

Trabajo de Fin de Máster  
2018/2019



**PROPUESTA DESDE LA NEURODIDÁCTICA**  
**DE AMBIENTES DE APRENDIZAJE**  
**LÚDICOS Y VIRTUALES**  
**SOBRE LOS PROBLEMAS AMBIENTALES**  
**EN 1º ESO: MEMORIA, EMOCIÓN Y TDAH**



**Tutor: Miguel Ángel Negrín Medina**

**Alumno: Arnoldo Álvarez Escobar**

**Nota:**

En el presente Trabajo de Fin de Máster se aplica la Ley Orgánica 3/2007, de 22 de marzo (BOE No. 71 de 23-03-2007), para la igualdad efectiva de mujeres y hombres, así como, en su redacción actual, la Ley 1/2010, de 26 de febrero, Canaria de Igualdad entre Mujeres y Hombres (BOC No. 45 de 05-03-2010) y en todo aquello que intente evitar el uso del lenguaje sexista, lo dispuesto en la parte trigésima del anexo del Decreto 15/2016, de 11 de marzo, del Presidente, por el que se establecen las normas internas para la elaboración y tramitación de las iniciativas normativas del Gobierno y se aprueban las directrices sobre su forma y estructura (BOC No. 55 de 21-03-2016). En cualquier caso, toda referencia a personas, colectivos, representantes, u otros, contenida en este documento y cuyo género gramatical sea masculino, se entenderá referido a ambos sexos, y, por tanto, la posibilidad de referirse a mujeres y hombres.

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quisiera expresar mi agradecimiento a mi tutor académico, Miguel Ángel Negrín Medina, por su apoyo, indicaciones y recomendaciones durante todo el proceso de elaboración de este Trabajo de Fin de Máster, así como por enseñarnos que otro tipo de educación es posible (y necesaria).

A mi tutora del centro de prácticas, Luisa Suárez Romero, por sus enseñanzas y por las enormes facilidades que me ofreció para llevar a cabo las prácticas docentes e intervención didáctica.

A los compañeros del Máster, especialmente a Alberto, Carolina, Damián, Eduardo, Elayne, Julieta, Néstor y Óscar: por los buenos ratos compartidos.

A Saray, por soportar mis numerosas ausencias físicas y mentales durante la preparación de este TFM, por su inestimable ayuda para llevarlo a cabo y por su alegría contagiosa.

# ÍNDICE

RESUMEN / ABSTRACT.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
MARCO TEÓRICO.....	2
NEUROCIENCIA: ESTRUCTURA Y DESARROLLO CEREBRAL.....	2
NEUROEDUCACIÓN: MEMORIA, ATENCIÓN, EMOCIÓN Y APRENDIZAJE.....	5
Las bases neurológicas del aprendizaje.....	6
La memoria y la fijación de conocimientos.....	8
El papel clave de la atención.....	10
La emoción como motor del aprendizaje.....	13
TDAH Y ESCUELA.....	16
Características generales de los niños con TDAH.....	16
Tipologías y problemas asociados.....	16
Cerebro y TDAH.....	19
Efecto sobre los dominios cognitivos y el desarrollo funcional.....	21
Atención a los niños con TDAH en el aula.....	24
AMBIENTES DE APRENDIZAJE.....	27
TIC's, VLE y generación y adquisición de conocimientos.....	28
El uso del “escape room” como herramienta educativa.....	31
OBJETIVOS.....	32
MÉTODO Y PROCEDIMIENTO: PROPUESTA DE INTERVENCIÓN.....	33
MISIÓN: SALVAR EL PLANETA TIERRA.....	33
CONTEXTO.....	35
Breve síntesis del centro educativo.....	35
Descripción del grupo-clase.....	36
Características especiales de primero de la ESO.....	36
DATOS TÉCNICOS.....	37
Tipo de agrupamiento.....	37
Recursos.....	38
Temporalización.....	38
FUNDAMENTACIÓN CURRICULAR.....	38
Criterios de evaluación, contenidos y estándares de aprendizaje.....	38
Competencias básicas.....	40

Objetivos didácticos.....	41
Contenidos específicos.....	41
Contenidos transversales.....	43
PRODUCTOS / INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN.....	43
ATENCIÓN A LA DIVERSIDAD Y SUS BASES NEURODIDÁCTICAS.....	44
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD.....	47
Días previos.....	47
Recibimiento a los estudiantes y organización de los grupos.....	48
Introducción a la actividad.....	49
Desarrollo del juego.....	50
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	78
RESULTADOS DE LA ENCUESTA.....	78
PROBLEMAS DETECTADOS Y PROPUESTAS DE MEJORA.....	84
CONCLUSIONES.....	85
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87
ANEXO I. ENCUESTAS.....	93

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo es realizar un breve análisis de la relación que, desde una aproximación neurocientífica y neurodidáctica, se ha establecido entre las emociones positivas y las mejoras en las capacidades atencionales y de memorización en niños afectados con Trastorno por Déficit de Atención y/o Hiperactividad (TDAH). Asimismo, se plantea una propuesta de intervención didáctica para 1º ESO, referida a los problemas ambientales actuales, basada en los ambientes de aprendizaje virtuales y lúdicos con el fin de crear contextos educativos que despierten la curiosidad en aquellos alumnos y alumnas con déficits atencionales, ya sea por padecer TDAH o simplemente por falta de motivación.

## ABSTRACT

The aim of this master paper is to briefly analyze the relationship that, from a neuroscientific and neurodidactic approach, has been established between positive emotions and attentional and memory abilities in children affected by Attention Deficit and/or Hyperactivity Disorder (ADHD). Besides, a didactic intervention for 1º ESO, referred to current environmental issues, based on virtual and ludic learning environments is proposed in order to engage pupils affected by attention deficits, either due to ADHD or simply to a lack of motivation.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo es fruto de la curiosidad. De la curiosidad personal de mi tutor, Miguel Ángel Negrín Medina, por todo aquello relacionado con la neurociencia y la neurodidáctica, pero también de la curiosidad que ha sabido nacer en sus alumnos y alumnas como estímulo fundamental para lograr un aprendizaje realmente significativo.

Es resultado igualmente de su compromiso con la integración del alumnado con Necesidades Específicas de Apoyo Educativo, así como con el respeto y la valoración de las diferencias como elemento enriquecedor de la convivencia en el aula y de cuya importancia nos ha hecho conscientes a lo largo de estos meses de docencia.

La curiosidad, la emoción, la diversión y su relación con la memoria y el aprendizaje representan el pilar neurodidáctico de este trabajo, mientras que la aplicación práctica de algunos de esos conocimientos para mejorar el desempeño académico y la vida escolar de los niños y niñas con Trastorno del Déficit de Atención y/o Hiperactividad (TDAH) refleja ese compromiso con la equidad y la inclusión.

A lo largo de las páginas que siguen hemos intentado integrar, de la mejor manera que hemos podido y sabido, esos dos aspectos sobre los que versa este trabajo. Para ello, y en primer lugar,

hemos repasado algunas de las principales bases teóricas de la neurociencia y la neurodidáctica; hemos analizado brevemente las características del alumnado diagnosticado con TDAH y sus bases neuronales; y hemos realizado una propuesta de intervención en el aula basada en la creación de paisajes de aprendizaje lúdicos y virtuales que favorezcan el desempeño socio-cognitivo de los estudiantes con déficit de atención, ya sea este ocasionado por el TDAH, por una falta de motivación intrínseca o extrínseca, por aburrimiento, o por carencias y rigidez del contexto educativo.

## MARCO TEÓRICO

“Si ignoramos cómo trabaja el cerebro  
de nuestros alumnos y alumnas,  
pondremos en riesgo su éxito”  
(Trníková y Petlák, 2012).

### NEUROCIENCIA: ESTRUCTURA Y DESARROLLO CEREBRAL

En los últimos años, los avances técnicos y científicos han permitido profundizar en el conocimiento estructural y funcional del cerebro, así como en los factores tanto genéticos como epigenéticos, ambientales y emocionales que influyen en el desarrollo del mismo (Mora, 2015).

El cerebro se encuentra dividido en regiones o estructuras con funciones, orígenes genéticos y ontogenéticos, y periodos de desarrollo y maduración bien diferenciados (Chiron et. al., 1997; Ortiz, 2009; Mora, 2015). Además, su división anatómica en dos hemisferios, izquierdo y derecho, genera una lateralización funcional de determinadas actividades, que tienen lugar de forma preferente en uno de ellos. Generalmente, el hemisferio derecho se ha relacionado con la creatividad; con una atención dispersa y principalmente inconsciente; con un alto componente espacial que permite el reconocimiento de lugares, caras y gestos, la manipulación de objetos, la comprensión de las relaciones espaciales y matemáticas, y la búsqueda de patrones. Asimismo, se ha relacionado con el análisis global, abstracto y aleatorio de la información, captada fundamentalmente a través de imágenes en lugar de palabras; con las habilidades musicales; con el procesamiento interno y con la percepción y expresión de las emociones. Por su parte, al hemisferio izquierdo se le ha atribuido el análisis de la información de manera secuencial y lógica, la sensibilidad al tiempo, el procesamiento del lenguaje, el razonamiento, el cálculo, la aritmética, o la atención consciente y focalizada, necesaria para el manejo de los estímulos externos (Purves et. al., 2004; Jensen, 2005; Nolte, 2009; Watagodakumbura, 2017, Carter, 2019). No obstante, ambos hemisferios están íntimamente conectados a través del cuerpo caloso, por lo que el intercambio de información entre ambos es constante y su funcionamiento simultáneo y complementario (Nolte, 2009; Sweeney, 2009). Sin

embargo, la educación que se imparte actualmente en las escuelas apela fundamentalmente a los procesos cognitivos que tienen lugar de forma mayoritaria en el “hemisferio izquierdo”, con ambientes estructurados y horarios específicos, con una predominancia notable del lenguaje verbal y con el acento puesto sobre los hechos y las reglas en lugar de sobre los patrones (Watagodakumbura, 2017).

Al igual que ocurre en el caso de los hemisferios, las distintas áreas cerebrales actúan de forma coordinada y global, aunque es cierto que determinadas estructuras poseen un papel más activo y relevante en los procesos neuronales, hormonales y emocionales relacionados con el aprendizaje y la memoria. De ellas, quizás las más importantes sean el sistema límbico, el hipocampo y la corteza prefrontal, cuya interconexión establece una íntima relación entre los circuitos emocionales y los cognitivos. El sistema límbico podría considerarse como el cerebro emocional, ya que se encarga de traducir los estímulos sensoriales externos en emociones<sup>1</sup>. Desde aquí, la información pasa, por un lado, a la corteza cerebral, donde tienen lugar los procesos de asociación, razonamiento y las funciones ejecutivas complejas y, por otro, al hipocampo, donde se produce la integración de la información en forma de recuerdos (Miller y Cohen, 2001; Decety y Svetlova, 2012; Mora, 2015; Okon-Singer, Hendler, Pessoa y Shackman, 2015).

Como se ha mencionado anteriormente, los ritmos de maduración de las distintas regiones cerebrales no son simultáneos, sino que siguen un orden marcado por tres vectores: uno interno-externo, que provoca una maduración más temprana de las zonas más próximas a la línea media, relacionadas con las funciones vitales básicas; otro eje postero-anterior, que determina que las estructuras cerebrales situadas en la parte posterior del cerebro alcancen su madurez más rápidamente que las localizadas en las regiones anteriores; y otro vector hemisférico, en función del cual el hemisferio izquierdo tiende a finalizar su desarrollo antes que el derecho (Corballis y Morgan, 1978; Ortiz, 2009), a pesar de que durante los tres primeros años de vida este último muestre un ritmo de maduración mayor (Chiron et. al., 1997).

El aspecto madurativo es de especial relevancia a la hora de establecer el nivel y tipo de información que se ofrece al alumnado, pues si sus estructuras cerebrales no han alcanzado la madurez suficiente no estarán en predisposición de ser activadas de forma adecuada y, por consiguiente, no se producirá un aprendizaje significativo. En este sentido, son esenciales los conceptos de “periodos críticos” o “periodos sensibles”, momentos concretos del desarrollo cerebral en el que ciertas áreas son más sensibles a la recepción y asimilación de estímulos concretos que

---

1 Las áreas cerebrales relacionadas con la generación y expresión de las emociones son el sistema límbico y el tronco encefálico, más específicamente algunas zonas de la corteza prefrontal orbitaria y media, la amígdala, algunas regiones del tálamo, el hipotálamo, el cuerpo estriado ventral y la formación reticular, siendo la amígdala un nodo de conexión entre las distintas regiones involucradas (Purves et. al., 2004).

favorecerán el establecimiento de conexiones neuronales que tendrán una influencia significativa en el desarrollo posterior de determinadas capacidades o habilidades. Esta susceptibilidad varía con el tiempo, lo que hace que la adquisición de dichas habilidades sea óptima durante los periodos de desarrollo en que esas “ventanas” están abiertas y más difícil, o incluso imposible, una vez pasada esa etapa de maduración cerebral (Robson, 2002; Purves et. al., 2004). De ello se deduce el papel fundamental que juega el entorno como generador de estímulos adecuados en tiempo y forma para favorecer la adquisición de funciones esenciales como el lenguaje, la visión, el desarrollo emocional y el desarrollo cognitivo (Tierney y Nelson 2009) y cómo esas interacciones pueden influir sobre la estructura y la función cerebral (Purves et. al., 2004). Como señalan Trníková y Petlák (2012, p. 45) “ninguna inteligencia o habilidad se desplegará hasta (o a menos) que se de el modelo apropiado de entorno”.

Durante la pubertad y la adolescencia, el cerebro sufre una transformación drástica debido a factores hormonales y ontogenéticos que generan cambios estructurales y funcionales. Entre los cambios estructurales destaca el desarrollo de la corteza prefrontal, una de las últimas regiones cerebrales en alcanzar la madurez. En la corteza prefrontal tiene lugar la integración de la información procedente de las cortezas sensoriales y motora, así como de las cortezas parietales y temporales, obteniendo como resultado una idea del individuo respecto del mundo y permitiendo planear y ejecutar comportamientos complejos adecuados a las circunstancias. Aquí también se regulan los procesos relacionados con el pensamiento racional, el pensamiento simbólico y lógico, el aprendizaje asociativo, el pensamiento moral y ético, la toma de decisiones, la asimilación de normas, la asunción de responsabilidades, el control emocional, motor y cognitivo, la regulación de los comportamientos, la planificación para la consecución de metas y objetivos, la resolución de problemas, la atención o la memoria de trabajo (Goldman-Rakic, 1996; Miller y Cohen, 2001; Fan, Raz y Posner, 2003; Purves et. al., 2004; Jensen, 2005; Martín, Calleja y Navarro, 2009; Nolte, 2009). Es por tanto de esperar que solo cuando se llegue a un nivel de madurez adecuado en esta región cerebral los individuos serán capaces de asimilar funciones ejecutivas y cognitivas de tal complejidad.

Asimismo, en la adolescencia temprana, alrededor de los 12 años, se alcanza el máximo volumen de materia gris (conexiones sinápticas) en la corteza prefrontal, que a partir de este momento decaerá de forma progresiva a medida que envejecemos, mientras que la materia blanca (fibras nerviosas mielinizadas) sufre un incremento desde los 4 hasta los 13 años como consecuencia de la mielinización de los axones, proceso que se completará en la adultez. Todo ello permite que en esta etapa se establezcan conexiones neuronales entre áreas alejadas, potenciando las capacidades cognitivas y sociales, así como el pensamiento moral y la activación de un mayor

número de regiones cerebrales. Igualmente importantes para el futuro desarrollo cognitivo son las podas sinápticas y los cambios en las conexiones neuronales, determinados en buena medida por la frecuencia y características de los estímulos ambientales (Craik y Bialystok, 2006; Krain y Castellanos, 2006; Casey y Riddle, 2012; Ouyang, Dubois, Yu, Mukherjee, y Huang, 2019). En esta etapa también se produce el desarrollo de determinadas áreas como el *striatum*, relacionado con los mecanismos motivacionales y de recompensa; el cuerpo calloso, que mejora la comunicación entre ambos hemisferios; y el cerebelo, implicado en la coordinación y en los aprendizajes y la memoria motrices (Purves et. al., 2004, p. 52). Todos estos cambios afectan a la capacidad de aprendizaje y son responsables de la enorme potencialidad de los cerebros adolescentes para la adquisición de nuevos conocimientos y habilidades, si bien dichas capacidades se ven afectadas por “la forma, contenido, contexto y organización en que se le presenten los estímulos” (Ortiz, 2009).

### **NEUROEDUCACIÓN: MEMORIA, ATENCIÓN, EMOCIÓN Y APRENDIZAJE**

La neuroeducación se encarga de aplicar al proceso de enseñanza-aprendizaje aquellos conocimientos neurológicos, psicológicos y sociológicos relacionados con las funciones cerebrales implicadas en el aprendizaje con el fin de mejorar tanto los métodos de enseñanza del docente como los de comprensión y memorización del alumnado, favoreciendo así el desarrollo integral de este a nivel cognitivo, emocional y social (Ortiz, 2009; Sabitzer, 2011).

Además de la indiscutible influencia de los factores genéticos, la capacidad de aprendizaje se ve profundamente afectada por los mecanismos cerebrales relacionados con la memoria, la atención, la curiosidad y la emoción, pero también por el entorno familiar, social y cultural del estudiante, por sus motivaciones, su autoestima y su estado emocional (Vázquez y Manassero, 2007; Ortiz, 2009; Trníková y Petlák, 2012). La predisposición hacia el aprendizaje viene determinada igualmente por otros factores personales, como las expectativas, las metas y los planes que cada alumno o alumna tiene puestos sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje y la importancia que le atribuya para alcanzar sus objetivos futuros (Fernández, 1997; Ainley y Armatas, 2006).

También tienen una gran influencia las condiciones físicas del entorno concreto en el que se desarrolla el proceso, como la iluminación (luz natural frente a artificial, mayor o menor intensidad de la misma, etc.), la amplitud espacial (espacios amplios y abiertos frente a otros reducidos y constreñidos), la temperatura, la humedad, el ruido, etc., que juegan un papel fundamental a la hora de generar sensaciones de bienestar o de rechazo, tan importantes para el aprendizaje y la memorización y que, por tanto, deberían ser tenidos en cuenta a la hora de diseñar los espacios escolares (Mora, 2015). Igualmente importante es la convivencia en el aula, especialmente la relación con el profesor o con el resto de compañeros, el respeto a los tiempos atencionales

fisiológicos y a los necesarios periodos de descanso entre ellos, así como la emoción, la empatía y las habilidades de comunicación del docente (Sabitzer, 2011; Mora, 2015).

Como veremos a lo largo de los siguientes apartados, la adquisición de nuevos conocimientos y la consolidación de recuerdos no solo depende de los mecanismos cognitivos que intervienen en dichos procesos, sino que requieren de una adecuada atención y estimulación emocional que actúen como recompensa frente a los esfuerzos realizados, además de ser capaces de inhibir los pensamientos y sentimientos que puedan distraernos de la tarea (Mora, 2015). Estas estrategias de autocontrol son esenciales para llevar a cabo funciones ejecutivas complejas, como la planificación para la consecución de objetivos, y requieren del control emocional y de la aceptación de valores y normas, por lo que son la base definitoria de las conductas éticas y morales que, como se ha mencionado, están íntimamente ligadas a la maduración de la corteza prefrontal y su interacción con el hipocampo. Estas conductas pueden ser aprendidas, de ahí la importancia de la exposición a un entorno adecuado desde edades tempranas, y predicen en gran medida el rendimiento académico futuro (Miller y Cohen, 2001; Mora, 2015).

### **Las bases neurológicas del aprendizaje**

El aprendizaje es un proceso a través del cual el sistema nervioso adquiere y retiene nueva información que puede ser recuperada en un futuro y que se traduce en cambios en el comportamiento (Purves et. al., 2004; Watagodakumbura, 2017).

Según Jensen (2005, pp. 15-16), la secuencia básica que sigue cualquier estímulo antes de convertirse en un nuevo aprendizaje sería la siguiente:

1. La información llega desde el exterior a través de los sentidos o desde el interior mediante el pensamiento o la evocación de un recuerdo.
2. Los datos son remitidos al hipotálamo, donde se lleva a cabo un procesamiento inicial.
3. Simultáneamente, la información se envía a las correspondientes áreas corticales para su procesamiento posterior (los estímulos visuales al lóbulo occipital, los lingüísticos al lóbulo temporal, etc.). Rápidamente, el cerebro adquiere una impresión sensorial aproximada de los datos recibidos.
4. También, de forma inmediata, es remitida a las áreas subcorticales, como por ejemplo la amígdala.
5. Si se considera que el estímulo es sospechoso o supone alguna amenaza, la amígdala (el “activador de la incertidumbre”) pondrá en marcha una respuesta inmediata del sistema nervioso simpático y reclutará otras áreas cerebrales.
6. Sin embargo, generalmente, los lóbulos frontales mantendrán buena parte de la información en la memoria a corto plazo durante unos 5 a 20 segundos. La mayoría será filtrada,

descartada y nunca llegará a ser almacenada por irrelevante o poco persuasiva. Por el contrario, si se considera que los datos merecen una segunda valoración, el nuevo aprendizaje explícito será enviado y retenido en el hipocampo, donde se profundizará en su evaluación y se determinará su valor.

7. Si el nuevo aprendizaje se considera importante, el hipocampo lo organizará, indexará y conectará con las áreas corticales adecuadas (precisamente los mismos lóbulos que lo procesaron originalmente) para su posterior almacenamiento a largo plazo.

En general, se acepta la existencia de dos tipos de aprendizaje (Ortiz, 2009; Mora, 2015; Watagodakumbura, 2017):

1. Un **aprendizaje explícito o declarativo**, consciente, relacionado con la asociación, memorización y explicitación de ideas y conocimientos, cuyos circuitos neuronales están situados en la corteza prefrontal y temporal y en el sistema límbico, especialmente en el hipocampo.

2. Un **aprendizaje implícito**, que no puede ser explicitado verbalmente, más antiguo evolutivamente, inconsciente y relacionado, por ejemplo, con las habilidades visuales, motoras y procedimentales. Este tipo de aprendizaje se consigue esencialmente mediante la repetición y el entrenamiento, o como un efecto secundario del aprendizaje explícito, aunque este último se ve altamente favorecido por los aprendizajes implícitos.

El aprendizaje explícito requiere de la atención consciente hacia la nueva información, aunque lleva asociado un componente inconsciente. De igual forma, los aprendizajes implícitos requieren de cierto nivel de consciencia, demostrando que los procesos conscientes e inconscientes suelen suceder simultáneamente (Watagodakumbura, 2017).

El ciclo completo de aprendizaje estaría compuesto por tres fases: aprendizaje, retención y recuperación. En este sentido, la mera novedad del entorno es suficiente para atraer la atención y desencadenar el aprendizaje, en un principio de manera implícita e inconsciente y, posteriormente, de manera explícita o consciente (Ortiz, 2009; Watagodakumbura, 2017). Por su parte, la retención generalmente se considera inconsciente, aunque esté enmarcada por experiencias conscientes, y se producirá desde el momento en que experimentemos o entendamos los nuevos datos con suficiente claridad, lo que a veces requiere de una atención repetida o de un mayor tiempo de reflexión para el análisis de aquellos estímulos que ofrecen una mayor dificultad de comprensión (Watagodakumbura, 2017). Finalmente, la recuperación implica la movilización de los circuitos neuronales relacionados con la memoria.

No obstante, existen numerosas vías de aprendizaje, desde la sensibilización hasta la práctica, pasando por la habituación, el condicionamiento, el aprendizaje semántico o la imitación (Jensen,

2005), por lo que la memorización deliberada de conocimientos es solo uno más de los mecanismos (no el único) que tenemos a nuestra disposición para lograrlo (Watagodakumbura, 2017). Por otro lado, cuanto mayor sea el número de sentidos implicados en el proceso, mayor posibilidad de que la información adquirida se almacene de forma permanente en los circuitos cerebrales (Trníková y Petlák, 2012). Sucede lo mismo cuando se asocian diferentes tipos de contenidos, por ejemplo visuales y motores (Ortiz, 2009). Sin embargo, los métodos de enseñanza actuales se basan fundamentalmente en un aprendizaje explícito, de manera que los alumnos tratan de memorizar aquellos contenidos que son considerados importantes por sus profesores, en contraposición a los aprendizajes ordinarios, como el lenguaje o los hábitos sociales, que son mayoritariamente implícitos (Watagodakumbura, 2017).

### La memoria y la fijación de conocimientos

La memoria hace referencia a los procesos de codificación, almacenamiento y recuperación de la información aprendida (Purves et. al., 2004). Gracias a ella es posible transmitir esos aprendizajes y conocimientos, generar una cultura en torno a los mismos y, en último término, mejorar las opciones de supervivencia (Mora, 2015).

En cuanto al mecanismo neuronal que subyace al proceso de memorización y aprendizaje, se ha confirmado que este provoca cambios bioquímicos, anatómicos y funcionales en las neuronas que se acaban traduciendo en modificaciones a largo plazo en la eficacia de la transmisión entre las conexiones sinápticas más relevantes y/o en el crecimiento o reorganización de dichas conexiones. La repetición juega, en este sentido, un importante papel en la fijación a largo plazo de los nuevos aprendizajes, ya que la sucesión de estímulos eléctricos provoca la potenciación a largo plazo (PLP) de las sinapsis neuronales del hipocampo (Purves et. al., 2004). Esta repetición supone, asimismo, la reevaluación de los conocimientos adquiridos, pero también la comisión de errores y el aprendizaje a través de la corrección, ya que tal y como señala Mora (2015, p. 119) “equivocarse es parte del proceso de aprendizaje”.

Al igual que en el caso del aprendizaje, existen al menos dos tipos principales de memoria (Tulving, 1972; Purves et. al., 2004; Mora, 2015; Watagodakumbura, 2017):

- La **memoria declarativa**, que implica el almacenamiento y recuperación de información que puede ser elevada a un nivel consciente y que puede expresarse verbalmente. Esta se puede subdividir a su vez en dos tipos: episódica o autobiográfica, y semántica. La primera incluye aquellos recuerdos que tienen un origen específico en el tiempo, espacio y circunstancias vitales del sujeto. Por su parte, la memoria semántica se refiere a hechos, conceptos y generalizaciones sobre nosotros mismos, el mundo que nos rodea o cualquier otro

conocimiento independiente del contexto espacial y temporal en el que fueron adquiridos, por lo que se refiere más a una sensación de conocimiento que a un recuerdo.

- La **memoria no declarativa o procedimental** se refiere por lo general a habilidades motoras o asociaciones sensoriales que se generan y recuperan a un nivel inconsciente, y que no se pueden verbalizar. Por tanto, su existencia solo se puede inferir a través de los efectos que tienen sobre el comportamiento, haciendo que respondamos de una determinada manera, no consciente, ante situaciones concretas, como sucede con las fobias, las aversiones, etc. Este hecho explicaría los profundos efectos que sobre la conducta pueden tener las experiencias vividas antes de los dos o tres años y que son almacenadas como memorias inconscientes, ya que las estructuras cerebrales encargadas de la memoria consciente no se desarrollan hasta esa edad.

Además de por la naturaleza de la información recordada, como es el caso anterior, la memoria se puede clasificar en función de la duración y uso que se hace de la misma en tres categorías (Purves et. al., 2004; Gross, 2009; Mora, 2015; Watagodakumbura, 2017):

- **Memoria a corto plazo**, gracias a la cual podemos retener una determinada información durante un corto periodo de tiempo. Su capacidad es bastante amplia y parece existir un registro diferenciado para cada modalidad sensorial. Estas “memorias sensoriales” (icónica o visual, ecoica o auditiva y háptica o táctil) retienen las impresiones provocadas por la información recibida a través de los sentidos durante el tiempo necesario para que sean valoradas.

- **Memoria de trabajo**, que permite el almacenamiento de una cantidad limitada de información durante un periodo de tiempo concreto (de varios segundos a minutos) con el fin de ponerla al servicio de determinados procesos cognitivos, como el razonamiento, la toma de decisiones o la realización de una tarea concreta. La memoria de trabajo tiene una componente verbal (comprender lo que se escucha o se lee) y una componente viso-espacial (memorización de imágenes, espacios o elementos matemáticos), ambas con sus propias redes neuronales.

- **Memoria a largo plazo**, implica el almacenamiento de información durante un periodo más largo, que puede abarcar incluso todo el periodo vital. El paso desde la memoria de trabajo hasta la memoria a largo plazo se denomina consolidación.

Todas estas memorias están relacionadas fundamentalmente con el hipocampo, algunas estructuras adyacentes al mismo y la amígdala, que conforman el Sistema de Memoria del Lóbulo Temporal Medial (SMLT). En el caso de las memorias declarativas, las principales estructuras implicadas en su formación y consolidación son el hipocampo, los cuerpos o tubérculos mamilares

y la región dorsal del tálamo. Desde el hipocampo, estos recuerdos son transferidos a las correspondientes áreas especializadas de la corteza cerebral, donde se almacenarán de forma definitiva en el citado proceso de consolidación y pasarán a formar parte de la memoria declarativa a largo plazo. En la recuperación de estos recuerdos parece jugar un importante papel la corteza frontal (Miller y Cohen, 2001; Purves et. al., 2004). Por su parte, los aprendizajes y las memorias no declarativas siguen un circuito independiente al SMLT. Se desconocen las áreas implicadas en el almacenamiento a corto plazo de este tipo de memorias y aprendizajes, pero en su consolidación a largo plazo estarían involucrados los ganglios basales, la corteza prefrontal, la amígdala, la corteza somatosensorial de asociación, la corteza premotora y el cerebelo (Purves et. al., 2004).

Asimismo, existen cinco **vías de memorización**: la semántica, también conocida como “contenido sin contexto”; la episódica, relacionada con eventos ordenados cronológicamente; la respuesta condicionada, desarrollada mediante mecanismos de repetición y respuesta; la procedimental, que representaría la memoria de habilidades; y la emocional, que hace referencia a potentes experiencias personales (Scaddan, 2009). Al parecer, los estímulos emocionales estarían asociados a un aprendizaje implícito, de forma que los estímulos inicialmente conscientes codificarían resultados inconscientes que se almacenarían en una memoria emocional implícita, no verbalizable (Watagodakumbura, 2017). Por otro lado, la evidencia psicológica ha demostrado que un moderado nivel de excitación emocional en el momento en que ocurre un evento conduce a una mejor retención y consolidación de las memorias explícitas gracias a la recepción, simultáneamente, de estímulos emocionales por parte de la amígdala, tal y como sucede en los procesos de “aprendizaje asociativo” (Sylwester, 1998; Purves et. al., 2004; Watagodakumbura, 2017). Estos mecanismos de asociación juegan un papel esencial en el proceso de consolidación, ya que permiten dotar de significación a los datos recibidos (como ocurre por ejemplo con algunas reglas nemotécnicas) y, por tanto, mejorar su transferencia desde la memoria de trabajo hasta la memoria a largo plazo (Purves et. al., 2004). Ello explicaría el hecho de que la memoria emocional sea la que se fije con mayor intensidad, mientras que en el polo opuesto nos encontraríamos con la memoria semántica, descontextualizada, mucho más susceptible al olvido (Scaddan, 2009).

### **El papel clave de la atención**

La atención podría definirse como la capacidad para responder de forma selectiva a los estímulos, inhibiendo la información irrelevante y los comportamientos inadecuados para una situación dada en favor de los estímulos relevantes y las respuestas más apropiadas (Casey y Riddle, 2012; Okon-Singer et. al., 2015).

La atención es esencial para ser consciente de lo que ocurre a nuestro alrededor y, por consiguiente, también lo es para que se produzca el aprendizaje y la memorización (Mora, 2015).

Por su parte, la consciencia es el resultado de la interacción neuronal entre los sistemas tálamo-corticales, siendo el neocórtex la principal región implicada. Su evolución se ha producido en paralelo al desarrollo de la corteza prefrontal e involucra aspectos como la percepción sensorial, las emociones, la comunicación intrapersonal, conceptos abstractos e ideas relacionadas con la acción. Es decir, la consciencia o cognición explícita necesita de una elevada cantidad de información diferenciada pero al mismo tiempo altamente integrada, por lo que requiere de la actividad combinada de diversas áreas cerebrales (Watagodakumbura, 2017).

Existen dos modelos principales para explicar los mecanismos implicados en la atención. Por un lado, el propuesto por Knudsen (2007) señala cuatro procesos fundamentales: la memoria de trabajo, que constituye el elemento central; el control sensorial de arriba-abajo o guiado conceptualmente; la selección competitiva; y el filtrado automático de abajo-arriba (o guiado por los datos sensoriales) de los estímulos sobresalientes o destacados. En el control voluntario de la atención estarían implicados los tres primeros procesos (Knudsen, 2007). Según este modelo, la memoria de trabajo se encargaría de evaluar, analizar, tomar decisiones y planificar acciones en relación a la información recibida (Baddeley, como se citó en Knudsen, 2007). Previamente, los mecanismos de selección competitiva habrán determinado qué información accede a la memoria de trabajo (Desimone y Duncan, 1995). Por su parte, los procesos de control sensorial de arriba-abajo regularían la fortaleza relativa de la señal de los diferentes canales de información que compiten por conseguir el acceso a la memoria de trabajo (Egeth y Yantis, como se citó en Knudsen, 2007). Finalmente, los filtros de abajo-arriba aumentarían automáticamente la respuesta hacia aquellos estímulos que son inusuales en el espacio o en el tiempo, o que son considerados importantes a nivel biológico, ya sea instintivamente o por aprendizajes adquiridos (Koch y Ullman, como se citó en Knudsen, 2007). Así, la información que finalmente accede a la memoria de trabajo se selecciona en función de la intensidad relativa de la señal de cada uno de los estímulos percibidos por el individuo. Dicha intensidad vendrá determinada por la calidad de la información codificada, por el sesgo o los prejuicios introducidos por los mecanismos de control de arriba-abajo, y por los filtros de control de abajo-arriba. Una vez conseguido el acceso a la memoria de trabajo, la nueva información competirá con la ya existente por hacerse con el control de aquella. La que consiga captar los recursos de la memoria de trabajo podrá influir a través de ella en los mecanismos de control de arriba-abajo, que modularán a su vez la intensidad de la señal de los nuevos estímulos filtrados a través de los mecanismos de abajo-arriba, dando lugar al bucle recurrente que subyace al proceso de atención voluntaria (Knudsen, 2007). En definitiva, el foco de atención vendrá determinado por el resultado de la competición que se establezca a nivel de los mecanismos de atención exógenos (principalmente los diferentes estímulos externos que siguen la vía de abajo-

arriba) y endógenos (reglas, instrucciones, planes o estados emocionales y motivacionales que integran la vía de control de arriba-abajo) (Okon-Singer et. al., 2015). El estímulo que “gane” dicha competición selectiva será el que finalmente atraiga nuestra atención, generando a partir de entonces efectos en tres dimensiones relacionadas entre sí: la consciencia, el comportamiento y la actividad neuronal. Pasará así a ocupar el primer plano de la experiencia consciente, tendrá una mayor influencia sobre el comportamiento y desencadenará mayores cambios en la actividad neuronal que aquellos otros que hayan sido descartados (Frith, Rees, Macaluso y Blakemore, 2004).

El segundo modelo, propuesto por Posner, determina la existencia de cinco funciones cognitivas o subsistemas implicados en la atención: el mantenimiento del estado de vigilancia o alerta, la orientación hacia los eventos sensoriales, la atención ejecutiva o focalizada (consciente), la autorregulación o autocontrol, y el entrenamiento. La red de alerta estaría relacionada con los sistemas de excitación/activación del tronco encefálico y con las áreas del hemisferio derecho implicadas en la vigilancia sostenida; la red de orientación se concentraría principalmente en la corteza parietal y permitiría priorizar los estímulos sensoriales en función de su modalidad o de su localización; y la red ejecutiva o de detección de objetivos incluiría a la corteza prefrontal y a la corteza cingulada anterior (Posner y Petersen, 1990; Petersen y Posner, 2012). Como se ha visto, este modelo establece una estrecha relación entre la atención y los mecanismos de autorregulación o autocontrol, de ahí que algunos autores consideren que ambos procesos (atención e inhibición) son dos caras de la misma moneda. Así, la atención no sería más que el efecto de inclinar la competición entre los estímulos a favor de aquellos relevantes para la ejecución de una determinada tarea y la inhibición sería la consecuencia que dicho efecto tendría sobre la información irrelevante (Desimone y Duncan, 1995).

Por otro lado, desde el punto de vista neuropsicológico se han establecido los siguientes tipos de atención (Sohlberg y Mateer, 2001; Ortiz, 2009):

- La **atención focalizada**: es la más primitiva en el desarrollo ontogenético y nos permite dirigir la atención hacia un estímulo visual, auditivo o táctil específico.
- La **atención sostenida**: que consiste en la capacidad de mantener una respuesta o comportamiento durante la realización de una actividad continua y repetitiva. Estaría integrada por dos componentes: la vigilancia y la memoria de trabajo. Este tipo de atención es fundamental en los procesos de enseñanza-aprendizaje.
- La **atención selectiva**: vendría reflejada en la capacidad de mantener un comportamiento o actividad cognitiva a pesar de estar expuesto a elementos de distracción o a estímulos competitivos. Déficits en este tipo de atención provocan el desvío de las tareas debido a la influencia de estímulos externos o internos irrelevantes y extraños a la actividad, por lo que

este es un elemento importante a tener en cuenta en las aulas a la hora de minimizar las fuentes de distracción “exógena” de aquellos niños con deficiencias en este tipo de atención.

- La **atención alterna**: se refiere a la capacidad para cambiar el foco de atención y realizar diferentes tareas con distintos requerimientos cognitivos, controlando la información que será procesada en cada momento y haciendo uso, por tanto, de los procesos relacionados con la memoria de trabajo. Este tipo de atención es requerida frecuentemente en el desarrollo de la vida cotidiana, ya sea a nivel académico o profesional.

- La **atención dividida**: que consiste en la habilidad de responder simultáneamente a múltiples tareas o demandas que involucran dos o más respuestas o que requieren del análisis de dos o más estímulos diferentes. Estas situaciones se dan con frecuencia, por ejemplo, en los contextos de la enseñanza secundaria.

Una de las características más llamativas del cerebro es su elevada plasticidad, debida en buena parte a los procesos de creación de nuevas sinapsis (sinaptogénesis), eliminación de sinapsis existentes (podas sinápticas), modificación de sinapsis ya establecidas, generación de nuevas conexiones (dendrogénesis), conexión con neuronas distantes (mielogénesis) o producción de nuevas neuronas (neurogénesis), todos ellos modelados en buena medida por las interacciones con el entorno (Gould, Reeves, Graziano y Gross, 1999; Craik y Bialystok, 2006), lo que permite aprender y modificar los comportamientos mediante la remodelación de las conexiones neuronales (Purves et. al., 2004; Trníková y Petlák, 2012). Esa plasticidad alcanza su máximo entre los cuatro y los siete años de edad, mientras que entre los ocho y los doce años se ve reducida drásticamente. Los circuitos neuronales relacionados con la atención ejecutiva (aquella implicada en los procesos de aprendizaje) y con la memoria de trabajo, son igualmente susceptibles de ser modificados y mejorados mediante un entrenamiento conductual o psicológico adecuado que, por tanto, podría aminorar los síntomas de los niños y niñas diagnosticados con TDAH si se lleva a cabo desde edades tempranas, pudiendo tener efectos positivos incluso a largo plazo (Kewley, 2011; O’Connell y Robertson, 2012; Mora, 2015).

Otro factor a tener en cuenta a la hora de evaluar la capacidad de atención son los **tiempos atencionales**, periodos en los que se requiere desplegar una atención total y continuada y que varían en función de la edad, ya que están fuertemente influenciados por el entrenamiento previo y por la temática que reclama la atención (Mora, 2015).

### **La emoción como motor del aprendizaje**

Aunque no existe un consenso en cuanto a su definición, podríamos considerar que la emoción es cualquier experiencia mental con una alta intensidad y un alto contenido hedónico (placer o desagrado), desencadenada por la traducción de los estímulos externos o internos, o el

recuerdo de los mismos, en respuestas fisiológicas, neurológicas, psicológicas, físicas, verbales y comportamentales, ampliamente influenciadas por las experiencias, conocimientos y creencias previas o futuras del individuo y que dan lugar a todo el abanico humano de expresiones emocionales: ira, aversión, miedo, alegría, tristeza, sorpresa, etc. (Cabanac, 2002; Fox, 2008; Damasio, 2010; Okon-Singer et. al., 2015). Los sentimientos son, por su parte, la representación subjetiva y consciente que nos hacemos de esas emociones inconscientes (Mora, 2015). Ambos, sentimientos y emociones, juegan un papel fundamental en el aprendizaje, la solución de problemas y la toma de decisiones (Bisquerra y Pérez, 2007; Angie, Connelly, Waples, y Kligyte, 2011; Hugo, Sanmartí y Adúriz-Bravo, 2013).

Las emociones interfieren de manera decisiva en el comportamiento y en los procesos cognitivos como la atención selectiva, la memoria de trabajo o el control cognitivo (Okon-Singer et. al., 2015), así como en la actitud y predisposición hacia el aprendizaje. En este sentido, las emociones forman una unidad junto con la motivación y la excitación/activación, de forma que a mayor intensidad emocional, mayor será la motivación y la activación (Barkley, 2015). Se ha demostrado que los estímulos externos con un alto componente emocional tienen una profunda influencia sobre la atención y son capaces de atraer el foco en mayor grado que los estímulos neutros (Okon-Singer et. al., 2015). Asimismo, parece estar fuera de duda que las emociones positivas mejoran el aprendizaje y el compromiso activo de los alumnos, mientras que los estados emocionales negativos lo dificultan severamente (Vázquez y Manassero, 2007). Prueba de ello es el hecho de que el incremento en los niveles de cortisol provocados por el estrés y la inseguridad afectan a la actividad neuronal del hipocampo y de la amígdala, que pasan a tomar el control sobre el comportamiento y los procesos atencionales en favor de una respuesta rápida y en detrimento de un razonamiento más lento y deliberado (Trníková y Petlák, 2012; Okon-Singer et. al., 2015). Igualmente, las situaciones de ansiedad tienen un importante efecto sobre los procesos atencionales y la maduración de la corteza prefrontal, limitando las capacidades de aprendizaje y memorización (incluida la memoria de trabajo), así como el control de la impulsividad (Trníková y Petlák, 2012; Mora, 2015; Okon-Singer et. al., 2015). En este sentido, parecen existir evidencias de que los circuitos neuronales que subyacen a los procesos de control cognitivo (aquellos que se activan fundamentalmente en situaciones de peligro o cuando se produce un conflicto entre diferentes alternativas de actuación con el fin de evaluar los riesgos, optimizar el aprendizaje y evitar acciones potencialmente negativas) contribuyen igualmente al procesamiento de las emociones negativas como la ansiedad, el miedo o el dolor, así como a la ejecución de los comportamientos dirigidos a objetivos y al cambio de foco atencional, demostrando la íntima relación existente entre dichos procesos de control y este tipo de emociones. Ello se vería confirmado, igualmente, por el hecho de

que los conflictos cognitivos y otras señales que exigen un aumento en los niveles de control (posibilidad de error, castigo, etc.) producen una sensación de desagrado y aumentan la probabilidad de evitación (Okon-Singer et. al., 2015). Pero por otro lado, las emociones positivas pueden despertar la curiosidad y la atención, favoreciendo la adquisición de nuevos aprendizajes y la evocación de recuerdos, por lo que son fundamentales para que se produzca un verdadero aprendizaje significativo (Mora, 2015). La curiosidad hace referencia al proceso motivacional que resulta de una aproximación a una situación nueva (Ainley y Armatas, 2006) y constituye uno de los motores de la emoción y, por tanto, de la atención (Mora, 2015). Según Mora (2015, p. 74) “nadie puede aprender nada, y menos de una manera abstracta, a menos que aquello que se vaya a aprender le motive, [...], posea algún significado que encienda su curiosidad. Para aprender se requiere de ese estímulo inicial que resulte interesante y nuevo”.

Pero lejos de ser una relación unidireccional, hoy en día se sabe que los circuitos involucrados en la atención, la memoria de trabajo y el control cognitivo contribuyen a su vez a la regulación voluntaria de las emociones (Okon-Singer et. al., 2015) y que tanto las dimensiones cognitivas como afectivas de nuestro cerebro se ven influenciadas por el entorno socio-cultural (Nias, 2006; Vázquez y Manassero, 2007; Trníková y Petlák, 2012; VanCleave, 2016).

La escuela ocupa una parte importante de ese entorno socio-cultural y tiene en sí misma un alto componente emocional debido a que en ella se establecen intensas interacciones personales, que se ven afectadas tanto por el estado emocional del profesorado como por el de los alumnos y alumnas, por las relaciones de afecto que se puedan establecer entre ellos, por las condiciones del entorno en el que tiene lugar el proceso, y por la responsabilidad que se atribuyen los docentes sobre la conducta y futuro desarrollo de los estudiantes (Nias, 2006). Así, el rol del profesor o profesora a la hora de generar una dinámica positiva en el aula capaz de estimular y favorecer el aprendizaje en un ambiente de seguridad y bienestar emocional tanto para ellos mismos como para sus alumnos y alumnas es fundamental. Es esencial en este sentido que los docentes alcancen un nivel de autoestima y autoeficacia adecuado en relación a su desempeño profesional, que les genere sentimientos positivos como diversión, pasión, euforia y satisfacción, y que estos puedan ser transmitidos a su vez a sus pupilos (Nias, 2006; Costillo, Borrachero, Brígido y Mellado, 2013; Hugo et. al., 2013). No obstante, y a pesar de las evidencias en este sentido y de la gran potencialidad de las ciencias experimentales a la hora de generar estados emocionales positivos en el alumnado, despertando esa curiosidad innata del ser humano por conocer el entorno que lo rodea, hasta fechas relativamente recientes la emoción no ha sido objeto de atención por parte de los especialistas en didáctica de las ciencias (Mellado et. al., 2014). Hacer hincapié en la importancia de las emociones sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje de estas disciplinas podría revertir las

tendencias observadas en cuanto al decreciente interés que los estudiantes muestran hacia las mismas a medida que avanzan en el sistema educativo, la sensación de aburrimiento e irrelevancia que atribuyen a las ciencias, los estereotipos de género asociados a las mismas o el creciente analfabetismo científico (Vázquez y Manassero, 2007; Mellado et. al., 2014). Buena parte de ese camino ya estaría recorrido si aprovecháramos esas emociones positivas que suele generar el estudio de las ciencias en los primeros años de escolarización: sorpresa, curiosidad, orgullo, confianza, gratificación, alegría... (Mellado et. al., 2014).

## **TDAH Y ESCUELA**

### **Características generales de los niños con TDAH**

Históricamente, el Trastorno por Déficit de Atención y/o Hiperactividad ha sido caracterizado por tres síntomas primarios: déficit en la atención sostenida o ejecutiva, hiperactividad e impulsividad. No obstante, actualmente estos dos últimos se han agrupado como un síntoma único (Barkley, 1997).

La inatención puede manifestarse en comportamientos como el desvío de las tareas, la falta de persistencia, las dificultades para mantener la concentración y la desorganización. Por su parte, la hiperactividad se expresa a través de una actividad motora excesiva en circunstancias en las que no es apropiada, un exceso de movimientos de pies y manos o verborrea. Finalmente, la impulsividad refleja el deseo por la gratificación inmediata o su incapacidad para asumir el retraso de la recompensa, y puede manifestarse en intromisión social o en la toma de decisiones importantes sin considerar las consecuencias a largo plazo (Barkley, 1997; American Psychiatric Association [APA], 2013). Todo ello puede generar comportamientos disruptivos, dificultades en la comprensión y cumplimiento de las normas, déficits emocionales, problemas de adaptación social, etc., o reflejarse en deficiencias en funciones ejecutivas como la planificación, la organización, la secuenciación, la memoria de trabajo, la toma de decisiones y un pobre concepto del tiempo (Young y Gudjonsson, 2006; Kewley, 2011).

El índice de prevalencia de la enfermedad se sitúa en torno al 5 % en edad infantil y el 2,5 % en edad adulta (Carballal-Mariño et al., 2018), siendo más frecuente entre la población masculina que entre la femenina, en una proporción de 2:1 en niños y de 1,6:1 en adultos (APA, 2013).

### **Tipologías y problemas asociados**

Existen dos subtipos principales del trastorno, uno con predominancia del déficit de atención y otro con predominancia de la hiperactividad-impulsividad, además de un tercer subtipo combinado. Los criterios diagnóstico establecidos por la APA (2013) para los dos subtipos principales son:

## **1. Predominancia del déficit de atención (TDA)**

- Con frecuencia no prestan atención a los detalles o cometen errores por descuido.
- Dificultades para mantener la atención en las tareas o actividades.
- Dificultades para prestar atención mientras se les habla o seguir el hilo de las conversaciones.
- Con frecuencia no siguen las instrucciones y no terminan sus tareas escolares u obligaciones laborales.
- Dificultades para organizar las tareas y las actividades, como tareas secuenciales, mantener el orden, manejar el tiempo, etc.
- En ocasiones no les gusta o se muestran reacios a involucrarse en tareas que requieran de un esfuerzo mental sostenido.
- Pierden el material necesario para realizar las tareas o actividades.
- Se distraen con facilidad ante estímulos superfluos.
- Frecuentemente son olvidadizos respecto a las actividades cotidianas (pierden objetos de uso diario, se olvidan de las citas, etc.).

## **2. Predominancia de la hiperactividad-impulsividad**

- Juguetean o golpean las manos o los pies, o se remueven en el asiento.
- Se levantan en situaciones en las que se espera que se mantengan sentados.
- Corren o trepan en situaciones en las que es inapropiado.
- Con frecuencia hablan excesivamente.
- Responden antes de que se les haya terminado de plantear la pregunta.
- Tienen dificultades para respetar los turnos.
- Interrumpen las conversaciones o se entrometen en las actividades de otros.

El primer subtipo afecta más a las mujeres y es el que presenta el menor número de problemas emocionales o comportamentales asociados, que son más frecuentes en el subtipo combinado (problemas psiquiátricos, abuso de sustancias y en general mayor grado de incapacidad). Los subtipos inatento y combinado suelen, igualmente, presentar las mayores dificultades académicas en comparación con los predominantemente hiperactivos/impulsivos (Spencer, Biederman, y Mick, 2007).

Como se ha visto, dos son los grandes ámbitos afectados por el TDAH: la atención y la inhibición, cuyos efectos pasamos a enumerar más detalladamente:

### **1. Problemas derivados del déficit de atención**

Los déficits relacionados con la atención sostenida hacen que les cueste persistir en la ejecución de determinadas tareas, especialmente de aquellas que no les resultan estimulantes o

interesantes, o que no ofrecen un refuerzo inmediato (Roberts, Milich y Barkley, 2015). Esta falta de aplicación en actividades que requieren de un esfuerzo sostenido puede ser interpretada muchas veces como holgazanería, irresponsabilidad o falta de cooperación (APA, 2013). Sin embargo, la baja perseverancia puede venir causada por una falta de motivación hacia la tarea, por problemas a la hora de controlar el cambio de foco atencional hacia otros estímulos o por interferencias en la memoria de trabajo que hacen que olviden los objetivos de la actividad que estaban realizando y pasen a ejecutar otra diferente (Roberts et. al., 2015).

## **2. Problemas derivados de la falta de inhibición**

La falta de inhibición y la consecuente hiperactividad/impulsividad hace que tomen decisiones sin atender a los requerimientos de la situación o las instrucciones dadas, por lo que pueden cometer numerosos errores y no valorar adecuadamente los peligros o consecuencias negativas asociadas a una situación o comportamiento concretos. Igualmente, suelen presentar aversión a la espera y problemas con el retraso de la recompensa, por lo que con frecuencia optan por buscar los “atajos” que les permitan invertir el mínimo tiempo y esfuerzo a la hora de realizar una tarea. La impulsividad también puede provocar problemas en las actividades que requieran del autocontrol o de la cooperación con otras personas. También puede hacer que parezcan impertinentes debido a su insistencia, al escaso control de sus comentarios o al interferir con las conversaciones o actividades de los demás (Roberts et. al., 2015), actitudes que en ocasiones pueden venir acompañadas con agresiones físicas y verbales (Barkley, 2015).

Las deficiencias atencionales y cognitivas hacen que las personas afectadas por TDAH encuentren dificultades a la hora de comprender y seguir adecuadamente las interacciones y normas sociales, lo que puede provocar la aparición de respuestas inadecuadas y la inadaptación en diferentes entornos, incluido el familiar y el educativo. Ello puede hacer que se sientan rechazados, incomprensidos e irritables, lo que desemboca en comportamientos inapropiados y pobres resultados académicos y profesionales, así como en una baja autoestima, desmotivación, y la aparición de trastornos asociados como ansiedad, depresión, Trastorno de la Conducta, Trastorno Antisocial de la Personalidad o Trastorno de Consumo de Drogas (Barkley, 1997; Kewley, 2011; APA, 2013; Barkley, 2015; Weyandt y Gyda, 2015).

La comorbilidad es frecuente en las personas afectadas por TDAH. Así, en aproximadamente un 50% de los casos diagnosticados con el subtipo combinado y en un 25% de los que padecen el subtipo con predominancia del déficit de atención, cursa con un Trastorno de Oposición Desafiante; y en alrededor de un 25% de los pacientes con tipo combinado se presenta junto con Desórdenes de la Conducta. Asimismo, es igualmente frecuente que aparezca junto con Trastornos Específicos del

Aprendizaje y, en menor medida, con problemas de ansiedad, depresión grave, Trastorno Explosivo Intermitente, Trastorno del Consumo de Drogas, Trastornos Antisociales y de la Personalidad, Trastorno Obsesivo Compulsivo, tic's y Trastorno del Espectro Autista (Young y Gudjonsson, 2006; Spencer et. al., 2007; APA, 2013).

## **Cerebro y TDAH**

Existen multitud de variables que se han relacionado con el desarrollo del TDAH: genéticas, ambientales, psicosociales, etc. (Spencer et. al., 2007). En cualquier caso, y sea cual sea su origen, las personas afectadas por este trastorno suelen presentar alteraciones en determinadas áreas cerebrales como la corteza prefrontal, la corteza cingulada anterior, la corteza parietal posterior, los ganglios basales y el cerebelo, así como un menor volumen de la corteza prefrontal, los ganglios basales y el cerebelo, y un retraso en la maduración postero-anterior de la corteza (Krain y Castellanos, 2006; Spencer et. al., 2007; Casey y Riddle, 2012; APA, 2013). Las funciones y relación de cada una de estas regiones con el TDAH se describen a continuación:

### **1. La corteza prefrontal**

Las personas con TDAH pueden presentar alteraciones en esta región cerebral, especialmente en la mielinización y distribución de la materia blanca y gris, lo que dificulta el despliegue de funciones ejecutivas como la organización, la planificación, la memoria de trabajo, la metacognición, la inhibición y el control de impulsos (Miller y Cohen, 2001; Krain y Castellanos, 2006; Spencer et. al., 2007; Casey y Riddle, 2012).

### **2. La corteza cingulada anterior**

Implicada en la regulación consciente o voluntaria del sistema emocional (sistema límbico), así como en la detección de conflictos entre diferentes respuestas, por lo que alteraciones en la misma podrían causar problemas en el control emocional y en los comportamientos dirigidos a objetivos (Casey y Riddle, 2012; Barkley, 2015). Igualmente, la motivación y el impulso ejercerían su influencia sobre la función motora a través de esta región cerebral (Paus, como se citó en Barkley, 2015).

### **3. Corteza parietal posterior**

Involucrada en algunos aspectos del control cognitivo, sobre todo en el dominio de las respuestas predominantes, en el cambio de escenario atencional, en la planificación de los movimientos, en la resolución de conflictos perceptuales, en la detección de estímulos inesperados o relevantes a nivel conductual, así como en la capacidad para dirigir la atención hacia los aspectos relevantes que para la realización de una tarea pueda contener un determinado estímulo visual. Fallos en la comunicación de esta región y de la corteza cingulada anterior con la corteza prefrontal en situaciones en las que existen conflictos

perceptuales o conflictos entre diferentes respuestas alternativas pueden desembocar en deficiencias en los mecanismos de control de arriba-abajo y en la imposibilidad de resolver dichos conflictos, que podrían emerger como pensamientos o comportamientos inoportunos e interferir con los pensamientos o conductas adecuadas, provocando los síntomas de distracción e impulsividad observados en las personas diagnosticadas con TDAH (Casey y Riddle, 2012).

#### **4. Ganglios basales y cerebelo**

Sus principales funciones son la regulación y coordinación de los movimientos voluntarios, el aprendizaje de las habilidades motoras y la automatización de comportamientos (Miller y Cohen, 2001), pero también parecen estar implicados en otras funciones no motoras relacionadas con la percepción temporal, como la monitorización de la naturaleza y frecuencia de los acontecimientos (elementos fundamentales para el control atencional), la planificación y el mantenimiento a lo largo del tiempo de los pensamientos y comportamientos adecuados a los diferentes contextos (Krain y Castellanos, 2006; Casey y Riddle, 2012; Carter, 2019). Fallos en la conexión de estas regiones cerebrales con la corteza prefrontal, encargada de los procesos de control cognitivo y atencional, pueden ser los causantes de la desinhibición, la hiperactividad e hipermotilidad, así como de los pensamientos y comportamientos repetitivos observados en algunas personas diagnosticadas con TDAH (Krain y Castellanos, 2006; Casey y Riddle, 2012).

#### **5. Cuerpo calloso**

El cuerpo calloso conecta regiones homotípicas en ambos hemisferios, de forma que variaciones en su tamaño pueden conducir a problemas de comunicación hemisférica, explicando así algunos de los síntomas cognitivos y comportamentales de las personas afectadas por la enfermedad (Spencer et. al., 2007).

En definitiva, dos circuitos parecen estar implicados en la expresión de los síntomas relacionados con el TDAH. El frontal-límbico, que interfiere en la impulsividad emocional, hiperactividad y motivación; y el frontal-striatal y el frontal-cerebelar, que media en los problemas de atención, desorganización, memoria de trabajo y sentido del tiempo. El hecho de que distintos individuos puedan mostrar diferentes patrones de alteración en estas funciones ejecutivas, unas más relacionadas con el circuito hiperactivo/impulsivo, otras con el inatento y otras con una combinación de ambos (Castellanos, Sonuga-Barke, Milham y Tannock, 2006), podría explicar la existencia de los tres subtipos de TDAH establecidos por la APA. Así, por ejemplo, las personas con TDAH predominantemente hiperactivo/impulsivo verían alterados los sistemas de autorregulación emocional consciente debido a que la corteza prefrontal lateral, la corteza prefrontal medial y la

corteza cingulada anterior ejercen un control inadecuado sobre el sistema límbico, especialmente sobre la generación a nivel de la amígdala de emociones como la rabia, la frustración y la agresividad (Barkley, 2015).

### **Efecto sobre los dominios cognitivos y el desarrollo funcional**

Según la teoría propuesta por Barkley (1997) para los subtipos hiperactivo/impulsivo y combinado, los déficits en la inhibición de comportamientos serían en buena medida la causa de las dificultades observadas en el despliegue de funciones ejecutivas como la memoria de trabajo, la autorregulación de los mecanismos de afecto-motivación-activación/excitación, la internalización del lenguaje y la reconstitución (análisis y síntesis del comportamiento), que a su vez afectarían al control motor:

#### **1. Memoria de trabajo**

La memoria de trabajo permite recordar y usar una pequeña cantidad de información, aunque el estímulo haya desaparecido, con el fin de completar tareas cognitivas como la comprensión lingüística, el aprendizaje y el razonamiento, la imitación de secuencias de comportamiento complejas, la retrospección y la prospección, la anticipación o el sentido del tiempo, por lo que afecciones en la misma pueden derivar en problemas en la percepción temporal, en la comprensión y expresión oral y escrita, en el recuerdo de sucesos o lugares, y en la atención y el comportamiento dirigido a objetivos frente a distracciones potenciales (Barkley, 1997; Miller y Cohen, 2001; Solanto, 2015). La capacidad de la memoria de trabajo viene determinada en gran medida por esa habilidad para desechar la información irrelevante y, por tanto, está íntimamente relacionada con la atención endógena (Okon-Singer et. al., 2015). Algunos niños con TDAH parecen tener afectado este tipo de memoria en sus dos vertientes, verbal y no verbal, especialmente esta última (Weyandt y Gyda, 2015) en su componente espacial (Castellanos et. al., 2006).

#### **2. Autorregulación del afecto-motivación-activación/excitación**

Estos mecanismos se encargan del autocontrol emocional, de la toma de perspectiva objetiva/social, de la autorregulación de la impulsividad y la motivación, y de la activación al servicio de acciones dirigidas a objetivos. Así, los niños con TDAH pueden mostrar una mayor irritabilidad, hostilidad, excitabilidad y en general una hiper-respuesta emocional hacia los otros; una sobre-excitación en relación a las recompensas, una mayor frustración cuando la tasa de refuerzo disminuye y una mayor dependencia de fuentes externas de recompensa; mayor reactividad emocional y negatividad en las interacciones sociales; déficits en la autorregulación de la motivación y, por tanto, una mayor dependencia de fuentes externas de

motivación en el contexto inmediato para conseguir un mayor grado de persistencia en el esfuerzo sobre las acciones dirigidas a objetivos (Barkley, 1997);

### **3. Internalización del lenguaje**

Esta función ejecutiva es esencial en los procesos de descripción, reflexión, comportamientos guiados por reglas (instrucción), resolución de problemas, auto-cuestionamiento, generación de reglas y meta-reglas y el razonamiento moral (Barkley, 1997). Los niños y niñas con TDAH pueden sufrir un retraso en la internalización del lenguaje, lo que puede generar una mayor incidencia de verborrea y una comunicación intrapersonal menos organizada y menos eficiente, por lo que es menos probable que les sirva para guiar eficazmente el comportamiento durante la realización de una tarea (Weyandt y Gyda, 2015). Además, el TDAH afecta a determinadas habilidades lingüísticas como la recepción y la expresión, y son la causa de sus problemas de comprensión, de sus interferencias en los contextos sociales, de sus dificultades a la hora de establecer una conversación o de asimilar las normas y, por tanto, de que sean menos obedientes respecto a las órdenes o indicaciones y de que tengan una menor capacidad para restringir sus comportamientos en función de las instrucciones dadas (Barkley, 1997; Weyandt y Gyda, 2015).

### **4. Reconstitución**

Esta implica el análisis y síntesis de comportamientos, la fluidez verbal y conductual, la creatividad a la hora de generar nuevos comportamientos dirigidos a objetivos, las simulaciones y la sintaxis de comportamiento. Los niños con TDAH parecen ofrecer respuestas menos elaboradas ante preguntas polémicas, tener más dificultades a la hora de resolver problemas lingüísticos, y producen narrativas con menos cantidad de información y más desorganizadas (Barkley, 1997).

### **5. Control motor**

Este ámbito hace referencia a la inhibición de las respuestas que son irrelevantes para la realización de una tarea, a la ejecución de las respuestas dirigidas a objetivos, la ejecución de secuencias motoras novedosas o complejas, la persistencia dirigida a objetivos, la sensibilidad a la retroalimentación, la capacidad para retomar una tarea tras una interrupción y el control del comportamiento a través de la información representada internamente (Barkley, 1997). Un gran porcentaje de niños y niñas con TDAH presentan algún tipo de problema de coordinación motora, que puede afectar a la fuerza, la velocidad, la coordinación visual-motora y la destreza (Weyandt y Gyda, 2015), así como a las habilidades motoras finas (Kewley, 2011). Las deficiencias en las destrezas manuales puede que sean las más incapacitantes en este sentido, pues afectan a aspectos como la escritura o el dibujo (Weyandt

y Gyda, 2015). Por otro lado, hasta un 50 % de los niños y niñas con TDAH presenta asociado un Trastorno del Desarrollo de la Coordinación (TDC), por lo que tienen incluso peores resultados psicosociales que aquellos que solo cursan con TDAH (Kewley, 2011).

Otros ámbitos cognitivos y funcionales alterados por el trastorno son:

### **1. Atención**

Los déficits de atención sostenida observados en las personas diagnosticadas con TDAH podrían deberse a problemas de perseverancia generados en último término por los pobres niveles de inhibición y autorregulación. Asimismo, su elevada capacidad de distracción podría tener su origen en los mecanismos de control de interferencias, que permiten que otros acontecimientos tanto internos como externos afecten a las funciones ejecutivas encargadas del autocontrol y la perseverancia. Por otro lado, los niños con subtipo predominantemente inatento podrían tener afectados los mecanismos relacionados con la atención focalizada y la atención selectiva, que no estarían relacionadas directamente con la inhibición de comportamientos ni la autorregulación (Barkley, 1997).

### **2. Habilidades adaptativas**

Estas hacen referencia a aquellas habilidades necesarias para llevar a cabo actividades cotidianas e incluyen aspectos como la independencia, la autoayuda, el autoconocimiento, habilidades motoras, sociales y comunicativas (Weyandt y Gyda, 2015).

### **3. Dificultades de aprendizaje**

Por lo general, presentan tasas más bajas de logro académico y de estudios superiores, así como porcentajes más altos de repetición, de expulsión y de abandono escolar (Barkley, 1997; Weyandt y Gyda, 2015).

### **4. Autopercepción**

En ocasiones, los niños con TDAH pueden sobrevalorar su autoestima y sus capacidades debido a deficiencias en su autopercepción. Algunos autores (Weyandt y Gyda, 2015) consideran que las muestras de baja autoestima pueden deberse en buena parte a la comorbilidad con trastornos depresivos.

### **5. Planificación**

La planificación es la habilidad para organizar mentalmente las acciones necesarias para alcanzar un objetivo futuro y parece involucrar tanto a la Corteza Prefrontal como a otras estructuras relacionadas con el aprendizaje rápido, como el hipocampo. Es posible que el hipocampo codifique rápidamente una asociación entre la representación de la meta deseada realizada en la Corteza Prefrontal y algunas características de las circunstancias bajo las cuales la meta debería ser evocada. Así, cuando concurren dichas circunstancias, se activa la

representación del objetivo en la Corteza Prefrontal, dirigiendo la acción en función de la meta y las normas que rigen su consecución (Miller y Cohen, 2001). Las personas con TDAH suelen presentar deficiencias en su capacidad de planificación (Weyandt y Gyda, 2015).

### **Atención a los niños con TDAH en el aula<sup>2</sup>**

En el aula, los déficits atencionales y la hiperactividad e impulsividad pueden traducirse en (Kewley, 2011):

- Dificultades para seguir el ritmo de las demandas académicas o las instrucciones dadas en la clase, debido fundamentalmente a sus problemas de inatención.
- Necesitar un gran apoyo para realizar una tarea sin distracciones.
- Tendencia a procrastinar, ser irregulares y presentar, por tanto, dificultades para llevar a cabo las tareas.
- La impulsividad, tanto verbal como física, puede conducir a comportamientos disruptivos en el aula.
- Los niños que no son tratados o que no reciben el apoyo suficiente suelen acabar sufriendo problemas de depresión o ansiedad debido a su baja autoestima y desmoralización.

Por otro lado, hay que tener en cuenta que los síntomas asociados al TDAH se pueden hacer más o menos patentes en función de varios factores:

#### **- Las demandas del entorno**

Cuanto mayores sean las exigencias del entorno o de la tarea, más evidentes se harán los síntomas. Así, en aquellos ambientes donde las restricciones de comportamiento son menores, los niños y niñas con TDAH prácticamente no se diferencian del resto de compañeros. Algo similar ocurre con las tareas: a medida que aumentan en complejidad y exigencias, mayor será la brecha en los resultados respecto al alumnado no afectado por el trastorno (Roberts et. al., 2015).

#### **- La novedad y estimulación**

Los menores con TDAH presentan menos problemas de comportamiento en los entornos con los que no están familiarizados o frente a tareas, recursos o materiales novedosos (Roberts et. al., 2015). En estas situaciones se observa una mejora en la atención y la memoria de los niños y niñas con TDAH y su desempeño no se diferencia del de aquellos no diagnosticados (Beike y Zentall, como se citó en Roberts et. al., 2015). También parece jugar un papel fundamental la estimulación que genere la tarea o los materiales educativos: a mayor nivel de

---

<sup>2</sup> Para la redacción de este apartado, además de la bibliografía citada, se ha tenido en cuenta lo dispuesto en los decretos 104/2010, de 29 de julio, y 25/2018, de 26 de febrero, por los que se regula la atención a la diversidad del alumnado en el ámbito de la enseñanza no universitaria de Canarias.

estimulación, mayor es la mejora en los niveles de atención y en el control de los comportamientos impulsivos (Roberts et. al., 2015).

#### **- El momento y magnitud de las consecuencias**

Aquellos ambientes o tareas que ofrecen una alta tasa de refuerzo inmediato al cumplir con las instrucciones se traducen en reducciones significativas o en mejoras de los déficits de atención, pudiendo alcanzar incluso los niveles del alumnado sin TDAH. Sin embargo, si se retrasa el refuerzo o su magnitud, los síntomas pueden hacerse rápidamente patentes (Roberts et. al., 2015).

#### **- La fatiga**

Las tasas de comportamientos disruptivos parecen aumentar a lo largo del día, probablemente asociados a la fatiga acumulada. Por ello, las tareas automatizadas, repetitivas o difíciles que requieren de una mayor atención y de un mayor autocontrol deberían programarse durante las primeras horas de la jornada, mientras que aquellas que tengan un mayor componente recreativo, lúdico o físico pueden desplazarse hacia las horas finales (Zagar y Bowers, como se citó en Roberts et. al., 2015).

A partir de los datos anteriores, se hace evidente que cualquier estrategia educativa debe tener en consideración las características básicas de los niños y niñas con TDAH y las dificultades derivadas de las mismas, y estar enfocadas a minimizar el impacto de los problemas de concentración, la impulsividad e hiperactividad sobre el alumno o alumna y la clase en su conjunto. Entre las principales sugerencias a implementar en el aula se han citado (Slavin, 2006; Kewley, 2011; Consejería de Educación y Universidades del Gobierno de Canarias, 2019):

- 1. Asegurarse de que los niños o niñas entienden las normas y comportamientos aceptados en el aula.** Para ello, las normas deben ser claras, específicas y breves, con indicaciones concretas de las consecuencias derivadas de su incumplimiento, dejando siempre claro que lo que se penaliza es el comportamiento inadecuado, no a la persona que lo realiza. Para ello se pueden establecer “contratos” con el alumnado o un sistema de recompensas o puntuaciones que premie los buenos comportamientos, pero siempre evitando los castigos o amenazas. Estas normas deberían estar visibles en el aula y ser consensuadas con todo el equipo docente, de manera que se mantengan las mismas reglas en todas las asignaturas. Igualmente, el profesorado debe comprender que determinados comportamientos, aunque inadecuados, pueden ser involuntarios.
- 2. Minimizar las distracciones** sentando a los estudiantes con TDAH en la primera fila, cerca del profesor o profesora y, a ser posible, de algún compañero que sirva de referencia de buen comportamiento.

3. **Alternar el trabajo individual con el trabajo en pequeños grupos**, teniendo siempre en cuenta los objetivos del agrupamiento y los alumnos o alumnas que los conformarán.

4. **Fomentar una enseñanza creativa, interactiva, innovadora, divertida y motivadora**, con variedad de técnicas que les ayuden a mantenerse atentos, pero sin sobre-estimularlos. Asimismo, la estrategia educativa debería involucrar la mayor cantidad de sentidos posible (son importantes los apoyos visuales) e intercalar diferentes tipos de trabajo y de actividad cognitiva con periodos de descanso.

5. **Desarrollar actividades que favorezcan la interacción con el material y con el resto de alumnos** y que permitan cierta movilidad en el aula, ofreciendo al alumnado con hiperactividad suficientes oportunidades para estar activos.

6. **Anticiparse y advertir con antelación acerca de cualquier cambio**, ya que estos suelen provocar dificultades de adaptación en los alumnos y alumnas con TDAH. Para ello, puede ser beneficiosa la existencia de rutinas bien estructuradas en el aula y de guías de tareas en las que se recojan los pasos que se deben seguir para completarlas.

7. **Enseñar a los estudiantes a gestionar sus propios comportamientos mediante la autoevaluación, el autorreforzamiento y la autoinstrucción**, así como animarlos a superar las dificultades, protegiendo y fomentando su autoestima. Para este último aspecto es importante poner en valor aquellos ámbitos en los que el alumno o alumna destaca, así como resaltar cada uno de los logros que alcanza, estimulando de esta forma los comportamientos positivos en lugar de castigar los inadecuados.

8. **Mantener una comunicación constante con el entorno familiar**, por ejemplo mediante el uso de cartillas, agendas de tareas o portafolios para el registro diario de actividades e información, y profundizar en la coordinación de las medidas de apoyo.

Entre las adaptaciones específicas que se pueden poner en marcha para facilitar y mejorar el desempeño del alumnado con TDAH, se han citado (Kewley, 2011; Roberts et. al., 2015; Consejería de Educación y Universidades del Gobierno de Canarias, 2019):

- Permitirles la grabación de las sesiones de clase, el uso de pizarras digitales u otras tecnologías que ofrezcan a los estudiantes copias de las anotaciones de las lecciones para ayudarlos en la elaboración de mapas mentales, la planificación, la organización y manejo del tiempo, y en la estructuración de trabajos y tareas.

- Ofrecer más tiempo para la realización de tareas o pruebas, reducir estas en número o extensión o fragmentarlas con el fin de facilitar su finalización, prolongándolas incluso a lo largo de varios días. Asimismo, sería conveniente que los alumnos o alumnas pudieran mostrar al profesor la tarea realizada tras haberla finalizado.

- Permitir que puedan realizar los exámenes o pruebas de forma oral o a través del ordenador con el fin de minimizar los efectos derivados de sus dificultades para mantener una atención y concentración prolongadas, así como de los problemas de lecto-escritura que muchas veces aparecen asociados a este trastorno. Con la misma finalidad, es recomendable que la tipología de las preguntas sea homogénea para evitar errores de distracción.
- Algunos alumnos se benefician de una baja ratio y de un ambiente tranquilo en el aula, en el que no existan demasiadas distracciones. Cuanto más individualizada sea la atención de estos niños y niñas, mejores resultados cognitivos y académicos se obtendrán.
- Repetir las instrucciones siempre que sea necesario, ofrecerlas una a una y siempre en positivo. En el mismo sentido, el docente debe asegurarse de que el alumno o alumna ha comprendido correctamente la información que se le ha aportado, pudiendo para ello plantearle determinadas cuestiones o pedirle que lo verbalice de alguna otra manera.

## **AMBIENTES DE APRENDIZAJE**

Como señala Sabitzer (2011), “el aprendizaje es un proceso muy complejo que no puede ser influenciado directamente, sino únicamente a través de las circunstancias”. Los aspectos biológicos inherentes a cada estudiante, ya sean genéticos u hormonales, son difícilmente modificables por los docentes, pero estos sí que pueden crear un entorno lo más favorable posible para motivar el aprendizaje en cada uno de sus pupilos. Es en este punto donde entra en juego el diseño de espacios de aprendizaje motivadores y en concordancia con las propuestas de las investigaciones neurodidácticas. Según este autor, los alumnos aprenden más efectivamente cuando:

1. Están involucrados en las experiencias.
2. Se incorporan y cubren sus necesidades relativas a interacciones y relaciones sociales.
3. Se incorporan y cubren sus intereses, objetivos e ideas.
4. Pueden usar su capacidad innata de generar patrones.
5. Su aprendizaje se acompaña de emociones positivas.
6. Los detalles se incorporan en un todo comprensible, como un evento de la vida real.
7. Se agudiza su atención y se utilizan múltiples aspectos del contexto para apoyar el aprendizaje.
8. Tienen tiempo para reflexionar sobre el aprendizaje.
9. Se sumergen en experiencias que implican múltiples vías de memorización.
10. Se tienen en cuenta las diferencias individuales en la maduración, desarrollo y conocimientos previos.
11. El entorno ofrece soporte, empoderamiento y retos.

12. Se movilizan los talentos, habilidades y capacidades individuales.

En definitiva, creando ambientes apropiados, tanto física como emocionalmente (atmósfera positiva, confianza, entusiasmo...) se puede motivar a los estudiantes y conseguir un aprendizaje más efectivo. Asimismo, se puede facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje en todas sus fases, desde la percepción de la nueva información hasta su memorización a largo plazo, mediante el uso de métodos de enseñanza, materiales y actividades variadas (Sabitzer, 2011).

### **TIC's, VLE y generación y adquisición de conocimientos**

Un Espacio de Aprendizaje Virtual (VLE, por sus siglas en inglés) es un espacio de información explícitamente diseñado y representado (mediante textos, gráficos, imágenes tridimensionales, experiencias inmersivas, etc.) en el que tienen lugar interacciones educativas y en el que el alumnado participa activamente y contribuye a su construcción. Estos espacios de aprendizaje pueden integrar diferentes tecnologías y recurrir a múltiples aproximaciones pedagógicas, y por lo general se solapan con los espacios de aprendizaje físicos (Dillenbourg, 2000). Otras definiciones más amplias hacen mención a estos espacios como “sistemas de software que combinan una serie de herramientas diferentes que son usadas para ofrecer sistemáticamente contenido online y facilitar la experiencia de aprendizaje alrededor de dicho contenido” (Weller, 2007, p. 5).

Los efectos del uso continuado de las Tecnologías de la Información y la Comunicación, o de un mal uso o abuso de las mismas, sigue siendo un campo de controversia académica, incluido su impacto sobre los procesos de aprendizaje. Así, encontramos una amplia variedad de estudios con conclusiones contradictorias, desde aquellos que aseguran que ofrecen mejores resultados académicos en relación a los métodos tradicionales, hasta aquellos otros que detectan efectos negativos, pasando por unos pocos en los que no se observan diferencias significativas en el desempeño de los estudiantes (Ainley y Armatas, 2006; Livingstone, 2012; Biagi y Loi, 2013). Algunos estudios exponen las ventajas educativas del uso de las tecnologías asociadas a la web, como son el acceso a una extraordinaria cantidad y variedad de información que se presenta en multitud de formatos (videográficos, sonoros, bases de datos, documentos públicos, etc.), un incremento en la motivación hacia el aprendizaje, una comunicación rápida y cómoda entre profesorado y alumnado más allá de la escuela, o su potencial para el diseño de prácticas educativas constructivistas, colaborativas y basadas en la indagación, en las que se promueve la participación activa de los estudiantes en la creación de su propio aprendizaje (Eng, 2005; Schofield, 2006; Livingstone, 2012; Scrimshaw, como se citó en Lai y Pratt, 2007; Lai y Pratt, 2007). Por el contrario, otros autores advierten de que las evidencias acerca de las bondades del uso de las TIC's

en educación son en su mayoría anecdóticas y que no se ha demostrado que su empleo sea beneficioso en todas y cada una de las situaciones (Lai, como se citó en Lai y Pratt, 2007).

Esta disparidad de criterios se hace extensible al análisis de las consecuencias que una exposición prolongada a dispositivos móviles, ordenadores, videojuegos o televisión puede tener sobre los cerebros en construcción de los menores. Algunos autores hacen hincapié en los problemas de salud asociados a su uso, como obesidad, adicción, aumento de las actitudes violentas y déficits atencionales (Chan y Rabinowitz, 2006; Bioulac, Arfi y Bouvard, 2008; Christakis, Zimmerman, DiGiuseppe y McCarty, como se citó en Ortiz, 2009), estos últimos derivados del tipo de atención que requieren estas tecnologías, de foco corto y cambiante, muy diferente a la atención sostenida que se necesita para el estudio o para el desarrollo de pensamientos profundos y creativos (Mora, 2015). Es por ello que algunas investigaciones relacionan la sobreexposición a estas tecnologías, especialmente los videojuegos e internet, con el incremento en el número de menores diagnosticados con TDAH y con el agravamiento de los síntomas relacionados con el déficit de atención, la hiperactividad, la impulsividad y las tendencias adictivas (Yoo et. al., 2004; Chan y Rabinowitz, 2006). También se han asociado con las dificultades en el desarrollo emocional y social, especialmente de sentimientos como la empatía (Mora, 2015), esta última tan importante para la comunicación, la toma de decisiones, la previsión de las respuestas ajenas y el desarrollo de habilidades gracias a la imitación de comportamientos (VanCleave, 2016). Por otro lado, las características de los juegos en internet encajan bastante bien con los estilos cognitivos de los alumnos y alumnas con TDAH, ya que ofrecen estímulos cambiantes y multimodales, recompensas inmediatas, y les permiten compensar las posibles deficiencias en cuanto a habilidades sociales y relaciones interpersonales, lo que acentúa sus probabilidades de adicción (Yoo et. al., 2004). Otros efectos negativos relacionados más directamente con el desempeño escolar son los problemas de plagio, la pérdida de las habilidades relacionadas con la búsqueda de información y la falta de crítica a la hora de evaluar los datos disponibles en la web, enfatizando la cantidad sobre la calidad, así como la falta de comprensión y asimilación de la información con la que se trabaja (Lai y Pratt, 2007).

En el otro lado de la balanza nos encontramos con estudios que señalan los efectos positivos derivados de un uso adecuado de las TIC's en el tratamiento de niños con necesidades específicas de apoyo educativo o con dificultades de aprendizaje, incluidos aquellos diagnosticados con TDAH (Eng, 2005; Drigas, Ionnidou, Kokkalia y Lytras, 2014). En este sentido, las evaluaciones llevadas a cabo por el Learning Assessment y Neurocare Centre (Reino Unido), han demostrado que la capacidad de inhibición y la concentración de niños con TDAH se puede mejorar con tareas que les resulten interesantes y, especialmente, con aquellas que hacen uso de juegos digitales. Diversos

estudios sugieren, además, que una motivación y estimulación adecuadas, con la inclusión de elementos de narrativa, personajes y estrategias de refuerzo, mejoran el desempeño en ambos aspectos y que el uso de TIC's mejora el interés, la motivación, la estimulación, la implicación y, por tanto, los niveles de logro (Kewley, 2011; Guía, Lozano y Penichet, 2015). Otros autores consideran que las actividades que requieren de un movimiento activo en el aula y de interacciones sociales combinadas con aprendizajes virtuales, especialmente aquellos con un carácter más interactivo, favorecen la comunicación y el aprendizaje corporal de los niños y niñas con TDAH, principalmente de aquellos con una mayor tendencia a la hiperactividad (Feiner y Resnik, 2011). Asimismo, según Frangou (como se citó en Gkeka y Drigas, 2017) las TIC parecen mejorar la memoria en estudiantes con dificultades de aprendizaje, mientras que Schofield y Davidson (2002) señalan que internet puede incrementar la motivación y la atención en la clase. En cualquier caso, algunos meta-análisis llevados a cabo en Estados Unidos concluyen que el uso de las TIC's es más efectivo cuando se utiliza como un suplemento de otras metodologías más tradicionales y no cuando las sustituye (Eng, 2005).

Como hemos indicado anteriormente, la motivación y la atención son procesos íntimamente relacionados, y los espacios de aprendizaje virtuales pueden servir de plataforma para potenciar ambos aspectos y, en consecuencia, los resultados del aprendizaje. Los espacios de aprendizaje virtuales pueden ofrecer experiencias de aprendizaje activas, flexibles y cada vez más individualizadas (Ainley y Armatas, 2006), todas ellas características que podrían, potencialmente, favorecer la adquisición de conocimientos por parte de los niños y niñas diagnosticados con TDAH. Algunas de las características de los ambientes de aprendizaje virtuales que pueden optimizar la motivación son su capacidad de personalización (cuanto más cercano a los intereses de los estudiantes, mayor será la implicación de estos), la capacidad de elección (cuando se ofrece la oportunidad de tomar decisiones activas los niveles de motivación aumentan), la capacidad de inmersión en la actividad (hace que el alumno o alumna pierda la noción del tiempo y del esfuerzo invertido), la claridad de las metas y las reglas, la existencia de recompensas inmediatas y de retos dinámicos, y el nivel de interactividad (Ainley y Armatas, 2006; Bioulac et. al., 2008; Livingstone, 2012). Otro factor importante a tener en cuenta a la hora de diseñar un espacio de aprendizaje virtual es la correspondencia adecuada entre los parámetros de diseño y las capacidades cognitivas de los alumnos a los que va destinado (Ainley y Armatas, 2006). En este sentido, la flexibilidad y la existencia de diferentes niveles de dificultad es otro de los argumentos que se podrían esgrimir en favor de la implementación de este tipo de ambientes de aprendizaje (Guía et. al., 2015).

Finalmente, compartimos la opinión de Mayer (como se citó en Ainley y Armatas, 2006) cuando señala que lo más importante no es el medio de transmisión, sino la calidad del mensaje educativo.

### **El uso del “escape room” como herramienta educativa**

El juego permite aprender a través de la curiosidad, que combinada con el placer que genera el ambiente lúdico se convierte en un poderoso medio de adquisición de conocimientos y habilidades, especialmente durante los primeros años de vida (Guía et. al., 2015; Mora, 2015). Por otro lado, se ha demostrado que el placer biológico (satisfacción de las necesidades biológicas básicas) y el placer cognitivo o intelectual (búsqueda y adquisición de conocimientos) se asientan sobre la misma base neurológica en el sistema límbico y el cerebro medio, en los que tienen lugar los procesos relacionados con el afecto, la memoria, la motivación y la recompensa (Miller y Cohen, 2001; Mora, 2015), por lo que la combinación de ambos en las actividades lúdicas dotan a estas de un enorme potencial educativo. Además, el juego es un entrenamiento perfecto de los mecanismos de repetición, equivocación, toma de decisiones y corrección o modificación de acciones necesarios para la consecución de cualquier aprendizaje significativo. Por otro lado, el ejercicio físico aeróbico tiene un efecto positivo en el control del estrés y, por tanto, en la mejora del aprendizaje y la memoria. Así, los juegos que integran esta componente física movilizan todos los elementos necesarios para un aprendizaje eficaz como la curiosidad, la actividad motora y sensorial en interacción con el entorno, los mecanismos emocionales relacionados con el placer y la recompensa (Mora, 2015), elementos todos ellos presentes en los “escape room” educativos.

Un “escape room” consiste en una experiencia de juego en equipo donde los participantes deben escapar de una habitación en la que han sido encerrados. Para ello deberán resolver una serie de enigmas y pruebas con el fin de encontrar la llave o el código de apertura de la puerta antes de que se cumpla el tiempo fijado (Nicholson, 2015). A diferencia de los juegos virtuales, los “escape room” educativos exigen que los participantes colaboren “cara a cara” y que se sumerjan en la experiencia, por lo que pueden favorecer el aprendizaje activo y el constructivismo social (Nicholson, 2018). Como señala Cordero (2018), se “trata de una experiencia vivencial” que permite el “desarrollo de habilidades transversales como la atención, la observación, el trabajo en equipo, aprender a aprender, aprender a pensar, razonamiento lógico, competencias comunicativas y lingüísticas más allá de que los retos propuestos estén orientados en esa dirección”. Además, la mayoría de retos que se plantean en este tipo de juegos requieren del ejercicio mental de los participantes, por lo que encajan perfectamente en los ambientes de aprendizaje escolares (Nicholson, 2018).

La efectividad del juego dependerá del nivel de inmersión que se consiga generar en el alumnado, que a su vez vendrá dado por los desequilibrios cognitivos planteados, la narrativa, la estética o el factor tiempo (Cordero, 2018). Asimismo, la limitación temporal ayuda a que los estudiantes se involucren en la experiencia de una forma que no se consigue a través de otras actividades tradicionales más estructuradas (Nicholson, 2018).

En definitiva, los “escape room” educativos pueden convertirse en experiencias de aprendizaje significativas que inspiren a los alumnos y alumnas a profundizar en el conocimiento, les invite a reflexionar acerca de la conexión de este con sus vidas cotidianas y les ayude a desarrollar una motivación intrínseca hacia el aprendizaje y la exploración (Nicholson, 2018).

## **OBJETIVOS**

Este trabajo pretende ofrecer un pequeño esbozo de los principales aspectos neurológicos implicados en el aprendizaje, así como su aplicación en el desarrollo de una propuesta de intervención didáctica que permita mejorar el desempeño académico en aquellos alumnos y alumnas con déficits atencionales, ya sean estos causados por problemas derivados de un Trastorno de Déficit de Atención y/o Hiperactividad o porque carezcan de la motivación intrínseca o extrínseca suficiente como para involucrarse activamente en su proceso de aprendizaje. Desde esa perspectiva neurodidáctica, la propuesta de intervención tendrá como principal objetivo mejorar los procesos atencionales del alumnado a través de la curiosidad y la motivación, todo ello mediante el diseño de un espacio de aprendizaje que combine aspectos lúdicos y virtuales y en el que los estudiantes sean los verdaderos protagonistas. Se ha escogido el nivel de 1º de la ESO al ser este, junto con 2º de la ESO, donde la atención a la diversidad del alumnado y sus necesidades específicas es más evidente, además de ser su primer contacto con las Ciencias Biológicas y Geológicas propiamente dichas, abandonando el paradigma del conocimiento del medio natural que en educación primaria confluye en la asignatura troncal de Ciencias de la Naturaleza.

Por otro lado, se pretende desarrollar su conciencia ambiental y despertar su interés por el conocimiento de la hidrosfera, la atmósfera y la biosfera, el importante papel que juegan para el mantenimiento de la vida en el planeta, y las principales amenazas a que se ven sometidas como consecuencia de la presión antrópica.

En definitiva, esperamos poder contribuir, aunque sea mínimamente, a mejorar su atención, su capacidad para la toma de decisiones madura y su alfabetización científica como pilares esenciales para favorecer su aprendizaje y fomentar su implicación, compromiso y participación activa en una sociedad democrática. Estos tres objetivos generales (atención, toma de decisiones madura y alfabetización científica) están íntimamente interconectados, pues como se ha mencionado a lo

largo del marco teórico, las emociones interfieren en los procesos neurológicos que subyacen a la toma de decisiones (Angie et. al., 2011) y esta constituye a su vez uno de los principales objetivos de la alfabetización científica (Vázquez y Manassero, 2007). Es precisamente la toma de decisiones uno de los elementos que podrían verse afectados en las personas con TDAH debido a sus dificultades para anticiparse y prever las consecuencias de sus actos. Quizás, una mejora en su estado emocional y el entrenamiento en actividades que les exijan decantarse por una opción de comportamiento y observar las consecuencias que se derivan de ella permitan mejorar esta dimensión cognitiva. En este sentido, los dilemas sobre Temas Socio-Científicos (TSC), como pueden ser los problemas ambientales, tienen un gran potencial educativo ya que integran tanto el componente ético-afectivo que subyace a todo posicionamiento personal con el componente científico necesario para poder comprender adecuadamente la problemática planteada y tomar decisiones fundadas racionalmente, además de fomentar el espíritu democrático y la negociación (Acevedo, 2006; Vázquez y Manassero, 2007). Amenazas como el calentamiento global y el cambio climático, la contaminación del agua y del aire, la destrucción de hábitats o la introducción de especies invasoras en territorios de alta fragilidad como el Archipiélago Canario, suponen un enorme reto para las futuras generaciones, que deberán estar lo suficientemente formadas y comprometidas como para ser capaces de desarrollar soluciones eficaces y creativas que estén a la altura del desafío que se les plantea.

## **MÉTODO Y PROCEDIMIENTO: PROPUESTA DE INTERVENCIÓN**

### **MISIÓN: SALVAR EL PLANETA TIERRA**

La situación de aprendizaje que se propone consiste en un “escape room” educativo inspirado en los problemas ambientales del planeta, en el que se intercalan elementos virtuales y analógicos (utilización de tablets y contenidos digitales junto con objetos y pistas distribuidas por el aula).

El eje vertebrador de la actividad lo constituye la página web que hemos diseñado al efecto mediante la plataforma Wix<sup>3</sup> y que representa, por tanto, esa vertiente virtual de la propuesta. A través de ella los alumnos descubrirán distintos aspectos relacionados con la hidrosfera, la atmósfera y la biosfera, así como las principales amenazas que se ciernen sobre ellas. Asimismo, en la web encontrarán enlaces a diversos tests desarrollados con la aplicación genial.ly<sup>4</sup>, que permitirán consolidar los conocimientos teóricos y, una vez superados, les ofrecerán las claves necesarias para acceder a las nuevas fases del juego.

---

3 <https://es.wix.com/>

4 <https://genial.ly>

Por otro lado, la propia web servirá de conexión con la vertiente analógica y “real” del juego, pues a través de ella se solicitará a los alumnos que busquen una serie de códigos QR<sup>5</sup> que se dispondrán en diferentes lugares de la clase, ofreciéndoles las pistas necesarias para que puedan ser localizados. Tras ser escaneados con las tablets<sup>6</sup>, estos códigos QR les llevarán a nuevos contenidos de la página web o a los mencionados tests de conocimientos.

La página web cuenta con tres itinerarios diferenciados: uno para los contenidos relacionados con la hidrosfera, otro para los correspondientes a la atmósfera y otro para la biosfera, por lo que la clase se dividirá en tres grupos que trabajarán de forma independiente cada una de dichas rutas. No obstante, con el fin de desarrollar el espíritu colaborativo, la actividad solo podrá ser superada mediante la coordinación entre los tres grupos, ya que tras finalizar con éxito su parte del juego cada equipo obtendrá solo uno de los tres dígitos de la clave del candado que permitirá acceder a la llave de la clase, que previamente habrá sido cerrada para añadir un toque de realismo y de emoción. Los tres grupos deberán, por tanto, poner en común los números obtenidos para descubrir el código y abrir la maleta en la que está escondida la llave.

Como se ha señalado en el apartado anterior, nuestros tres principales objetivos son la mejora de la atención, el entrenamiento para la toma de decisiones maduras y la alfabetización científica. En nuestro diseño de intervención didáctica hemos intentado fomentar la curiosidad de los alumnos como base para su futura alfabetización científica, asumiendo que por lo general solo tendemos a profundizar en aquellas materias que nos motivan emocional o intelectualmente. La actividad desarrollada, por tanto, será un mero punto de partida que esperamos les pueda servir como “chispa” para despertar su interés acerca de las diversas y complejas problemáticas ambientales que afectan hoy en día al planeta. Por otro lado, el ámbito de la toma de decisiones, la consideración de las consecuencias de nuestros comportamientos y la temática socio-científica se ha introducido mediante el diseño de cuestionarios de selección en los cuales se plantean preguntas relacionadas con los problemas ambientales y las consecuencias de determinadas acciones cotidianas, como por ejemplo: “¿Qué harías para evitar que la basura llegue a los océanos?”; “¿Qué harías para reducir la contaminación atmosférica?” o “¿Qué harías para proteger a las especies que viven en Canarias?”. Cada una de dichas cuestiones ofrece una serie de opciones, de las cuales una de ellas podría considerarse el comportamiento adecuado mientras que las otras dos tendrían impactos negativos sobre el medio ambiente, ofreciéndoles en todos los casos explicaciones sencillas acerca de sus efectos. Creemos que con ello podemos contribuir a entrenar esa toma de decisiones madura, especialmente en los niños con déficit de atención. Igualmente, hemos intentado que la componente

---

5 Los códigos QR han sido generados gracias a la web <https://es.qr-code-generator.com/>

6 Para el escaneo de los códigos QR se utilizó la aplicación web <https://qrcodescan.in/>

emocional fuera especialmente patente en todo momento. Esperamos que elementos como el juego, la sorpresa, la curiosidad, el planteamiento de retos y, sobre todo, el trabajo en equipo para la resolución de problemas haya contribuido a ello.

## CONTEXTO

### Breve síntesis del centro educativo

De acuerdo con la información que suministra su página web (<https://sites.google.com/site/institutotacoronte/quienes-somos>), el IES Tacoronte-Óscar Domínguez es un centro de carácter público, propiedad de la Comunidad Autónoma de Canarias, bajo la gestión de la Consejería de Educación, Universidades, Cultura y Deportes, que cuenta con 33 años de edad y con las instalaciones adecuadas para impartir las enseñanzas que tiene autorizadas (siempre con los imponderables del paso del tiempo respecto a las mismas y al material que posee):

- Educación Secundaria Obligatoria de 1º a 4º de la ESO
- Ciclos Formativos de Grado Medio de Gestión Administrativa y Mecanizado
- Ciclo Formativo de Grado Superior de Administración y Finanzas
- Ciclo de Formación Profesional Básica de Agro-jardinería y Composiciones Florales que imparte parte de su currículo (dos días semanales) en la Escuela de Capacitación Agraria.
- Bachillerato: Modalidad de Ciencias y Tecnología y Modalidad de Humanidades y Ciencias Sociales.

La población escolar del centro es residente, mayoritariamente, en el municipio de Tacoronte, escolarizando alumnado inmigrante procedente mayoritariamente de Hispanoamérica y Europa. El total de alumnado escolarizado para el curso 2018-2019 rondaba los 650. Los centros de educación infantil y primaria adscritos al IES son los CEIPs M<sup>a</sup> Rosa Alonso, Guayonje y San Juan Perales, aunque también recibe, de forma aislada, alumnado procedente de otros centros por razones de conciliación de la vida laboral y familiar de sus progenitores. El alumnado que cursa las enseñanzas de Bachillerato procede del propio IES, así como del IES San Nicolás e IES Los Naranjeros, que solo imparten la ESO, del CPEIPS Tacoronte, de naturaleza concertada y que no imparte el Bachillerato, y de municipios colindantes (El Sauzal, La Laguna -Valle Guerra- y La Matanza) por razones relacionadas a materias de modalidad. Para FPB y Ciclos de FP reglada, el alumnado procede el propio centro, de toda la comarca de Acentejo y de la zona Santa Cruz-La Laguna. Por último, señalar que el centro cuenta con servicios de transporte escolar, desayuno y comedor, así como un servicio de cafetería.

De acuerdo con la Programación General Anual (PGA) para el curso 2018-2019, el centro cuenta con tres (3) grupos de 1º ESO, que suponen un total de 80 alumnas y alumnos, atendiendo un

total de ocho (8) alumnos y alumnas que presentan necesidades específicas de apoyo educativo (NEAE) y, dentro de ellas, algunos casos de necesidades educativas especiales (NEE). La distribución de este alumnado, de acuerdo con la PGA, era la siguiente:

- 1.º ESO A, 2 estudiantes con Informe Psicopedagógico y dictamen:
  - a) Un estudiante que presenta Necesidades Específicas de Apoyo Educativo por «Especiales Condiciones Personales o de Historia Escolar (ECOPHE)» y Adaptación Curricular (AC) en una materia.
  - b) Un estudiante que presenta Altas Capacidades Intelectuales (ALCAIN) y revisión de su Adaptación Curricular de Enriquecimiento (ACE).Además, se encontraba en evaluación un estudiante para su derivación al Equipo Específico de Auditivos por pérdida completa de audición en el oído derecho.
- 1.º ESO B, 3 alumnos y alumnas con Informe Psicopedagógico y dictamen:
  - a) Dos alumnas con Discapacidad Intelectual (DI) y en revisión para su Adaptación Curricular Significativa (ACUS).
  - b) Un alumno con Trastorno Generalizado del Desarrollo (TGD) y AC en varias materias.
- 1.º ESO C:
  - a) Una alumna con informe Psicopedagógico y dictamen ECOPHE con AC en varias materias.
  - b) Una alumna dificultades idiomáticas.

### **Descripción del grupo-clase**

Esta intervención didáctica se llevó a cabo con el curso de 1º de la ESO-B del Instituto de Enseñanza Secundaria Tacoronte-Óscar Domínguez. El curso está compuesto por 24 estudiantes, ninguno de los cuales está diagnosticado con TDAH, aunque varios de ellos sí que presentan problemas atencionales derivados de la desmotivación y el aburrimiento, así como comportamientos disruptivos, en algunos casos graves, que generan continuas expulsiones del aula e incluso del centro. Tal y como se indicó en el apartado anterior, uno de los alumnos está diagnosticado con Trastorno Generalizado del Desarrollo no especificado (TGD), dos alumnas tienen discapacidad intelectual y otra tiene dificultades idiomáticas, por lo que tienen adaptaciones curriculares en algunas asignaturas.

### **Características especiales de primero de la ESO**

Las problemáticas ambientales en el currículum de la asignatura de Biología y Geología en la Enseñanza Secundaria Obligatoria figuran en algunos de los criterios de evaluación relacionados

con los aspectos geológicos de tercero de la ESO (criterio 8) y en los dos últimos criterios de evaluación de cuarto de la ESO (criterios 7 y 8), pero quizás sea en el primer curso de dicha etapa donde su presencia sea más transversal, apareciendo en los criterios de evaluación 3, 4, 5 y 9<sup>7</sup>. Este hecho, unido a las características particulares de este nivel, lo hacen especialmente interesante para el diseño de una intervención didáctica como la que proponemos, pues se trata de un curso altamente sensible para muchos alumnos y alumnas ya que deben enfrentarse a un doble tránsito. Por un lado, el tránsito desde la educación primaria a la secundaria, marcado por cambios en la organización escolar, el paso de un currículum globalizado a otro especializado, los cambios en la figura del tutor-docente o en la estructura social de la escuela, ya que pasan de ser los mayores en el centro de primaria a convertirse en los más pequeños en el instituto de secundaria. El segundo tránsito afecta al ámbito personal y viene marcado por el inicio de la pubertad y la adolescencia, que genera profundos cambios a nivel neurológico, fisiológico, físico y psicológico. Todo ello puede provocar un descenso normativo de la autoestima, del nivel de logro y de la motivación al inicio de esta etapa de desarrollo, así como dificultades a la hora de realizar operaciones formales debido a la predominancia aun, en la mayoría de los estudiantes entre los 12 y los 16 años, del pensamiento concreto sobre el abstracto (Del Carmen, 1994; Gil-Pérez, 1994; Eccles, Wigfield y Schiefele, 1998).

## DATOS TÉCNICOS

### Tipo de agrupamiento

La clase se dividió en un grupo de seis estudiantes y dos de siete, dentro de los cuales los miembros se organizaron en parejas o tríos que compartían una misma tablet. La elección de este tipo de agrupamiento se debió, por un lado, a la disponibilidad de dispositivos y, por otro, al interés por fomentar al máximo las interacciones entre el alumnado, ya que esta organización permitía las interacciones a tres niveles: dentro de las parejas o tríos; dentro de los grupos de seis o siete miembros; y entre los tres grupos principales. Con ello se pretendía facilitar la integración de los alumnos y alumnas con dificultades de aprendizaje, que tendrían así más posibilidades de interactuar y de recibir apoyo de sus compañeros y compañeras, un elemento de especial relevancia en el caso de los niños y niñas diagnosticados con TDAH, que suelen presentar problemas de socialización e integración (Young y Gudjonsson, 2006; Guía et. al., 2015) y cuya confianza y habilidades comunicativas con otros compañeros se pueden ver favorecidas por los juegos cooperativos (Garaigordobil, como se citó en Guía et. al., 2015).

---

7 Decreto 83/2016, de 4 de julio, por el que se establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Canarias.

## Recursos

- 12 tablets (una por pareja o trío de estudiantes) con cámara de fotos integrada, conexión Wi-Fi y navegador web.
- Aula con proyector, altavoces y red Wi-Fi.
- Tarjetas identificativas de cada uno de los equipos y que portará cada estudiante en su camiseta con el fin de generar un sentimiento de pertenencia al grupo.
- Una maleta en la que se guardará la llave de la clase, además de la recompensa final, consistente en dos chocolatinas para cada participante.
- Un candado con clave numérica de tres dígitos para cerrar la maleta.
- Materiales necesarios para la confección de las pistas, que hemos comprado, elaborado u obtenido del laboratorio de Biología y Geología.
- Códigos QR impresos en cartulinas.

## Temporalización

Ocuparemos los 55 minutos, contando con el desplazamiento hasta el aula donde se llevará a cabo la actividad (unos 5 minutos), la organización de los grupos (5 minutos), la introducción al juego (unos 7 minutos), el desarrollo del mismo (30 minutos máximo) y unos minutos finales de distensión y vuelta al aula del grupo.

## FUNDAMENTACIÓN CURRICULAR<sup>8</sup>

### Criterios de evaluación, contenidos y estándares de aprendizaje

La presente situación de aprendizaje se fundamenta en los siguientes criterios de evaluación, contenidos y estándares de aprendizaje del currículum de 1º de la ESO:

#### - Criterio de evaluación 4

En el itinerario correspondiente a la atmósfera, se trabajarán de forma somera aspectos teóricos relacionados con los siguientes **contenidos** correspondientes al mencionado criterio de evaluación:

2. Búsqueda, selección y tratamiento de información sobre el papel protector de la atmósfera (ionosfera, capa de ozono y efecto invernadero) y sobre su importancia para los seres vivos.
3. Clasificación de los principales contaminantes atmosféricos en función de su origen.

---

<sup>8</sup> Para la confección de este apartado hemos consultado el Decreto 83/2016, de 4 de julio, por el que se establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Canarias, así como la Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato.

4. Investigación sobre los problemas de la contaminación y sus repercusiones (el “agujero” de la capa de ozono y el cambio climático).
5. Análisis de la relación entre la contaminación en general, y la acción humana en particular, y el deterioro del medio ambiente.
6. Elaboración y divulgación de propuestas de acciones y hábitos que contribuyan a disminuir la contaminación atmosférica.

Entre los **estándares de aprendizaje** evaluables relacionados con este criterio, se podrían considerar de aplicación los siguientes:

19. Reconoce la composición del aire, e identifica los contaminantes principales relacionándolos con su origen.
20. Identifica y justifica con argumentaciones sencillas, las causas que sustentan el papel protector de la atmósfera para los seres vivos.
21. Relaciona la contaminación ambiental con el deterioro del medio ambiente, proponiendo acciones y hábitos que contribuyan a su solución.
22. Relaciona situaciones en las que la actividad humana interfiera con la acción protectora de la atmósfera.

#### - **Criterio de evaluación 5**

Este criterio sería de aplicación a los alumnos que elijan el itinerario correspondiente a la hidrosfera, en el que se hará una breve introducción a la segunda parte del **contenido** número 3, cuya redacción es la que sigue: “Análisis de los usos del agua dulce y salada, de la obtención del agua en Canarias y de su relación con los tipos de contaminación”. Como **estándares de aprendizaje evaluables** se podría considerar el número 26: “Reconoce los problemas de contaminación de aguas dulces y saladas, y las relaciona con las actividades humanas”.

#### - **Criterio de evaluación 9**

De aplicación al itinerario correspondiente a la biosfera, en el que se hará referencia a los siguientes **contenidos**:

2. Análisis de los factores desencadenantes de los desequilibrios en los ecosistemas.
4. Concienciación sobre la necesidad de conservar los ecosistemas. Planificación y comunicación de acciones preventivas y paliativas sobre impactos ambientales en Canarias.

Entre los **estándares de aprendizaje evaluables** relacionados con este criterio, podrían tenerse en cuenta los siguientes:

93. Reconoce y enumera los factores desencadenantes de desequilibrios en un ecosistema.

94. Selecciona acciones que previenen la destrucción del medioambiente.

### Competencias básicas

#### - **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCT)**

Esta competencia se trabajará fundamentalmente a través de la exposición y cuantificación de datos científicos relacionados con los problemas ambientales; el establecimiento de relaciones entre determinados fenómenos ambientales y sus factores desencadenantes; el desarrollo de la curiosidad científica y del espíritu crítico; la identificación de problemas ambientales de origen antrópico; y la búsqueda de medidas paliativas y/o correctoras.

#### - **Competencia digital (CD)**

La competencia digital constituye una parte esencial de esta intervención didáctica, tanto a través del diseño del espacio de aprendizaje, como a través de la utilización de dispositivos digitales para su desarrollo. El alumnado deberá navegar por la página web diseñada al efecto, utilizar aplicaciones para el escaneo de códigos QR y realizar cuestionarios digitales generados mediante la aplicación web genial.ly.

#### - **Aprender a aprender (AA)**

Consideramos que la situación de aprendizaje propuesta puede favorecer el desarrollo de esta competencia en la medida en que serán los propios alumnos y alumnas los que podrán regular su ritmo de aprendizaje, retroceder siempre que lo necesiten para recuperar o consolidar información previa, reflexionar acerca de los errores que puedan cometer a la hora de responder a los distintos cuestionarios y corregir en todo momento las respuestas ofrecidas. Asimismo, el hecho de que la actividad se desarrolle en equipos colaborativos y, dentro de ellos, en parejas o tríos, puede potenciar actitudes imprescindibles para el desarrollo de esta competencia como son la responsabilidad, tanto individual como colectiva: la motivación, incentivada por la necesidad de alcanzar un objetivo muy concreto (descifrar el código de un candado) y aparentemente desligado de los contenidos teóricos; la capacidad de análisis y de reflexión; o la planificación y gestión del tiempo, estimulada por un cronómetro que marcará en todo momento el tiempo disponible para completar la actividad.

#### - **Competencias sociales y cívicas (CSC)**

Estas competencias constituirán otro de los pilares de la actividad, pues consideramos que su desarrollo desde el ámbito de la Biología y la Geología es esencial, no solo por el innegable componente medioambiental de la asignatura, sino por las implicaciones sociales, económicas y culturales que se derivan de las intervenciones humanas sobre el entorno natural, tanto a

escala local como global. En este sentido, se hará especial hincapié en el papel protagonista de los alumnos y alumnas como futuros actores sociales, en su capacidad para transformar la sociedad en la que les tocará vivir y en sus posibilidades para generar soluciones creativas a problemas tan complejos como el calentamiento global, el cambio climático, la diversificación de las fuentes de energía, etc. Asimismo, la colaboración y la cooperación intra e intergrupales contribuirán de manera importante al desarrollo de estas competencias.

#### **- Sentido de la iniciativa y espíritu emprendedor (SIEE)**

Creemos que esta situación de aprendizaje puede contribuir al despliegue de esta competencia gracias a la necesidad de planificación tanto temporal como espacial, así como al diálogo y los debates que habrán de establecerse en el seno de los diferentes equipos, lo que facilitará la expresión y defensa de los posicionamientos personales y la toma de decisiones para la resolución de problemas que afectarán al conjunto del grupo.

#### **- Conciencia y expresiones culturales**

La puesta en valor de los paisajes y de la biodiversidad, especialmente en el ámbito de Canarias, así como de las medidas que favorecen la integración sostenible del ser humano en su entorno natural, contribuyen de forma clara al desarrollo de esta competencia.

### **Objetivos didácticos**

1. Conocer y reconocer las funciones principales de la hidrosfera, la atmósfera y la biosfera, así como su importancia para el mantenimiento de la vida en la Tierra.
2. Conocer la interrelación existente entre dichas capas del planeta.
3. Determinar las principales amenazas y factores de desequilibrio con origen antrópico.
4. Ser conscientes de la influencia que dichas alteraciones pueden tener sobre los seres vivos en general y el ser humano en particular.
5. Diferenciar entre las actividades humanas desencadenantes de desequilibrios y aquellas otras que permiten corregirlos.
6. Ser conscientes de la responsabilidad ciudadana hacia la conservación del planeta, así como de las acciones individuales y colectivas que pueden aminorar los daños sobre el entorno natural.
7. Desarrollar el espíritu crítico y analítico como base para la toma de decisiones madura e informada.

### **Contenidos específicos**

#### **- Itinerario correspondiente a la hidrosfera**

1. Breve definición de la hidrosfera.

2. Importancia de los océanos en el ciclo del agua, su papel en la producción de oxígeno y la absorción de dióxido de carbono, en la regulación del clima y como hábitat de numerosas especies.
3. Principales amenazas para la conservación de los océanos: derrames de hidrocarburos y mareas negras, sobrepesca, contaminación por aguas residuales e industriales y contaminación por basuras y plásticos.
4. Datos concretos sobre la contaminación por basuras: cantidades vertidas anualmente al mar y tiempo de degradación de algunos residuos.
5. Efecto de los plásticos sobre la fauna marina: muertes por ingestión o enmallado.
6. Problemática derivada de la entrada de microplásticos en la cadena alimentaria.

#### **- Itinerario correspondiente a la atmósfera**

1. Importancia de la atmósfera en la regulación del clima y los fenómenos meteorológicos, como “contenedor” de los gases necesarios para la vida de animales y plantas, y como elemento protector frente a los rayos solares y a objetos procedentes del espacio exterior.
2. Principales desequilibrios provocados por las actividades humanas: quema de combustibles fósiles para la obtención de energía; contaminación atmosférica ocasionada por la actividad industrial, el transporte, etc.; y destrucción de los bosques.
3. Breve introducción a las causas del efecto invernadero y su relación con el calentamiento global y el cambio climático.
4. Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud y posibles consecuencias del cambio climático en Canarias: desertificación, desaparición de zonas costeras y aumento de la frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos.

#### **- Itinerario correspondiente a la biosfera**

1. Definición de biosfera.
2. Importancia de los seres vivos: biodiversidad en el planeta, interdependencia y beneficios que obtenemos de otros seres vivos.
3. Principales amenazas para la biodiversidad derivadas de las actividades humanas: destrucción del hábitat, introducción de especies foráneas, sobre-explotación de los recursos naturales, contaminación, calentamiento global y cambio climático.
4. Importancia de Canarias como punto caliente de biodiversidad. Fragilidad de los ecosistemas canarios.
5. Problemática de las especies introducidas en Canarias: gatos asilvestrados, mascotas exóticas, plantas invasoras (pencas, rabo de gato) y plagas introducidas de forma accidental (termita subterránea en Tacoronte).

## Contenidos transversales

A pesar de que cada uno de los grupos seguirá rutas de aprendizaje diferentes, los contenidos actitudinales serán transversales a todas ellas. Daremos especial relevancia a los siguientes:

1. Tomar conciencia acerca de los problemas ambientales que afectan al planeta.
2. Generar una opinión crítica y fundamentada acerca las implicaciones ambientales, sociales, económicas y culturales que se derivan de nuestras acciones individuales y colectivas.
3. Valorar la importancia del resto de seres vivos para la supervivencia del ser humano como especie.
4. Desarrollar un espíritu de colaboración y respeto hacia el resto de compañeros.
5. Planificar la distribución temporal y espacial de las tareas con el fin de lograr un objetivo concreto en tiempo y forma.
6. Desarrollar la capacidad atencional.

## PRODUCTOS / INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN

El fin último de esta situación de aprendizaje es fomentar una serie de valores y actitudes relacionados con el trabajo en grupo, la colaboración, la implicación y la responsabilidad individual y colectiva, además de tratar de favorecer los mecanismos atencionales en aquellos alumnos y alumnas que presenten algún tipo de déficit en este sentido. Es por ello que los contenidos conceptuales y procedimentales se darán por superados en la medida en que los estudiantes sean capaces de finalizar la prueba, pues para ello habrán tenido que responder correctamente a los diferentes tests planteados y haber descifrado las diferentes pistas dispuestas en el aula. En cuanto a la evaluación de los contenidos actitudinales, proponemos la siguiente rúbrica:

	<b>Insuficiente (1-4)</b>	<b>Suficiente (5-6)</b>	<b>Notable (7-8)</b>	<b>Sobresaliente (9-10)</b>
<b>Respeto</b>	No respeta al resto de integrantes del grupo.	En general, respeta al resto de miembros del grupo aunque le cuesta aceptar las diferencias.	Respeto al resto de integrantes del grupo, aceptando las diferencias de forma constructiva.	Respeto al resto de miembros del grupo, mostrando empatía hacia sus opiniones y autocrítica hacia las posturas propias.
<b>Colaboración</b>	No colabora en la realización de la actividad.	En general, mantiene una actitud pasiva frente a la actividad.	Colabora mayoritariamente en la realización de la actividad.	Colabora de forma activa en la consecución de los objetivos, motivando e involucrando a los compañeros.
<b>Iniciativa y toma de decisiones</b>	Muestra escasa o nula iniciativa y, cuando lo hace, no	En la mayoría de ocasiones se mantiene al margen	Participa normalmente en la toma de decisiones,	Interviene de forma activa en la mayoría de decisiones,

	es capaz de argumentar adecuadamente sus decisiones, tratando de imponer su criterio.	de la toma de decisiones. Presenta ciertas dificultades a la hora de argumentar sus decisiones. En ocasiones trata de imponer su criterio.	argumentándolas de forma adecuada, sin imponer su criterio.	argumentándolas razonadamente pero sin imponer su criterio.
<b>Planificación</b>	No consigue planificar las tareas para la consecución de los objetivos en tiempo y forma.	Presenta cierto nivel de planificación, aunque se muestra desorientado en determinados momentos.	Planifica adecuadamente las tareas, finalizándolas mayoritariamente en tiempo y forma.	Planifica de forma correcta todas las tareas, finalizándolas en tiempo y forma.

Tabla 1. Rúbrica para la evaluación de los contenidos actitudinales.

Además, la actividad será evaluada a través de una encuesta en la que los alumnos expresarán su opinión acerca de la experiencia, la tarea del profesor, el nivel de aprendizaje que creen haber alcanzado y los aspectos que consideren que deban mejorarse:

1. ¿Cómo valoras la experiencia?				
Muy mal	Mal	Ni bien ni mal	Bien	Muy bien
2. ¿Crees que has aprendido algo sobre los problemas ambientales del planeta?				
Muy poco	Poco	Algo	Bastante	Mucho
3. ¿Cómo valoras la tarea del profesor?				
Muy mal	Mal	Ni bien ni mal	Bien	Muy bien
4. ¿Qué fue lo que menos te gustó?				
5. ¿Qué fue lo que más te gustó?				
6. ¿Qué cambiarías o mejorarías?				

Tabla 2. Encuesta de evaluación de la actividad por parte de los alumnos y alumnas.

## ATENCIÓN A LA DIVERSIDAD Y SUS BASES NEURODIDÁCTICAS

Como se ha podido comprobar a lo largo de este trabajo, la atención a la diversidad comprende una parte esencial del mismo. Varios son los factores presentes en esta propuesta de intervención, algunos de ellos basados en las recomendaciones neurodidácticas expuestas en la

introducción, que consideramos que podrían contribuir a mejorar la atención y el aprendizaje no solo de los niños y niñas diagnosticados con TDAH, sino de aquellos otros que presenten algún tipo de necesidad de apoyo educativo o que simplemente carezcan de la motivación suficiente. Entre ellos destacaríamos los siguientes:

### **1. Trabajo en equipo**

Tal y como señalamos en puntos anteriores, en la mayoría de ocasiones la realización de trabajos cooperativos o colaborativos favorece la integración y participación del alumnado con algún tipo de dificultad de aprendizaje. En nuestra propuesta, la colaboración ocupa una parte esencial y se basará tanto en el trabajo en parejas o tríos como en las relaciones que se establezcan dentro de cada equipo.

### **2. Interactividad**

La interactividad se producirá a nivel virtual y físico, con distintos tipos de elementos (contenidos teóricos digitales, materiales dispuestos en el aula y resto de alumnos) y de forma permanente, por lo que exigirá de la participación activa y continuada del alumnado. Consideramos que se puede favorecer así su implicación en el proceso de aprendizaje y el mantenimiento de unos niveles adecuados de atención a lo largo de toda la actividad.

### **3. Variedad de estilos de aprendizaje**

Hemos intentado que la actividad implique la mayor cantidad de sentidos posible (vista, oído y tacto), por lo que la información se ofrecerá en distintos formatos (imágenes, textos, vídeos y audios), tratando de reclamar la atención de los estudiantes mediante el impacto visual y emocional de los textos y montajes gráficos que hemos diseñado. También hemos insertado pequeños toques de humor con el fin estimular emociones positivas (como por ejemplo con el vídeo sobre los problemas de la ganadería industrial y los “pedos de vaca”, el vídeo sobre las especies invasoras en Canarias, etc.). Por otro lado, la posibilidad de desplazarse libremente por el aula y de manipular los objetos con el fin de encontrar los códigos QR puede ser un elemento que favorezca a los niños y niñas más activos, como pueden ser aquellos diagnosticados con el subtipo hiperactivo/impulsivo del TDAH.

### **4. Motivación y curiosidad**

El juego es, en sí mismo, un elemento motivador, lo que unido a la existencia de un objetivo y de un plazo temporal para su consecución, así como a la búsqueda de pistas ocultas en el aula, puede alimentar la curiosidad y la implicación del alumnado con TDAH.

### **5. Uso de analogías**

Durante toda la actividad hemos tratado de usar analogías que facilitaran la comprensión y asimilación de los contenidos mediante los desequilibrios cognoscitivos adecuados. Para ello,

realizamos numerosos montajes gráficos en los que comparamos, por ejemplo, los océanos con un gigante aparato de aire acondicionado, las bolsas de plástico con las medusas, la atmósfera con un escudo o con una manta que rodea el planeta, el equilibrio de la biosfera con un elefante sostenido por un grupo de hormigas, la biodiversidad de Canarias con un Arca de Noé, las especies invasoras con un ataque alienígena, etc.

#### **6. Aprendizaje contextualizado**

En numerosas ocasiones hemos tratado de generar un aprendizaje lo más contextualizado posible y, por tanto, próximo a la realidad de los estudiantes, haciendo hincapié en los aspectos relacionados con el archipiélago. Por ejemplo, a la hora de explicar los problemas derivados de un aumento del nivel del mar en Canarias hemos recurrido a una imagen del último temporal marino en Mesas del Mar o a las termitas subterráneas en Tacoronte cuando tratamos la problemática de las especies invasoras, de forma que los alumnos se sientan apelados más directamente.

#### **7. Ritmo de aprendizaje personalizado**

Otro elemento que consideramos que puede ser positivo en relación a la atención a la diversidad es que los itinerarios diseñados permiten que cada alumno o alumna (o pareja de alumnos) avance en el proceso a su propio ritmo, deteniéndose en aquellos aspectos que le supongan una mayor dificultad de asimilación o retrocediendo en cualquier momento para repasar la información ya aportada.

#### **8. Feedback e intentos múltiples**

Asimismo, los tests de conocimientos que hemos preparado aportan explicaciones para cada una de las respuestas seleccionadas, de forma que permiten a los alumnos y alumnas entender el motivo por el cual han podido acertar o errar en cualquiera de sus respuestas, ofreciéndoles además la oportunidad de reiniciar el test para tratar de corregir los errores.

#### **9. Refuerzos positivos**

En la página web y en los tests de genial.ly hemos insertado numerosos mensajes de refuerzo positivo, tanto en el caso de que las pruebas fueran superadas como, especialmente, si se producía algún error en las respuestas. En estos últimos casos se intentó transmitir un mensaje de ánimo para que perseveraran en el intento, de ahí que nunca utilizáramos expresiones como “error” o “incorrecto”, sino formulaciones positivas como “inténtalo de nuevo”, “prueba otra vez”, etc. Por otro lado, consideramos que la resolución de los enigmas y el descubrimiento de las pistas pueden actuar como pequeños refuerzos que contrarresten la tendencia de los alumnos con TDAH a abandonar las tareas.

## 10. Apoyo del profesor

Durante todo el desarrollo de la actividad nos desplazaremos por el aula visitando los diferentes grupos con el fin de prestarles la ayuda necesaria y resolver las dudas que puedan surgir.

### DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

#### Días previos

Como ya se advirtió, la inmersión en la actividad es esencial en todo “escape room”, por lo que la ambientación y la narrativa juegan un papel fundamental incluso antes de que se inicie el juego. Por ello, los días previos tratamos de crear cierta expectación ofreciendo a los estudiantes pistas ambiguas y en ocasiones contradictorias. Asimismo, tratamos de decorar la clase lo mejor posible, dentro de nuestras limitaciones en cuanto a tiempo y recursos, de manera que se favoreciera esa inmersión y se generara cierta sorpresa en el momento en que los alumnos y alumnas accedieran al aula (véanse las imágenes adjuntas y la descripción detallada de la actividad).

Uno de los elementos que diseñamos como parte de esa estrategia de inmersión, pero que no pudimos poner en práctica debido a lo ajustado del tiempo, fue un “contrato de confidencialidad” con el UNEP (United Nations Environment Programme) acerca de la misión que iban a desempeñar y que debía ser firmado por cada estudiante antes de entrar en el aula.

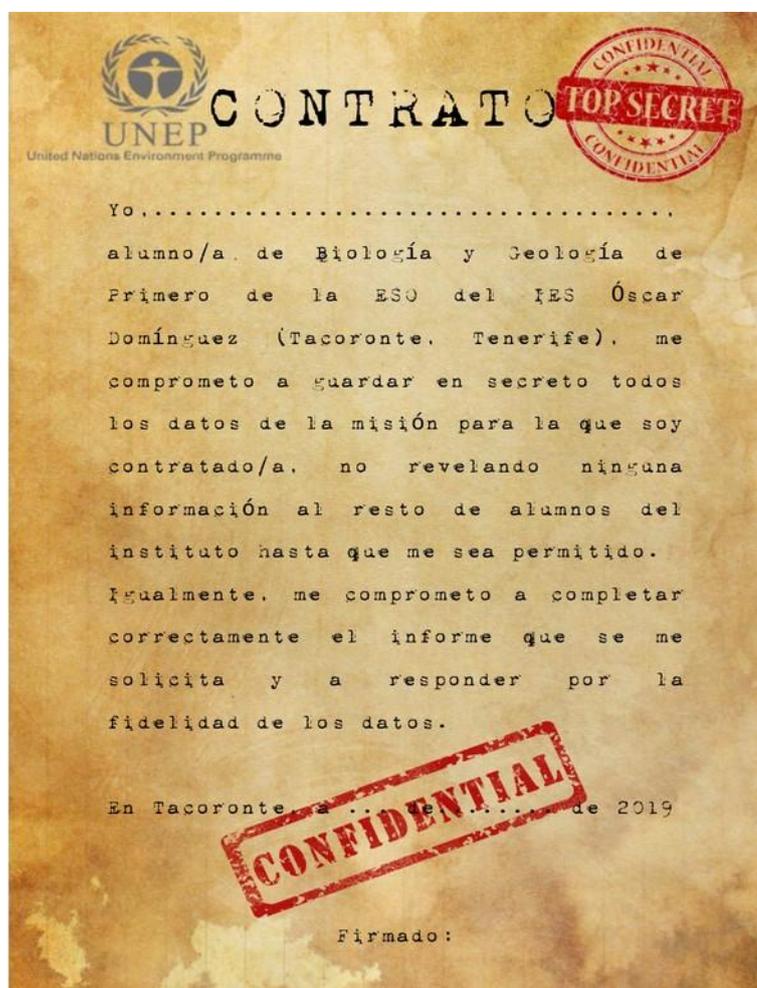


Imagen 1. Contrato de confidencialidad diseñado para incrementar la inmersión en la actividad.

## Recibimiento a los estudiantes y organización de los grupos

Comenzamos la sesión recibiendo a los estudiantes fuera de la clase con el fin de organizar los grupos. Para ello, dispusimos en una bolsa de plástico 24 tarjetas identificativas, 8 para cada uno de los equipos que conformarían el juego (“Misión Hidrosfera”, “Misión Atmósfera” y “Misión Biosfera”).



Imagen 2. Recibimiento a los alumnos y reparto de las tarjetas de identificación de los equipos.



Imagen 3. Tarjetas de identificación de los miembros de cada uno de los tres equipos.

Cada alumno o alumna debía escoger “a ciegas” una tarjeta, de manera que se formaran grupos al azar, aunque finalmente buena parte de los equipos se conformó por afinidades personales. Una vez organizados, accedimos al aula y tomaron asiento en el suelo mirando hacia la pantalla, en la que se estaba proyectando la cabecera de la página web. Procedimos entonces a comentarles que íbamos a cerrar el aula con llave, que la guardaríamos en una maleta que cerraríamos con un candado y que prestaran atención a lo que tenían que hacer para poder salir de allí.



Imagen 4. Pantalla de inicio del juego, maleta donde se ocultó la llave y plantilla para completar el código del candado.

## Introducción a la actividad

En ese momento les indicamos que un famoso científico tenía una información importante que transmitirles y proyectamos un gif animado de Albert Einstein<sup>9</sup> con un mensaje de audio en el que se podía escuchar lo siguiente: “Buenos días, alumnos de primero B. Han sido recluidos en esta habitación porque hemos descubierto que en un futuro se convertirán en unos importantes científicos. Por eso, confiamos en que encuentren soluciones a los problemas ambientales del planeta. Hasta que no lo logren, no permitiremos que salgan de esta clase. Por el bien de la Humanidad, les deseamos la mejor de las suertes. ¡Ánimo!”<sup>10</sup>.



Imagen 5. Momento del “discurso” de Albert Einstein.

En este caso hemos recurrido a dos elementos que consideramos importantes para atraer la atención de los alumnos y alumnas. Por un lado, la utilización de avatares o personajes a través de los cuales se transmite la información. Diferentes estudios han demostrado que, si bien el uso de los mismos no genera diferencias en la retención de los datos factuales, sí que se observan mejores resultados en la capacidad de transferencia de los aprendizajes y en los niveles de motivación (Moreno et. al., como se citó en Ainley y Armatas, 2006). Y por otro, hemos personalizado el mensaje, que apela directamente a los estudiantes de primero B y que pretende incrementar su motivación y autoestima haciéndoles imaginar que en un futuro podrán convertirse en importantes científicos en cuyas manos estará la salud ambiental del planeta.

Luego, procedimos a señalar los objetivos y normas del juego:

1. Objetivos: averiguar la clave del candado de la maleta.

Como se ha mencionado previamente, la existencia de un objetivo totalmente desligado de cualquier contenido académico permite que puedan trabajar contenidos teóricos sin la presión que puedan sentir a la hora de enfrentarse a una tarea cognitiva más tradicional.

2. Cómo conseguirlo

- Buscar las pistas por la clase (no abrir gavetas).
- Escanear los códigos QR correspondientes al color de su equipo.
- En la página web, pulsar sobre las imágenes señaladas con un “click”.

<sup>9</sup> La imagen de Albert Einstein fue obtenida de [www.giphy.com](http://www.giphy.com)

<sup>10</sup> El audio fue generado mediante la aplicación web <http://vozme.com/index.php?lang=es>

### 3. Normas

- Tiempo disponible: 30 minutos.
- Si encuentran una pista de otro equipo, dejarla como estaba.
- Colaboración dentro del grupo.
- Respeto a los otros equipos.

Tras resolver las dudas, proyectamos el vídeo introductorio<sup>11</sup> en el que hicimos un pequeño recorrido por los problemas ambientales del planeta, la belleza y variedad de ecosistemas y formas de vida, así como por las recientes movilizaciones estudiantiles en favor del clima lideradas por Greta Thunberg, una niña sueca apenas dos o tres años mayor que los alumnos y alumnas de nuestra clase. Con ello hemos pretendido concienciar y despertar su interés por la naturaleza y motivar su participación social y su implicación en la búsqueda de soluciones a las problemáticas medioambientales<sup>12</sup>.

Una vez concluido el vídeo repartimos las tablets con la página web abierta en el navegador, proyectamos el cronómetro con la cuenta atrás en la pantalla y dimos por iniciado el juego.



Imagen 6. Reparto de las tablets para el comienzo del juego.

### Desarrollo del juego

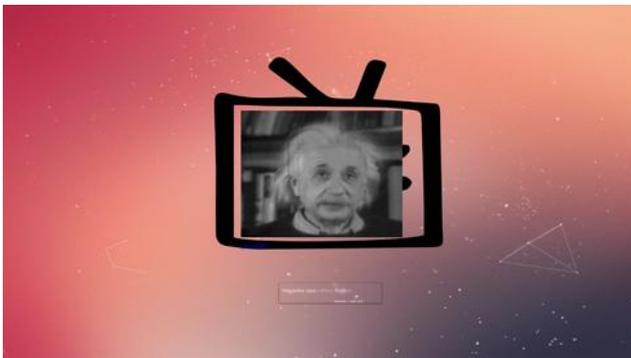
A continuación pasamos a describir más detalladamente los contenidos de la página web y los itinerarios seguidos por cada uno de los equipos durante el desarrollo del juego:

---

11 Todos los vídeos empleados en la página web fueron montados gracias a la aplicación openshot (<https://www.openshot.org/>), mientras que los montajes gráficos fueron realizados con la aplicación GIMP (<https://www.gimp.org/>).

12 Para el montaje del vídeo introductorio hemos utilizado como base las imágenes de la campaña de Greenpeace “Inspiring Action” (<https://www.youtube.com/watch?v=zVu9eawb1QY>), junto con otras procedentes de documentales como “Human Planet”, grabaciones aéreas con cámaras instaladas en aves (<https://www.youtube.com/watch?v=pI63Rbxm15U>), imágenes del Ártico ([https://www.youtube.com/watch?v=\\_d8vO9NaoiE](https://www.youtube.com/watch?v=_d8vO9NaoiE)), de la huelga estudiantil mundial en favor del clima (<https://www.youtube.com/watch?v=wv6HuK1H-2Y>), de energías renovables (<https://www.youtube.com/watch?v=cFC2YtXsqJ0>) e imágenes en “timelapse” del cielo de Canarias (<https://www.youtube.com/watch?v=eBzhkzkStQg>).

## PORTADA<sup>13</sup>



### Misión: Salvar el Planeta Tierra

En la cabecera de la página web presentamos el título de la actividad, así como el logotipo con los datos del curso y del instituto, todo ello con el fin de que los estudiantes se sientan identificados y perciban que la actividad ha sido diseñada expresamente para ellos.

### Por qué estamos encerrados en la clase

En esta sección pretendemos despertar la curiosidad de los alumnos y alumnas, que tendrán que pulsar sobre la llave para descubrir los motivos por los que están encerrados en el aula.

### Mensaje de Albert Einstein

Tras pulsar sobre la llave se les abrirá una ventana con un gif animado de Albert Einstein y un audio personalizado con el que pretendemos aumentar la motivación de los estudiantes. Para ello, les indicamos que están encerrados en el aula porque en un futuro serán los científicos encargados de salvar el planeta y de buscar soluciones a los problemas ambientales que lo asolan.

### Qué debemos hacer para escapar de aquí

En esta sección se desglosan los objetivos, metodología y normas del juego, que les serán mostrados una vez pinchen sobre cada una de los diferentes apartados, como se puede ver en las tres imágenes siguientes:

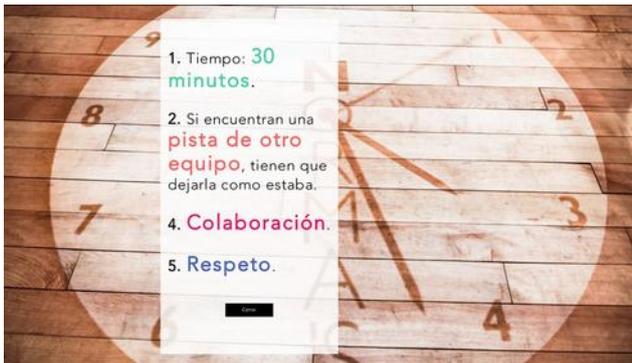
### Objetivos

El objetivo principal del juego es descubrir la clave del candado con el que hemos cerrado la maleta que contiene la llave de la clase.



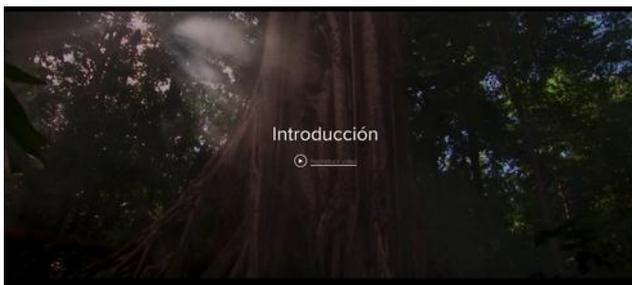
### Cómo conseguirlo

En esta ventana les explicamos a grandes rasgos la metodología del juego. Cada uno de los equipos deberá seguir las pistas que les irán apareciendo en la página web y escanear los códigos QR que se han ocultado en ellas para responder a los diferentes tests que les permitirán seguir avanzando en el juego.



### Normas

En la ventana de normas se les indicará el tiempo del que disponen para finalizar la misión y las reglas de comportamiento básicas que deberán cumplir: juego limpio, colaboración y respeto.



### Vídeo introductorio

El vídeo pretende promover la inmersión de los alumnos en la actividad. En él se muestran imágenes de los principales problemas ambientales del planeta, pero también de la belleza de los diferentes ecosistemas que trabajaremos. Entre ellas hemos intercalado mensajes en los que señalamos el importante papel que, como jóvenes ciudadanos, pueden jugar a la hora de buscar soluciones a las amenazas ambientales.



### Press Start

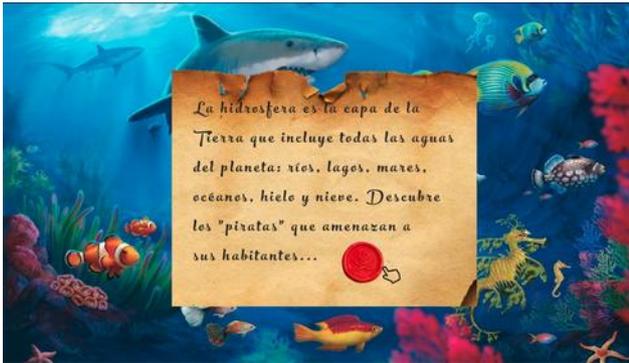
El pie de página de la portada de la web contiene el botón con el que accederán a la siguiente página del juego: el mapa de misiones.

## MAPA DE MISIONES



En esta página los diferentes equipos pulsarán sobre la imagen correspondiente a su equipo para dar inicio al juego. A partir de aquí cada grupo seguirá diferentes rutas y trabajará los contenidos específicos de su "misión" hasta que vuelvan a encontrarse en la última fase de la actividad.

## MISIÓN HIDROSFERA



### Qué es la hidrosfera

Los alumnos del equipo "Hidrosfera" darán comienzo al juego con una breve introducción al concepto. Tras pulsar sobre el lacre "pirata", pasarán a la siguiente ventana.



### Busca un animal marino

Se les pedirá que busquen el código QR escondido en un animal marino que se encuentra en la clase. Para ello, dispusimos varias conchas marinas, callaos y un bucio en el interior del cual se encontraba el código QR. Una vez encontrado y pulsando sobre el símbolo de la cámara de fotos podrán escanearlo para pasar a la siguiente página.



<https://aalvaresc6.wixsite.com/website/plasticos>



### Importancia de los océanos

En esta página se les ofrecerá una breve visión acerca de las principales funciones de los océanos, que podrán ir descubriendo a medida que pulsen sobre las distintas imágenes en el orden indicado por las flechas y por el símbolo de "click". A continuación se muestran las ventanas que se les abrirán en cada caso: ▼

#### ► 1. Los océanos como generadores de nubes



#### ► 2. Como productores de O<sub>2</sub> y sumideros de CO<sub>2</sub>



▶ 3. Los océanos como reguladores del clima



¿Cuál es uno de los **gases contaminantes** que atrapan los océanos?



Butano



Oxígeno



Dióxido de carbono

**¡ENHORABUENA!**

Los océanos absorben entre el 30 y el 50 % del dióxido de carbono producido por la contaminación humana.

Pulsa "siguiente" e

INTRODUCE LA CLAVE

100

SIGUIENTE →

▶ 4. Como hábitat de numerosas especies



**Busca una molécula de CO<sub>2</sub>**

A continuación pasarán a una ventana en la que se les pedirá que busquen en el aula una molécula de CO<sub>2</sub> que confeccionamos con polyspan, donde escondimos el siguiente código QR que deberán escanear:



<https://view.genial.ly/5cb370091016110f4e737d4f/learning-experience-challenges-hidrosfera-1-co2>

**Test 1: Gases contaminantes que atrapan los océanos**

Al escanear el código QR anterior se les dirigirá a una página de genial.ly en la que deberán responder al primer test del juego. En el caso de que la respuesta sea correcta, se les aportará la clave para acceder a la siguiente fase:





## Amenazas para los océanos

Tras introducir la clave en la pantalla anterior, pasarán a analizar algunas de las principales amenazas para los océanos pulsando sobre las distintas imágenes de la pantalla. La información que recibirán en cada una de ellas se muestra a continuación: ▼

### 1. Los vertidos de hidrocarburos



### 2. La sobrepesca



### 3. Los vertidos de aguas residuales



### 4. La contaminación por basuras y plásticos



## Busca una imagen de contaminación marina

Tras leer la información correspondiente a los principales factores de amenaza, se les pedirá que busquen una imagen de contaminación marina (unos barriles de petróleo), en la que encontrarán el siguiente código QR para escanear:



<https://view.genial.ly/5cb455a4bcfaf90f547b3792/learning-experience-challenges-hidrosfera-2-amenazas-oceano>

## ¿CUÁL ES DIFERENTE?

Tienes 30 segundos para encontrar la imagen que NO supone una amenaza para los océanos...



¿Preparados?



¿Cuál NO es una amenaza para los océanos?

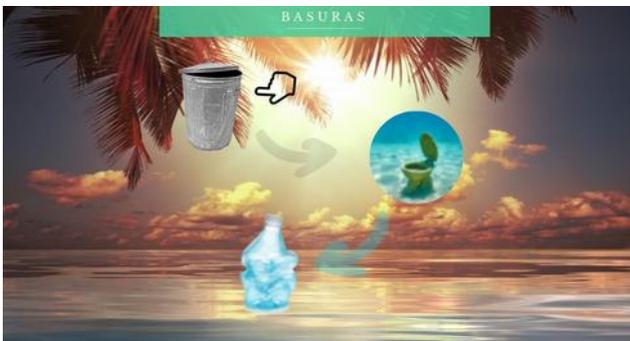


¡BIEN HECHO!

La participación en la **limpieza de playas** ayuda a conservar nuestros mares

PULSA SOBRE LA CARAVELA E INTRODUCE LA CLAVE

102



► 1. Cantidad de basura que se vierte anualmente a los océanos



## Test 2: Qué imagen no refleja una amenaza para los océanos

Después de escanear el código QR anterior, accederán al segundo test de genial.ly en el que se les pedirá que en 30 segundos identifiquen la imagen de una actividad humana que no suponga una amenaza para los ecosistemas marinos. Entre las imágenes que hemos seleccionado se observan mareas negras, playas llenas de basura, pesca industrial, emisarios submarinos, caza de cetáceos, urbanización del litoral y actividades de voluntariado de limpieza de playas. Al pulsar sobre esta última fotografía les saltará una pantalla en la que se les dará la enhorabuena por responder correctamente y se les indicará la clave de acceso a la siguiente fase del juego:

Solo para invitados

Por favor, ingresa tu nombre y contraseña.

## Problemática de las basuras en los océanos

Tras introducir la clave accederán a la siguiente página, en la que se les aportarán algunos datos sobre la problemática de las basuras en los ecosistemas marinos. La información que se les ofrecerá al pulsar en cada imagen se presenta a continuación: ▼

► 2. Persistencia de los residuos



### ► 3. Vida media de una botella de plástico



#### Busca un residuo peligroso que llega al mar

Tras la breve exposición de datos acerca de los residuos en los océanos, los estudiantes pasarán a la siguiente ventana, en la que se les pedirá que busquen un “residuo peligroso que llega al mar”. Para ello, dispusimos varias botellas de plástico en la clase, bajo una de cuyas etiquetas se encontraba el código QR que debían escanear:



<https://view.genial.ly/5cb46bd1bcfaf90f547b639c/game-hidrosfera-3-reducir-basura-en-los-oceanos>

¿Qué harías para **evitar** que la **basura** llegue a los océanos?

Tienes **30 segundos** para responder

**¿PREPARADOS?**

Reciclar



Comprar bolsas de plástico



Tirar basura al barranco



**¡Perfecto!**

**SI RECICLAMOS, EVITAMOS QUE LA BASURA LLEGUE AL MAR**

Pulsa **siguiente** e introduce la clave:

**103**

**SIGUIENTE** →

#### Test 3: Qué harías para evitar que la basura llegue a los océanos

Al escanear el código QR anterior, los alumnos accederán al tercer test de genial.ly, en el que deberán seleccionar la acción que reduzca el riesgo de que los residuos generados en nuestra vida cotidiana acaben llegando al mar. En caso de no seleccionar la opción correcta les aparecerá una explicación del porqué la elección no ha sido la adecuada y se les dará la oportunidad de reiniciar el test. Después de seleccionar la opción adecuada (“reciclar”) se les aportará la clave para acceder al siguiente nivel del juego:





## Plástico o medusa

En la siguiente fase de la actividad nos centraremos en la problemática concreta de los plásticos sobre la vida marina. En las ventanas que se abrirán tras pulsar en cada una de las imágenes se les aportará la información siguiente: ▼

### ► 1. Los plásticos y la fauna marina (I)



### ► 2. Los plásticos y la fauna marina (II)



## Busca una medusa

Tras revisar la información relacionada con los plásticos y los problemas que ocasionan en los animales que los ingieren, los estudiantes pasarán a una ventana en la que se les pedirá que busquen una “medusa”. Para reforzar la analogía entre los plásticos y las medusas, confeccionamos estas últimas con materiales reciclados: bolsas de plástico transparente y parte superior de unas garrapas de agua de 8 litros. En uno de los “tentáculos” ocultamos el siguiente código QR:



<https://view.genial.ly/5cb4ab061016110f4e74dc83/learning-experience-challenges-hidrosfera-4-problema-plasticos>



Los plásticos **NO** son un problema para los océanos

VERDADERO

FALSO

**CORRECTO**



Los plásticos provocan la muerte de muchos habitantes del mar y contaminan nuestra comida.

Las tortugas se comen los plásticos porque los confunden con medusas

VERDADERO

FALSO

**CORRECTO**



Las **tortugas** y otros animales marinos, como las **ballenas**, se comen los plásticos porque los confunden con comida.

Muchos animales marinos quedan atrapados en los plásticos y redes tirados al mar

VERDADERO

FALSO

**CORRECTO**



Las redes y plásticos que flotan en el mar provocan la muerte de muchos animales porque quedan atrapados en ellos.

#### Test 4: Verdadero o falso

Al escanear el anterior código QR, los alumnos pasarán al cuarto y último test de genial.ly, en el que se les presentarán tres afirmaciones relacionadas con la problemática de los plásticos, debiendo indicar si dichas aseveraciones son verdaderas o falsas.

En caso de que cometan algún error siempre podrán retroceder en el test para seleccionar la respuesta adecuada. Asimismo, cada elección correcta viene acompañada de una pequeña explicación.

Tras superar todas las preguntas del test, se les aportará la clave de acceso a la siguiente fase:





## Y nosotros... qué comemos

En esta última sección de contenidos teóricos veremos el impacto de los microplásticos en la cadena alimentaria y, por tanto, las consecuencias que los desequilibrios ambientales pueden tener sobre nuestra salud. Al pulsar sobre cada una de las imágenes se desplegarán las siguientes ventanas informativas: ▼

### ► 1. Definición de microplástico



### ► 2. Consumo de microplásticos por la fauna marina



### ► 3. Entrada en la cadena alimentaria



## Busca un tesoro marino

Tras finalizar de leer los contenidos relacionados con los microplásticos, los alumnos pasarán a una ventana en la que se les pedirá que busquen un tesoro marino. Este consistirá en un cofre recubierto de conchas en cuyo interior se encuentra un diario de bitácora donde hemos ocultado el siguiente código QR que tendrán que escanear:



<https://view.genial.ly/5cb4c510bcfaf90f547c035c/presentation-hidrosfera-5-tesoro>





### Abre el cofre

Después de escanear el código QR anterior, los alumnos serán dirigidos a una página de genial.ly en la que se observa un cofre submarino. Tendrán que pulsar sobre la cerradura para que se les abra la siguiente ventana.



### El verdadero tesoro bajo el mar

Tras “abrir” el cofre, les aparecerá un vídeo con imágenes del fondo marino en el que señalamos que la enorme diversidad de formas de vida que allí se encuentran es el verdadero tesoro que se esconde bajo el mar. Al final del vídeo les daremos el número secreto del equipo hidrosfera, necesario para abrir el candado.



### ¡Misión cumplida!

Tras el vídeo, aparecerá la siguiente pantalla en la que se les felicita por completar su parte de la misión, se les indica dónde deben anotar el número secreto que se les acaba de aportar y se les anima a ayudar al resto de equipos en el caso de que estos no hayan finalizado aun su misión.

## MISIÓN ATMÓSFERA



### Qué es la atmósfera

Los alumnos pertenecientes al equipo de la “Misión Atmósfera” comenzarán el juego conociendo algunas generalidades acerca de esta capa del planeta.

Al pulsar “Start” pasarán a la siguiente pantalla.



### Busca la casa de un habitante de la atmósfera

En esta ventana se les pedirá que busquen un nido que hemos colocado en una de las ventanas de la clase, en cuyo interior está oculto el código QR que deberán escanear para pasar a la siguiente fase del juego:



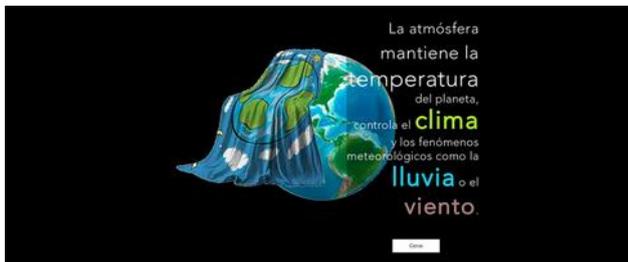
<https://aalvaresc6.wixsite.com/website/atmosfera-2>



### Importancia de la atmósfera

El anterior código QR les llevará a esta página, en la que recibirán información acerca de la importancia de la atmósfera y sus principales funciones, que se irán desglosando en las siguientes ventanas a medida que pulsen sobre las diferentes imágenes: ▼

#### ▶ 1. Influencia en el clima y la meteorología



#### ▶ 2. Gases necesarios para la vida



#### ▶ 3. Protección frente a los rayos solares



#### ▶ 4. Escudo protector frente a meteoritos



### Busca un meteorito

El "meteorito" lo hemos representado con una bomba volcánica y varias rocas. En él encontrarán el siguiente código QR que deberán escanear:



<https://view.genial.ly/5cb8b2be3f74620efda6935e/learning-experience-challenges-atmosfera-1-o2-y-co2>



¿Qué gases **necesarios para la vida** se encuentran en la atmósfera?



**¡ENHORABUENA!**

Sin la atmósfera, no habría oxígeno para la respiración de plantas y animales, ni dióxido de carbono para la fotosíntesis de los vegetales.

Pulsa "siguiente" e

INTRODUCE LA CLAVE

200

SIGUIENTE →

### Test 1: Gases necesarios para la vida

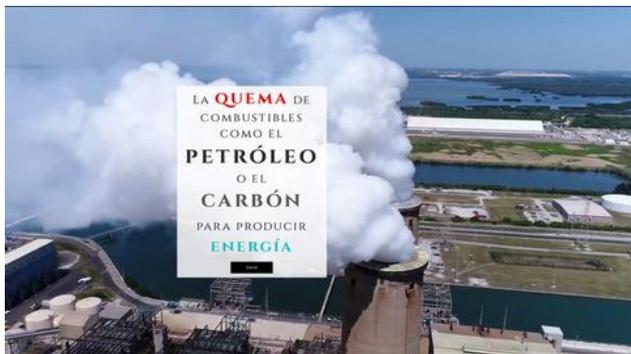
El código QR anterior les llevará hasta el primer test de genial.ly, en el que se les preguntará acerca de los gases indispensables para la vida que se encuentran en la atmósfera. Si responden correctamente, se les ofrecerá la clave de acceso a la siguiente fase del juego.



### Malos humos

El siguiente bloque de contenidos tratará acerca de los principales causantes de desequilibrios atmosféricos con origen antrópico. Las ventanas informativas que se les abrirán al pulsar en cada una de las imágenes se muestra a continuación:

#### ▶ 1. La quema de combustibles fósiles



#### ▶ 2. Los medios de transporte



#### ▶ 3. La deforestación





## ¿CUÁL ES DIFERENTE?

Tienes 30 segundos para encontrar la imagen que NO supone una amenaza para la atmósfera...



¿Preparados?



¿Cuál NO es una amenaza para la atmósfera?



¡BIEN HECHO!

La plantación de árboles ayuda a mejorar el aire que respiramos

PULSA SOBRE LA CARAVELA E INTRODUCE LA CLAVE

202



## Busca un pedo de vaca

Tras el breve repaso acerca de algunos de los principales agentes contaminantes de la atmósfera, se les pedirá que busquen un "pedo de vaca" en la clase, que hemos representado con un dibujo y una vaca de peluche escondidos debajo de una mesa. Aquí encontrarán el siguiente código QR:



<https://aalvaresc6.wixsite.com/website/atmosfera-3-4>

## Los problemas de la ganadería intensiva

El código QR anterior les conducirá a un breve vídeo en el que se explica gráficamente y con sentido del humor el papel de la ganadería industrial en la producción de gases de efecto invernadero, fundamentalmente de metano.

## Test 2: Qué imagen no refleja una amenaza para la atmósfera

Tras ver el vídeo, los estudiantes pasarán a realizar el segundo test de genial.ly. Deberán elegir una actividad humana que no represente una amenaza para el equilibrio de la atmósfera.

Entre las imágenes expuestas seleccionamos las emisiones de gases industriales, el uso de aerosoles, los incendios forestales, la reforestación, las emisiones producidas por el tráfico, la deforestación, la ganadería industrial y el uso de pesticidas agrícolas.

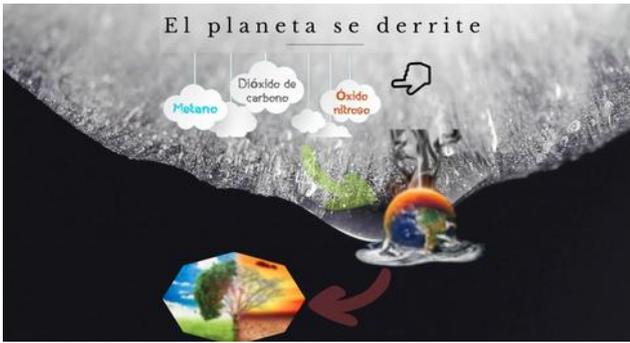
Tras seleccionar la opción correcta, se les indicará la clave de acceso al siguiente bloque de contenidos:

Solo para invitados

Por favor ingresa tu contraseña o continuación.

\_\_\_\_\_

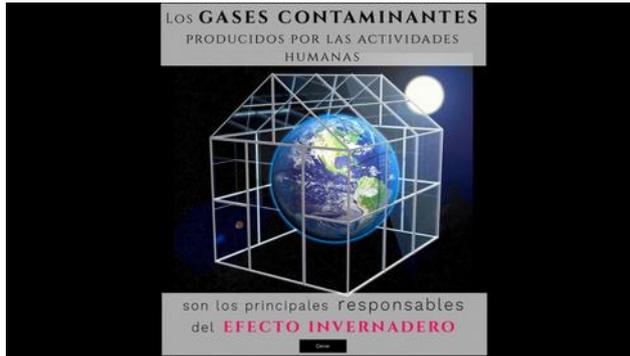
\_\_\_\_\_



## El planeta se derrite

En este bloque temático expondremos de manera resumida las principales causas del calentamiento global y del cambio climático a medida que pulsen en las diferentes imágenes:

### ▶ 1. El efecto invernadero



### ▶ 2. El cambio climático global



### ▶ 3. La amenaza para la vida en el planeta



## Busca un combustible que emita CO<sub>2</sub>

A continuación, los estudiantes deberán buscar en la clase algún tipo de combustible que produzca CO<sub>2</sub>, representado mediante una bolsa de carbón vegetal en la cual se encuentra oculto el siguiente código QR:



<https://view.genial.ly/5cca1143decf900f57f73906/game-atmosfera-3-reduccion-emisiones>





### Test 3: ¿Qué harías para reducir la contaminación atmosférica?

Tras escanear el código QR anterior, accederán al siguiente test de genial.ly, en el que tendrán que decantarse por una acción que permita reducir la contaminación atmosférica.

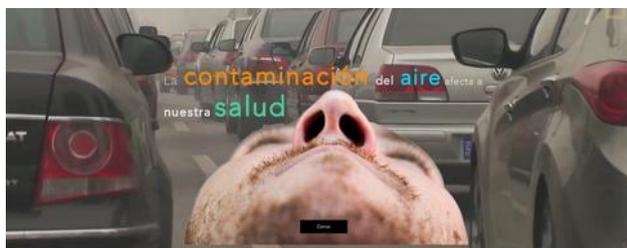
Una vez seleccionada la opción correcta, se les proporcionará la clave de acceso a la siguiente fase del juego.



### Y a nosotros qué

En este bloque pretendemos conseguir que los alumnos y alumnas sean conscientes de que los problemas derivados de la contaminación atmosférica no son ajenos a nosotros y que el ser humano también sufre sus consecuencias. Al pulsar sobre cada una de las imágenes recorrerán las siguientes ventanas informativas:

#### ▶ 1. Efectos sobre la salud



#### ▶ 2. Efectos sobre el clima de Canarias



#### ▶ 3. Fenómenos meteorológicos extremos





Las actividades humanas están provocando el cambio climático actual

VERDADERO

FALSO

La contaminación del aire puede afectar a nuestra salud

VERDADERO

FALSO

CORRECTO



Los gases contaminantes producidos por las actividades humanas pueden provocar enfermedades graves.

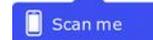
El cambio climático **NO** va a afectar a Canarias.

VERDADERO

FALSO

### Busca un planeta Tierra

A continuación, los alumnos deberán buscar un planeta Tierra, que en nuestro caso vendrá simbolizado por un globo terráqueo. En él encontrarán el siguiente código QR:



<https://view.genial.ly/5ccd93e0decf900f57fe5ba6/learning-experience-challenges-atmosfera-4-problema-cambio-climatico>

### Test 4: El cambio climático

Tras escanear el código QR previo, los alumnos serán dirigidos al siguiente test de genial.ly, en el que tendrán que indicar si las afirmaciones relativas al cambio climático son verdaderas o falsas.

Tras superar el test, se les aportará la clave de acceso a la siguiente fase del juego:



# CORRECTO



Canarias es una de las regiones del planeta a las que más puede afectar el **cambio climático**.



## Más tormentas

A continuación, se mostrará una imagen de un huracán tomada desde la Estación Espacial Internacional y se les indicará que, en el futuro y como consecuencia del cambio climático, será más probable que Canarias se vea afectada por tormentas tropicales como el Delta.

## Busca un objeto que se mueva por la atmósfera

Posteriormente tendrán que buscar un conjunto de globos en el aula, en los cuales encontrarán oculto el siguiente código QR:



<https://view.genial.ly/5ccdf6a2decf900f57ff1280/presentation-atmosfera-5-tesoro>

## Entra en la cabina del avión

Después de escanear el anterior código QR, los estudiantes pasarán a la siguiente página de genial.ly, en la que tendrán que pulsar sobre la cabina del avión para acceder a la nueva pantalla.



### ¡A volar!

Posteriormente se les abrirá un vídeo, con escenas de seres vivos que han “conquistado”, de una u otra manera, la atmósfera: aves, insectos, mamíferos, reptiles y peces. Todo ello con la finalidad de despertarles la curiosidad y la empatía. Al final del vídeo se les aportará el número secreto correspondiente a la “Misión Atmósfera”, parte de la clave del candado.



### ¡Misión cumplida!

Tras finalizar el vídeo, aparecerá la siguiente pantalla, en la que se les felicita por completar su parte de la misión, se les indica dónde deben anotar el número secreto que se les acaba de aportar y se les anima a ayudar al resto de equipos en el caso de que estos no hayan finalizado aun.

## MISIÓN BIOSFERA



### La biosfera

Los alumnos y alumnas pertenecientes al equipo de la “Misión Biosfera” comenzarán el juego con una sencilla definición del concepto.



### ¡Búscame!

A continuación tendrán que buscar un esqueleto en el aula, en cuyo cráneo hemos ocultado el primer código QR que tendrán que escanear:



<https://aalvaresc6.wixsite.com/website/biosfera-2>



## La importancia de los seres vivos

Posteriormente, pasarán a conocer algunos aspectos relevantes acerca de la importancia de los seres vivos tanto para el mantenimiento de los ecosistemas como para el ser humano. Las ventanas de información que irán recorriendo se muestran a continuación: ▼

### ► 1. Biodiversidad en el planeta

Se cree que en el **PLANETA** hay **1 billón** de **especies** de animales, plantas, bacterias, hongos...



### ► 2. La biosfera en equilibrio



### ► 3. Importancia para el ser humano (I)



### ► 4. Importancia para el ser humano (II)



## Busca un ser vivo que nos aporta oxígeno

Luego, los alumnos tendrán que buscar un vegetal en la clase. Para ello, hemos dispuesto un ejemplar de *Aeonium lindleyi* Webb. y Berthel. en el que hemos ocultado el siguiente código QR, que deberán escanear para continuar con el juego:



<https://view.genial.ly/5cd1411849e43a0f6aa19371/learning-experience-challenges-biosfera-1>

La biosfera es...



El conjunto de animales del planeta      El conjunto de plantas del planeta      El conjunto de seres vivos del planeta

**¡ENHORABUENA!**

La biosfera está formada por todos los seres vivos que habitamos el planeta. Cada uno de ellos es imprescindible para la supervivencia de los demás.

Pulsa "siguiente" e

INTRODUCE LA CLAVE

**300**

SIGUIENTE →

### Test 1: La biosfera es...

Tras escanear el código QR, los alumnos serán dirigidos al primer test de genial.ly, en el que se les preguntará por el concepto de biosfera.

En caso de responder correctamente, se les aportará la clave para poder acceder a la siguiente fase del juego:



**AMENAZAS**  
para los seres vivos



### Amenazas para los seres vivos

A continuación, pasarán al bloque de contenidos correspondiente a las principales amenazas para la biodiversidad. Pulsando sobre las distintas imágenes harán un recorrido por las siguientes ventanas informativas: ▼

#### ▶ 1. La destrucción del hábitat



#### ▶ 2. Las especies invasoras



#### ▶ 3. La sobre-explotación de los recursos



#### ▶ 4. La contaminación y el cambio climático





### ¿CUÁL ES DIFERENTE?

Tienes 30 segundos para encontrar la imagen que NO supone una amenaza para los seres vivos...



¿Preparados?

¿Cuál NO es una amenaza para los seres vivos?

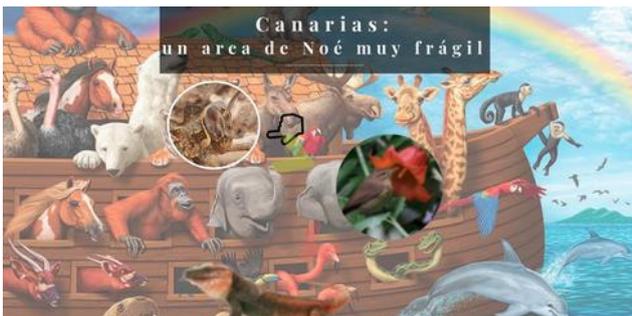


### ¡BIEN HECHO!

El cuidado de los bosques ayuda a proteger a todos los seres vivos del planeta, incluidos nosotros.

PULSA SOBRE LA GARAVELA E INTRODUCE LA CLAVE

302



### Busca un reptil introducido en Canarias

Luego se les pedirá que busquen un reptil introducido en Canarias, para lo cual hemos colocado una serpiente de juguete sobre una caja, en cuyo interior se encuentra el siguiente código QR que tendrán que escanear:



<https://view.genial.ly/5cd1b28fdb97e30f5d699a09/learning-experience-challenges-biosfera-2-amenazas-biosfera>

### Test 2: Qué imagen no refleja una amenaza para la atmósfera

Al escanear el código QR, los alumnos pasarán al segundo test, en el que deberán seleccionar la imagen que no suponga una amenaza para la biodiversidad. Entre las imágenes expuestas se encuentran unas grúas de construcción, una industria emisora de gases contaminantes, un incendio forestal, una actividad de repoblación, un barco de pesca industrial, la tala de árboles, los gases emitidos por el tráfico y la costa de Los Cristianos totalmente urbanizada.

Si responden correctamente, se les aportará la clave para acceder a la siguiente etapa del juego:

Solo para invitados

Por favor, ingresa tu nombre y a continuación:



### Canarias: un arca de Noé muy frágil

A continuación se presentarán algunos datos acerca de la importancia y fragilidad de la biodiversidad canaria. Las ventanas informativas que recorrerán se muestran a continuación: ▼

► 1. Riqueza de la biodiversidad canaria



► 2. Vídeo de 20" sobre la biodiversidad canaria



► 3. Fragilidad de la biodiversidad canaria



**Busca una estrella de mar**

Tras la breve introducción a la biodiversidad del archipiélago, los estudiantes tendrán que buscar una estrella de mar en el aula. Para ello, colocamos una pequeña estrella decorativa sobre una caja, bajo la cual se encuentra un bol de cristal con arena de playa y el siguiente código QR:



<https://view.genial.ly/5cd6d07354bdc10f6bfd66d5/learning-experience-challenges-biosfera-3-biodiversidad-canaria>



Canarias es uno de los lugares del planeta con más biodiversidad

VERDADERO

FALSO

**Test 3: La biodiversidad en Canarias**

Al escanear el código QR, se les abrirá el tercer test, relacionado con la biodiversidad en Canarias.

# CORRECTO



En Canarias hay casi **15.000 especies terrestres** y más de **5.000 especies marinas**. Además, **muchas** de ellas **solo viven aquí**.

Las especies canarias son muy sensibles a los daños producidos por el ser humano

VERDADERO

FALSO

# CORRECTO



Las especies canarias se ven muy afectadas por la **destrucción del territorio** provocada por el ser humano, o por la introducción de **especies invasoras**.

La construcción de carreteras, hoteles, urbanizaciones, etc. **NO** afecta a las especies canarias.

VERDADERO

FALSO

# CORRECTO



La **destrucción del hábitat** donde viven es una de las mayores **amenazas** para las especies canarias.



Una vez superado el test, se les aportará la clave de acceso al siguiente nivel del juego:



## ¡Nos invaden!

El siguiente bloque de contenidos versará sobre la problemática de las especies invasoras, especialmente en Canarias. Para ello, hemos confeccionado un vídeo en el que se recrea una invasión alienígena. Al pulsar sobre las distintas imágenes, los alumnos recorrerán las siguientes ventanas informativas: ▼

### ► 1. Vertebrados invasores en Canarias



### ► 2. Flora invasora en Canarias



### ► 3. Los insectos también invaden



#### Busca una especie invasora en Tacoronte

Como ejemplo de esos insectos invasores, los alumnos tendrán que buscar en el aula la imagen de alguna especie introducida en Tacoronte. Para ello, hemos utilizado la imagen de la termita subterránea, que ha saltado a la actualidad informativa debido a los problemas que está ocasionando en las viviendas de la zona, por lo que puede resultarles familiar. Aquí encontrarán el siguiente código QR:



<https://aalvaresc6.wixsite.com/website/copia-de-atmosfera-6-1-1>



#### Jumanji Canarias

Tras escanear el código QR serán dirigidos a una página en la que podrán ver un vídeo que hemos preparado acerca de algunas especies invasoras en Canarias, tomando como base el tráiler de la película Jumanji. En él hemos intercalado imágenes de la serpiente de California, la ardilla moruna, la cotorra de Kramer, las pencas, el rabo de gato y los gatos asilvestrados y, como contraste, fotos de varias especies autóctonas o endémicas de Canarias.

¿Qué harías para **proteger** a las **especies** que viven en **Canarias**?

Tienes **30 segundos** para responder

**¿PREPARADOS?**

#### Test 4: Qué harías para proteger a las especies canarias

Tras ver el vídeo, pasarán al último test, en el que tendrán que escoger la respuesta que no pondría en riesgo para la biodiversidad de las islas. Si responden correctamente, se les dará la

Pulsa sobre la opción **correcta**

No traer plantas de fuera



Comprar mascotas exóticas



Dejar mis gatos sueltos



clave de acceso a la siguiente fase:

**¡Perfecto!**

**SI TRAEMOS PLANTAS DE FUERA,  
PONEMOS EN PELIGRO A LAS  
ESPECIES CANARIAS**

Pulsa **siguiente** e introduce la clave:

**404**

SIGUIENTE →



### Busca un depredador africano

A continuación, tendrán que buscar un depredador africano, representado por un tigre de juguete sobre un maletín metálico, en cuyo interior se encuentra el siguiente código QR:



<https://view.genial.ly/5cd865df9d5aca0f71d880e3/presentation-biosfera-5-tesoro>

### Atraviesa la tela de araña

El código QR les llevará a esta página de genial.ly, en la que pulsando en el centro de la tela de araña accederán al siguiente vídeo.

### Bienvenidos al increíble espectáculo de la vida

En este vídeo seleccionamos imágenes espectaculares de la biodiversidad del planeta con el fin de despertar la curiosidad de los alumnos y alumnas. Al final del mismo les daremos el número secreto que, junto con los obtenidos por los otros dos equipos, completará la clave de apertura del candado.



### ¡Misión cumplida!

Tras finalizar el vídeo pasarán a la siguiente pantalla, en la que se les felicitará por completar su misión, se les indicará que anoten el número secreto en la casilla correspondiente y se les animará a ayudar al resto de equipos que no hayan finalizado.



### Clave secreta

Una vez que los tres grupos hayan finalizado sus "misiones" y hayan conseguido los números secretos correspondientes, deberán colocar el orden que se les indica en la plantilla que hemos dispuesto al lado de la maleta. Por tanto, para completar el juego, los tres equipos deberán colaborar con el fin de adivinar la clave de apertura del candado.

Todo ello deberán hacerlo antes de que finalicen los 30 minutos de plazo. Para añadir emoción, al comenzar el juego proyectaremos un vídeo de cuenta atrás en el que se observará una bomba cuya mecha se va reduciendo a medida que avanza el tiempo.

Al abrir la maleta, encontrarán la llave de la clase y la recompensa (dos chokolatinas para cada uno de los estudiantes).



Diferentes imágenes tomadas durante el desarrollo de la actividad y la apertura de la maleta donde se encontraba la llave del aula junto con la recompensa final.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### RESULTADOS DE LA ENCUESTA

La encuesta de valoración se repartió al alumnado cinco días después de haber realizado la actividad, obteniéndose los resultados que desglosamos a continuación.

A la pregunta “¿Cómo valoras la experiencia?”, dos estudiantes (10%) respondieron “ni bien ni mal”, siete “bien” (35%) y 11 “muy bien” (55%). Es decir, el 90% valoró de manera positiva o muy positiva la actividad.



Gráfico 1. Resultados de la valoración de la experiencia por parte de los alumnos.

A la cuestión “¿Crees que has aprendido algo sobre los problemas ambientales del planeta?”, un alumno respondió “poco” (5%), cinco “algo” (25%), ocho “bastante” (40%) y seis “mucho” (30%). En conjunto, un 70% de los estudiantes indicó que había aprendido “bastante” o “mucho”.

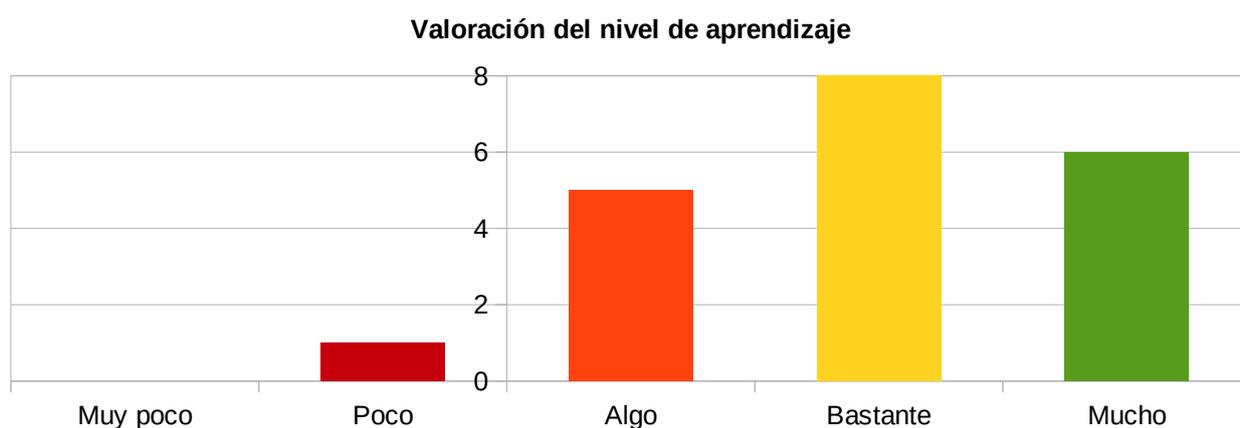


Gráfico 2. Resultados de la valoración del nivel de aprendizaje por parte de los alumnos.

La pregunta “¿Cómo valoras la tarea del profesor?” ofreció los siguientes resultados: un alumno no respondió (5%), dos respondieron “ni bien ni mal” (10%), otros dos “bien” (10%) y 15 “muy bien” (75%). En total, el 85% la valoró como positiva o muy positiva.

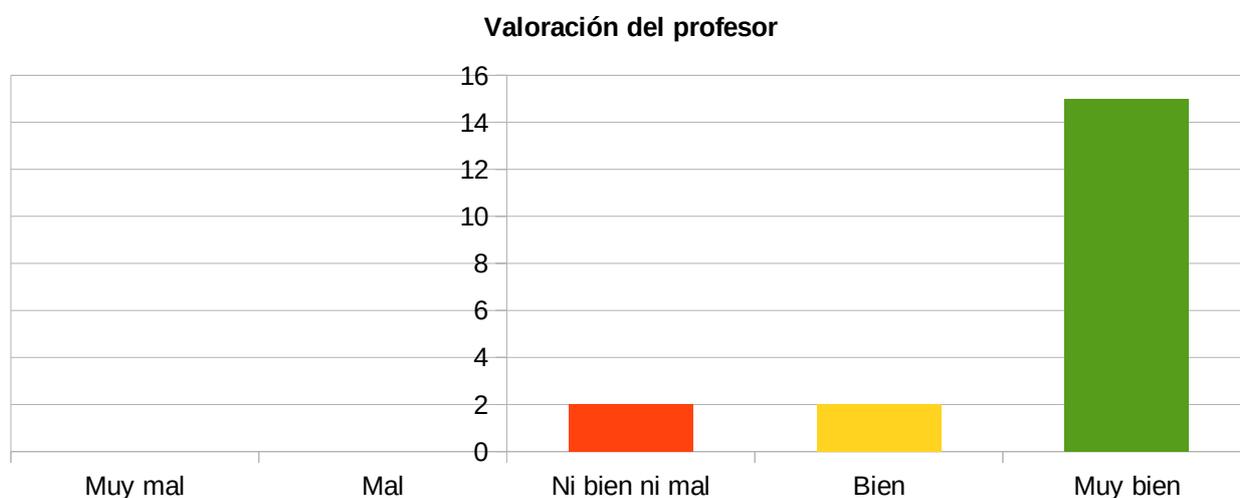


Gráfico 3. Resultados de la valoración del profesor por parte de los alumnos.

Al preguntar “¿Qué fue lo que menos te gustó?” se citaron los siguientes elementos: “nada” (todo les gustó), ocho estudiantes; “el funcionamiento de las tablets”, siete estudiantes; “el calor en la clase”, seis estudiantes; y la “distribución del aula”, un estudiante.

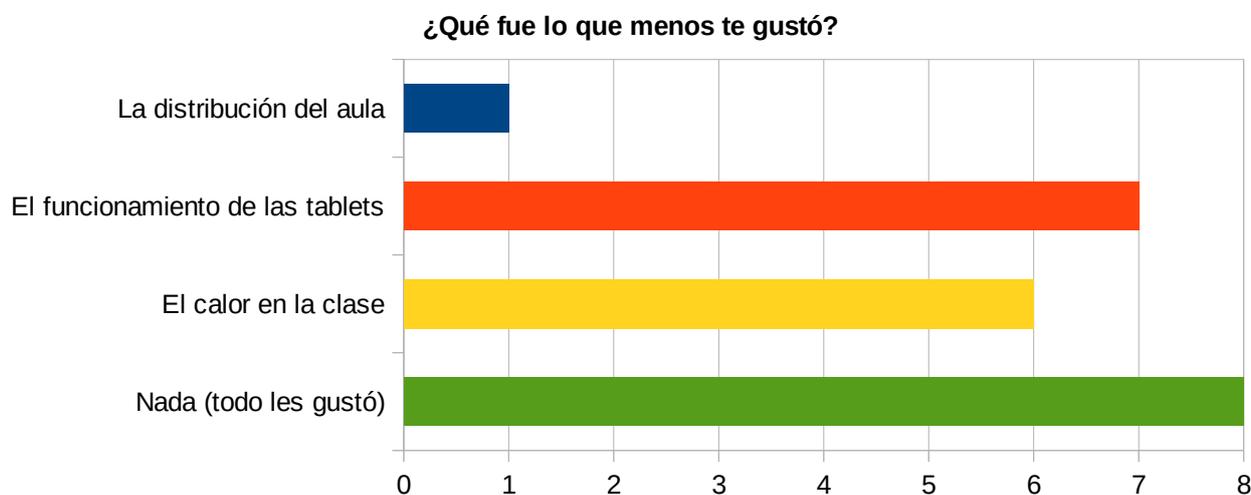


Gráfico 4. Elementos considerados negativos por parte de los alumnos.

Como cambios o recomendaciones para otra edición de la actividad se citaron: “el funcionamiento de las tablets”, cuatro estudiantes; “la habitación”, tres estudiantes; “la posición de las pistas”, un estudiante; y “la llave”, un estudiante (desconocemos a qué se refería). Por su parte, 11 estudiantes respondieron que no cambiarían nada.

### ¿Qué cambiarías o mejorarías?

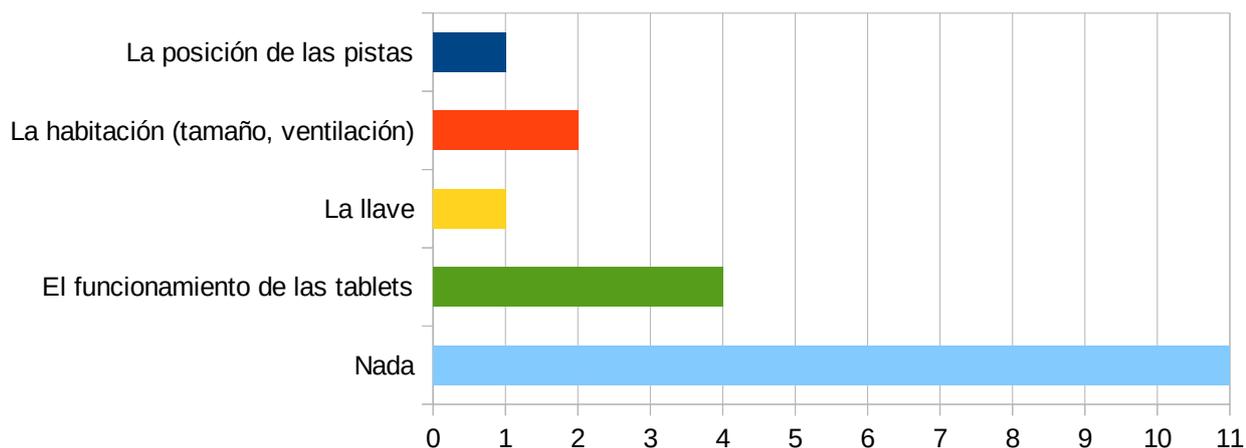


Gráfico 5. Cosas que cambiarían o mejorarían los alumnos.

Las cosas que más gustaron fueron: “todo” (siete estudiantes), “la recompensa final” (seis estudiantes), “la búsqueda” de pistas y códigos QR (cuatro estudiantes), “el diseño de la actividad” (dos estudiantes) y “el trabajo en equipo / la ayuda mutua” (dos estudiantes). Aspectos indicados por un único estudiante fueron “el clima generado”, “el interés de la misión”, “la diversión” y “conseguir el objetivo”.

### ¿Qué fue lo que más te gustó?

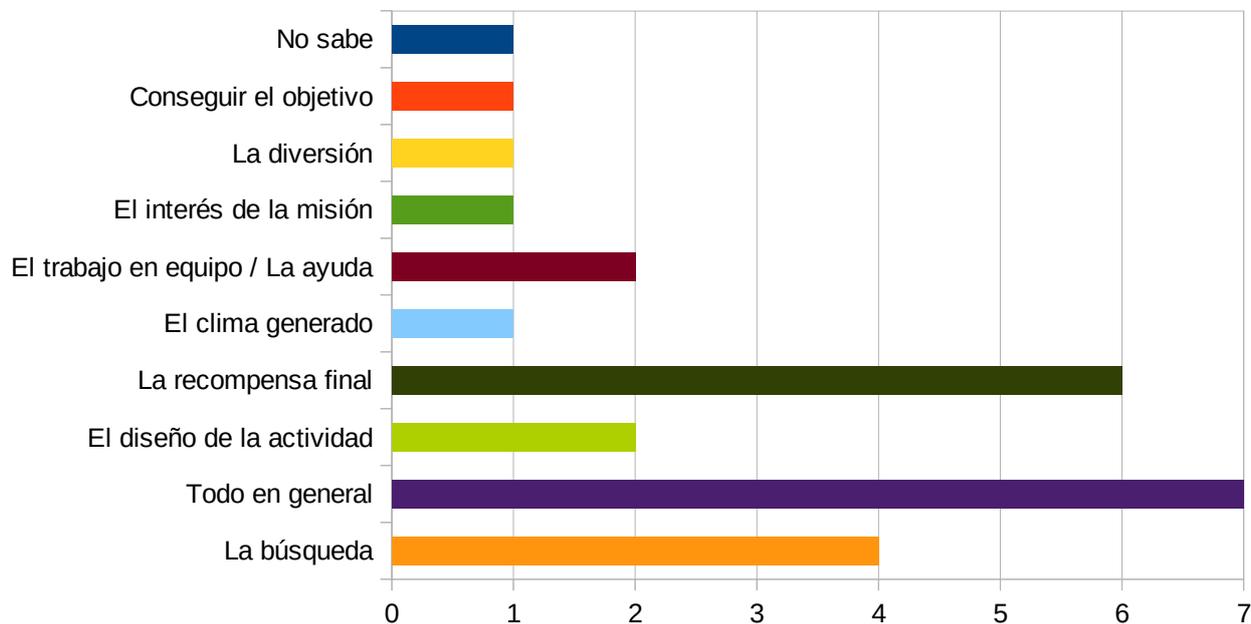


Gráfico 6. Cosas que más gustaron a los alumnos.

Un elemento que nos ha parecido interesante analizar es la posible existencia o no de una relación entre el nivel de “valoración de la actividad”, que podría entenderse como la motivación o el interés que esta despertó en el alumnado, con su percepción acerca del grado de adquisición de conocimientos, pues como señalan las investigaciones realizadas por Mayer et. al. (como se citó en Ainley y Armatas, 2006), los procesos motivacionales tienen una importante influencia sobre la atención y la selectividad, de forma que aquellos estudiantes que muestran un mayor interés por los materiales educativos que se les ofrecen tienen más probabilidad de dotarlos de significación y de generar modelos más coherentes que puedan ser aplicados en nuevas situaciones (mayor capacidad de transferencia).

En nuestro caso, el reducido tamaño muestral (apenas 20 alumnos), hace que no se alcance un nivel de significación estadística al aplicar pruebas como la “d de Somers”, que mide la asociación entre dos variables ordinales, de forma que la relación entre las variables será mayor cuanto más próximo a 1 se encuentre el valor del estadístico y menor cuanto más cercano a cero (IBM, 2019). Los datos analizados arrojaron un valor de 0,354 a favor de que la variable “nivel de aprendizaje” esté relacionada y sea dependiente de la variable “valoración de la actividad”, con un valor para p de 0,073. Es decir, a pesar de no tener significación estadística, parece observarse una ligera tendencia a que valoraciones altas de la actividad se correspondan con valoraciones igualmente elevadas del nivel de adquisición de conocimientos.

**Medidas direccionales**

			Valor	Error típ. asint. <sup>a</sup>	T aproximada <sup>b</sup>	Sig. aproximada
Ordinal por ordinal	d de Somers	Simétrica	,320	,179	1,792	,073
		Valoración de la experiencia dependiente	,292	,168	1,792	,073
		Nivel de aprendizaje dependiente	,354	,195	1,792	,073

a. Asumiendo la hipótesis alternativa.

b. Empleando el error típico asintótico basado en la hipótesis nula.

Cuadro 1. Resultados estadísticos de la prueba de la “d de Somers” para evaluar la relación entre la “Valoración de la experiencia” y la “Valoración del nivel de aprendizaje”.

En cualquier caso, del análisis de la tabla de contingencias se desprende que:

- El 25% de los estudiantes valoró “muy bien” la actividad y consideró que había aprendido “mucho”.
- El 20% del alumnado valoró “muy bien” la actividad y consideró que había aprendido “bastante”.
- El 5% de los estudiantes valoró “muy bien” la actividad y consideró que había aprendido “algo”.

- El 5% del alumnado valoró “muy bien” la actividad y consideró que había aprendido “poco”.
- El 5% de los estudiantes valoró “bien” la actividad y consideró que había aprendido “mucho”.
- El 15% de los alumnos y alumnas valoró “bien” la actividad y consideró que había aprendido “bastante”.
- El 15% de los estudiantes valoró “bien” la actividad y consideró que había aprendido “algo”.
- El 5% del alumnado valoró “ni bien ni mal” la actividad y consideró que había aprendido “bastante”.
- El 5% de los estudiantes valoró “ni bien ni mal” la actividad y consideró que había aprendido “algo”.

**Tabla de contingencia Valoración de la experiencia \* Nivel de aprendizaje**

			Nivel de aprendizaje				Total
			Poco	Algo	Bastante	Mucho	
Valoración de la experiencia	Ni bien ni mal	Recuento	0	1	1	0	2
		% dentro de Valoración de la experiencia	0,0%	50,0%	50,0%	0,0%	100,0%
		% dentro de Nivel de aprendizaje	0,0%	20,0%	12,5%	0,0%	10,0%
		% del total	0,0%	5,0%	5,0%	0,0%	10,0%
	Bien	Recuento	0	3	3	1	7
		% dentro de Valoración de la experiencia	0,0%	42,9%	42,9%	14,3%	100,0%
		% dentro de Nivel de aprendizaje	0,0%	60,0%	37,5%	16,7%	35,0%
		% del total	0,0%	15,0%	15,0%	5,0%	35,0%
	Muy bien	Recuento	1	1	4	5	11
		% dentro de Valoración de la experiencia	9,1%	9,1%	36,4%	45,5%	100,0%
		% dentro de Nivel de aprendizaje	100,0%	20,0%	50,0%	83,3%	55,0%
		% del total	5,0%	5,0%	20,0%	25,0%	55,0%
Total	Recuento	1	5	8	6	20	
	% dentro de Valoración de la experiencia	5,0%	25,0%	40,0%	30,0%	100,0%	
	% dentro de Nivel de aprendizaje	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	
	% del total	5,0%	25,0%	40,0%	30,0%	100,0%	

Cuadro 2. Tabla de contingencia para las variables “Valoración de la experiencia” y “Valoración del nivel de aprendizaje”.

En conjunto, un 45% de los estudiantes valoró de forma muy positiva la actividad y consideró que había aprendido “bastante” o “mucho”.

Por otro lado, sí que hemos detectado una relación significativa entre la valoración de la tarea del profesor y la valoración de la experiencia, mostrándose una tendencia a obtenerse resultados

altos en esta última variable cuando la opinión acerca de la tarea del docente es positiva (resultado de 0,672 para la “d de Somers”, con un valor de p de 0,016):

**Medidas direccionales**

			Valor	Error típ. asint. <sup>a</sup>	T aproximada <sup>b</sup>	Sig. aproximada
Ordinal por ordinal	d de Somers	Simétrica	,512	,147	2,401	,016
		Valoración de la experiencia dependiente	,672	,150	2,401	,016
		Valoración del profesor dependiente	,413	,170	2,401	,016

a. Asumiendo la hipótesis alternativa.

b. Empleando el error típico asintótico basado en la hipótesis nula.

Cuadro 3. Resultados estadísticos de la prueba de la “d de Somers” para evaluar la relación entre la “Valoración de la experiencia” y la “Valoración del la tarea del profesor”.

Así, el 52,6% de los estudiantes valoraron de forma muy positiva tanto la labor del profesor como la experiencia; el 21,1% valoraron de forma muy positiva al profesor y de forma positiva la experiencia; el 5,3% valoró de forma muy positiva al profesor y de forma neutra la experiencia; el 10,5 % valoró de forma positiva tanto la tarea docente como la actividad; el 5,3% valoró de forma neutra al profesor y positiva la actividad; y otro 5,3% valoró como neutras ambas variables.

**Tabla de contingencia Valoración de la experiencia \* Valoración del profesor**

			Valoración del profesor			Total
			Ni bien ni mal	Bien	Muy bien	
Valoración de la experiencia	Ni bien ni mal	Recuento	1	0	1	2
		% dentro de Valoración de la experiencia	50,0%	0,0%	50,0%	100,0%
		% dentro de Valoración del profesor	50,0%	0,0%	6,7%	10,5%
		% del total	5,3%	0,0%	5,3%	10,5%
	Bien	Recuento	1	2	4	7
		% dentro de Valoración de la experiencia	14,3%	28,6%	57,1%	100,0%
		% dentro de Valoración del profesor	50,0%	100,0%	26,7%	36,8%
		% del total	5,3%	10,5%	21,1%	36,8%
	Muy bien	Recuento	0	0	10	10
% dentro de Valoración de la experiencia		0,0%	0,0%	100,0%	100,0%	
% dentro de Valoración del profesor		0,0%	0,0%	66,7%	52,6%	
	% del total	0,0%	0,0%	52,6%	52,6%	
Total	Recuento	2	2	15	19	
	% dentro de Valoración de la experiencia	10,5%	10,5%	78,9%	100,0%	
	% dentro de Valoración del profesor	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	
	% del total	10,5%	10,5%	78,9%	100,0%	

Cuadro 4. Tabla de contingencia para las variables “Valoración de la experiencia” y “Valoración de la tarea del profesor”.

## PROBLEMAS DETECTADOS Y PROPUESTAS DE MEJORA

El principal problema que tuvimos a la hora de llevar a cabo la intervención didáctica fue el mal funcionamiento de las tablets. A pesar de haberlas probado antes del inicio de la sesión, cuando dimos comienzo al juego nos encontramos con que la navegación era extremadamente lenta y con algunos problemas de conexión a la red Wi-Fi. La aplicación utilizada para escanear los códigos QR también ofreció dificultades a la hora de reconocerlos, por lo que en algunas ocasiones los estudiantes perdían una enorme cantidad de tiempo en este proceso. Todo ello provocó que tuviéramos que descartar las tablets que estaban ocasionando más problemas y reorganizar los grupos, por lo que en algunos casos no se pudo trabajar en parejas o tríos dentro de cada equipo como era nuestro deseo inicial. En consecuencia, en caso de reeditar esta propuesta de intervención habría que comprobar más exhaustivamente el funcionamiento de los dispositivos digitales, las aplicaciones y la señal Wi-Fi para evitar estos inconvenientes.

Gracias a los alumnos y alumnas también descubrimos algunos fallos en el diseño de la actividad, como la existencia de pistas que podían inducir a error. Así ocurrió con la primera pista de la misión hidrosfera (“Busca un animal marino”). A pesar de que en la imagen se observaba un gasterópodo, los alumnos de ese equipo se dirigieron a la medusa de plástico que había en otra zona de la clase en lugar de al bucio donde estaba oculto el primer código QR que debían escanear, por lo que se saltaron varios pasos del juego.

Los peores resultados obtenidos en cuanto a la valoración del nivel de aprendizaje alcanzado por parte del alumnado deben hacernos reflexionar acerca de la calidad didáctica de los contenidos teóricos que les hemos aportado, de su secuenciación o del diseño de las actividades y tests. También es posible que debido a nuestra inexperiencia hayamos subestimado su nivel de conocimientos previos y les hayamos planteado retos demasiado sencillos o poco estimulantes. Asimismo, observamos que muchas veces pasaban por los contenidos sin detenerse en la información que se les aportaba, incluso en los casos en que aparecían mensajes de advertencia para que prestaran atención, como cuando se les ofrecía la clave de acceso al siguiente nivel o cuando se les aportaba el código secreto del candado en los vídeos finales. Este hecho nos plantea la duda acerca de si el diseño propuesto, con material gráfico en movimiento, textos parpadeantes, diferentes colores y tipografías puede ser o no realmente efectivo a la hora de atraer la atención de los niños y niñas con TDAH.

Otro elemento a mejorar en el caso de disponer de más espacio y de un menor número de alumnos sería la inserción de más pruebas de búsqueda en el aula entre los diferentes bloques de contenido, ya que creemos que en algunas ocasiones los estudiantes pasaban demasiado tiempo

leyendo en las tablets. De esta forma el juego sería más activo y, por consiguiente, se podría conseguir un mayor nivel de inmersión.

Por último, sería de interés ampliar el número de encuestas con el fin de realizar un análisis estadístico con mayor significación que el aquí mostrado. Si hubiésemos podido considerar como un estudio de caso los tres grupos de 1º ESO del IES Tacoronte-Óscar Domínguez, con un universo de 80 estudiantes (población sesgada desde el punto de vista del universo estadístico), el número mínimo de encuestas necesarias para tener un tamaño de muestra poblacional representativo y adecuado para nuestro análisis respecto a la motivación que despertó la intervención vendría dado por la ecuación de Spiegel y Stephens (2009):

$$n = \frac{Z^2 \sigma^2 N}{e^2(N-1) + Z^2 \sigma^2}$$

donde:

$n$  = tamaño de la muestra poblacional a obtener para la encuesta.

$N$  = tamaño de la población total que podría hacer la encuesta.

$\sigma$  = desviación estándar de la población (es común utilizar como valor 0,5).

$Z$  = valor obtenido mediante niveles de confianza (distribución gaussiana). Su valor es una constante, cuyo valor más alto es 2,58 para un grado de confianza del 99% y 1,96 para el 95% de confianza, que constituye el valor mínimo aceptado.

$e$  = límite aceptable de error muestral; oscila entre el 1% (0,01) y el 9% (0,09), siendo 5% (0,05) el valor estándar empleado.

Empleando esta ecuación, el número de estudiantes de 1º ESO del IES Tacoronte-Óscar Domínguez que debería realizar la encuesta oscilaría entre 65 y 70, lo que nos permitiría confirmar o no las débiles tendencias que con la población estudiada arrojó el estadístico “ $d$  de Sommers”.

## CONCLUSIONES

El cada vez más amplio corpus de conocimiento generado alrededor de las neurociencias y la neurodidáctica está permitiendo desentrañar los mecanismos neurológicos y psicológicos que subyacen a los procesos de aprendizaje, poniendo en evidencia la urgente necesidad de renovar y adaptar los métodos de enseñanza a esa nueva realidad que se abre ante nosotros. Esta urgencia es mayor aún si cabe para aquellos niños y niñas con Necesidades Específicas de Apoyo Educativo, pues para ellos la brecha que puede abrirse entre unos métodos docentes desactualizados y sus mecanismos de aprendizaje puede llegar a ser verdaderamente insalvable. No se trata, como han indicado algunos de los autores citados en este trabajo, de sustituir la enseñanza tradicional por el

uso, sin más, de las Tecnologías de la Información y la Comunicación, como ese clavo ardiente al que nos aferramos en busca de una solución a todos los problemas. En el fondo, estamos hablando de algo mucho más sencillo: de introducir la componente emocional en el proceso de enseñanza-aprendizaje. El rol del docente en este sentido será el de generar ambientes de aprendizaje estimulantes, agradables y seguros en los que los alumnos y alumnas tengan la confianza suficiente como tomar las riendas de su propio aprendizaje, pierdan el temor a equivocarse y sientan la necesidad de seguir avanzando en el conocimiento. En nuestra propuesta de intervención hemos tratado de aproximarnos a ese tipo de ambientes de aprendizaje a través de una actividad lúdica que, además de la diversión, pudiera fomentar la curiosidad y, por tanto, la motivación, la atención y el aprendizaje de los estudiantes con algún tipo de déficit de atención.

A pesar del reducido tamaño muestral y de la singularidad de la intervención didáctica, los resultados de la encuesta parecen apuntar a una tendencia en favor de que la percepción que los estudiantes tienen acerca de la labor del profesor o profesora influye en gran medida sobre la opinión que les merecen las situaciones de aprendizaje creadas. Se demostraría, en tal caso, el importante papel de los docentes a la hora de generar esos contextos motivadores, confiables y, por tanto, favorecedores del aprendizaje. No obstante, y como hemos señalado en los dos apartados anteriores, los resultados de la valoración del nivel de aprendizaje adquirido por parte del alumnado fueron más variables y menos positivos, no observándose una relación directa con la valoración de la experiencia.

Las preguntas abiertas acerca de los aspectos positivos y negativos de la actividad también arrojaron algunos datos interesantes. Por ejemplo, los principales motivos de queja después del mal funcionamiento de las tablets hicieron referencia a las malas condiciones ambientales del aula, como el calor, la falta de aireación o el pequeño tamaño de la clase, un hecho que reflejaron con frases tan gráficas como “nos estábamos asfixiando”, “había poco aire en la sala”, “lo que no me gustó fue que en la clase hacía mucho calor y olía fatal” o recomendando que en otra ocasión se hiciera en “otra aula más grande”. Estas afirmaciones vendrían a corroborar lo señalado por numerosos autores en cuanto a la enorme influencia que sobre el aprendizaje y la predisposición hacia el mismo tienen las condiciones físicas y ambientales del espacio en el que se desarrolla la enseñanza.

Para concluir, quisiéramos reproducir la respuesta que uno de los niños dio a la hora de señalar los aspectos de la actividad que más le habían gustado: “Que éramos como una familia y aprendíamos de forma divertida”. Si conseguimos que al menos uno de los alumnos tuviera esa sensación de compañerismo y diversión nos damos por más que satisfechos con los resultados de esta intervención didáctica.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, J. A. (2006). Relevancia de los factores no-epistémicos en la percepción pública de los asuntos tecnocientíficos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(3), 370-391.
- Ainley, M. y Armatas, C. (2006). Motivational Perspectives on Students' Responses to Learning in Virtual Learning Environments. En J. Weiss, J. Nolan, J. Hunsinger y P. Trifonas (eds.), *The International Handbook of Virtual Learning Environments. Volume I* (365-394). Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fifth Edition*. Arlington, USA: American Psychiatric Association.
- Angie, A. D., Connelly, S., Waples, E. P. y Kligyte, V. (2011). The influence of discrete emotions on judgment and decision-making: A meta-analytic review. *Cognition and Emotion*, 25(8), 1393-1422.
- Barkley, R. A. (1997). Behavioral Inhibition, Sustained Attention, and Executive Functions: Constructing a Unifying Theory of ADHD. *Psychological Bulletin*, 121(1), 65-94.
- Barkley, R. A. (2015). Emotional Dysregulation Is a Core Component of ADHD. En R. A. Barkley (Ed.), *Attention-Deficit Hyperactivity Disorder. A Handbook for Diagnosis and Treatment. Fourth Edition* (pp. 81-115). New York, USA: The Guilford Press.
- Biagi, F. y Loi, M. (2013). Measuring ICT Use and Learning Outcomes: evidence from recent econometric studies. *European Journal of Education*, 48(1), 28-42.
- Bioulac, S., Arfi, L. y Bouvard, M. P. (2008). Attention deficit/hyperactivity disorder and video games: A comparative study of hyperactive and control children. *European Psychiatry*, 23, 134-141.
- Bisquerra, R. y Pérez, N. (2007). Las competencias emocionales. *Educación XXI*, 10, 61-82.
- Cabanac, M. (2002). What is emotion? *Behavioral Processes*, 60, 69-84.
- Carballal Mariño, M., Gago Geitos, A., Ares Álvarez, J., del Río Garma, M., García Cendón, C., Goicoechea Castaño, A. y Peña Nieto, J. (2018). Prevalencia de trastornos del neurodesarrollo, comportamiento y aprendizaje en Atención Primaria. *Anales de Pediatría*, 89(3), 153-161.
- Carter, R. (2019). *The Human Brain Book. An Illustrated Guide to Its Structure, Function, and Disorders*. New York, USA: DK-Penguin Random House.
- Casey, B. J. y Riddle, M. (2012). Typical and Atypical Development of Attention. En M. I. Posner. (Ed.), *Cognitive Neuroscience of Attention* (pp. 345-356). New York, USA: The Guilford Press.
- Castellanos, X., Sonuga-Barke, E., Milham, M., y Tannock, R. (2006). Characterizing cognition in ADHD: Beyond executive dysfunction. *Trends in Cognitive Science*, 10, 117-123.
- Chan, P. A. y Rabinowitz, T. (2006). A cross-sectional analysis of video games and attention deficit hyperactivity disorder symptoms in adolescents. *Annals of General Psychiatry*, 5(16). <https://doi.org/10.1186/1744-859X-5-16>

- Chiron, C., Jambaque, I., Nabbout, R., Lounes, R., Syrota, A. y Dulac, O. (1997). The right brain hemisphere is dominant in human infants. *Brain*, 120, 1057-1065.
- Consejería de Educación y Universidades del Gobierno de Canarias. (2019). *Criterios para la atención del alumnado que presenta TDAH*. Recuperado de [https://www.gobiernodecanarias.org/educacion/web/servicios/necesidades\\_apoyo\\_educativo/otras\\_neae/deficit\\_atencion/criterios/](https://www.gobiernodecanarias.org/educacion/web/servicios/necesidades_apoyo_educativo/otras_neae/deficit_atencion/criterios/)
- Corballis, M. C. y Morgan, M. J. (1978). On the biological basis of human laterality: I. Evidence for a maturational left-right gradient. *The Behavioral and Brain Sciences*, 2, 261-336.
- Cordero, C. (7 de marzo de 2018). Escape Room Educativo. Recuperado de <https://www.agorabierta.com/2018/03/escape-room-educativo/>
- Costillo, E., Borrachero, A. B., Brígido, M. y Mellado, V. (2013). Las emociones sobre la enseñanza-aprendizaje de las ciencias y las matemáticas de futuros profesores de Secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10 (Núm. Extraordinario), 514-532.
- Craik, F. I. M. y Bialystok, E. (2006). Cognition through the lifespan: mechanisms of change. *Trends in Cognitive Science*, 10(3), 131-138.
- Damasio, A. (2010). *Y el cerero creó al hombre. ¿Cómo pudo el cerebro generar emociones, sentimientos, ideas y el yo?* Barcelona, España: Ediciones Destino.
- Decety, J., y Svetlova, M. (2012). Putting together phylogenetic and ontogenetic perspectives on empathy. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 2, 1-24. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dcn.2011.05.003>
- Decreto 104/2010, de 29 de julio, por el que se regula la atención a la diversidad del alumnado en el ámbito de la enseñanza no universitaria de Canarias. *Boletín Oficial de Canarias (BOC)*, 154: 20794-20802.
- Decreto 83/2016, de 4 de julio, por el que se establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Canarias. *Boletín Oficial de Canarias (BOC)*, 136: 17046-19333.
- Decreto 25/2018, de 26 de febrero, por el que se regula la atención a la diversidad en el ámbito de las enseñanzas no universitarias de la Comunidad Autónoma de Canarias. *Boletín Oficial de Canarias (BOC)*, 46: 7805-7820.
- Del Carmen, L. (1994). Ciencias de la naturaleza, ¿área curricular o suma de disciplinas? *Infancia y Aprendizaje*, 65, 7-17.
- Desimone, R. y Duncan, J. (1995). Neural mechanisms of selective visual attention. *Annu. Rev. Neurosci.*, 18, 193-222.
- Dillenbourg, P. (2000). Virtual Learning Environments. En EUN Conference, *Learning in the new Millennium: Building new education strategies for schools. Workshop on Virtual Learning Environments*. Versión online visitada el 16/07/2019: <http://tecfa.unige.ch/tecfa/publicat/dil-papers-2/Dil.7.5.18.pdf>
- Drigas, A. S., Ionnidou, R. E., Kokkalia, G. y Lytras, M. D. (2014). ICTs, Mobile Learning and Social Media to Enhance Learning for Attention Difficulties. *Journal of Universal Computer Science*, 20(10), 1499-1510.

- Eccles, J. S., Wigfield, A., y Schiefele, U. (1998). Motivation to succeed. En W. Damon y N. Eisenberg (Eds.). *Handbook of child psychology* (pp. 1017–1095). New York, USA: Wiley.
- Eng, T. S. (2005). The impact of ICT on learning: A review of research. *International Education Journal*, 6(5), 635-650.
- Fan, J., Raz, A. y Posner, M. I. (2003). Attentional mechanisms. En M. J. Aminoff y R. B. Daroff (Eds.), *Encyclopedia of neurological sciences* (Vol. 1, pp. 292–299). San Diego, USA: Academic Press.
- Feiner, F. y Resnik, M. (mayo de 2011). E-learning needs encounter and corporeal learning. En Miroslav Hrubý (ed.), *Distance learning, simulation and communication 2011* (pp. 75-80), Brno, Czech Republic.
- Fernández, M. (1997). Los desiguales resultados de las políticas igualitarias: clase, género y etnia en la educación. En M. Fernández. (Coord.), *Sociología de las instituciones de educación secundaria* (pp. 107-122). Barcelona: Horsori.
- Fox, E. (2008). *Emotion Science: An Integration of Cognitive and Neuroscientific Approaches*. London: Palgrave MacMillan.
- Frith, C., Rees, G., Macaluso, E. y Blakemore, S. (2004). Mechanisms of Attention. En R. S. J. Frackowiak. (Ed.). *Human Brain Function* (pp. 245-268). USA: Elsevier Science.
- Gil-Pérez, D. (1994). ¿Área o disciplina en la enseñanza de las ciencias? Nuevas reflexiones. *Infancia y Aprendizaje* 65, 59-64.
- Gkeka, E. G. y Drigas, A. S. (2017). ICTs and Montessori for Learning Disabilities. *International Journal of Recent Contributions from Engineering, Science y IT*, 5(3), 77-84. <https://doi.org/10.3991/ijes.v5i3.7384>
- Goldman-Rakic, P. S. (1996). The prefrontal landscape: implications of functional architecture for understanding human mentation and the central executive. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 351, 1445-1453.
- Gould, E., Reeves, A. J., Graziano, M. S. y Gross, C. G. (1999). Neurogenesis in the neocortex of adult primates. *Science*, 286, 548-552.
- Gross, R. (2009). *Psychology. The science of mind and behavior. Fifth edition*. Dubai, UAE: Hodder Arnold.
- Guía, E., Lozano, M. D. y Penichet, V. M. R. (2015). Educational games based on distributed and tangible user interfaces to stimulate cognitive abilities in children with ADHD. *British Journal of Educational Technology*, 46(3), 664-678.
- Hugo, D., Sanmartí, N. y Adúriz-Bravo, A. (2013). Estilos de trabajo emocional del futuro profesorado de ciencias durante el practicum. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 31(1), 151-168.
- IBM. (27 de junio de 2019). IBM Knowledge center. Recuperado de [https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/en/SSLVMB\\_sub/statistics\\_mainhelp\\_ddita/statistics\\_mainhelp\\_dditagentopic1.html](https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/en/SSLVMB_sub/statistics_mainhelp_ddita/statistics_mainhelp_dditagentopic1.html)
- Jensen, E. (2005). *Teaching with the brain in mind*. Alexandria, USA: Association for Supervision and curriculum Development.

- Kewley, G. (2011). *Attention Deficit Hyperactivity Disorder. What can teachers do? Third Edition*. Oxon - New York: Routledge.
- Knudsen, E. I. (2007). Fundamental Components of Attention. *Annu. Rev. Neurosci.*, 30, 57-78. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.30.051606.094256>
- Krain, A. L. y Castellanos, F. X. (2006). Brain development and ADHD. *Clinical Psychology Review*, 26, 433-444.
- Lai, K. W. y Pratt, K. (2007). Positive to a Degree: The Effects of ICT Use in New Zealand Secondary Schools. *Computers in the Schools: Interdisciplinary Journal of Practice, Theory, and Applied Research*, 24(3-4), 95-109. [https://doi.org/10.1300/J025v24n03\\_07](https://doi.org/10.1300/J025v24n03_07)
- Livingstone, S. (2012). Critical reflections on the benefits of ICT in education. *Oxford Review of Education*, 38(1), 9-24.
- Martín, C., Calleja, M. I. y Navarro, J. I. (2009). Adolescencia. En C. Martín y J. I. Navarro (Coords.), *Psicología del desarrollo para docentes* (pp. 191-207). Madrid: Pirámide.
- Mellado, V., Borrachero, A. B., Brígido, M., Melo, L. V., Dávila, M. A., Cañada, F., ... y Bermejo, M. L. (2014) Las emociones en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 32.3, 11-36.
- Miller, E. K. y Cohen, J. D. (2001). An Integrative Theory of Prefrontal Cortex Function. *Annu. Rev. Neurosci.*, 24, 167-202.
- Mora, F. (2015). *Neuroeducación. Solo se puede aprender aquello que se ama*. Madrid, España: Alianza Editorial.
- Nicholson, S. (2015). Peeking behind the locked door: A survey of escape room facilities. Recuperado de <http://scottnicholson.com/pubs/erfacwhite.pdf>
- Nicholson, S. (2018). Creating Engaging Escape Rooms for the Classroom. *Childhood Education*, 94(1), 44-49. DOI: 10.1080/00094056.2018.1420363
- Nias, J. (2006). Thinking about Feeling: the emotions in teaching. *Cambridge Journal of Education*, 26(3), 293-306. <https://doi.org/10.1080/0305764960260301>
- Nolte, J. (2009). *The Human Brain. An Introduction to It's Functional Anatomy*. China: Mosby-Elsevier.
- O'Connel, R. G. y Robertson, I. H. (2012). Training the Brain. Nonpharmacological Approaches to Stimulating Cognitive Plasticity. En M. I. Posner. (Ed.), *Cognitive Neuroscience of Attention* (pp. 454-474). New York, USA: The Guilford Press.
- Okon-Singer, H., Hendler, T., Pessoa, L. y Shackman, A. J. (2015). The neurobiology of emotion-cognition interactions: fundamental questions and strategies for future research. *Frontiers in human neuroscience*, 9, 58. doi:10.3389/fnhum.2015.00058
- Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato. *Boletín Oficial del Estado (BOE)*, Jueves 29 de enero de 2015, número 25: 6995-6996.
- Ortiz, T. (2009). *Neurociencia y educación*. Madrid, España: Consejo Escolar de la Comunidad de Madrid - Alianza Editorial.

- Ouyang, M., Dubois, J., Yu, Q., Mukherjee, P. y Huang, H. (2019). Delineation of early brain development from fetuses to infants with diffusion MRI and beyond. *Neuroimage*, 185, 836-850.
- Petersen, S. E. y Posner, M. I. (2012). The Attention System of the Human Brain: 20 Years After. *Annu. Rev. Neurosci*, 35: 73-89.
- Posner, M. I. y Petersen, S. E. (1990). The attention system of the human brain. *Annu. Rev. Neurosci*, 13: 25-42.
- Purves, D., Augustine, G. J., Fitzpatrick, D., Hall, W. C., La Mantia, A. S., McNamara, J. O. y Williams, A. M. (2004). *Neuroscience*. Sunderland, USA: Sinauer Associates.
- Roberts, W., Milich, R. y Barkley, R. A. (2015). Primary Symptoms, Diagnostic Criteria, Subtyping, and Prevalence of ADHD. En R. A. Barkley (Ed.), *Attention-Deficit Hyperactivity Disorder. A Handbook for Diagnosis and Treatment. Fourth Edition* (pp. 51-80). New York, USA: The Guilford Press.
- Robson, A. L. (2002). Critical/Sensitive periods. En N. J. Salkind. (Ed.), *Child development* (pp. 101-103).
- Sabitzer, B. (Marzo de 2011). Neurodidactics – A New Stimulus in ICT and Computer Science Education. En L. G. Chova, I. C. Torres, A. L. Martínez (eds.), *INTED 2011 Conference Proceedings*. International Association of Technology, Education and Development (IATED), Valencia.
- Scaddan, M. A. (2009). *40 engaging brain-based tools for the classroom*. USA: Corwin Press.
- Schofield, J. W. (2006). Realizing the Internet's Educational Potential. En J. Weiss, J. Nolan, J. Hunsinger y P. Trifonas (eds.), *The International Handbook of Virtual Learning Environments. Volume I* (301-327). Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Schofield, J. W. y Davidson, A. L. (2002). *Bringing the Internet to School: Lessons from an Urban District*. San Francisco, USA: Jossey-Bass.
- Sohlberg, M. M. y Mateer, C. A. (2001). *Cognitive Rehabilitation. An Integrative Neuropsychological Approach*. New York, USA: The Guilford Press.
- Slavin, R. E. (2006). *Educational Psychology. Theory and Practice*. USA: Pearson-Allyn y Bacon.
- Solanto, M. V. (2015). Executive Function Deficits in Adults with ADHD. En: R. A. Barkley. (Ed.), *Attention-Deficit Hyperactivity Disorder. A Handbook for Diagnosis and Treatment. Fourth Edition* (pp. 256-266). New York, USA: The Guilford Press.
- Spencer, T. J., Biederman, J. y Mick, E. (2007). Attention-Deficit Hyperactivity Disorder: Diagnosis, Lifespan, Comorbidities, and Neurobiology. *Ambulatory Pediatrics*, 7(1S), 73-81.
- Spiegel, M. R. y Stephens, L. J. (2009). *Estadística*. México (México): McGraw-Hill.
- Sweeney, M. S. (2009). *Brain: The complete mind*. Washington, USA: National Geographic.
- Tierney, A. y Nelson, C. (2009). Brain Development and the Role of Experience in the Early Years. *Zero to three*, 30, 9-13.
- Trníková, J. y Petlák, E. (2012). Neuroscience as a Basis for Innovations in Education. *Acta Technologica Dubnicae*, 2(2), 43-51. <https://doi.org/10.1515/atd-2015-0059>
- Tulving, E. (1972). Episodic and semantic memory. En E. Tulving, W. Donaldson, y G. H. Bower (Eds.). *Organisation of memory* (pp. 381-403). New York, USA: Academic Press.

- VanCleave, D. S. (2016). Contributions of Neuroscience to a New Empathy Epistemology: Implications for Developmental Training. *Advances in Social Work, 17*(2), 369-389.
- Vázquez, A. y Manassero, M. A. (2007). En defensa de las actitudes y emociones en la educación científica (I): evidencias y argumentos generales. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 4*(2), 247-271.
- Watagodakumbura, C. (2017). Principles of curriculum Design and Construction Based on the Concepts of Educational Neuroscience. *Journal of Education and Learning, 6*(3), 54-69.
- Weller, M. (2007). *Virtual Learning Environments. Using, choosing and developing your VLE*. Oxon, UK: Routledge.
- Weyandt, L. L. y Gyda, B. (2015). Developmental and Neuropsychological Deficits in Children with ADHD. En R. A. Barkley (Ed.), *Attention-Deficit Hyperactivity Disorder. A Handbook for Diagnosis and Treatment. Fourth Edition* (pp. 116-139). New York, USA: The Guilford Press.
- Yoo, H. J., Cho, S. C., Ha, J., Yune, S. K., Kim, S. J., Hwang, J.,... Lyoo, I. K. (2004). Attention deficit hyperactivity symptoms and Internet addiction. *Psychiatry and Clinical Neurosciences, 58*, 487-494.
- Young, S. y Gudjonsson, G. H. (2006). ADHD symptomatology and its relationship with emotional, social and delinquency problems. *Psychology, Crime y Law, 12*(5), 463-471.

# ANEXO I. ENCUESTAS

Adjuntamos a continuación las copias originales de las respuestas dadas a la encuesta por parte de los alumnos:

1º ESO

1. ¿Cómo valoras la experiencia?

May mal	Mal	Ni bien ni mal	Bien	May bien
---------	-----	----------------	------	----------

2. ¿Crees que has aprendido algo sobre los problemas ambientales del planeta?

May poco	Poco	Algo	Bastante	Mucho
----------	------	------	----------	-------

3. ¿Cómo valoras la tarea del profesor?

May mal	Mal	Ni bien ni mal	Bien	May bien
---------	-----	----------------	------	----------

4. ¿Qué fue lo que menos te gustó?

Nada.

5. ¿Qué fue lo que más te gustó?

Ver las cosas por todo lo posible.

6. ¿Qué cambiarías o mejorarías?

Nada, estaba bien.

1º ESO

1. ¿Cómo valoras la experiencia?

May mal	Mal	Ni bien ni mal	Bien	May bien
---------	-----	----------------	------	----------

2. ¿Crees que has aprendido algo sobre los problemas ambientales del planeta?

May poco	Poco	Algo	Bastante	Mucho
----------	------	------	----------	-------

3. ¿Cómo valoras la tarea del profesor?

May mal	Mal	Ni bien ni mal	Bien	May bien
---------	-----	----------------	------	----------

4. ¿Qué fue lo que menos te gustó?

Nada.

5. ¿Qué fue lo que más te gustó?

Todo en general.

6. ¿Qué cambiarías o mejorarías?

Lo que hablo, porque hablo más que en las clases.

1º ESO

1. ¿Cómo valoras la experiencia?

May mal	Mal	Ni bien ni mal	Bien	May bien
---------	-----	----------------	------	----------

2. ¿Crees que has aprendido algo sobre los problemas ambientales del planeta?

May poco	Poco	Algo	Bastante	Mucho
----------	------	------	----------	-------

3. ¿Cómo valoras la tarea del profesor?

May mal	Mal	Ni bien ni mal	Bien	May bien
---------	-----	----------------	------	----------

4. ¿Qué fue lo que menos te gustó?

Que en la clase había mucha gente.

5. ¿Qué fue lo que más te gustó?

Lo que había que hacer en las actividades.

6. ¿Qué cambiarías o mejorarías?

Nada.

1º ESO

1. ¿Cómo valoras la experiencia?

May mal	Mal	Ni bien ni mal	Bien	May bien
---------	-----	----------------	------	----------

2. ¿Crees que has aprendido algo sobre los problemas ambientales del planeta?

May poco	Poco	Algo	Bastante	Mucho
----------	------	------	----------	-------

3. ¿Cómo valoras la tarea del profesor?

May mal	Mal	Ni bien ni mal	Bien	May bien
---------	-----	----------------	------	----------

4. ¿Qué fue lo que menos te gustó?

Que me dio mucho gusto de ver los talleres que nos enseñaron mucho.

5. ¿Qué fue lo que más te gustó?

Que se me dio mucho gusto de ver los talleres que nos enseñaron mucho.

6. ¿Qué cambiarías o mejorarías?

Mejorarlos, de que cada uno hiciera un poco más cosas.

1º ESO

1. ¿Cómo valoras la experiencia?

May mal	Mal	Ni bien ni mal	Bien	May bien
---------	-----	----------------	------	----------

2. ¿Crees que has aprendido algo sobre los problemas ambientales del planeta?

May poco	Poco	Algo	Bastante	Mucho
----------	------	------	----------	-------

3. ¿Cómo valoras la tarea del profesor?

May mal	Mal	Ni bien ni mal	Bien	May bien
---------	-----	----------------	------	----------

4. ¿Qué fue lo que menos te gustó?

Lo que menos me gustó fue que algunas cosas no funcionaron y que al principio los estudiantes estaban un poco nerviosos, pero con los días se fueron relajando.

5. ¿Qué fue lo que más te gustó?

Que cuando se repartió el chocolate y cuando había que buscar los códigos.

6. ¿Qué cambiarías o mejorarías?

Si se repartiera más de chocolate, porque me gustó mucho.

1º ESO

1. ¿Cómo valoras la experiencia?

May mal	Mal	Ni bien ni mal	Bien	May bien
---------	-----	----------------	------	----------

2. ¿Crees que has aprendido algo sobre los problemas ambientales del planeta?

May poco	Poco	Algo	Bastante	Mucho
----------	------	------	----------	-------

3. ¿Cómo valoras la tarea del profesor?

May mal	Mal	Ni bien ni mal	Bien	May bien
---------	-----	----------------	------	----------

4. ¿Qué fue lo que menos te gustó?

Que los talleres no funcionaron demasiado bien.

5. ¿Qué fue lo que más te gustó?

Que cuando nos repartieron el chocolate y cuando había que buscar los códigos.

6. ¿Qué cambiarías o mejorarías?

Nada, todo está bien.

1º ESO

1. ¿Cómo valoras la experiencia?

May mal	Mal	Ni bien ni mal	Bien	May bien
---------	-----	----------------	------	----------

2. ¿Crees que has aprendido algo sobre los problemas ambientales del planeta?

May poco	Poco	Algo	Bastante	Mucho
----------	------	------	----------	-------

3. ¿Cómo valoras la tarea del profesor?

May mal	Mal	Ni bien ni mal	Bien	May bien
---------	-----	----------------	------	----------

4. ¿Qué fue lo que menos te gustó?

Me gustó todo.

5. ¿Qué fue lo que más te gustó?

Cuando nos repartieron el chocolate y cuando había que buscar los códigos.

6. ¿Qué cambiarías o mejorarías?

Nada, todo me gustó.

1º ESO

1. ¿Cómo valoras la experiencia?

May mal	Mal	Ni bien ni mal	Bien	May bien
---------	-----	----------------	------	----------

2. ¿Crees que has aprendido algo sobre los problemas ambientales del planeta?

May poco	Poco	Algo	Bastante	Mucho
----------	------	------	----------	-------

3. ¿Cómo valoras la tarea del profesor?

May mal	Mal	Ni bien ni mal	Bien	May bien
---------	-----	----------------	------	----------

4. ¿Qué fue lo que menos te gustó?

Ninguna.

5. ¿Qué fue lo que más te gustó?

Todo.

6. ¿Qué cambiarías o mejorarías?

1º ESO

1. ¿Cómo valoras la experiencia?

May mal	Mal	Ni bien ni mal	Bien	May bien
---------	-----	----------------	------	----------

2. ¿Crees que has aprendido algo sobre los problemas ambientales del planeta?

May poco	Poco	Algo	Bastante	Mucho
----------	------	------	----------	-------

3. ¿Cómo valoras la tarea del profesor?

May mal	Mal	Ni bien ni mal	Bien	May bien
---------	-----	----------------	------	----------

4. ¿Qué fue lo que menos te gustó?

Que había poca gente en la sala.

5. ¿Qué fue lo que más te gustó?

Conocer el objetivo de la experiencia.

6. ¿Qué cambiarías o mejorarías?

Que fuera en una habitación más grande con más sillas.

1º ESO

1. ¿Cómo valoras la experiencia?

May mal	Mal	Ni bien ni mal	Bien	May bien
---------	-----	----------------	------	----------

2. ¿Crees que has aprendido algo sobre los problemas ambientales del planeta?

May poco	Poco	Algo	Bastante	Mucho
----------	------	------	----------	-------

3. ¿Cómo valoras la tarea del profesor?

May mal	Mal	Ni bien ni mal	Bien	May bien
---------	-----	----------------	------	----------

4. ¿Qué fue lo que menos te gustó?

Que los talleres no funcionaron.

5. ¿Qué fue lo que más te gustó?

Conocer los códigos y los chocolates.

6. ¿Qué cambiarías o mejorarías?

Nada.

1º ESO

1. ¿Cómo valoras la experiencia?

May mal	Mal	Ni bien ni mal	Bien	May bien
---------	-----	----------------	------	----------

2. ¿Crees que has aprendido algo sobre los problemas ambientales del planeta?

May poco	Poco	Algo	Bastante	Mucho
----------	------	------	----------	-------

3. ¿Cómo valoras la tarea del profesor?

May mal	Mal	Ni bien ni mal	Bien	May bien
---------	-----	----------------	------	----------

4. ¿Qué fue lo que menos te gustó?

Nada.

5. ¿Qué fue lo que más te gustó?

Todo.

6. ¿Qué cambiarías o mejorarías?

Ninguna.

1º ESO

1. ¿Cómo valoras la experiencia?

May mal	Mal	Ni bien ni mal	Bien	May bien
---------	-----	----------------	------	----------

2. ¿Crees que has aprendido algo sobre los problemas ambientales del planeta?

May poco	Poco	Algo	Bastante	Mucho
----------	------	------	----------	-------

3. ¿Cómo valoras la tarea del profesor?

May mal	Mal	Ni bien ni mal	Bien	May bien
---------	-----	----------------	------	----------

4. ¿Qué fue lo que menos te gustó?

Que había poca gente en la sala.

5. ¿Qué fue lo que más te gustó?

Que se repartiera el chocolate.

6. ¿Qué cambiarías o mejorarías?

Que fuera en una habitación más grande con más sillas.

1º ESO

1. ¿Cómo valoras la experiencia?

May mal	Mal	Ni bien ni mal	Bien	May bien
---------	-----	----------------	------	----------

2. ¿Crees que has aprendido algo sobre los problemas ambientales del planeta?

May poco	Poco	Algo	Bastante	Mucho
----------	------	------	----------	-------

3. ¿Cómo valoras la tarea del profesor?

May mal	Mal	Ni bien ni mal	Bien	May bien
---------	-----	----------------	------	----------

4. ¿Qué fue lo que menos te gustó?

Las mas estabamos aprendiendo

5. ¿Qué fue lo que más te gustó?

El chocolate

6. ¿Qué cambiarías o mejorarías?

Otra aula mas grande

1º ESO

1. ¿Cómo valoras la experiencia?

May mal	Mal	Ni bien ni mal	Bien	May bien
---------	-----	----------------	------	----------

2. ¿Crees que has aprendido algo sobre los problemas ambientales del planeta?

May poco	Poco	Algo	Bastante	Mucho
----------	------	------	----------	-------

3. ¿Cómo valoras la tarea del profesor?

May mal	Mal	Ni bien ni mal	Bien	May bien
---------	-----	----------------	------	----------

4. ¿Qué fue lo que menos te gustó?

Lo que no me gusta fue que en las clases hacian mucho ruido y era feo

5. ¿Qué fue lo que más te gustó?

La visita a que feo

6. ¿Qué cambiarías o mejorarías?

NADA

1º ESO

1. ¿Cómo valoras la experiencia?

May mal	Mal	Ni bien ni mal	Bien	May bien
---------	-----	----------------	------	----------

2. ¿Crees que has aprendido algo sobre los problemas ambientales del planeta?

May poco	Poco	Algo	Bastante	Mucho
----------	------	------	----------	-------

3. ¿Cómo valoras la tarea del profesor?

May mal	Mal	Ni bien ni mal	Bien	May bien
---------	-----	----------------	------	----------

4. ¿Qué fue lo que menos te gustó?

todo se job

5. ¿Qué fue lo que más te gustó?

todo

6. ¿Qué cambiarías o mejorarías?

lo de la biblioteca y los libros

1º ESO

1. ¿Cómo valoras la experiencia?

May mal	Mal	Ni bien ni mal	Bien	May bien
---------	-----	----------------	------	----------

2. ¿Crees que has aprendido algo sobre los problemas ambientales del planeta?

May poco	Poco	Algo	Bastante	Mucho
----------	------	------	----------	-------

3. ¿Cómo valoras la tarea del profesor?

May mal	Mal	Ni bien ni mal	Bien	May bien
---------	-----	----------------	------	----------

4. ¿Qué fue lo que menos te gustó?

lo que me gusta

5. ¿Qué fue lo que más te gustó?

lo que me gusta

6. ¿Qué cambiarías o mejorarías?

lo que me gusta

1º ESO

1. ¿Cómo valoras la experiencia?

May mal	Mal	Ni bien ni mal	Bien	May bien
---------	-----	----------------	------	----------

2. ¿Crees que has aprendido algo sobre los problemas ambientales del planeta?

May poco	Poco	Algo	Bastante	Mucho
----------	------	------	----------	-------

3. ¿Cómo valoras la tarea del profesor?

May mal	Mal	Ni bien ni mal	Bien	May bien
---------	-----	----------------	------	----------

4. ¿Qué fue lo que menos te gustó?

todo

5. ¿Qué fue lo que más te gustó?

lo de

6. ¿Qué cambiarías o mejorarías?

todo

1º ESO

1. ¿Cómo valoras la experiencia?

May mal	Mal	Ni bien ni mal	Bien	May bien
---------	-----	----------------	------	----------

2. ¿Crees que has aprendido algo sobre los problemas ambientales del planeta?

May poco	Poco	Algo	Bastante	Mucho
----------	------	------	----------	-------

3. ¿Cómo valoras la tarea del profesor?

May mal	Mal	Ni bien ni mal	Bien	May bien
---------	-----	----------------	------	----------

4. ¿Qué fue lo que menos te gustó?

que no sabian mucho otra, libros que los habian pedido

5. ¿Qué fue lo que más te gustó?

lo de hacer con ellos

6. ¿Qué cambiarías o mejorarías?

lo de hacer

1º ESO

1. ¿Cómo valoras la experiencia?

May mal	Mal	Ni bien ni mal	Bien	May bien
---------	-----	----------------	------	----------

2. ¿Crees que has aprendido algo sobre los problemas ambientales del planeta?

May poco	Poco	Algo	Bastante	Mucho
----------	------	------	----------	-------

3. ¿Cómo valoras la tarea del profesor?

May mal	Mal	Ni bien ni mal	Bien	May bien
---------	-----	----------------	------	----------

4. ¿Qué fue lo que menos te gustó?

El mal funcionamiento de los tablets

5. ¿Qué fue lo que más te gustó?

todo en general

6. ¿Qué cambiarías o mejorarías?

nada

1º ESO

1. ¿Cómo valoras la experiencia?

May mal	Mal	Ni bien ni mal	Bien	May bien
---------	-----	----------------	------	----------

2. ¿Crees que has aprendido algo sobre los problemas ambientales del planeta?

May poco	Poco	Algo	Bastante	Mucho
----------	------	------	----------	-------

3. ¿Cómo valoras la tarea del profesor?

May mal	Mal	Ni bien ni mal	Bien	May bien
---------	-----	----------------	------	----------

4. ¿Qué fue lo que menos te gustó?

todo

5. ¿Qué fue lo que más te gustó?

lo de hacer con ellos

6. ¿Qué cambiarías o mejorarías?

NADA