que relacionamos con una falta de pensamiento sistémico (Martínez-Pena *et al.*, 2024). Acciones como la 8 (uso de antibióticos para prevenir infecciones), la 13 (uso de



antibióticos para tratar infecciones víricas) y la 15 (tomar antibióticos solo mientras presente síntomas de la enfermedad) no fueron identificadas como adecuadas de forma general. Esto muestra un comportamiento responsable a la hora de consumir estos medicamentos, lo que pudimos confirmar con el análisis de la dimensión hábitos, ya comentada. Estos resultados son coherentes con los obtenidos en estudios previos (Robredo Valgañón y Torres Manrique, 2021).

Pudimos comprobar, además, que terapias alternativas tales como la homeopatía, no tienen un uso generalizado entre el alumnado, puesto que una baja proporción eligió la acción dos como adecuada para prevenir la RA. Esto contrasta con lo señalado por Uskola (2016) en un trabajo con estudiantes de 4º del Grado de Educación Primaria, que muestra que los/las futuros/as docentes creen en la eficacia de los productos homeopáticos.

En conclusión, los/las participantes fueron capaces de identificar acciones favorables para prevenir la RA y englobarlas en las esferas “One Health” correspondientes. Esto contrasta con los resultados de un estudio en el que los/las estudiantes solo fueron capaces de identificar las causas de aparición de pandemias con la esfera humana (Puig y Uskola, 2021).

### **Aplicación del modelo “One Health” en un caso auténtico relacionado con la tuberculosis**

Los resultados de la P3 muestran que la mayoría de los/las participantes supo relacionar la problemática de la RA con un caso auténtico relacionado con la tuberculosis y también vincular este último con las tres esferas “One Health”. Cabe destacar que en el grupo que elaboró el modelo más completo (grupo 3), predominaba la idea alternativa, también presente en estudios previos (García *et al.*, 2023; Martínez-Pena *et al.*, 2024), de que es el cuerpo el que se vuelve resistente a los antibióticos en lugar de las bacterias. Por el contrario, el grupo 1, que diseñó un modelo generalizado y no ajustado al contexto propuesto, no mostró ideas alternativas a la hora de abordar el caso clínico.

Como implicaciones educativas destacamos que la problemática de la RA requiere ser trabajada de forma interdisciplinar para poder desarrollar una visión sistémica que integre contenidos de diferentes materias. El hecho de que la RA sea trabajada exclusivamente con alumnado de ciencias no fomenta que, desde las escuelas, se estén formando ciudadanos/as alfabetizados/as en salud con capacidad para poder prevenir la RA, problema que ya ha sido acuñado como la pandemia silenciosa. Además, prácticas científicas como la modelización en clave “One Health” son importantes tanto para explicar como para entender la RA, tarea que resultó compleja para el alumnado de este estudio. En esta propuesta, se optó por involucrar a los/las participantes en la modelización de la RA en un contexto como el de la tuberculosis. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos sugerimos, en futuros diseños, que el alumnado se involucre previamente en el análisis de las esferas y de sus interacciones en contextos concretos para luego participar en la modelización en un contexto real.

### **Agradecimientos**

A Raquel de la Torre y a sus estudiantes, por permitirnos llevar a cabo esta propuesta en sus aulas. Esta publicación es parte del proyecto SOS Con-ciencia (Pensamiento crítico para la acción ante desafíos socio-científicos emergentes en la educación científica), PID2022-138166NB-C21/AEI/501100011033/FEDER, UE.

## Referencias bibliográficas

- AmBientech. (s.f.). *One Health: Una sola salud animal, humana y medioambiental*. DOI: <https://ambientech.org/one-health>
- Ayuso-Margañón, R., Molina-Garuz, M. C., y Medina-Moya, J.-L. (2018). La promoción de salud en la escuela como estrategia para el abordaje de la cronicidad en España. *HORIZONTE SANITARIO*, 18(1).
- Aznar Cuadrado, V., y Puig, B. (2016). ¿Qué conocimientos movilizan un grupo de futuros docentes para elaborar el modelo de infección por tuberculosis? *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 13(2), 264–278. DOI: [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2016.v13.i2.04](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2016.v13.i2.04)
- Aznar, V., y Ageitos, N. (2023). Epidemias que no se pueden olvidar. *Alambique Didáctica de Las Ciencias Experimentales*, 112, 34–40.
- Blanco, Á., España, E., y Rodríguez Mora, F. (2012). Contexto y enseñanza de la competencia científica. *Revista Alambique*, 70, 9–18.
- Blanco-Anaya, P., Justí, R., y Díaz de Bustamante, J. (2017). Challenges and opportunities in analysing students modelling. *International Journal of Science Education*, 39(3), 377–402. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1286408>
- Carrasquer-Álvarez, B., Ponz-Miranda, A., y Gavidia Catalán, V. (2023). Las competencias en salud ambiental en los libros de texto. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 20(1). DOI: [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2023.v20.i1.1301](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i1.1301)
- de Kraker, M. E. A., Stewardson, A. J., y Harbarth, S. (2016). Will 10 Million People Die a Year due to Antimicrobial Resistance by 2050? *PLOS Medicine*, 13(11), e1002184. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002184>
- E-Bug. (s.f.) . <https://www.e-bug.eu/es-es>
- EduCaixa. (s.f.). *Superhéroes contra superbacterias*. Recuperado de: [https://educaixa.org/microsites/IS\\_Global/Superheroes\\_contra\\_superbacterias/](https://educaixa.org/microsites/IS_Global/Superheroes_contra_superbacterias/)
- Franco Mariscal, A. J., Blanco López, Á., y España Ramos, E. (2014). El desarrollo de la competencia científica en una unidad didáctica sobre la salud bucodental. Diseño y análisis de tareas. *Enseñanza de Las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 32(3), 649–667. DOI: <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1346>
- Fundación Lilly, y FECYT. (2020). *Enseñando ciencia con ciencia*. Recuperado de: <https://www.fecyt.es/publicaciones/ensenando-ciencia-con-ciencia>
- García, A., Puig, B., y Uskola, A. (2023). Resistencia a antibióticos, ¿la próxima pandemia? *Alambique: Didáctica de Las Ciencias Experimentales*, 14–19.
- Gavidia-Catalán, V. (2021). Alfabetización en salud en la escuela. *Innovación Educativa*. DOI: <https://doi.org/10.15304/ie.31.7949>
- ISGlobal. (s.f.). *ISGlobal. Micro-Combat*. Recuperado de: <https://www.isglobal.org/micro-combat>
- Justí, R. (2006). *La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos*. *Enseñanza de Las Ciencias*, 24(2). DOI: <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3798>
- Manhães, L. D. S. B., Azeredo, M. D. F., y Crespo, N. D. de O. (2022). *Estratégias de Educação em Saúde Relacionadas à Resistência Bacteriana aos Antibióticos*. *Revista*

- Insignare Scientia - RIS*, 5(4), 198–218. DOI: <https://doi.org/10.36661/2595-4520.2022v5n4.12926>
- Martínez Pena, I., Uskola Ibarluzea, A. y Puig, B. (2024). ¿Cuál es la noción de Resistencia a Antibióticos del profesorado en formación desde el enfoque “One Health”? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 21(2), 2603. DOI: [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2024.v21.i2.2603](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2024.v21.i2.2603)
- Medina-Morales, D. A., Machado-Duque, M. E., y Machado-Alba, J. (2015). Resistencia a antibióticos, un crisis global. *Revista Médica de Risaralda*, 21(1). Recuperado de: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0122-06672015000100013](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-06672015000100013)
- Muñoz-Rodríguez, J. M., Morales-Romo, N., y De Tapia-Martín, R. (2019). Implicaciones socio-educativas para un desarrollo sostenible a partir de modelos mentales de representación del medio ambiente. *Pedagogía Social Revista Interuniversitaria*, 34. DOI: [https://doi.org/10.7179/PSRI\\_2019.34.09](https://doi.org/10.7179/PSRI_2019.34.09)
- Pan American Health Organization, y Organización Mundial de la Salud. (1989). *Institutional Repository for Information Sharing*. Educación Para La Salud: Manual Sobre Educación Sanitaria En Atención Primaria de Salud.
- Puig, B., y Uskola, A. (2021). Understanding Pandemics Such as COVID-19 through the Lenses of the “One Health” Approach. *Sustainability*, 13(23), 13389. DOI: <https://doi.org/10.3390/su132313389>
- Revel Chion, A., Díaz Guevara, C. A., y Adúriz-Bravo, A. (2021). Argumentación científica escolar y su contribución al aprendizaje del tema «salud y enfermedad». *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 18(3), 1–20. DOI: [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2021.v18.i3.3101](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i3.3101)
- Robredo Valgañón, B., y Torres Manrique, C. (2021). ¿Es consciente el alumnado de secundaria de la trascendencia de los microorganismos y la problemática sobre la resistencia a los antibióticos? *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 18(3), 1–19. DOI: [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2021.v18.i3.3301](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i3.3301)
- Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica (2018). “Más de 35.000 personas mueren cada año con infecciones causadas por bacterias multirresistentes”. Recuperado de: <https://www.infosalus.com/salud-investigacion/noticia-mas-35000-personas-mueren-ano-espana-infecciones-bacterias-multirresistentes-estudio-seimc-20180517142125.html>
- Soto Alvarado, M. B., Couso Lagarón, D., y López Simó, V. (2018). Una propuesta de enseñanza-aprendizaje centrada en el análisis del camino de la energía “paso a paso.” *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 16(1), 1–10. DOI: [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2019.v16.i1.1202](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i1.1202)
- Unicef. (2020). *Unicef. Educación En Salud*. Recuperado de: <https://www.unicef.es/educacion/salud>
- Universidad Complutense de Madrid. (s.f.). *Proyecto MicroMundo*. Recuperado de: <https://www.ucm.es/small-world-initiative/proyecto>
- Uskola, A., Burgoa, B., y Maguregi, G. (2021). Integración del conocimiento científico y de la capacidad argumentativa en tomas de decisión sobre temas sociocientíficos. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 18(1), 1–21. DOI: [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2021.v18.i1.1101](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1101)

- Uskola Ibarluzea, A. (2016). *¿Los productos homeopáticos pueden ser considerados medicamentos? Creencias de maestras/os en formación. Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias.*, 1(3), 574–587. DOI: [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2016.v13.i3.05](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2016.v13.i3.05)
- Uskola, A., y Puig, B. (2023). Development of Systems and Futures Thinking Skills by Primary Pre-service Teachers for Addressing Epidemics. *Research in Science Education*, 53(4), 741-757. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11165-023-10097-7>
- Verweij, M., y Bovenkerk, B. (2016). Ethical Promises and Pitfalls of OneHealth. *Public Health Ethics*, 9(1), 1–4. DOI: <https://doi.org/10.1093/phe/phw003>
- Wilfert, L., Brown, M. J. F., y Doublet, V. (2021). OneHealth implications of infectious diseases of wild and managed bees. *Journal of Invertebrate Pathology*, 186, 107506. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jip.2020.107506>