

Investigación basada en el diseño para la promoción de *Criticality*: una propuesta *Una Salud*

Irene González-Costa 

Departamento de Didácticas Aplicadas. Universidad de Santiago de Compostela, España.
irenegonzalez.costa@usc.es

Blanca Puig 

Departamento de Didácticas Aplicadas. Universidad de Santiago de Compostela, España.
blanca.puig@usc.es

Paloma Blanco-Anaya 

Departamento de Didácticas Aplicadas. Universidad de Santiago de Compostela, España.
paloma.blanco@usc.es

[Recibido: 4 junio 2025, Revisado: 28 julio 2025, Aprobado: 01 octubre 2025]

Resumen: La investigación basada en el diseño es una herramienta útil para formar al profesorado en el diseño, implementación y evaluación de situaciones de aprendizaje para el desarrollo de pensamiento crítico para la acción (*criticality*) en contextos socio-científicos complejos como los relacionados con *Una salud*. En este artículo se muestra su aplicación en el rediseño de una situación de aprendizaje tras su puesta en práctica en un aula de 3º de educación secundaria obligatoria de un instituto público de Santiago de Compostela por un profesor de ciencias en formación. Del análisis de los resultados de esta primera implementación se perfila la integración de las prácticas de *ser*, *pensar* y *actuar* de forma crítica por parte de alumnado de secundaria. Los resultados de este estudio reflejan una situación de aprendizaje mejorada en cuyo diseño e implementación participan docentes de ciencias de secundaria en formación, lo que deriva en beneficios formativos en materia de *criticality* para estos.

Palabras clave: Criticality; Investigación Basada en Diseño; Microbiota; Pensamiento crítico; Una Salud.

Design-based research for the promotion of Criticality: a One Health proposal

Abstract: Design-based research is a useful tool for training teachers in the design, implementation, and evaluation of learning situations for the development of critical thinking for action (*criticality*) in complex socio-scientific contexts such as those related to One Health. This article shows its application in the redesign of a learning situation after its implementation in a 9th-grade classroom at a public high school in Santiago de Compostela (Spain) by a science teacher in training. The analysis of the results of this first implementation outlines the integration of thinking, being, and acting critically by secondary school students. The results of this study reflect an improved learning situation in which secondary science teachers in training participate in the design and implementation, resulting in educational benefits in terms of *criticality* for them.

Keywords: Criticality; Design-based research; Microbiota; Critical thinking; One Health.

Para citar este artículo: González-Costa, I., Puig, B. y Blanco-Anaya, P. (2026) Investigación basada en el diseño para la promoción de *Criticality*: una propuesta *Una Salud*. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 23(1), 1801. http://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2026.v23.i1.1801

Introducción

A pesar de la importancia del rol docente en la enseñanza del pensamiento crítico (en adelante PC) en el aula de ciencias, la capacitación del profesorado en el diseño y transferencia de actividades destinadas a este fin son todavía emergentes. En particular,

desde una visión de PC para la acción acorde a la noción de *criticality*. Esta noción, propuesta por Barnett (1997) defiende que, para ser pensador crítico, no basta con pensar de forma argumentada y razonada, sino que, además, es necesario reflexionar y actuar críticamente.

Formar pensadores críticos es una tarea que requiere de tiempo, instrucción y de una práctica sostenida, siendo imprescindible instruir al profesorado en este sentido. La investigación basada en diseño (en adelante IBD) puede ser una herramienta útil para orientar a docentes en formación en la noción de PC (Cobo-Huesa et al., 2021), y en el desarrollo de diseños que se puedan transferir al aula durante su formación inicial y una vez comiencen a ejercer su profesión.

Las cuestiones socio-científicas (en adelante CSC) son contextos idóneos para fomentar la práctica de PC (Franco-Mariscal, 2024; Solbes, 2013) y, por lo tanto, para su aprendizaje en el aula de ciencias. Entre estos contextos destacamos los problemas de salud, cuya enseñanza sistémica y acorde a la visión *Una Salud* -la cual explica la interdependencia entre la salud humana, la salud animal y la salud ambiental- podría facilitar la práctica de PC por el alumnado (Martínez-Pena et al., 2024). Si bien estos trabajos en CSC se han centrado más en analizar los desempeños del alumnado en PC mediante prácticas científicas (Franco et al., 2018), que en el diseño de situaciones de aprendizaje (SA en adelante) y su enseñanza para la acción crítica y reflexiva.

Este artículo aplica la metodología de la IBD al diseño de una SA sobre la microbiota desde un enfoque *Una Salud* e implica al profesorado de ciencias de secundaria en formación en el diseño y evaluación de esta SA, promoviendo su mejora para lograr un diseño final que permita la práctica efectiva de *criticality*.

Marco teórico

Pensamiento crítico para la acción en contextos socio-científicos

El PC se ha ido consolidando como línea de investigación en didáctica de las ciencias, siendo objeto de estudio desde perspectivas y contextos diversos. Desde la IBD, estudiar el PC con prácticas como el conocimiento didáctico del contenido (Cobo-Huesa et al., 2021); la resolución de problemas; el trabajo de laboratorio (Crujeiras-Pérez y Jiménez-Aleixandre, 2018); y el desarrollo de prácticas científicas en CSC (Cano-Iglesias y Franco-Mariscal, 2024), cobra un papel esencial en la actual era de la postverdad.

Según Couso y Márquez (2024), el PC engloba un conjunto de procesos, tanto cognitivos como metacognitivos, que incluyen la acción y las emociones que permiten evaluar el conocimiento considerando el contexto en el que se desarrolla. Existe una visión compartida entre los educadores científicos en considerar el PC una competencia multidimensional que engloba una serie de habilidades relacionadas con la argumentación y la competencia ciudadana (Bargiela et al., 2022). Sin embargo, la forma de concebir su práctica y los procesos mediante los cuales se puede desarrollar de forma óptima en el aula de ciencias varían según el contexto, el marco y la noción de PC de la que se parta. Esta idea resulta clave en el contexto de la IBD, que implica la transferencia de PC al diseño, implementación y evaluación de propuestas didácticas para su enseñanza y aprendizaje efectivo.

El desempeño de PC puede variar en nivel de dificultad y habilidades a desplegar en un contexto de resolución de un problema de salud bien definido frente a un contexto de salud abierto y de ciencia en acción como el de este artículo, que relaciona la salud con la microbiota. Es en estos contextos complejos y de alta incertidumbre donde se pone en evidencia que el PC no puede restringirse exclusivamente a un tipo de pensamiento lógico o racional (Vincent-Lancrin et al., 2019), ya que implica otros procesos y formas de razonamiento, algunos cognitivos o metacognitivos, como la autorregulación y otros de carácter más actitudinal (Couso y Márquez, 2024).

Este estudio se enmarca en una visión de PC como una práctica necesaria para poder llevar a cabo acciones críticas responsables y “conscientes” basadas en un pensamiento racional, reflexivo e independiente frente a cuestiones complejas que integren valores y emociones. Esta visión es coherente con la noción de *criticality* propuesta por Barnett (1997), quien sostiene que, para que una persona sea crítica, ha de ser algo más que “pensadora crítica”, siendo imprescindible la acción. Ser una persona crítica, según la noción de *criticality* engloba participar en estas tres dimensiones: el razonamiento crítico, la reflexión crítica y la acción crítica, que se corresponden, de forma general, con el *pensar*, *ser* y *actuar* críticamente (Davies y Barnett, 2015).

En el aula de ciencias, *pensar* de forma crítica implica utilizar el razonamiento científico para generar o evaluar argumentos, lo que a su vez conlleva ser capaz de usar pruebas, aunque esto implique ir en contra de la opinión mayoritaria (Jiménez-Aleixandre y Puig, 2022). La práctica referente al *ser* hace referencia a la reflexión crítica o a la práctica consciente de PC, que según Colucci-Gray y Gray (2022) requiere ser capaz de practicar la autocrítica y de regular la propia práctica de PC. Ser una persona crítica implica, por lo tanto, reflexionar sobre nuestras propias experiencias y decisiones, siendo conscientes de cómo estas nos afectan a nosotros mismos y a la sociedad en su conjunto (Dunne, 2015). De acuerdo con Ennis (1996) el PC es una forma de pensamiento razonado y reflexivo centrado “en decidir qué creer o hacer”, por lo que este ha de implicar la acción. Sin embargo, la acción no está garantizada de acuerdo con esta definición en la que Ennis alude a la mera intención de actuar, pero no al desarrollo de la acción en sí misma, lo que si persigue la noción de *criticality*.

La acción crítica implica actuar o tomar decisiones de forma razonada, integrando valores y relacionando ideas con el mundo real, lo que moviliza tanto creencias como emociones (Jiménez-Aleixandre y Puig, 2022). La figura 1 representa las tres grandes dimensiones que integra la noción de *criticality* definidas por Davies y Barnett (2015): razonamiento, reflexión y acción crítica, y que sirven de guía para facilitar la enseñanza de PC para la acción. Se añade a la propuesta de estos autores, la distinción entre crítico/acrítico de cara a facilitar su comprensión. Hay que resaltar que existen niveles de progresión entre ambos, si bien, entender qué implica llevar a la práctica PC requiere conocer lo opuesto para luego evaluar su desarrollo.

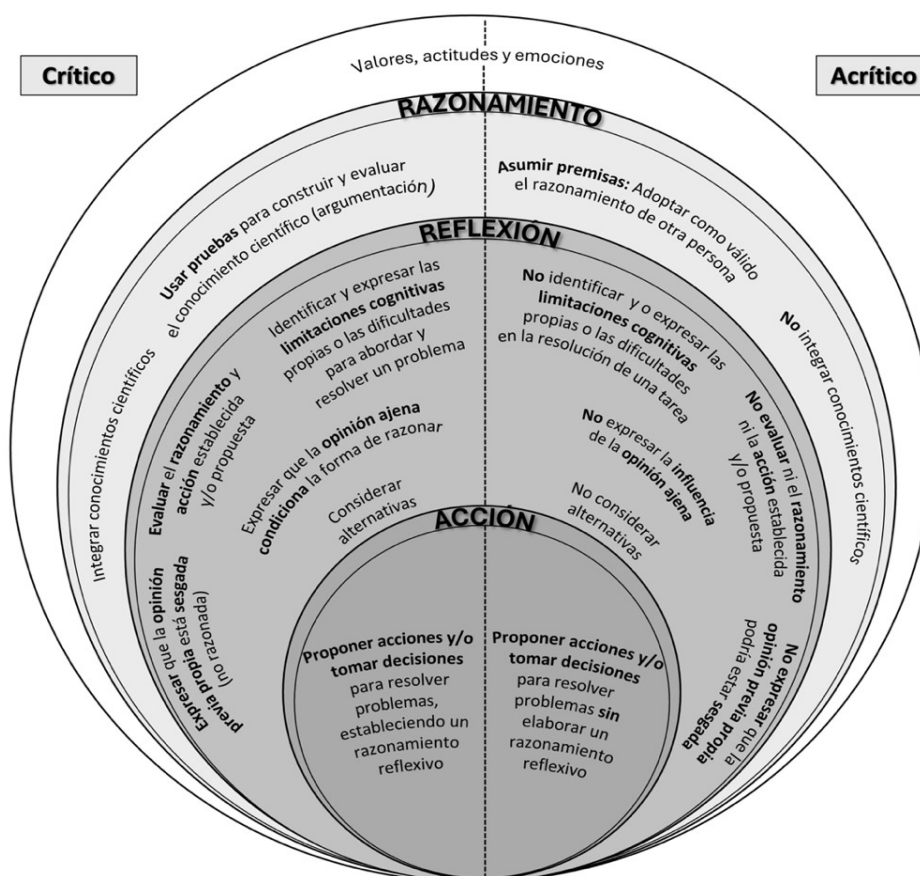


Figura 1. Esquema de la noción *criticality*. Se muestran las tres grandes dimensiones implicadas (razonamiento, reflexión y acción) y las prácticas asociadas a estas. Elaboración propia.

A pesar de que existen numerosos estudios que muestran los beneficios de los diseños sobre CSC para la enseñanza de PC (Cano-Iglesias y Franco-Mariscal, 2024; Solbes, 2013, entre otros), estos no aplican la noción de *criticality*. La IBD se considera en este trabajo una herramienta útil y apropiada para desarrollar, validar y revisar de forma iterativa SA para la aplicación de *criticality* en CSC relacionados con la salud. Además, permitiría formar al profesorado en su enseñanza, siendo esta la principal aportación de este artículo, cuyos desafíos se discuten en el siguiente apartado.

Desafíos para la práctica de *Criticality* en contextos socio-científicos *Una Salud*

La inmediatez con la que tenemos acceso a la información promueve el auge de la desinformación (Jiménez-Cano, 2017) y obstaculiza nuestra capacidad para poder pensar de forma crítica. Esta situación es especialmente preocupante en la enseñanza de problemáticas de salud, ya que un tercio de los bulos difundidos en medios digitales son sobre estas cuestiones (EFE, 2018), incluyendo la microbiota. Además, esta inmediatez digital estimula el razonamiento impulsivo y la falta de reflexión sobre los contenidos de la información difundida. Ante esta situación, la UNESCO (2020) insta a intervenir desde las escuelas para dotar de herramientas a la ciudadanía que permitan tomar decisiones responsables y razonadas. La educación científica fomenta así la argumentación científica en el aula (Kuhn, 2019), implicando al alumnado en el razonamiento crítico, la reflexión y el activismo (Zeidler, 2014) que se integran en la noción de *criticality* (figura 1).

Formar pensadores críticos requiere de tiempo y de una práctica continua (Kuhn, 2019), no es una meta alcanzable mediante intervenciones puntuales. El PC es una forma de

pensamiento lento (Vincent-Lancrin, 2021), por lo que el alumnado necesita disponer de un espacio cognitivo, personal y práctico para su adecuado desarrollo y, a su vez, de tiempo para su comprensión, la autorreflexión y la puesta en acción (Barnett, 2015). El actual currículum de educación secundaria incluye las SA (BOE, 2022), las cuales facilitan el desarrollo de PC en el aula. Pese a esto, su abordaje continúa siendo escaso debido al reto que supone su enseñanza para el profesorado (Bezanilla-Albisua et al., 2018), y la elevada carga de contenidos del currículum, que incita a un tratamiento superficial en lugar de profundo y continuado en la enseñanza de ciencias.

Integrar el PC en el aula requiere invertir tiempo y esfuerzos en formar al profesorado en su enseñanza (Vila et al., 2023). De acuerdo con Guisasola y Oliva (2020), es necesario guiar al docente en cómo enseñar a pensar de forma crítica, y esta guía ha de orientarse a la acción (González-Costa et al., 2024b), considerando la CSC en la que se pretenda practicar el PC.

La investigación sobre PC en educación superior se ha centrado más en la noción de PC que maneja el profesorado en activo y en formación y en las dificultades para su evaluación, que en el uso de estrategias docentes para su enseñanza efectiva. Sobre esto último destacan estudios como el de Vila et al. (2023), quienes proponen una serie de estrategias que capaciten al profesorado para el diseño de actividades para la práctica de PC en el aula. Trabajar con docentes que implementen el diseño es importante para lograr los objetivos marcados (Rinaudo y Donolo, 2010), en este caso en materia de PC. En concreto, esto se ha comprobado en la IBD, en la que se ha visto que la colaboración entre docentes e investigadores en el diseño influye de forma favorable en la implementación de estas actividades (Mariel-Martinenco, 2025). Además, es necesario contemplar la gran variedad de factores que influyen en la implementación de un diseño sobre el que el profesorado puede intervenir. Destacamos, por un lado, el clima de aula, las disposiciones, y estrategias metacognitivas y herramientas utilizadas por el alumnado, y, por otro lado, el contexto en el que se desarrollan los y las estudiantes, así como los recursos y el desarrollo profesional del docente (Collins, 2004).

Con respecto al clima de aula, generar un ambiente de pensadores críticos no es algo que se logre de un día para otro. El alumnado, primero, ha de poder abrazar la idea del “poder del pensamiento” en sí mismo, como destacaba Hooks (1994). Lo que esta autora denomina, “pedagogía del compromiso” y que podemos relacionar con las disposiciones de PC. Esto implica, por ejemplo, usar estrategias de enseñanza que tengan como objetivo que el alumnado recupere las ganas de pensar y de tomar decisiones por sí mismo en base a pruebas combatiendo la desinformación a la que está expuesto. Las CSC son contextos didácticos idóneos, en especial los relacionados con la salud y las problemáticas ambientales (Díaz-Moreno y Jiménez-Liso, 2012), que pueden facilitar esta meta.

Respecto al contexto, grupo o aula en la que se interviene, es importante generar oportunidades que ayuden al alumnado a desarrollar un PC independiente. Esta idea, clave en la caracterización de PC aportada por Jiménez-Aleixandre y Puig (2022), implica considerar y valorar las distintas alternativas y posturas frente a un problema, en lugar de asumir las ideas preestablecidas en el grupo o clase del que formes parte o con el que te identifiques. Además, se ha identificado que la formulación de preguntas que incitan a la reflexión y búsqueda de alternativas contribuye al desarrollo de habilidades de PC por parte del alumnado desde un punto de vista formativo (Lam et al., 2020). Un ejemplo práctico sería la evaluación de la veracidad de noticias, que permitiría proponer en el aula

estrategias y criterios para evidenciar que existen múltiples factores a considerar a la hora de aceptar o no la información (Estigarribia et al., 2022).

El razonamiento crítico es una de las tres dimensiones de la noción *criticality* (Barnett, 1997), pero ejercerlo en la era de la posverdad se ha convertido en un continuo desafío. Su práctica “consciente” resulta clave y requiere involucrar al alumnado en procesos de argumentación y/o contraargumentación en los que haya que movilizar conocimientos y/o pruebas, además de reflexionar sobre la información a analizar (Buskist y Irons, 2008), y los propios posicionamientos o sesgos (cognitivos o de otra naturaleza) que puedan presentarse a la hora de abordar un determinado problema.

La investigación basada en diseño para la formación del profesorado en *Criticality* y *Una Salud*

La IBD sostiene que el aprendizaje es situado, por lo que los diseños para el aprendizaje han de estar contextualizados (Guisasola, 2024). Según Guisasola (2024), la IBD tiene como principal objetivo analizar cómo funciona una determinada SA o una innovación educativa contextualizada que ha sido diseñada con unos objetivos concretos. Se trata de un marco sistemático que busca desarrollar y perfeccionar estrategias didácticas en aulas reales mediante ciclos iterativos que incluyen distintas fases de diseño, implementación, evaluación y revisión.

El diseño se considera un aspecto clave en la acción educativa. Mediante su experimentación e implementación colaborativa (entre docentes, investigadores y educadores científicos, etc.) en contextos reales, permite definir una serie de principios y herramientas de diseño sensibles al contexto (Jiménez-Liso et al., 2023), a la vez que formar al profesorado en este ámbito. Las investigaciones realizadas bajo este enfoque permiten abordar problemas complejos en contextos reales y tienen como principal objetivo realizar contribuciones científicas y prácticas (McKenney y Reeves, 2021).

Existen estudios previos que muestran la efectividad de IBD para la enseñanza y aprendizaje de PC empleando recursos dinámicos y contextualizados (Cobo-Huesa et al., 2021). Para lograr este objetivo, es necesario aplicar en el aula un enfoque reflexivo (Marin y Halpern, 2011) y metacognitivo (Abrami et al., 2015) que integre el PC en los objetivos de aprendizaje, siendo también relevante la componente motivacional (Cobo-Huesa et al., 2021).

Siguiendo este marco de la IBD, en este trabajo se presenta el diseño de una SA centrada en la temática de la microbiota y su relación con la salud desde un enfoque sistémico *Una Salud*. Tanto la temática, como este enfoque, han sido elegidos teniendo en cuenta estudios previos que muestran la necesidad de mejorar la formación del alumnado y del profesorado de distintas etapas sobre los microorganismos desde una mirada amplia y objetiva (González-Costa et al., 2024b) además de equilibrada en cuanto a los perjuicios-beneficios que estos organismos reportan (Ballesteros et al., 2017) desde la visión *Una Salud*. La pregunta que guía al diseño es: *¿Qué características ha de tener un diseño sobre la microbiota para el desarrollo de prácticas de criticality y la visión Una Salud?*

A pesar de que la noción *Una Salud* se incluye de forma expresa en el actual currículum de ciencias secundaria, no se ha desarrollado en SA concretas útiles para el profesorado (Martínez-Pena et al., 2024), siendo necesario generar diseños y formar a docentes en este sentido. Además, las actividades se diseñaron con el objetivo de fomentar el desarrollo de PC desde una visión coherente con la noción de *criticality*, que incluya el razonamiento en base a pruebas; la reflexión sobre los procesos de razonamiento que emergen y los factores

que intervienen en su desarrollo para resolver preguntas y problemas; y la acción o toma de decisiones crítica ante los dilemas presentados.

Metodología

La IBD permite implementar en el aula SA, reflexionar sobre estas y su proceso de implementación, así como evaluar que tan eficiente es el material generado (Guisasola, 2024; Mariel-Martinenco, 2025). Es, por lo tanto, un proceso de refinamiento progresivo (Collins, 2004) en el que el diseño va evolucionando a partir de cada puesta en práctica, pudiendo modificarse o mejorarse, si se estima, por ejemplo, que este no cubre de forma satisfactoria los objetivos de aprendizaje marcados. En este trabajo, este proceso incluyó las cuatro fases de la figura 2, cuyos resultados permitieron generar la situación de aprendizaje 2 (SA2) *Una sola microbiota*, discutida en los resultados de este artículo, partiendo de la situación de aprendizaje 1 (SA1), titulada *Explorando tu microbiota*.

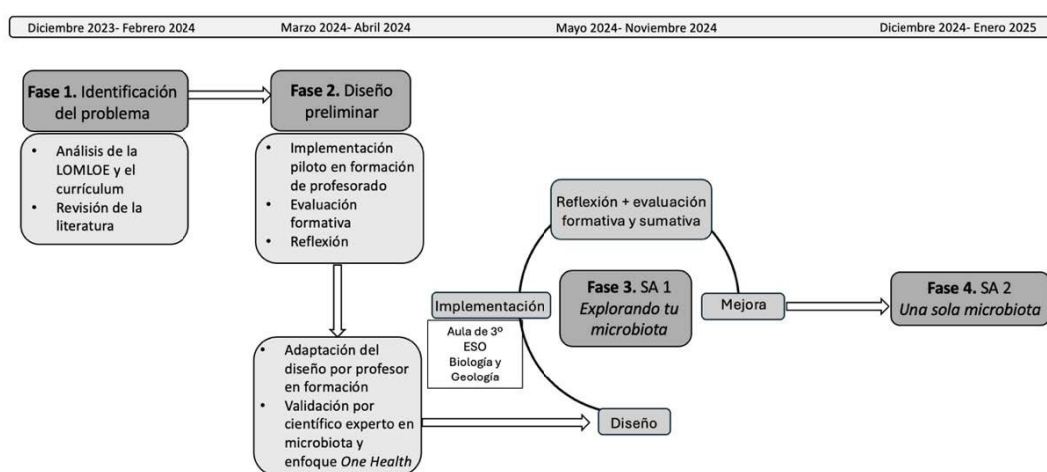


Figura 2. Esquema de las fases de la IBD seguidas para el diseño de la SA2. Elaboración propia.

Fase 1. Identificación del problema

Durante esta fase se llevó a cabo, en primer lugar, una revisión del currículum autonómico de Biología y Geología de educación secundaria (DOG, 2022), así como de la LOMLOE (*Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación*), con el objetivo de examinar la presencia del enfoque *Una Salud* y su relación con problemas de salud complejos, entre los que se encuentran la microbiota, cuya inclusión curricular también se exploró. Este análisis ha permitido evidenciar, por una parte, la necesidad de contextualizar en el aula la visión *Una Salud*, entendida como la *relación entre salud medio ambiental, humana y de otros seres vivos* (BOE, 2022) y generar SA para su adecuada comprensión. Por otra parte, se pudo comprobar que el término microbiota no se menciona de forma explícita en el currículum, a pesar de que su abordaje en el aula permite vincular saberes básicos de los bloques de *salud y enfermedad y medio ambiente y seres vivos*, en coherencia con el enfoque *Una Salud*.

En segundo lugar, se realizó una revisión de literatura sobre la enseñanza y aprendizaje de la microbiota y su relación con problemáticas de salud en revistas nacionales sobre didáctica de ciencias, así como de la enseñanza de temas relacionados con la microbiología en el aula de secundaria. Esta revisión permitió confirmar que existen algunos estudios de aula que trabajan temas vinculados con la microbiología (e.g., Ballesteros et al., 2017;

Robredo-Valgañón y Torres-Manrique, 2021), entre los que se incluye un trabajo reciente sobre la resistencia a antibióticos desde el enfoque *Una Salud* (Martínez-Pena et al., 2024). Hasta donde podemos saber, no existen investigaciones de aula sobre la microbiota que apliquen este enfoque.

En tercer lugar, se formó a un grupo de profesorado de ciencias de secundaria (N=23) que cursaba el Máster de Formación de Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato en la práctica de PC y en el enfoque *Una Salud*. El objetivo era darles herramientas para el diseño de SA para el desarrollo de PC y prácticas científicas sobre CSC, objetivo de la materia *Diseño, Planificación y Evaluación de Propuestas Didácticas en Ciencias Experimentales en la Educación Secundaria*, en la que se llevó a cabo esta formación.

Todas las tareas que componen esta fase se realizaron entre los meses de diciembre de 2023 y febrero de 2024 (figura 2), siendo el objetivo principal crear un diseño didáctico preliminar para la práctica de PC en CSC que requieran aplicar la visión *Una Salud*, como es el caso de la microbiota. Este diseño preliminar incluye cinco actividades diseñadas para fomentar el PC del alumnado y puede consultarse en González-Costa et al. (2024b).

Fase 2. Diseño preliminar

Inmediatamente después de la fase 1, durante los meses de marzo y abril de 2024 se desarrolló la fase 2, en la que se presentó el diseño preliminar al mismo grupo de alumnado de máster dentro de su formación en PC y CSC en la materia ya descrita en la fase 1. Para ello, fueron necesarias tres sesiones consecutivas de una hora y media cada una. Con el fin de conocer sus ideas iniciales y necesidades formativas en materia de PC, les pedimos que indicasen por escrito y de forma individual qué características consideraban que debería tener un diseño de actividades para poder fomentar el PC. En sus respuestas pudimos comprobar que asociaban el PC con la reflexión y análisis de la información, sin considerar la toma de decisiones o el uso de conocimientos (González-Costa et al., 2024a). A continuación, tras discutir este punto, se les presentó el diseño preliminar y se pidió analizar las actividades que forman parte de este desde el punto de vista del PC, tarea que puede ser efectiva para el desarrollo de habilidades para plantear actividades (Jiménez-Liso et al., 2023).

Esta evaluación formativa consistió en explicar de forma justificada qué actividades del diseño fomentaban el PC. También se les solicitó formular los objetivos de una actividad de su elección en términos de PC y que valorasen las prácticas científicas promovidas en el diseño. La puesta en común con la docente permitió la reflexión acerca de la noción de PC que manejaban y las características de los diseños para el PC.

Uno de los docentes participantes mostró interés en adaptar la SA para llevarla a cabo en su período de Prácticum 2 en un aula de 3º ESO de la materia de Biología y Geología siendo la autora 2 su supervisora de prácticas en el centro. Cabe destacar que este tenía una base académica en Bioquímica y, de forma paralela a su formación docente en el Máster de Profesorado de Secundaria, realizaba su tesis doctoral en medicina molecular. Disponía de un conocimiento científico especializado en temas de salud.

La adaptación del diseño permitió revisar las actividades conjuntamente (autoras y docente en formación) y acomodarlas al contexto y aula en el que se llevarían a la práctica. En

concreto, se decidió: 1) diversificar la forma de representar los datos en una de las actividades (formato tabla, gráfico de barras, líneas de tendencia, etc.) con ánimo de comprobar si alguna de las representaciones facilitaba o no la lectura e interpretación de los datos; 2) mejorar el procedimiento y el medio a utilizar para el desarrollo la práctica experimental. En concreto, usar medio LB (caldo de lisogenia) en lugar de TSA (agar tripton de soja) y usar bastoncillos estériles para la siembra de microbiota bucal y del cuero cabelludo; 3) elaborar representaciones del cuerpo humano de dos adultos, un hombre y una mujer, con sus respectivos órganos y aparatos para generar mapas de microbiota humana e ilustrar la actividad 2 (A2).

Estas modificaciones figuran en el diseño preliminar, cuyo contenido y adecuación científica fueron validados por Ignacio López-Goñi, microbiólogo y divulgador científico experto, reconocido internacionalmente en el estudio de la microbiota y en el enfoque *Una Salud*. Tras esta validación se pudo generar la SA1, *Explorando tu microbiota*.

Fase 3. SA1: *Explorando tu microbiota*

La fase 3, desarrollada entre los meses de mayo y noviembre de 2024 comprendió el diseño, implementación, reflexión, evaluación (formativa y sumativa) y mejora de la SA1.

Esta SA se llevó a cabo en el mes de mayo del 2024, en un aula de 3º ESO (11 alumnas y 16 alumnos) de un instituto público urbano de Santiago de Compostela, por el docente en formación durante su período de prácticas en el centro. Se integró dentro de la enseñanza del bloque de contenidos de salud y enfermedad de la materia de Biología y Geología. Su implementación tuvo lugar en cuatro sesiones de 50 minutos cada una, siendo la SA1 la que aparece resumida en la tabla 1.

Tabla 1. Organización de las sesiones de aula dedicadas a la implementación de la SA1. Las siglas OH se refieren a One Health (Una Salud, en inglés).

Sesiones	Actividades	Objetivos de aprendizaje	Prácticas de <i>criticality</i>
1	A1- ¿Qué sabemos sobre microorganismos y microbiota?	<ul style="list-style-type: none"> • Expresar conocimientos previos acerca de los microorganismos y la microbiota. • Razonar acerca de la relación entre microbiota y salud. 	<i>Razonamiento crítico:</i> <ul style="list-style-type: none"> - Integrar conocimientos científicos.
2	A2- Somos superorganismos	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar un mapa de distribución de microorganismos en el cuerpo humano. • Diferenciar microorganismos patógenos y beneficiosos en los mapas elaborados. • Explicar de forma razonada el mapa de la microbiota humana elaborado. 	<i>Razonamiento crítico:</i> <ul style="list-style-type: none"> - Integrar conocimientos científicos. <i>Reflexión crítica:</i> <ul style="list-style-type: none"> - Considerar alternativas.
3	A3- ¿Es posible realizar un cultivo de tu microbiota?	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar hipótesis sobre la posibilidad de cultivar microorganismos de diferentes partes del cuerpo. • Interpretar y evaluar los resultados de un experimento para cultivar microbiota. 	<i>Razonamiento crítico:</i> <ul style="list-style-type: none"> - Integrar conocimientos científicos. - Usar pruebas para construir y evaluar el conocimiento científico.

Tabla 1. Continuación.

Sesiones	Actividades	Objetivos de aprendizaje	Prácticas de <i>criticality</i>
4	A4- Un microbioma	<ul style="list-style-type: none"> Analizar críticamente supuestos casos reales de microbiota humana en clave OH. Construir un modelo OH de microbiota. 	<p><i>Razonamiento crítico</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Integrar conocimientos científicos. <p><i>Reflexión crítica</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Considerar alternativas. <p><i>Acción crítica</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Tomar decisiones acerca de en qué esfera/s ubicar cada factor estableciendo un razonamiento reflexivo.
5	A5- Microbiota, ¿verdades o mitos?	<ul style="list-style-type: none"> Evaluar la veracidad de enunciados que relacionan microbiota y salud. Analizar críticamente información de diferentes fuentes. Llegar a consenso en grupo, atendiendo a las opiniones de compañeros/as. Expresar la opinión propia. Categorizar el nivel de incertidumbre asociado a la información que forma parte de la actividad. 	<p><i>Razonamiento crítico</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Integrar conocimientos científicos. - Usar pruebas para construir y evaluar el conocimiento científico. <p><i>Reflexión crítica</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Identificar y expresar las limitaciones cognitivas propias. - Considerar alternativas. - Expresar que la opinión ajena condiciona la forma de razonar. - Expresar que la opinión previa propia puede estar sesgada. - Evaluar el razonamiento y la acción propuesta.

Tras la implementación, se realizó una reflexión acerca de la SA1 y su transferencia junto al docente en formación. La formulación de las preguntas de la SA1 resultó clara y el contenido de las actividades generó interés al alumnado. Se identificaron algunas dificultades para diferenciar los conceptos de célula y microorganismo y el origen de la microbiota. Los datos derivados de esta primera implementación formaron parte del Trabajo de Fin de Máster de este docente en formación.

De esta fase surgen modificaciones en el diseño y el enfoque de las actividades, que dieron lugar al diseño de la SA2, *Una sola microbiota*.

Fase 4. SA2: Una sola microbiota

Esta fase incluye el diseño de la SA2 que atiende a las mejoras evidenciadas en la fase 3 para abordar de forma más global y progresiva el enfoque *Una Salud*, incorporando este enfoque en la mayoría de las actividades. Además, se incluyó de forma explícita la visión de *criticality*, pidiendo al alumnado que evaluase las actividades realizadas desde las tres dimensiones que incluye (figura 1).

Resultados y discusión

Los resultados de la aplicación de la IBD se corresponden con el diseño de la SA2 *Una sola microbiota*. La tabla 2 muestra la temporalización, las actividades, los objetivos y las prácticas de *criticality* que se abordan de forma implícita en esta SA2.

Tabla 2. Organización de las sesiones de aula dedicadas a la implementación de la SA2. Los aspectos modificados con respecto a la SA1 se resaltan con negrita y, los añadidos, se subrayan.

Sesiones	Actividades	Objetivos de aprendizaje	Prácticas de <i>criticality</i>
1	A1- ¿Qué sabemos sobre microorganismos y microbiota?	<ul style="list-style-type: none"> • Expresar conocimientos previos acerca de los microorganismos y la microbiota. • <u>Explicar con sus palabras la noción OH.</u> • Razonar acerca de la relación entre microbiota y salud . 	<i>Razonamiento crítico:</i> <ul style="list-style-type: none"> - Integrar conocimientos científicos.
2	A2- ¿Nivel micro o macro?	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Clasificar entidades biológicas en nivel micro y macroscópico.</u> • <u>Expresar y consensuar limitaciones propias para clasificar entidades biológicas.</u> 	<i>Razonamiento crítico:</i> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Integrar conocimientos científicos.</u> <i>Reflexión crítica:</i> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Identificar limitaciones cognitivas.</u> - <u>Considerar alternativas.</u> - <u>Evaluar el razonamiento propuesto.</u> <i>Acción crítica:</i> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Tomar decisiones para situar en distintos niveles entidades biológicas estableciendo un razonamiento reflexivo.</u>
	A3- Somos superorganismos	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar un mapa de distribución de microorganismos en el cuerpo humano. • Diferenciar y consensuar la distribución de microorganismos patógenos y beneficiosos en los mapas elaborados. • <u>Identificar las interacciones entre los factores ambientales y la microbiota.</u> • <u>Identificar y proponer acciones favorables para recuperar la salud de la microbiota.</u> 	<i>Razonamiento crítico:</i> <ul style="list-style-type: none"> - Integrar conocimientos científicos. <i>Reflexión crítica:</i> <ul style="list-style-type: none"> - Considerar alternativas - <u>Evaluar el razonamiento y las acciones propuestas.</u> <i>Acción crítica:</i> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Tomar decisiones acerca de las medidas adecuadas para recuperar la salud de la microbiota estableciendo un razonamiento reflexivo.</u>
3	A4- ¿Podemos compartir nuestros microbios?	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar hipótesis sobre la transmisión de los microorganismos. • Interpretar y evaluar los resultados de un experimento para compartir la microbiota. 	<i>Razonamiento crítico:</i> <ul style="list-style-type: none"> - Integrar conocimientos científicos. - Usar pruebas para construir y evaluar el conocimiento científico.

Tabla 2. Continuación.

Sesiones	Actividades	Objetivos de aprendizaje	Prácticas de <i>criticality</i>
4	A5- Un microbioma	<ul style="list-style-type: none"> Analizar críticamente supuestos casos reales de microbiota humana en clave OH. Construir un modelo OH de microbiota. 	<p><i>Razonamiento crítico:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Integrar conocimientos científicos. <p><i>Reflexión crítica:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Considerar alternativas. <p><i>Acción crítica:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Tomar decisiones acerca de en qué esfera/s ubicar cada factor estableciendo un razonamiento reflexivo.
5	A6- Microbiota, ¿verdades o mitos?	<ul style="list-style-type: none"> Evaluar la veracidad de enunciados que relacionan microbiota y salud. Analizar críticamente información de diferentes fuentes. Llegar a consenso en grupo, atendiendo a las opiniones de compañeros/as. Expresar la opinión propia. Categorizar el nivel de incertidumbre asociado a la información que forma parte de la actividad. 	<p><i>Razonamiento crítico:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Integrar conocimientos científicos. Usar pruebas para construir y evaluar el conocimiento científico. <p><i>Reflexión crítica:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Identificar y expresar las limitaciones cognitivas propias. Considerar alternativas. Expresar que la opinión ajena condiciona la forma de razonar. Expresar que la opinión previa propia puede estar sesgada. Evaluar el razonamiento y la acción propuesta. <p><i>Acción crítica:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Tomar decisiones acerca de clasificar premisas como veraces o falsas estableciendo un razonamiento reflexivo.
6	A7- Autoevaluación	<ul style="list-style-type: none"> <u>Analizar críticamente la aplicación de las tres prácticas <i>criticality</i> y la noción OH en las actividades realizadas.</u> 	<p><i>Reflexión crítica:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <u>Identificar y expresar las limitaciones cognitivas propias para resolver las actividades de la SA.</u> <u>Expresar que la opinión ajena condiciona la forma de razonar.</u> <u>Expresar que la opinión previa propia puede estar sesgada.</u>

Se presenta, a continuación, el diseño de cada una de las actividades de la SA2, con referencias a los cambios y mejoras (en caso de haberse realizado) con respecto a las actividades de la SA1, de acuerdo con las necesidades y dificultades detectadas tras su implementación.

A1- ¿Qué sabemos sobre microorganismos y microbiota?

La A1 es un cuestionario individual de ideas previas. Fue diseñado con el objetivo de evidenciar los conocimientos relativos a los microorganismos, la microbiota y la noción *Una Salud* por parte del alumnado de 3ºESO.

El diseño consta de ocho preguntas abiertas y 15 imágenes que ilustran escenarios para que el alumnado evalúe la presencia o ausencia de microorganismos (disponible en Anexo). Las preguntas que consideramos pertinentes incluir se resumen en la tabla 3, y se presentan dos de las imágenes seleccionadas en la figura 3.

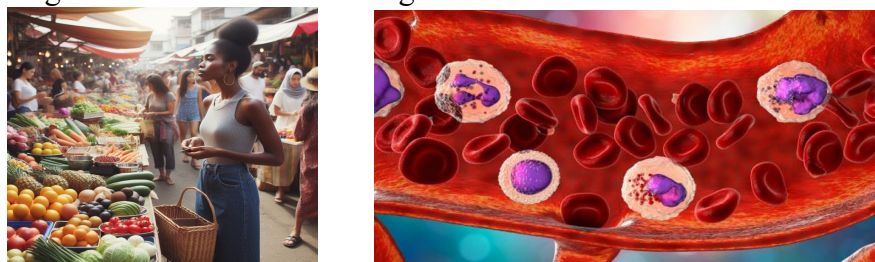


Figura 3. Ejemplo de imágenes de escenarios para evaluar la presencia o ausencia de microorganismos.

Tabla 3. Preguntas de la actividad 1 (A1).

Preguntas de la A1	
P1	¿Qué es un microorganismo? Pon algún ejemplo de microorganismo que conozcas indicando si es o no patógeno.
P2	Explica qué tienen en común y en qué se diferencian los siguientes conceptos: a) célula; b) microorganismo; c) microbiota
P3	¿Piensas que hay alguna relación entre microbiota y salud? ¿Cómo es esta relación? Razona tu respuesta.
P4	¿De dónde crees que proceden los microorganismos que conforman nuestra microbiota?
P5	¿Conoces algún caso de patología asociada a cambios en la microbiota? Si/no. ¿Cuál/es?
P6	¿Has escuchado hablar de la noción Una salud (<i>One Health</i> , en inglés)? ¿Qué piensas que significa? Explícalo con tus palabras.
P7	¿A qué piensas que hace referencia la siguiente premisa? Razónalo. “Si cuidamos solo una, nos quedaremos sin ninguna”.
P8	Si te dijeran que la microbiota puede influir en tu estado de ánimo, ¿te gustaría saber más sobre este tema? ¿Qué cosas te interesaría saber?

Entre los cambios incorporados destacamos: formular las preguntas de manera abierta; una pregunta en la que el alumnado ha de indicar las similitudes y diferencias entre los conceptos de célula, microorganismo y microbiota (P2); una pregunta para conocer sus intereses (P8) y experiencias previas (P5) acerca de la relación de la microbiota con la salud humana; y dos preguntas enfocadas a conocer su conocimiento sobre la noción *Una Salud* (P6 y P7).

En términos de *criticality*, se pretende fomentar el *razonamiento crítico* ya que, para razonar parte de las preguntas, el alumnado requiere integrar conocimientos científicos acerca de microorganismos y el enfoque *Una Salud*.

A2- ¿Nivel micro o macro?

Esta actividad, incluida en la SA2, ha sido diseñada con el objetivo de facilitar, de forma global, la comprensión de los niveles de organización micro y macroscópico y de entidades biológicas que corresponden a cada uno. En concreto, las diferencias entre el concepto de célula y de microorganismo, tras las dificultades encontradas en la implementación de la

SA1. Es una actividad breve diseñada para desarrollarse en gran grupo con el fin de que los estudiantes clasifiquen diferentes entidades (perro, seta, mosca, garrapata, roca, bacteria, levadura, ameba, virus, tardígrado, glóbulo rojo y espermatozoide) en las categorías mostradas en la figura 4.



Figura 4. Esquema de la A2 sobre el que trabajará el alumnado. Elaboración propia.

Esta actividad busca fomentar las tres dimensiones de *criticality*. El *razonamiento crítico*, integrando conocimientos científicos para argumentar la categorización de las entidades; la *reflexión crítica*, teniendo que identificar las posibles limitaciones para resolver la actividad considerando diferentes alternativas. También para evaluar el razonamiento establecido a la hora de realizar dicha clasificación. La *acción crítica* se pretende fomentar mediante la toma de decisiones razonada y reflexiva sobre la categoría en la que clasificarían las entidades.

En la A2 no se aborda el enfoque *Una Salud*, siendo la prioridad clarificar ideas o conceptos necesarios para comprender la noción de microbiota.

A3- Somos superorganismos

El objetivo principal es que el alumnado elabore, en pequeños grupos, un mapa de distribución de microorganismos en el cuerpo humano, diferenciando los patógenos de los beneficiosos. Además, se pretende que analicen la influencia de factores ambientales en la transmisión de patógenos y que identifiquen acciones que podrían ser beneficiosas para la salud de la microbiota.

La actividad comienza aportando las siluetas de dos adultos (figura 5) que se corresponden con un enfermero y una médica especialista en enfermedades infecciosas. Estas siluetas serán usadas para realizar un mapa de distribución de los microorganismos, diferenciando entre beneficiosos y patógenos.

A continuación, se introduce una problemática ambiental. Concretamente, el fenómeno meteorológico de la DANA ocurrido en Valencia el pasado 2024, que trajo consigo importantes inundaciones. Se formulan tres preguntas para que el alumnado pueda

construir una explicación sobre la interacción entre la salud ambiental y la humana en el contexto de la microbiota (figura 6).

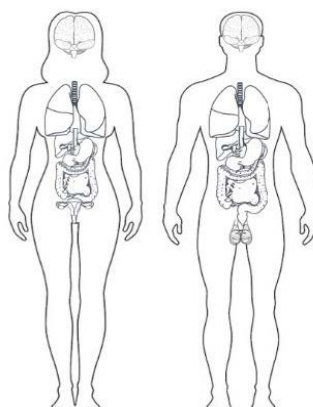


Figura 5. Siluetas aportadas al alumnado en la A3. Elaboración propia.

Ambos están muy concienciados con las causas sociales y, recientemente, viajaron un mes a Valencia para prestar ayuda en la compleja situación derivada de la DANA. En concreto, atendieron pacientes que sufrían daños físicos e intoxicaciones por las inundaciones producidas.

P1. ¿Cómo pensáis que influyó este viaje a su microbiota?

P2. ¿Pensáis que esto podría influir en su salud? De ser así, ¿qué les recomendaríais para recuperar su microbiota inicial? Marcad con un X las que consideréis correctas.

- ☐ Tomar vitaminas
- ☐ Comer más yogures
- ☐ Suplementar su dieta con probióticos
- ☐ Consumir complementos homeopáticos
- ☐ Tomar antibióticos
- ☐ Vacunarse

Proponed alguna otra acción que se os ocurra:

P3. ¿Pensáis que este viaje a Valencia podría tener consecuencias para los futuros pacientes de Aria y Roi? ¿Y para Leia (su gata)? ¿Por qué?

Figura 6. Contexto propuesto en la A3. Elaboración propia.

La principal adaptación de esta actividad consistió en contextualizarla para abordar la visión *Una Salud*, formular preguntas más abiertas, y desarrollarla en grupo en lugar de individualmente. En concreto, en la SA1 se guiaba al alumnado en cómo diferenciar los microorganismos patógenos de los beneficiosos, utilizando un código de colores. Esto supuso una homogeneidad en los mapas elaborados. En consecuencia, en esta SA2, son los propios estudiantes los que han de decidir cómo distinguirlos. Esta propuesta más abierta podría darnos una visión más completa a la vez que se fomentan las prácticas de *criticality*.

El diseño pretende promover las tres dimensiones de *criticality*. El *razonamiento crítico* se impulsaría mediante preguntas que requieren establecer explicaciones integrando conocimientos científicos sobre microbiota y factores de las tres esferas *Una Salud*. La *reflexión crítica*, mediante la discusión entre iguales, cuestionando las alternativas dentro del grupo y evaluando el razonamiento utilizado y las acciones planteadas. La *acción crítica* se pone en práctica mediante la toma de decisiones razonada y reflexiva para elegir y proponer las acciones favorables para la salud de la microbiota.

A4- ¿Es posible compartir nuestros microbios?

Esta actividad experimental, en pequeños grupos, implica al alumnado en la elaboración, análisis e interpretación de datos de un experimento para compartir la microbiota. El desarrollo del experimento requiere elaborar un cultivo secuencial en una placa Petri, dividiéndola en cuatro cuadrantes como se muestra en la figura 7.

- 1) Cuadrante 1: *Control experimental*. No se siembra muestra ya que se busca comprobar que las condiciones de realización del experimento son las óptimas.
- 2) Cuadrante 2: *Siembra M1*. Microbiota de una mano. Un miembro del grupo frota su dedo índice suavemente sobre el medio. De este modo en la placa crecerá una representación de la microbiota de su mano.
- 3) Cuadrante 3: *Siembra M2*. Microbiota de dos manos. Se seguirá el procedimiento seguido en el cuadrante dos pero tras darle la mano a un compañero.
- 4) Cuadrante 4: *Siembra M3*. Microbiota de tres manos. Se seguirá el mismo método que en los dos casos anteriores pero tras darle la mano a otro compañero diferente. De esta forma, en este cuadrante aparecerá una representación de los microorganismos de la mano de tres de los integrantes del grupo.



Figura 7. Placa obtenida después de realizar el experimento de prueba.

Mediante este procedimiento el alumnado podrá comprobar que la microbiota no es estable y que se puede compartir fácilmente.

Los estudiantes cubren un informe (disponible en Anexo) que incluye preguntas para interpretar los datos del experimento y usarlos para razonar y reflexionar sobre las posibles implicaciones que podría tener el contacto con otras personas en la microbiota.

Los cambios en este diseño experimental pretenden que, en lugar de elaborar un experimento para visualizar la microbiota, puedan también ver lo sencillo que es compartirla y, en consecuencia, modificarla. De esta forma, el enfoque *Una Salud* se hace más evidente ya que los factores ambientales influyen en los resultados de forma vivencial.

Se pretende fomentar el *razonamiento crítico* mediante la generación de hipótesis y la elaboración de conclusiones en base a los datos empíricos extraídos en el experimento, teniendo que interpretarlos integrando conocimientos científicos sobre la microbiota.

A5- Un microbioma

Se incluyen seis casos prácticos (González-Costa et al., 2024b) con datos para relacionar la microbiota de seis personas con las tres esferas *Una Salud*. Esta información se presenta en dos tarjetas que cada pequeño grupo ha de analizar. La primera incluye información variada sobre un individuo (edad, rutina, situación familiar, etc.) y la segunda sobre el perfil de su microbiota. La tarea requiere identificar factores de la primera tarjeta (figura 8,

izquierda) que podrían afectar a la abundancia y diversidad de la microbiota que figura en la segunda (figura 8, derecha), clasificándolos en una o varias esferas *Una Salud*.

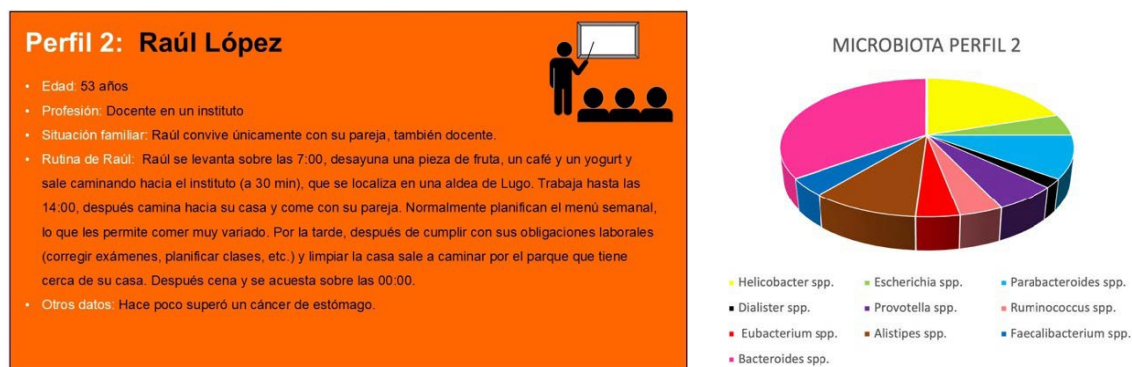


Figura 8. Ejemplos de tarjetas tipo 1 (izquierda) y tipo 2 (derecha) de la actividad *Un microbioma*.

Una vez se identifican los factores de cada caso práctico, se hace una puesta en común a partir de la cual, en gran grupo, elaboran un modelo *Una Salud* que englobe los elementos identificados por cada grupo, que se puede luego comparar con el modelo de referencia de la figura 9.

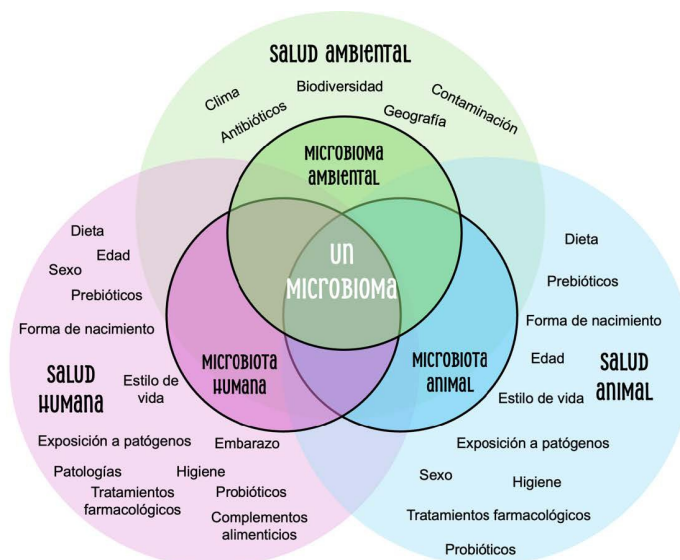


Figura 9. Modelo *Una Salud* de referencia. Elaboración propia.

Con esta actividad, se pretende fomentar el *razonamiento crítico*, dado que es necesario identificar y razonar con conocimientos científicos las interacciones entre los factores de las esferas *Una Salud* y la microbiota de cada persona. Además, al ser realizada en grupo y hacerse una puesta en común con el resto del aula, se promueve la *reflexión crítica*. El alumnado ha de considerar alternativas a la hora de clasificar los factores en las esferas *Una Salud*, así como evaluar la opinión de otros compañeros para llegar a un acuerdo a la hora de responder. Por último, se promueve la *acción crítica* ya que se pide al alumnado que tome decisiones acerca de la esfera *Una Salud* en la que ubicar cada factor, lo que lleva a que revisen sus razonamientos previos.

A6- Microbiota, ¿verdades o mitos?

Esta actividad busca la evaluación, en grupo, de la veracidad de enunciados que relacionan microbiota y salud analizando, de forma crítica, la información de diferentes fuentes. Además, pretende que se categorice el nivel de incertidumbre asociado al conocimiento científico establecido sobre el tema. Se eligen enunciados que relacionan la microbiota con

varias problemáticas de salud de importancia en la actualidad. En concreto, la COVID-19, el SIBO, la obesidad y la salud mental. Los materiales se pueden consultar en González-Costa et al. (2024b).

La primera parte de la actividad consiste en que el alumnado evalúe la veracidad de cuatro enunciados que relacionan microbiota y salud. Se diseñaron cuatro enunciados diferentes, uno por cada temática de salud mencionada anteriormente. Cada grupo analiza un enunciado distinto. Se les pide indicar si este es veraz o falso, teniendo que razonar su respuesta en base a sus conocimientos y/o creencias. Un ejemplo de enunciado se ilustra en la figura 10.

E4: Los trasplantes de heces podrían jugar un papel crucial en el tratamiento de la obesidad, ya que las bacterias, virus, hongos, protozoos y demás microorganismos que viven en nuestro tracto gastrointestinal influyen en el peso de una persona

Figura 10. Ejemplo de enunciado que el alumnado deberá clasificar como veraz o falso.

La segunda parte de la A6 consiste en que los estudiantes reconsideren o no su posición a la pregunta anterior. Para ello, a cada grupo se le facilitan tres noticias (figura 11) relacionadas con el enunciado que previamente han evaluado como verdadero o falso.

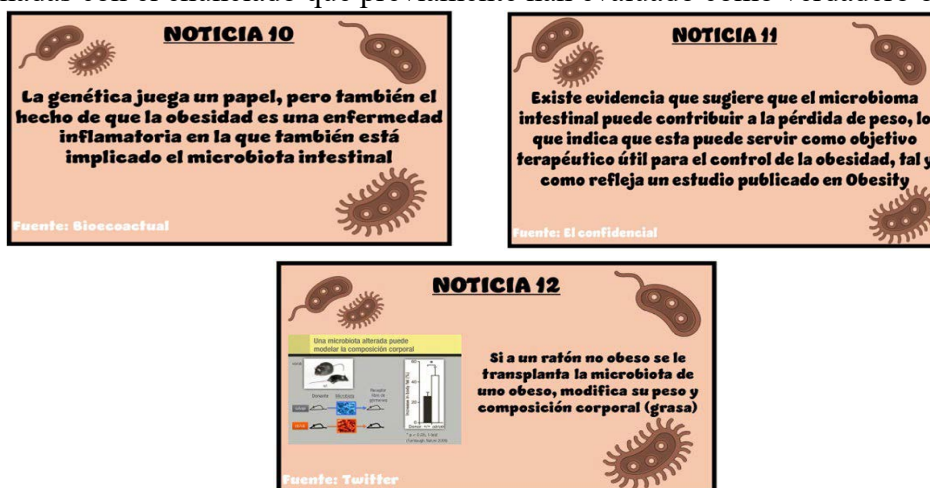


Figura 11. Ejemplo de noticias que el alumnado deberá analizar.

Después de que cada grupo analice sus respuestas se realiza una puesta en común para compartir la información analizada y evaluada con los otros grupos.

La tercera y última parte de esta actividad, consiste en que, cada grupo, reflexione acerca de la incerteza asociada al conocimiento científico sobre la microbiota y su relación con la salud. Para ello, se proporcionan cuatro afirmaciones en las que se refleja que el conocimiento científico que las respalda está en continua construcción. Cada grupo ha de clasificar el grado de incertidumbre que forma parte de la temática con la que trabajaron en alto, medio o bajo, justificando sus respuestas. Además, pedimos que identifiquen elementos en la redacción de las afirmaciones que puedan suscitar duda a la hora de aceptarlas como verdaderas, y formulamos la cuestión de si buscarían información en alguna otra fuente, precisando qué tipo de fuente consultarían.

Con esta actividad pretendemos trabajar las tres dimensiones de *criticality*. El *razonamiento crítico* se pone en práctica mediante la integración de conocimientos científicos y el uso de pruebas a la hora de argumentar si los enunciados evaluados son

veraces o no. La *reflexión crítica* es necesaria para considerar alternativas y escuchar la opinión de otros, pudiendo aceptarlas o no y expresando la opinión propia. Además, se pretende hacer consciente al alumnado de sus propios conocimientos, así como de la naturaleza dinámica de la ciencia que, en el caso de la microbiota, está en continua construcción. Por último, la *acción crítica* se fomenta pidiendo al alumnado que tome la decisión de si la información aportada es válida o no, de forma razonada y reflexiva.

Esta actividad ha sido diseñada con el objetivo de concienciar sobre la importancia de evaluar la información de forma crítica para aceptar creerla y sus posibles consecuencias. Además, se vuelve a mostrar la compleja relación entre la microbiota y la salud con referencias a factores de las tres esferas *Una Salud*.

A7- Autoevaluación

Esta actividad pretende que el alumnado de secundaria identifique individualmente qué prácticas de *criticality* han podido aplicar en las actividades de la SA2 y si han podido identificar relaciones entre las esferas *Una Salud* (figura 12). También se les pide valorar cuál/es de las actividades les ayudó a integrar la perspectiva *Una Salud* y un contexto cotidiano en el que se pueda aplicar esta visión. Para terminar, se les pide valorar sus desempeños en *criticality*.

		Si	No
One Health	Pude identificar relaciones entre dos o más esferas <i>One Health</i>		
Razonamiento crítico	He justificado mi respuesta a todas las actividades usando los datos que me proporcionaban y mis conocimientos		
	He justificado mi respuesta a todas las actividades usando los datos que me proporcionaban pero sin usar mis conocimientos		
	He justificado mi respuesta a todas las actividades usando solo mis conocimientos (no he usado los datos que me proporcionaban)		
Reflexión crítica	He sido consciente de mis limitaciones a la hora de resolver las actividades		
	He respondido de forma impulsiva a la mayoría de las actividades, sin reflexionar sobre la respuesta		
	Me he mantenido firme en mi opinión, es decir, no me he dejado llevar por la opinión de mis compañeros		
Acción crítica	Mi toma de decisiones ha sido razonada y reflexiva, además he tenido en cuenta las tres esferas <i>One Health</i>		
	Mi toma de decisiones ha sido razonada y reflexiva, pero no he tenido en cuenta las tres esferas <i>One Health</i>		
	Mi toma de decisiones ha sido impulsiva		

¿Qué consideras que ha sido lo que más te ha ayudado a adquirir la perspectiva *One Health*?

Propón un tema de tu vida diaria al que podrías aplicar la noción *One Health*:

¿En cuál/es de estas habilidades piensas que has mejorado más durante estos días?

- ☐ Razonamiento crítico
- ☐ Reflexión crítica
- ☐ Acción crítica

¿Por qué?

Figura 12. Planteamiento de la A7.

La actividad se decidió incluir en la SA2 tras reparar en la necesidad de que el alumnado reflexione de forma crítica sobre su propio desempeño y progreso en las prácticas de *criticality*, considerando el PC como una práctica que ha de hacerse consciente (González-Costa et al., 2024a).

Reflexiones y futuros pasos a dar

La IBD ayuda a disminuir la brecha entre la teoría y la práctica docente mediante la información obtenida del aprendizaje de los estudiantes y de cómo este último se ha

promovido (Mari et al., 2025). De esta forma, la IBD se presenta como una metodología muy útil para integrar en la formación inicial del profesorado al trabajar en el diseño, implementación, evaluación y mejora de propuestas didácticas como las de este trabajo. De acuerdo con Guisasola (2024), la IBD permite analizar la adecuación de SA a los objetivos perseguidos, en este caso, mejorar su diseño para fomentar las prácticas de *criticality* en un contexto *Una Salud*. Esto permite, además, formar al alumnado de secundaria en temáticas de gran repercusión mediática pero de escasa atención en las aulas, como la microbiota desde el enfoque *Una Salud*. La visión holística que se aporta en la SA2 permite promover y visibilizar las tres dimensiones de *criticality* y sus diferentes desempeños por el alumnado, como es el caso de la toma de decisiones responsables ante aspectos que afectan a nivel global e individual. Es necesario destacar que las actividades diseñadas abordan la acción crítica desde la toma de decisiones razonada y reflexiva (Jiménez-Aleixandre y Puig, 2022), si bien, no aseguran que el alumnado actúe de esta forma en el mundo real (Ennis, 1996).

Además, aunque se han definido las diferencias entre las tres dimensiones de *criticality* (figura 1), estas tres pueden solaparse en la práctica. Por este motivo, es necesario resaltar la necesidad de formar al profesorado en los criterios para diseñar SA con enfoque *criticality* y en su enseñanza efectiva, así como en la evaluación del desempeño de estas prácticas por parte de alumnado. El presente estudio está centrado en la aplicación de la metodología IBD a la formación de profesorado en el diseño de una SA con enfoque *criticality*, pero evaluar su transferencia y los resultados es todavía una tarea pendiente cuya investigación, en marcha en la actualidad, pretende servir para conocer la efectividad de la SA2 implementada en mayo de 2025 en un aula de secundaria.

Agradecimientos

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. Al alumnado participante y a Alfonso, docente en formación encargado de la implementación de la situación de aprendizaje inicial. A Igancio López-Goñi, por brindarnos su ayuda y sus consejos en la elaboración de las actividades.

Declaración de autoría

Irene González-Costa: Conceptualización, investigación, metodología, recursos, análisis formal, visualización, escritura-borrador original, escritura-revisión y edición.

Blanca Puig: Conceptualización, investigación, metodología, supervisión, recursos, escritura-borrador original, escritura-revisión y edición.

Paloma Blanco-Anaya: Conceptualización, investigación, metodología, supervisión, recursos, escritura-revisión y edición.

Referencias bibliográficas

- Abrami, P. C., Bernard, R. M., Borokhovski, E., Waddington, D. I., Wade, C. A. y Persson, T. (2015). Strategies for Teaching Students to Think Critically. *Review of Educational Research*, 85(2), 275–314. <https://doi.org/10.3102/0034654314551063>
- Ballesteros, M. I., Paños, E. y Ruiz-Gallardo, J. R. (2017). 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. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 36(1), 79–98. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2274>

- Bargiela, I. M., Blanco Anaya, P. y Puig, B. (2022). Las preguntas para la indagación y activación de pensamiento crítico en educación infantil. *Enseñanza de Las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 40(3), 11–28. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5470>
- Barnett, R. (1997). *Higher education: A critical business*. MacGraw-Hill Education, Ed.
- Barnett, R. (2015). A Curriculum for Critical Being. En *The Palgrave Handbook of Critical Thinking in Higher Education* (pp. 63–76). Palgrave Macmillan US. https://doi.org/10.1057/9781137378057_4
- Bezanilla-Albisua, M. J., Poblete-Ruiz, M., Fernández-Nogueira, D., Arranz-Turnes, S. y Campo-Carrasco, L. (2018). El Pensamiento Crítico desde la Perspectiva de los Docentes Universitarios. *Estudios Pedagógicos (Valdivia)*, 44(1), 89–113. <https://doi.org/10.4067/S0718-07052018000100089>
- BOE. (2022). *Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria*.
- Buskist, W. y Irons, J. G. (2008). Simple Strategies for Teaching Your Students to Think Critically. En *Teaching Critical Thinking in Psychology* (pp. 49–57). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781444305173.ch5>
- Cano-Iglesias, M. J. y Franco-Mariscal, A. J. (2024). Argumentos empleados por estudiantes de ingenierías industriales ante problemas sociocientíficos. *Nuevas Tendencias Interdisciplinarias En Educación y Conocimiento*, 127.
- Cobo-Huesa, C., Abril, A. M. y Ariza, M. R. (2021). Investigación basada en el diseño en la formación inicial de docentes para una enseñanza integrada de la naturaleza de la ciencia y el pensamiento crítico. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(3), 1–17. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i3.3801
- Collins, J. (2004). Education Techniques for Lifelong Learning. *RadioGraphics*, 24(5), 1483–1489. <https://doi.org/10.1148/rg.245045020>
- Colucci-Gray, L. y Gray, D. (2022). Critical thinking in the flesh: Movement and metaphors in a world in flux. En B. Puig y M. P. Jimenez-Aleixandre (Eds.), *Critical thinking in Biology and Environmental Education: Facing challenges in a post-truth world* (1 ed, pp. 21–39).
- Couso, D. y Márquez, C. (2024). *Pensar críticament a l'aula de ciències Activitats competencials per a estudiants de secundaria*. Graò.
- Crujeiras Pérez, B. y Jiménez Aleixandre, M. P. (2018). Influencia de distintas estrategias de andamiaje para promover la participación del alumnado de secundaria en las prácticas científicas. *Enseñanza de Las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 36(2), 23–42. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2241>
- Davies, M. y Barnett, R. (2015). Introduction. En M. Davies y R. Barnett (Eds.), *The Palgrave Handbook of Critical Thinking in Higher Education* (pp. 1–26).
- Díaz Moreno, N. y Jiménez Liso, M. R. (2012). Las controversias sociocientíficas: temáticas e importancia para la educación científica. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias.*, 9(1), 54–70. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2012.v9.i1.04

- DOG (2022). *Decreto 156/2022, do 15 de setembro, polo que se establecen a ordenación e o currículo da educación secundaria obrigatoria na Comunidade Autónoma de Galicia*.
- Dunne, G. (2015). Beyond critical thinking to critical being: Criticality in higher education and life. *International Journal of Educational Research*, 71, 86–99. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2015.03.003>
- EFE. (2018, February 12). Uno de cada tres bulos que circulan por Internet es sobre salud. *La Vanguardia*.
- Ennis, R. H. (1996). *Critical thinking*. Hall Prentice, Ed.
- Estigarribia, L., Torrico Chalabe, J. K., Cisnero, K., Wajner, M. y García-Romano, L. (2022). Co-design of a Teaching–Learning Sequence to Address COVID-19 as a Socio-scientific Issue in an Infodemic Context. *Science & Education*, 31(6), 1585–1627. <https://doi.org/10.1007/s11191-022-00362-y>
- Franco, A., Marques Vieira, R. y Tenreiro-Vieira, C. (2018). Educating for critical thinking in university: The criticality of critical thinking in education and everyday life. *ESSACHESS - Journal for Communication Studies*, 11(2), 131–144.
- Franco-Mariscal, A. J. (2024). *Critical Thinking in Science Education and Teacher Training* (Vol. 64). Springer Nature Switzerland. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-78578-8>
- González-Costa, I., Blanco-Anaya, P. y Puig, B. (2024a). Criterios para promover el pensamiento crítico en situaciones de aprendizaje. En *31 Encuentros Internacionales de Didáctica de las Ciencias Experimentales: Hacia una educación científica alineada con la Agenda 2030* (pp. 103–108).
- González-Costa, I., Puig, B., Blanco-Anaya, P. y López-Goñi, I. (2024b). *Explorando tu microbiota. Situaciones de aprendizaje para el aula de ciencias*. MicroBIOblog. <https://microbioblog.es/explorando-tu-microbiota-en-el-aula>
- Guisasola, J. (2024). La investigación basada en el diseño: algunos desafíos y perspectivas. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 21(2). https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2024.v21.i2.2801
- Guisasola, J. y Oliva, J. M. (2020). Nueva sección especial de REurEDC sobre investigación basada en el diseño de secuencias de enseñanza-aprendizaje. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 17(3), 1–2. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020.v17.i3.3001
- Hooks, B. (1994). *Teaching to transgress : education as the practice of freedo*. Routledge.
- Jiménez Liso, M. R., Martínez Chico, M. y López-Gay Lucio-Villegas, R. (2023). Cómo enseñar a diseñar Secuencias de Actividades de Ciencias: Principios, elementos y herramientas de diseño. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 20(3). https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i3.3801
- Jiménez-Cano, R. (2017, September 22). Facebook, contra las noticias falsas en España. *El País*.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. y Puig, B. (2022). Educating critical citizens to face post-truth: the time is now. En B. Puig y M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.): *Critical Thinking in*

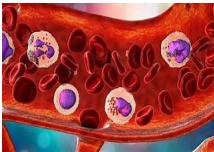






- Biology and Environmental Education. Facing Challenges in a Posttruth World.* Springer.
- Kuhn, D. (2019). Critical Thinking as Discourse. *Human Development*, 62(3), 146–164. <https://doi.org/10.1159/000500171>
- Lam, K., Wang, T., Vus, Y. y Ku, N. (2020). Developing Critical Thinking in a STEAM classroom. *CISETC 2019: International congress on education and technology in sciences*, 82–90.
- Mari, M., Fussero, G. B. y Occeli, M. (2025). Investigación Basada en Diseño como micorrizas de la educación. En M. Martinenco, L. García-Romano y R. B. Martín (Eds.), *Investigación basada en diseño: experiencias y proyecciones en el campo de la educación en ciencias* (UniRio Editora, pp. 118–140).
- Mariel-Martinenco, R. (2025). La Investigación Basada en Diseños en educación desde una perspectiva ecológica. En R. Mariel Martinenco, L. García-Romano y R. B. Martín (Eds.), *Investigación basada en diseño. Experiencias y proyecciones en el campo de la educación* (UniRío editora, pp. 30–65).
- Marin, L. M. y Halpern, D. F. (2011). Pedagogy for developing critical thinking in adolescents: Explicit instruction produces greatest gains. *Thinking Skills and Creativity*, 6(1), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2010.08.002>
- 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*, 1(2). https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2024.v21.i2.2603
- McKenney, S. y Reeves, T. C. (2021). Educational design research: Portraying, conducting, and enhancing productive scholarship. *Medical Education*, 55(1), 82–92. <https://doi.org/10.1111/medu.14280>
- Rinaudo, M. C. y Donolo, D. (2010). Estudios de diseño. Una perspectiva prometedora en la investigación educativa. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 22.
- 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. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i3.3301
- Solbes, J. (2013). Contribución de las cuestiones sociocientíficas al desarrollo del pensamiento crítico (II): Ejemplos. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(2), 148–153.
- UNESCO (2020, June 16). *Infodemia en la escuela: cómo pueden los niños y niñas detectar la desinformación*.
- Vila, L., Márquez, C. y Oliveras, B. (2023). Una propuesta para el diseño de actividades que desarrollen el pensamiento crítico en el aula de ciencias. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 20(1). https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i1.1302

- Vincent-Lancrin, S. (2021). Fostering Students' Creativity and Critical Thinking in Science Education. En *Education in the 21st Century* (pp. 29–47). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85300-6_3
- Vincent-Lancrin, S., González-Sancho, C., Bouckaert, M., de Luca, F., Fernández-Barrerra, M., Jacotin, G., Urgel, J. y Vidal, Q. (2019). *Teacher attitudes and practices around creativity and critical thinking* (pp. 183–220). <https://doi.org/10.1787/980b6c6c-en>
- Zeidler, D. L. (2014). Socioscientific Issues as a Curriculum Emphasis: Theory, Research, and Practice. En *Handbook of Research on Science Education, Volume II* (pp. 711–740). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203097267-45>

Anexo I: SA2**A1- ¿Qué sabemos sobre microorganismos y microbiota?**

P3. ¿Dónde podemos encontrar microorganismos?

	¿Qué representa?	Microorganismos	
		Si	No
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

	¿Qué representa?	Microorganismos	
		Si	No
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			

A4- ¿Es posible compartir nuestros microbios?

Responded a las siguientes preguntas relacionadas con el experimento que acabáis de realizar.

P1. ¿Qué podéis observar en la placa Petri?

P2. ¿Pensáis que vuestra placa se corresponde con un cultivo mixto (varias especies de microorganismos) o con un cultivo puro (todos los microorganismos son de la misma especie)? ¿Cómo lo sabéis?

P3. ¿Qué tipos de microorganismos pensáis que crecieron?

P4. ¿Hay diferencias entre los diferentes cuadrantes? ¿A qué pensáis que se deben?

P5. Elaborad vuestras propias conclusiones del experimento. ¿Pensáis que es importante? ¿Para qué os sirvió?