

# Analogía didáctica para la enseñanza de la transmisión aérea de microorganismos en un laboratorio de Educación Secundaria Obligatoria: coronavirus y Covid-19

## *Didactic analogy for teaching the air transmission of microorganisms in a compulsory secondary education laboratory: coronavirus and COVID-19*

José Pedro López Pérez<sup>1</sup>, Alejandro Rodríguez Saldaña<sup>1</sup>, Ana María Portales Barón<sup>1</sup>, María José Dengra Pardo<sup>1</sup>, Cristóbal Moreno Soriano<sup>1</sup>, Carolina Espejo Cayuela<sup>1</sup> y Raquel Boronat Gil<sup>2</sup>.

1. IES Ricardo Ortega. 30320. Fuente Álamo. Murcia. josepedro.lopez@murciaeduca.es; alejandro.rodriguez3@murciaeduca.es; anamaria.portales@murciaeduca.es; mariajose.dengra@murciaeduca.es; cristobal.moreno@murciaeduca.es; carolina.espejo@murciaeduca.es

2. CEA Alcantarilla. 30820. Alcantarilla. Murcia. raquel.boronat@murciaeduca.es

Recibido: 23 de febrero de 2021. Aceptado: 14 de abril de 2021.  
Publicado en formato electrónico: 19 de abril de 2021.

**Palabras claves:** Analogía didáctica, COVID-19, Laboratorio Educación Secundaria, Trasmisión aérea.

**Keywords:** Didactic analogy, COVID-19, Compulsory Secondary Education Laboratory, Air transmission.

### RESUMEN

El estudio de los mecanismos de transmisión de las enfermedades infecciosas queda integrado en el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato. La pandemia originada por la COVID-19 ha pautado cambios importantes en nuestras vidas, dirigidas a la protección e higiene frente al virus. En esta comunicación se presenta una experiencia sencilla para mostrar la cadena de transmisión del coronavirus, desde un posible asintomático hasta una persona sana, mediante la ayuda de la ciencia recreativa. El modelo de trabajo propuesto utiliza una analogía didáctica basada en una reacción química básica, la ácido-base, permitiendo al docente hacer pensar al alumnado, así como hablar y actuar con rigor y profundidad, haciendo con ello más cercanos al discente los posibles mecanismos de transmisión e identificación de este tipo de virus respiratorio.

### ABSTRACT

The study of the transmission mechanisms of infectious diseases is integrated into the curriculum of Compulsory Secondary Education and Baccalaureate. The pandemic caused by COVID-19 has led to important changes in our lives, aimed at protection and hygiene against the virus. This communication presents a simple experience to demonstrate the chain of transmission of the coronavirus, from a possible asymptomatic to a healthy person, by means of a recreational scientific experiment. The proposed work model uses a didactic analogy based on a simple acid-base chemical reaction, allowing the teacher to make students think, as well as to speak and act with rigor and depth, thereby making it possible for the students to better understand the transmission of this type of respiratory virus.

## I. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Los discentes de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato suelen encontrar notables dificultades con la terminología utilizada en el ámbito científico; si bien una de las bases para conseguir los objetivos de la enseñanza radica en saber relacionar contenidos y conceptos abstractos con la cotidianidad y realidad que les rodea. La comunicación entre profesorado y alumnado puede verse muy dificultada cuando no hay una estrecha relación entre el lenguaje cotidiano que aplica el alumno y el científico

y erudito que promulga el docente. Esta brecha importante puede disminuirse con la utilización de modelos (GALAGOWSKY & ADÚRIZ, 2001; DIÉGUEZ, 1998).

En la definición de modelo en ciencias, según GIERE (1992), queda implícita cualquier representación sustituta de un medio simbólico, que permite pensar, hablar y actuar con rigor y profundidad sobre el sistema que se está estudiando. Se califica como modelo teórico, no solo aquellos de base abstracta, sino también las maquetas, las imágenes, las tablas, los dibujos, las redes, las analogías..., siempre que se permita a quienes usan la descripción, la explicación, el proceder e intervenir, sin que se reduzcan a simples copias del objeto sustituido (ADÚRIZ & IZQUIERDO, 2009). Es por ello que el uso de los modelos abre una gama muy amplia de posibilidades de trabajo en las aulas de ciencias.

Las analogías han jugado un papel muy importante en la innovación científica. Son herramientas muy útiles dentro del procedimiento cognitivo para facilitar la adquisición de un conocimiento representacional de un determinado dominio (PÉREZ, 2007). El uso de estas analogías didácticas, en la elaboración de trabajos prácticos en ciencias, como mejora de la enseñanza en la educación secundaria, ha sido muy importante en las comunicaciones de dos de los autores de esta presentación (BORONAT & LÓPEZ, 2014, LÓPEZ & BORONAT, 2016 y 2017), cuando han modelizado la transmisión del virus VIH entre humanos o las aportaciones a la geología, con la explicación de la coloración u olor de estratos sedimentarios a partir del desarrollo de la microbiota anaeróbica en tubos de ensayo, y su presumible analogía a las primitivas bacterias que se localizarían en profundos fangos promotores de las actuales rocas sedimentarias.

Con motivo de la pandemia mundial de COVID-19 que estamos viviendo (enfermedad infecciosa causada por un virus del grupo coronavirus, cepa 2019-nCoV), las aportaciones científicas y la didáctica a nuestros alumnos de educación secundaria se hace más que necesaria, con el objetivo de conocer, prevenir y mejorar la difícil situación que afecta a millones de personas en todos los continentes. En esta línea de trabajo, nos hemos planteado demostrar a nuestros alumnos cómo la prevención ante el posible contagio por transmisión aérea del virus es la mejor herramienta que tenemos, mientras llega la ansiada vacunación. Para ello, se ha diseñado una actividad en el aula laboratorio, a partir de la información que los alumnos han adquirido después de casi un período trimestral de encierro en casa y tras la lectura, visión y oídas de noticias a través de diversos medios (prensa escrita, webs, blogs, así como noticias de televisión y radio), donde se hacía hincapié a las estrategias simples que permiten alejar el virus de nuestras vidas.

En esta comunicación se puede comprobar cómo las analogías didácticas pueden aportar un mejor entendimiento y acercamiento a una realidad que deben conocer nuestros discentes, así como a discernir multitud de conceptos que se han colado en sus vidas de modo repetitivo, pero a las que difícilmente pueden darle explicación por el lenguaje erudito que llevan subyacente.

## 2. METODOLOGÍA DE TRABAJO

### 2.1. Terminología básica de trabajo entre el alumnado

Con la COVID-19 los alumnos han tenido que interiorizar varias palabras clave, entre las que se destacan: PCR, asintomático y aerosoles. A continuación, se va definir el vocabulario que el alumnado ha destacado como prioritario en el estudio de esta actividad:

- PCR. Estas siglas proceden del inglés y su traducción puede detallar varios conceptos: Reacción en Cadena de la Polimerasa (Polymerase Chain Reaction). La tecnología está basada en aumentar/copiar un número de veces una cadena de material génico. Poner de manifiesto el material genético de un único ser vivo microscópico es muy difícil, con las tecnologías de observación que disponemos. No obstante, si obtenemos, previo a la detección, el aumento del número de cadenas de material génico, será más fácil la determinación de éstos. Este es el fundamento de la PCR y se pondrá de manifiesto en este trabajo como objetivo prioritario, basado en una analogía didáctica tras el estudio de la reacción ácido-base, tal y como recogen BORONAT & LÓPEZ (2014) en una analogía con una metodología de observación y control de seropositivos frente al VIH.

- Asintomático. Este concepto ha salido en multitud de ocasiones, desde el inicio de las clases, y ha sido el responsable de que esta actividad práctica se desarrollase con los alumnos como mecanismo de prevención frente a todos aquellos que desconocen si portan o no el virus. El asintomático es aquel que no muestra sintomatología, es decir,

manifestación clínica de interés frente a la patología que desencadena la presencia, en este caso, del coronavirus SARS-CoV-2. Este tipo de personas son muy importantes en la expansión del virus, ya que una ausencia de protección en los mismos puede desencadenar en un aumento de contagios en aquellas personas sanas que pueden diferenciarse en sintomáticos a la patología. La figura del asintomático, junto a la persona sana de a pie, son equivalentes en esta experiencia, pero con la posibilidad de poder ser segregados tras la prueba de verificación (analogía didáctica del estudio de la reacción ácido-base y que en la realidad corresponde con un test inmunológico/antigénico o PCR).

- **Aerosoles.** Aunque este término ha sido empleado por la población general con el fin de referirse a “aquellos dispositivos que sirven para pulverizar ciertos líquidos”, no ha sido hasta el presente año cuando se ha extendido el conocimiento y uso lingüístico de otra de sus acepciones; esto es, “suspensión de partículas diminutas de sólidos o líquidos en el aire”. Ello es debido a que, a pesar de que en un primer momento se consideró que el contacto era la principal vía de transmisión de la COVID-19, actualmente hay evidencias científicas que apuntan a los aerosoles emitidos por personas infectadas, principalmente durante el habla y la respiración, como la vía de contagio más efectiva. En la presente experiencia se emplean pulverizadores con el fin de establecer una analogía didáctica de la emisión de dichos aerosoles.

## 2. 2. Características del alumnado y evaluación

La actividad práctica se ha presentado y trabajado en cuatro grupos de tercer curso de Educación Secundaria Obligatoria de un área rural. El nivel de tercero se compone de 4 grupos, uno integrante del programa bilingüe en su totalidad, dos grupos mixtos (mitad integrantes del programa bilingüe y la otra no cursan este modelo de enseñanza) y, el último de los grupos, comparte materias comunes, ya que integran la mitad del alumnado el modelo PMAR (Programa de Mejora del Aprendizaje y Rendimiento). En total, 90 alumnos han podido trabajar esta actividad práctica en el aula y patio del centro.

El análisis de resultados académicos de los grupos, hasta el momento de presentación de esta comunicación (1ª evaluación), muestra las dificultades que han tenido que sufrir una comunidad de alumnos tras el confinamiento en sus casas, consecuencia de la pandemia ocasionada a comienzos de 2020, con formación on-line y sin asistencia al centro de estudios de modo presencial desde hacía seis meses. Los resultados académicos de la primera evaluación mostraron un 54% del alumnado con posibilidad de promocionar de curso, con 2 materias suspensas, reduciéndose hasta el 26%, si se asumía el total de materias aprobadas (Figura 1). Por lo tanto, se hacían necesarios cambios en la metodología de enseñanza, con el claro objetivo de acercar nuevamente a los discentes hacia nuevos modos de comprensión de las ciencias: el

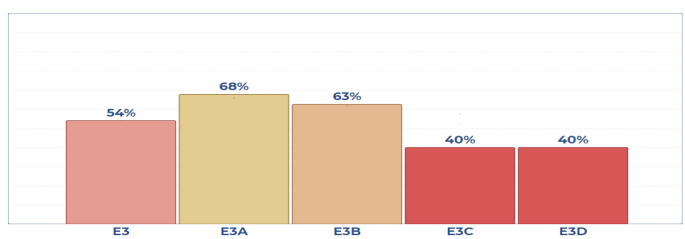


Figura 1. Porcentaje de alumnado de tercer curso de Educación Secundaria Obligatoria capaz de promocionar de curso con 2 materias pendientes (E3) y desglosado por cursos académicos (E3A, E3B, E3C y E3D), según los datos proporcionados por el programa de gestión académica Plumier XXI, después del análisis de la 1ª evaluación.

uso de los modelos y analogías.

El estudio de los métodos de contagio y la transmisión de enfermedades infecciosas más comunes es uno de los contenidos que abarca el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria para tercer curso. La Tabla 1 muestra la relación de criterios de evaluación y estándares de aprendizaje que se trabajan con esta actividad (BOE, 2014; BORM, 2015).

Los diferentes estándares de aprendizaje son evaluados, por normativa del departamento didáctico de Ciencias de la Naturaleza del IES Ricardo Ortega (Fuente Álamo-Murcia), con más de un instrumento de evaluación. Además de la prueba escrita que puede abarcar más de uno (agrupados en criterios de evaluación) y que se recogen en la Tabla 1, con la realización de la actividad práctica se complementó la evaluación de los diferentes estándares con los instrumentos de evaluación de observación directa y procedimental (manejo del instrumental de laboratorio).

Tabla 1. Relación de criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables para 3º curso de ESO, según se recogen en el BORM (2015), y que se trabajan con la impartición de esta actividad práctica con el alumnado.

Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
<b>Bloque 1. Habilidades, destrezas y estrategias. Metodología científica.</b>	
3.- Realizar un trabajo experimental con ayuda de un guion de prácticas de laboratorio o de campo describiendo su ejecución e interpretando sus resultados.	3.1.- Conoce y respeta las normas de seguridad en el laboratorio, respetando y cuidando los instrumentos y el material empleado. 3.2.- Desarrolla con autonomía la planificación del trabajo experimental, utilizando tanto instrumentos ópticos de reconocimiento, como material básico de laboratorio, argumentando el proceso experimental seguido, describiendo sus observaciones e interpretando sus resultados.
<b>Bloque 2. Las personas y la salud. Promoción de salud.</b>	
5.- Determinar las enfermedades infecciosas y no infecciosas más comunes que afectan a la población, causas, prevención y tratamientos.	5.1.- Distingue y explica los diferentes mecanismos de transmisión de las enfermedades infecciosas.
6.- Identificar hábitos saludables como método de prevención de las enfermedades	6.1.- Conoce y describe hábitos de vida saludable identificándolos como medio de promoción de su salud y la de los demás. 6.2.- Propone métodos para evitar el contagio y propagación de las enfermedades infecciosas más comunes.

### 2.3. Metodología en el laboratorio y actuación en el recreo.

La primera parte consistió en la elaboración de la pantalla protectora. Su diseño llevó consigo un consenso en el aula, tras los múltiples videos e imágenes que los alumnos habían recibido estos meses atrás, durante la propagación de la COVID-19, acerca de la fabricación de pantallas de protección que impidieran poner en contacto un virus respiratorio con la mucosa nasal, bucal u ocular.

La pantalla protectora se llevó a cabo taladrando un acetato, tamaño A4, al que se trenzaba una cinta de algodón de 1.5x50 cm, tal y como se muestra en la Figura 2. Esta cubriría la cara de los alumnos (si bien todos iban protegidos, además, por su mascarilla higiénica).

La analogía didáctica de esta experiencia lleva consigo el diseño de un modelo que represente a una persona asintomática, portadora del virus, con capacidad de difundirlo a los que están alrededor, si no toma las medidas oportunas de higiene y protección, frente a una persona sana. Ambos, sintomático y sano, deben mostrar iguales características macroscópicas, ya que somos incapaces de identificarlos a simple vista, a menos que se realicen las pertinentes pruebas de detección. Para ello, se tomaron pulverizadores de 25 ml de volumen, a los que se adicionaron 10 ml de alcohol etílico. Se repartieron un pulverizador por alumno y, para definir quiénes eran los asintomáticos, a dos de esos pulverizadores se le adicionó 0,1 g de fenolftaleína. El frasco pulverizador con alcohol modelizó a la persona sana, frente al portador de alcohol e indicador de pH que idealizó la persona asintomática. Ambos frascos son iguales, macroscópicamente, al igual que lo son las dos personas frente a su determinación visual de la patología.

En paralelo, se preparó una disolución 0.5% de NaOH (hidróxido de sodio en agua), disponiéndolo en otro pulverizador como reactivo de revelado (Figura 2).

En el patio de recreo, los alumnos se colocaron sus pantallas protectoras y, formando grupos de cuatro integrantes, se pulverizaron sobre la pantalla, modelizando un posible estornudo, tosido o aerosoles que pudieran llegar a las mucosas bucal y nasal (Figura 3). A continuación, cada alumno pulverizó a tres compañeros próximos, lo que representó el posible contagio de personas que no llevaban protección alguna frente al coronavirus (fenolftaleína).

Para el revelado vírico, la ciencia ha puesto a disposición de los sanitarios los famosos test de antígenos o la prueba PCR. En nuestro laboratorio de Educación Secundaria no disponemos de tecnología de este tipo pero, siguiendo con las analogías, el revelado de la fenolftaleína (indicador de pH) con una disolución de sosa cáustica,

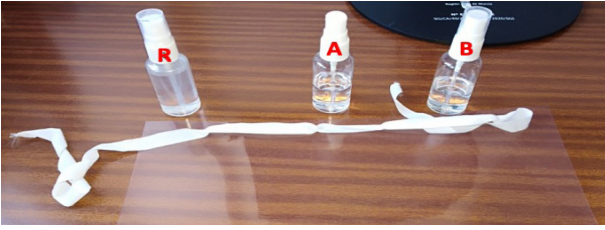


Figura 2. Materiales elaborados para la actividad práctica: acetato perforado y entrelazado con cinta de algodón blanco, (R, revelador) pulverizador dotado de una disolución a 0,5% de sosa caustica en agua, (A) pulverizador provisto de alcohol etílico de uso farmacéutico, (B) pulverizador con una disolución de 1% de fenolftaleína en alcohol etílico.



Figura 3. Metodología de trabajo de los alumnos en el patio de recreo del centro. Pulverización de las disoluciones alcohólica y alcohólica-fenolftaleína sobre las pantallas de protección diseñadas por el alumnado.

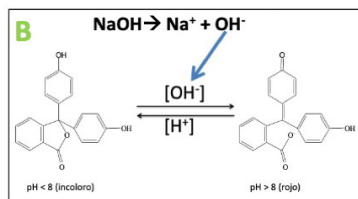


Figura 4. (A) Revelado de pulverizaciones alcohólicas y alcohólicas-fenolftaleína con hidróxido de sodio. La coloración roja (A) es indicativo de la presencia de fenolftaleína, metáfora de la presencia vírica sobre la pantalla. La ausencia de color (B) es indicativo de persona sana, sin virus. (B) Comportamiento de una base fuerte, como el hidróxido de sodio, en agua liberando iones hidroxilo ( $\text{OH}^-$ ). Estructura química del indicador de pH fenolftaleína en medio básico y ácido (LÓPEZ, 2000).

nos indicará quién ha sido contagiado o no durante el proceso (modificada la metodología de trabajo de BORONAT & LÓPEZ, 2014).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los pulverizadores que portan la disolución de fenolftaleína recrean al alumnado asintomático, portador del virus, que no muestra manifestación alguna de la enfermedad (Figura 2). Estos pulverizadores no se diferencian en nada de aquellos que portan -únicamente- etanol, correspondientes a individuos sanos. Esta metáfora científica, usada como herramienta didáctica en la comprensión del alumnado y no como concepto científico (CUADRADO, 2004; PÉREZ, 2007) alude a la idea de presentar ante los alumnos quiénes creen ellos que pueden ser portadores del coronavirus y su posible capacidad para transmitirlo entre personas sanas. Una de las manifestaciones más sorprendentes de esta pandemia es el porcentaje elevado de personas que no muestran sintomatología grave, con la presencia del virus en su cuerpo, pero con la posibilidad de transmisión real hacia sanos cuya respuesta inmunológica e inflamatoria no es la esperada, acabando en hospitalizaciones severas o muertes.

Tras las pulverizaciones entre los alumnos, cabría revelar quién porta el virus en su pantalla (o lo que es lo mismo, en sus mucosas nasal y bucal, con el contagio pertinente). Para ello, el alumnado se desprendía de las pantallas y el docente pulverizaba una disolución de hidróxido de sodio. La reacción entre la fenolftaleína presente en algunas protecciones y la base fuerte hacía en la primera un cambio de color, de transparente a rojo (Figura 4A). Este cambio permitía identificar quiénes son portadores del metafórico virus y pueden desencadenar la patología. La Figura 4B muestra la reacción química llevada a cabo en esta experiencia.

Pero lo bueno de esta actividad es conocer, siguiendo la misma reacción química, quiénes eran los asintomáticos que, por su “mala conducta” de no practicar una higiene adecuada o distancia social, han permitido que personas sanas queden contagiadas. Para ello, todos los alumnos pulverizaban un poco de su muestra alcohólica en un acetato virgen, y se relevaba la presencia de fenolftaleína en la misma con hidróxido de sodio. De esta manera, pondríamos de manifiesto la población real de asintomáticos que existen en la población de recreo en esta práctica, con capacidad de transmisión e infección.

Al finalizar la experiencia, sorprende muchísimo al alumnado el número real de “asintomáticos” en la actividad práctica, que de partida eran dos, así como el número de positivos finales que se generan, llegando a más del 50% de los discentes participantes. De este modo, la actividad les plantea

preguntas tales como si es necesario un cribado a la población con test masivos de detección de asintomáticos al coronavirus.

### 3.1. ¿Cuál es la motivación para llevar a cabo esta experiencia?

Un objetivo final de poder afianzar en la medida de nuestras posibilidades como docentes las concepciones teóricas que se abarcan en la materia de Biología y Geología para tercer curso de Educación Secundaria Obligatoria además de que, la visita al laboratorio y el empleo de materiales rutinarios, pueden ser una herramienta muy útil para el profesorado (LÓPEZ & BORONAT, 2018), así como la subsiguiente finalidad de concebir el discente esta experiencia como una ilustración empírica de los conocimientos teóricos aportados en el aula.

El conocimiento de los mecanismos de transmisión de las principales enfermedades es prioritario en este curso de enseñanza media. La pandemia ocasionada por la rápida transmisión de la COVID-19, debe ser tomada como prioridad de enseñanza en las aulas. Tras las aportaciones incipientes a comienzos de año 2020, sobre la transmisión entre humanos del coronavirus a través de secreciones de personas infectadas, principalmente por contacto directo a través de microgotículas con capacidad de viajar distancias superior a metro y medio (VAN DOREMALEN *et al.*, 2020), así como el uso prioritario de la mascarilla/pantalla como vehículo de protección básico, era necesaria la observación y comprobación -por parte de los alumnos- de cómo la emisión de aerosoles y micropartículas portadoras de virus (más concretamente una analogía de esto), podrían ser los responsables del aumento de contagios, así como definir los posibles mecanismos de prevención.

A estas micropartículas que pueden viajar por el aire debe sumarse las que podemos arrastrar con las manos de las caídas sobre la superficie de objetos cotidianos (mesas, sillas, pomos de puerta...). A este respecto, se recomienda la elaboración de la práctica de observación de la microbiota fúngica y bacteriana presente sobre la superficie de las manos de los alumnos (LÓPEZ, 2009; LÓPEZ & BORONAT, 2018), con el objetivo de llamar la atención a este respecto.

La actividad práctica se preparó en dos sesiones. En una primera sesión, el docente marcó un breve recordatorio de todo lo referente a (1) aspectos singulares de los coronavirus, en especial la cepa 2019-nCoV, como responsable de la pandemia que está sufriendo el mundo en el año 2020-2021, (2) los signos más evidentes de la enfermedad, (3) los mecanismos de transmisión de un virus respiratorio, así como (4) los datos de evolución de la pandemia en el mundo. Para ello, han sido muy necesarios los documentos aportados por el Ministerio de Sanidad, en particular, la comunicación sobre información científico-técnica sobre la enfermedad por coronavirus, COVID-19 (MSCBS, 2020).

Finalmente, después de toda la exposición, en una segunda sesión, el alumnado fue quien trabajó en el laboratorio y en el patio de recreo del instituto ilustrando empíricamente el mecanismo de transmisión del virus que desencadena la COVID-19. La preparación de reactivos que se iban a necesitar para la experiencia y su reparto en el patio, se llevó a cabo por una pareja de alumnos. La actividad en el patio transcurrió en 20 minutos de la clase, repitiéndose con todos los grupos de tercer curso. El alumnado quedó perplejo cuando pudo comprobar que, en un principio, todos eran iguales (asintomáticos y sanos) en cuanto a la coloración del pulverizador que portaban, no creyendo que con un hecho tan básico (intercambio con el vecino) pudieran llegar a medir un resultado tan drástico entre el grupo en cuanto a contagio. La transmisión y el contagio desde asintomáticos a personas sanas es tal y como se recoge, de un modo metafórico en esta experiencia. Es por ello que, el grado de acogida de este tipo de actividades prácticas entre el alumnado es muy notable (lo que ha estado motivado, en parte, por los datos negativos sobre la pandemia ofrecidos en la primera sesión). Además, y en palabras de los propios alumnos, correlacionar el modo de transmisión de este tipo de virus respiratorios, y que puede acarrear con una enfermedad tan grave, con una experiencia de laboratorio de este tipo, da una información "clara y convincente" del modo que debemos obrar ante una pandemia como la que estamos viviendo, otras enfermedades comunes presentes (gripe y resfriado común) y aquellas que están por llegar.

### 3.2. Evaluación de la actividad práctica.

La evaluación de la actividad práctica ha conducido con la observación de las destrezas que el alumno ha adquirido a lo largo de la experiencia. Los estándares de

aprendizaje se han evaluado atendiendo a, como mínimo, dos instrumentos de evaluación. La observación directa y modo procedimental de actuación en el laboratorio han sido muy positivos y han modulado, hasta en un 20%, la calificación total en el alumnado para cada uno de los estándares (Tabla 2).

Tabla 2. Resumen de datos académicos del alumnado de 3º de ESO en la materia de Biología y Geología a lo largo del curso académico 2020-2021.

Evaluación	Nº de estándares trabajados	Nº de alumnos aprobados	Nota media
1ª	17	65%	5.6
2ª*	24*	72%*	6.7*
% de incremento de nota media:			19.6%

(\* La evaluación no estaba concluida hasta la presentación de este trabajo.

Además, la evaluación de la actividad ha conllevado la formulación de toda una serie de cuestiones (coevaluación y autoevaluación), tales como:

- El grado de participación del alumnado ha sido alto.
- Los alumnos han considerado interesantes las actividades realizadas.
- Los alumnos consideran útiles los conocimientos adquiridos durante las actividades realizadas.
- Los contenidos tratados han sido muy adecuados para cubrir las necesidades de salud a las que iban destinadas.
- La calidad de la actividad ha sido adecuada al nivel de los alumnos a los que iba destinado.
- Se ha percibido que la aplicación de las actividades ha generado cambios en el comportamiento de los alumnos respecto a los temas tratados.
- La participación en la actividad ha supuesto un aumento del conocimiento de los alumnos respecto al tema tratado.
- Los resultados obtenidos tras el análisis de estas cuestiones a los diferentes grupos nos ha permitido formular cambios en la metodología de trabajo, potenciando las experiencias de laboratorio como mejora del proceso de enseñanza y aprendizaje.

#### 4. CONCLUSIÓN

Las actividades prácticas son una excelente herramienta para acercar las ciencias y amortiguar los efectos negativos en el proceso de enseñanza y aprendizaje que pueden acarrear clases puramente teóricas. La presente comunicación ha acercado a un grupo de alumnos que entender una reacción química puede ayudar a comprender el proceso de transmisión vírica entre personas. El desarrollo de la experiencia de laboratorio con alumnos de estos grupos académicos permitió definir (1) la consideración muy positiva por parte de los discentes a este tipo de trabajos prácticos en el laboratorio, (2) la importante motivación lograda durante la realización de la actividad y (3) el decidido trabajo cooperativo para conseguir el objetivo final.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren expresar su más sincero agradecimiento a todos los alumnos de 3º de Educación Secundaria Obligatoria del IES Ricardo Ortega de Fuente Álamo, Murcia (Curso 2020-2021), por el interesante trabajo realizado y las imágenes presentadas en esta actividad.

#### BIBLIOGRAFÍA

- ADÚRIZ, A. & IZQUIERDO, M. 2009. Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias*. 4(3): 40-49. <<http://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/reiec/article/view/7551/6779>>. [Consulta: 10-1-2021].
- BOE. 1996. Real Decreto 83/1996, de 26 de enero, por el que se aprueba el Reglamento Orgánico de los Institutos de Educación Secundaria. *Boletín Oficial del Estado*. 45: 20. <<https://www.boe.es/buscar/pdf/1996/BOE-A-1996-3834-consolidado.pdf>>. [Consulta: 9-4-2021].

- 2014. Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. *Boletín Oficial del Estado*. 3: 205-210. <<https://www.boe.es/boe/dias/2015/01/03/pdfs/BOE-A-2015-37.pdf>>. [Consulta: 11-1-2021].
- BORM. 2015. Decreto nº 220/2015, de 2 de septiembre de 2015, por el que se establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. *Boletín Oficial de la Región de Murcia*. 203: 30775-30784. <[https://www.carm.es/web/pagina?IDCONTENIDO=21221&IDTIPO=100&RASTRO=c77\\$m4507,3993](https://www.carm.es/web/pagina?IDCONTENIDO=21221&IDTIPO=100&RASTRO=c77$m4507,3993)>. [Consulta: 10-1-2021].
- BORONAT, R. & LÓPEZ, J.P. 2014. Estudio de la transmisión de la infección del VIH en el laboratorio de educación secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y divulgación de las Ciencias*. 11(1): 94-99. <<https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2865>>. [Consulta: 11-1-2021].
- CUADRADO, G. 2004. Metáfora, ciencia y cultura: propuesta de una nueva tipología para el análisis de la metáfora científica. *Ibérica*. 7: 53-70. <<https://core.ac.uk/download/pdf/26114383.pdf>>. [Consulta: 11-1-2021].
- DIÉGUEZ, A. 1998. *Realismo científico. Una introducción al debate actual en la filosofía de la ciencia*. 255 páginas. Universidad de Málaga. <<http://webpersonal.uma.es/~DIEGUEZ/hipervpdf/REALISMOCIENTIFICO.pdf>>. [Consulta: 10-1-2021].
- GALAGOWSKY, L. & ADÚRIZ-BRAVO, A. 2001. Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*. 19(2): 231-242. <<https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21735>>. [Consulta: 15-1-2021].
- GIERE, R. 1992. *La explicación de la ciencia: un acercamiento cognoscitivo*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México.
- LÓPEZ, J.P. 2000. *Microbiología de las aguas potables de redes de distribución urbana y caracterización de una bacteria típica de red*. Tesis de licenciatura. Departamento de Genética y Microbiología. Universidad de Murcia. Inédita.
- 2009. Microbiología básica en la educación secundaria obligatoria: el lavado de las manos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y divulgación de las Ciencias*. 6(2): 319-324. <<https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3708>>. [Consulta: 15-1-2021].
- LÓPEZ, J.P. & BORONAT, R. 2016. Efectos de la acción microbiana en el color de algunos estratos. Estudio en un laboratorio de educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*. 24(2): 190-194. <<https://www.raco.cat/index.php/ECT/article/view/312553>>. [Consulta: 14-1-2021].
- 2017. Una dolomía muy especial. Una propuesta conjunta de trabajo de campo y laboratorio con alumnos de Educación Secundaria Obligatoria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y divulgación de las Ciencias*. 14(1): 126-134. <<https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3015>>. [Consulta: 11-1-2021].
- 2018. *Prácticas de Microbiología básica en un laboratorio de Educación Secundaria. Una experiencia de 12 años de trabajo*. 183 páginas. Consejería de Educación, Juventud y Deportes. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. <[http://www.carm.es/web/pagina?IDCONTENIDO=17499&IDTIPO=246&RASTRO=c2709\\$m4331,4330](http://www.carm.es/web/pagina?IDCONTENIDO=17499&IDTIPO=246&RASTRO=c2709$m4331,4330)>. [Consulta: 14-1-2021].
- MSCBS (MINISTERIO DE SANIDAD, CONSUMO Y BIENESTAR SOCIAL). 2020. Información científica-Técnica. Enfermedad por coronavirus, COVID-10. Actualización, 28 de agosto 2020. 84 páginas. [en línea]. <<https://www.msbs.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov/documentos/ITCoronavirus.pdf>>. [Consulta: 16-1-2021].
- PÉREZ, M. 2007. Metáfora frente a analogía: del pudín de pasas al fuego diabólico. *Thémata. Revista de Filosofía*. 38: 201-211. <<https://idus.us.es/handle/11441/27867>>. [Consulta: 14-1-2021].
- VAN DOREMALEN, N., BUSHMAKER, T., MORRIS, D.H., HOLBROOK, M.G., GAMBLE, A. & WILLIAMSON, B.N. 2020. Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1. *The New England Journal of Medicine*. 382(16): 1564-1567. <<https://www.nejm.org/doi/pdf/10.1056/NEJMc2004973?articleTools=true>>. [Consulta: 14-1-2021].