

# APRENDER JUGANDO.

Propuesta de juegos educativos para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la Biología en educación secundaria



Trabajo fin de máster en Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas. Universidad de Granada.  
Especialidad: Biología y Geología

Modalidad de TFM: Materiales didácticos

Alumna: FRANCESCA STAFFIERI  
Directora: ALICIA FERNÁNDEZ OLIVERAS

La ilustración de la portada es un collage, realizado por la autora de este trabajo, de imágenes que representan algunos recursos utilizados en los juegos planteados o esquemas resolutivos de los mismos, que se proponen más adelante.

Para fomentar la curiosidad hacia el trabajo, se reserva el entendimiento total de cada elemento representado, deducible a primera vista, para la posterior lectura de las actividades propuestas.



**Máster Universitario en Profesorado de Educación Secundaria  
Obligatoria, Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de  
Idiomas, especialidad en Biología y Geología, 2015/2016**

**Aprender jugando.**

**Propuesta de juegos educativos para mejorar la enseñanza y el  
aprendizaje de la Biología en educación secundaria**

## RESUMEN

Este trabajo fin de máster se enmarca dentro de la modalidad de elaboración de materiales curriculares y propone una serie de actividades didácticas de carácter lúdico, cuya aplicación tendría como objetivo favorecer el aprendizaje de algunos contenidos de biología de una forma más entretenida y atractiva para el alumnado de educación secundaria. Los juegos planteados presentan características muy distintas entre ellos y se pueden evaluar de manera precisa. La propuesta de dichos juegos persigue demostrar que es posible tratar la ciencia desde un enfoque lúdico, con el fin de captar la atención y el interés del alumnado hacia esta disciplina, y aumentar, en consecuencia, su motivación y participación activa en el proceso de aprendizaje. Estas actividades también favorecen el desarrollo de las competencias básicas requeridas por el currículo y necesarias en contextos diferentes del científico y, genéricamente, del escolar.

**Palabras clave:**

Enseñanza de las ciencias, educación secundaria, recursos didácticos, juegos educativos, aprendizaje lúdico.

## ABSTRACT

This essay makes part of the modality of elaboration of instructional materials and recommends a series of activities with playful features, which application would have the objective of favoring the learning of some contents of the biology, in a more enjoyable and attractive way, for students of secondary education. The suggested games have very different characteristics and can be perfectly assessed. The proposal of these games aims at demonstrating that it's possible to deal with science by a playful approach, with the purpose of catching the attention and interest of students towards this subject and consequently increasing the motivation and active participation during the process of learning. These activities also favor the development of basic competences that are required by the curriculum and necessary for contexts that are different from the scientific and, generically, the school one.

**Keywords:**

Science education, secondary education, educational resources, educational games, playful learning.

## AGRADECIMIENTOS

Quisiera dar mis sinceros agradecimientos a Dra. D<sup>a</sup> Alicia Fernández Oliveras, por sus consejos, disponibilidad y premura en la dirección de mi trabajo, haciendo posible la realización del mismo.

También, deseo agradecer a Dra. D<sup>a</sup> Juana María Fuentes Jiménez, mi tutora durante el practicum en el I.E.S. Cartuja, por su labor y contribución a mi formación como docente.

Agradezco también a los docentes del máster, que han estado siempre disponibles y me han ayudado cuando he tenido dificultades en el entendimiento o expresión en el idioma castellano.

Finalmente, agradezco a Giaime, Frulli, mi familia, mis amigos y mis compañeros de máster que me han acompañado y suportado durante mi itinerario formativo y han hecho agradable la realización de este trabajo.

### NOTA ACLARATORIA

En este trabajo se ha elegido utilizar términos masculinos para referirse a ambos géneros como grupo de población, con la única finalidad de facilitar la lectura y sin alguna intencionalidad de discriminación ni de tratamiento sexista del lenguaje.

**ÍNDICE DE CONTENIDOS**

1.	INTRODUCCIÓN .....	7
	1.1.El juego como herramienta eficaz para el aprendizaje.....	7
	1.2.El empleo del juego para el aprendizaje de disciplinas científicas .....	8
2.	MARCO TEÓRICO.....	9
	2.1.Teorías del aprendizaje.....	9
	2.2.Enseñanza activa y juego .....	10
	2.3.Papel del juego en el desarrollo humano .....	11
	2.4.Relación entre juego y filosofía.....	12
	2.5.Contribución del juego a los procesos psicopedagógicos.....	12
	2.6.El juego y la educación .....	13
	2.7.El juego en la enseñanza de las ciencias naturales .....	14
3.	OBJETIVOS .....	16
	3.1.Objetivos generales docentes .....	16
4.	METODOLOGÍA DIDÁCTICA PROPUESTA.....	16
5.	TÓPICOS Y CONTENIDOS RELACIONADOS.....	17
6.	ACTIVIDADES .....	18
	6.1.Actividad 1: “¡Descubre qué es!” .....	19
	Introducción y justificación.....	19
	Desarrollo .....	21
	6.2.Actividad 2: “A ver cómo lo haces” .....	23
	Introducción y justificación.....	23
	Desarrollo .....	25
	6.3.Actividad 3: “Cruci-historia genética” .....	27
	Introducción y justificación.....	27
	Desarrollo .....	28
	6.4.Actividad 4: “Desayuno celular” .....	30
	Introducción y justificación.....	30
	Desarrollo .....	31
	6.5.Actividad 5: “Historia de mi pelo, negro y rizado” .....	33

## APRENDER JUGANDO

Introducción y justificación.....	33
Desarrollo .....	34
6.6.Actividad 6: “Siendo ácidos nucleicos..” .....	40
Introducción y justificación.....	40
Desarrollo .....	41
6.7.Actividad 7: “Mi nuevo mundo natural: cómo reinventar la naturaleza a través de la ciencia” .....	43
Introducción y justificación.....	43
Desarrollo .....	46
6.8.Actividad 8: “¿La evolución es la solución?” .....	48
Introducción y justificación.....	48
Desarrollo .....	50
7. EVALUACIÓN .....	53
8. REFLEXIONES FINALES .....	54
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
10. WEBGRAFÍA.....	65
11. NORMATIVA .....	66
12. ANEXOS.....	67
Anexo 1: Objetivos de la Educación Secundaria Obligatoria (Artículo 11 del Real Decreto 1105/2014) .....	67
Anexo 2: Soluciones de la actividad 1.....	68
Anexo 3: Pistas de los crucigramas y soluciones de la actividad 3. ....	69
Anexo 4: Imágenes y posible solución de la actividad 4. ....	71
Anexo 5: Imágenes y tablas relativas a la actividad 5 .....	72
Anexo 6: Imágenes y resolución del juego de la actividad 6.....	77
Anexo 7: Imágenes empleadas en la actividad 7 y breves descripciones. ....	81
Anexo 8: Imágenes relativas a la actividad 8.....	85
Anexo 9: Registro para la evaluación de las competencias básicas.....	86

### 1. INTRODUCCIÓN

#### 1.1. El juego como herramienta eficaz para el aprendizaje.

Hoy en día se confiere mucho valor a las ciencias, debido a su rol central en la vida de todos los seres vivos. Por eso, su comprensión es importante y adquiere un relieve aún más central con referencia a la preparación académica de los jóvenes, para que puedan enfrentarse con la vida en la sociedad moderna (Herrero et al., 2014).

En la actualidad existe una actitud muy pasiva hacia el estudio de las ciencias, a causa de la falta de interés por parte del alumnado, que además crece a medida que aumenta la edad de los estudiantes y, también, generación tras generación (Matthews, 1991; Solbes, Montserrat y Furió, 2007; Vázquez y Manassero, 2008). El desinterés se debe a numerosas razones, pero la causa principal parece ser la percepción de las asignaturas científicas como algo “aburrido” (Solbes et al., 2007).

Esta actitud puede causar carencia de motivación en los estudiantes y, como consecuencia, falta de aprendizaje significativo. De hecho, la motivación es un factor muy relevante e influyente en la formación escolar, por eso los docentes tienen que ocuparse ante todo de cómo conseguir captar el interés de su alumnado hacia el área de enseñanza que les concierne y, en consecuencia, motivarlo en el aprendizaje de la misma (Papanastasiou & Zembylas, 2004; Tuan, Chin, & Shieh, 2005).

De aquí deriva la necesidad de planificar y realizar estrategias de enseñanza innovadoras y suficientemente llamativas para lograr que los estudiantes no solamente almacenen conceptos, sino que maduren la capacidad de entenderlos, re-elaborarlos y servirse de ellos para solucionar problemas (Melo Herrera y Hernández Barbosa, 2014).

Algunos autores señalan los juegos educativos como excelentes herramientas docentes aprovechables para conseguir este objetivo (Giró Miranda, 1998; Muñoz Calle, 2010). Efectivamente, aunque muchas veces se conciba el juego como una ocupación característica de los momentos de descanso y no se le confiera un significado más profundo, en el ámbito de los procesos educativos se ha empezado a considerarlo un instrumento didáctico muy útil para facilitar la realización de aprendizaje valioso en los estudiantes y favorecer la mejora del rendimiento académico (Melo Herrera y Hernández Barbosa, 2014).

En su artículo, Crespillo Álvarez declara que “el juego es el recurso educativo por excelencia” (2010, p.14), con referencia a la etapa de la infancia. El niño está fascinado e interesado al juego, en el cual participa con entusiasmo. Gracias a su poder atractivo, su empleo en el aula permite orientar el interés del estudiante jugador hacia las temáticas tratadas, facilitando de esta manera los procesos de enseñanza y aprendizaje de las mismas.

El juego contribuye al desarrollo físico, psíquico y social del niño el cual, ciertamente, a través de esto aprende a controlar su cuerpo, dirigir sus acciones y madurar sus ideas y su propia manera de expresarlas. Asimismo, el estar en contacto

con otras personas para jugar hace que el niño evolucione y mejore en el lenguaje, y se relacione y colabore con los demás en la construcción de ideas o acciones.

Además, el juego contribuye a su desarrollo intelectual porque implica una acción mental continua. Por medio de esto, el niño aprende a concentrarse en lo que está haciendo, observar, interpretar lo que está pasando y reaccionar en consecuencia. También, desarrolla su imaginación y creatividad para solucionar problemas (Crespillo Álvarez, 2010; Melo Herrera y Hernández Barbosa, 2014).

En base a estas consideraciones, es evidente que el juego no se pueda considerar solamente una actividad de ocio, sino un instrumento útil y aprovechable a nivel educativo para que el niño pueda aprender, entender y actuar en la realidad que le rodea.

Debido a su eficacia como herramienta pedagógica, el empleo de juegos educativos en la escuela es aconsejable tanto en los niveles iniciales de la enseñanza cuanto en los más avanzados. (Melo Herrera y Hernández Barbosa, 2014).

Muchas veces se suele pensar que jugar es una actividad únicamente para niños, mientras que los adolescentes y adultos están muy lejos de esta práctica (Rodríguez, 2007). Pero, de acuerdo con Huizinga (1949), se debe reconocer que el carácter lúdico es intrínseco en los seres humanos y por tanto el aprendizaje siempre se realiza con mayor facilidad si se desarrolla en situaciones de disfrute y alegría, que son características propias del juego. De aquí deriva la idea de que el juego sea un magnífico potenciador del aprendizaje a lo largo de toda la vida y, por eso, deba ser adoptado también en los procesos de enseñanza relativos a los niveles educativos más avanzados.

Huizinga considera al juego como una acción o actividad voluntaria y desinteresada, que se desarrolla dentro de límites fijos de tiempo y espacio y según unas reglas indispensables, que tiene un fin en sí misma y está acompañada por un sentimiento de tensión y alegría. Según la posición expresada por Huizinga, el juego es una actividad que se realiza por voluntad propia, por placer, y con naturalidad. En el presente trabajo se asume tal definición de juego y, por ello, en el diseño de la propuesta didáctica se ha hecho un esfuerzo buscando que las actividades tengan un fin propio, más allá del educativo, y que los participantes disfruten realizándolas.

### **1.2. El empleo del juego para el aprendizaje de disciplinas científicas**

Gracias al poder atractivo del juego sobre el alumnado, se aconseja su empleo en el aula para la enseñanza de disciplinas científicas con el objetivo de favorecer el desarrollo de actitudes positivas hacía las mismas y, en consecuencia, hacer que los estudiantes estén más motivados para aprenderlas.

Arcos y Vigil (2007) recalcan el valor del juego como medio para la difusión y el aprendizaje de la ciencia, evidenciando cómo las actividades lúdicas generan por sí mismas las condiciones de motivación e incitación, y facilitan la comprensión de conceptos y procesos científicos, por un lado logrando generar actitudes favorables hacia la ciencia y la sensación de capacidad para comprenderla, y, por otro, realmente consiguiendo el aprendizaje de los contenidos científicos tratados.

Varios autores evidencian la importancia del uso del juego en la enseñanza de las ciencias debido a su contribución a la construcción de estructuras mentales, al desarrollo de pensamiento abstracto y a la mejora de aptitudes personales estrechamente relacionadas con el ambiente educativo, como la capacidad de atención, la memoria, la intuición y la inventiva (García-Molina, 2011; Giménez Pardo, 2011; Franco-Mariscal, Oliva-Martínez y Gil, 2015).

Otros señalan que en el juego se establecen condiciones excelentes que favorecen la adquisición y el incremento de competencias científicas, ya que orientan a los estudiantes hacia el desarrollo de las habilidades de observación, experimentación y comprobación de ideas, es decir, hacia el despliegue de métodos de investigación y la creación de conocimiento científico (Forman, 2006; Rodríguez, 2007; Bergen, 2009).

Estas consideraciones permiten valorar el juego como un recurso didáctico innovador, aprovechable para favorecer el acercamiento del alumnado a las disciplinas científicas y la mejora de los procesos de aprendizaje en las mismas en todos los niveles educativos (Chimeno, 2000; Melo Herrera y Hernández Barbosa, 2014).

## 2. MARCO TEÓRICO

Actualmente, una de las principales preocupaciones de la mayoría de los docentes consiste en la búsqueda de métodos de enseñanza eficaces, que consigan lograr el aprendizaje de contenidos, definidos en base a los objetivos propuestos, teniendo en cuenta las condiciones docentes variables que pueden influir en este proceso (como el tiempo asignado a cada materia, el volumen de los contenidos, el número de los alumnos, etc.). Si se planifica de forma correcta, un buen método de enseñanza puede permitir la consecución de este propósito y favorecer el desarrollo eficiente del proceso de enseñanza-aprendizaje.

### 2.1. Teorías del aprendizaje

Para definir un método de enseñanza de forma adecuada, es importante conocer en qué forma el alumnado consigue verdaderos progresos en el proceso de aprendizaje. Por eso, es necesario considerar las distintas teorías del aprendizaje.

Durante mucho tiempo la visión conductista ha representado el enfoque principalmente aceptado en el ámbito educativo. Según esta concepción, el aprendizaje representa un proceso que lleva a cabo un cambio de conducta, el cual se estudia a través del empleo de procedimientos estrictamente experimentales.

Actualmente se admite el modelo constructivista, el cual evidencia que el verdadero aprendizaje no comporta sólo un cambio de conducta, sino también una transformación en el significado de la experiencia. Las teorías constructivistas destacan que el estudiante consigue un aprendizaje significativo cuando relaciona el material a aprender con sus estructuras de conocimiento y el entorno, influenciando y adaptando su propia formación a los mismos (Silva, 1997). En el proceso constructivista del aprendizaje se considera el desarrollo psicológico del individuo, teniendo en cuenta los múltiples

aspectos que conforman su personalidad, como intereses, motivaciones, necesidades, edad y expectativas, los cuales, a su vez, influyen en el desarrollo de los procesos psicológicos, como son el pensamiento, la memoria, el lenguaje, etc. (Torres, 2001).

La concepción constructivista ha sido avanzada por diversos autores, entre ellos Piaget (1970), Vigostky (1979) y Ausubel, Novak y Hanesian (1998). Las teorías constructivistas rechazan a las que están basadas en el conductismo, y todas comparten la idea de que el conocimiento no se obtiene de forma pasiva, sino que es un proceso activo, por medio del cual los individuos construyen explicaciones viables para sus propias experiencias personales (Wheatley, 1991).

Según Ausubel et al. (1998) el conocimiento procede de tres aspectos importantes:

1. la posibilidad de interacción con el objeto, que permite la relación sujeto-objeto;
2. la relación con lo previo, es decir, que el estudiante ya tenga un conocimiento básico que le dé la posibilidad de relacionarlo con un conocimiento nuevo;
3. la actitud o disposición favorable del estudiante, es decir, que tenga una suficiente predisposición para aprender algo nuevo. Ausubel recalca la importancia de que el docente consiga este objetivo en el momento de abordar cada clase, ya que, una vez logre la atención y el interés del aprendiz, ello facilitará el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Con este planteamiento, los autores se alejan de la concepción comúnmente aceptada del “aprendizaje memorístico” y ponen las bases para un nuevo concepto de aprendizaje activo.

Varias investigaciones han evidenciado que las interpretaciones constructivistas del aprendizaje aportan referencias útiles para dirigir el desarrollo de los procesos de enseñanza, produciendo resultados educativos más eficaces que otros enfoques de naturaleza conductista. (Banet, & Núñez, 1997; Banet, Martínez Segura, y Pro, 1999; Banet & Ayuso, 2000).

### **2.2 Enseñanza activa y juego**

La importancia de tener actitudes activas para la consecución de un aprendizaje significativo ha sido objeto de investigación para varios autores.

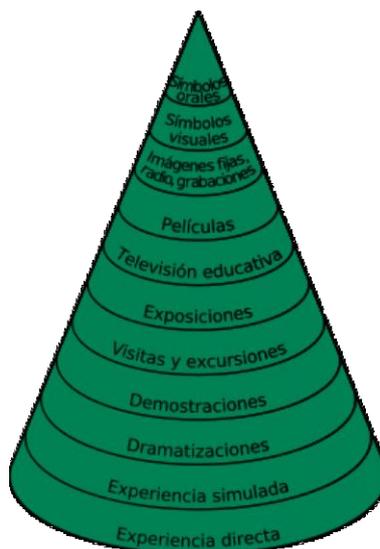
O'Connor y Seymour (1992) destacan que los seres humanos suelen recordar un 90% de lo que hacen, un 10% de lo que leen, un 20% de lo que oyen y un 30% de lo que ven.

También, el pedagogo estadounidense Edgar Dale (1932) utiliza el “cono de la experiencia” (fig.1) para representar la profundidad del aprendizaje que es posible alcanzar gracias a diversos medios. En éste, sitúa en la cúspide la actividad oral y en la base la experiencia directa, la cual representa el mayor grado de profundidad del aprendizaje. Según su teoría, los medios más efectivos que permiten alcanzar un aprendizaje significativo son las simulaciones, la actuación sobre lo que se quiere aprender, las representaciones teatrales, etc., los cuales son actividades que se pueden

## APRENDER JUGANDO

realizar a través del juego. En base a esto, podríamos empezar a concebir el juego como un instrumento que puede permitir conseguir una educación integral y en la cual el alumno se hace protagonista activo de su propio proceso de aprendizaje.

El fundamento teórico del presente trabajo se centra en el análisis del uso de los juegos didácticos como estrategia eficaz que pueda facilitar el aprendizaje significativo de algunos contenidos relativos a la asignatura Biología y Geología por el alumnado de la Educación Secundaria Obligatoria.



**Figura 1.** Cono del aprendizaje de Edgar Dale. Fuente: Wikipedia

### 2.3. Papel del juego en el desarrollo humano

El papel del juego en el desarrollo y realización de los seres humanos ha sido objeto de análisis desde diferentes perspectivas, de las cuales a continuación se presentan algunas argumentaciones relevantes.

Una primera consideración sobre la importancia del juego en la vida de los seres humanos ha sido definida por el sociólogo holandés Johan Huizinga (1949, p.1), el cual sugirió el término “*Homo ludens*” para definir la especie humana, porque “civilization arises and unfolds in and as play” [“la civilización surge y se desarrolla a través del juego”].

Con su afirmación “Play is older than culture” [“El juego es más viejo que la cultura”] (Huizinga, 1949, p.1), el sociólogo reconoce que el juego es el primer factor que permite la construcción y el desarrollo del ser humano y de su entorno. De hecho, los seres humanos son seres lúdicos por naturaleza y, por medio del juego, han podido constituirse la cultura, los primeros procesos cognitivos de las personas y, también, se han podido desarrollar habilidades adecuadas para sustentarse.

De esto deriva la idea que el juego está presente en todas las expresiones humanas y sus correlaciones con el mundo, y que determine el comportamiento y el desarrollo

humanos, favoreciendo la construcción de conocimiento en los ámbitos sociales, culturales, afectivos y educativos.

### **2.4. Relación entre juego y filosofía**

Aportaciones relevantes sobre el papel del juego en el desarrollo de los seres humanos han legado también desde el ámbito filosófico.

Emanuel Kant (2004) lo considera una actividad que tiene un fin y a través de la cual se construyen saberes, ya que por medio de él las personas establecen relaciones y conexiones cognitivas, tal vez de manera inconsciente, que les permiten construir y modificar elementos y conceptos sobre aspectos diferentes de la realidad. Al jugar, las personas disfrutan tanto del proceso en sí como de los resultados obtenidos y, por eso, el juego resulta al mismo tiempo motivador y agradable.

Nietzsche (1997), a diferencia de Kant, lo considera algo que no tiene ni causas ni fines, pero reconoce la existencia de conciencia en la acción lúdica, la cual está dirigida por una inocencia creadora que ha sido responsable de la creación de obras extraordinarias en diferentes campos del conocimiento, como el arte y la ciencia. Nietzsche considera esta característica perteneciente a los niños, los cuales a través del juego realizan conexiones y construyen conocimientos de forma libre y desinteresada. De esta manera, los seres humanos pueden interactuar entre ellos y construir, interpretar y cambiar su propio entorno. Por eso, se destaca la necesidad que los adultos vuelvan a ser niños para que, por medio de esta actividad, realicen procesos cognitivos y sigan construyendo y re-elaborando el mundo para su continuo mejoramiento.

### **2.5. Contribución del juego a los procesos psicopedagógicos**

Varios estudios centrados en el papel del juego en el desarrollo del ser humano permiten entender de qué manera se aprende y qué transformaciones ocurren en el ser humano y en su entorno.

Piaget (1985), en su “Teoría Psicogenética del Juego” recalca el gran mérito del juego en el desarrollo del ser humano, tanto a nivel cognitivo como moral. También, señala que el niño llega a entender el mundo con una actitud positiva a partir de los símbolos, reglas y experiencias.

Según Piaget, el juego representa un proceso de asimilación, el cual consiste en dar significado a las cosas según las relaciones que se instauran con él. En este proceso, el niño experimenta una confrontación interna de lo que conoce con lo que es nuevo para él. De esta manera, el juego contribuye a enriquecer su desarrollo intelectual. Además, esto se hace más significativo en la medida que el niño se va desarrollando, y que, a través de la libre manipulación de objetos, sigue construyendo nuevas cosas y volviendo a hacer las que ya existen.

Por su parte Vygotsky (citado en Baquero, 1997) menciona a la zona de desarrollo próximo (“zdp”) como un proceso de construcción de conocimiento del niño y de interacción social en relación con su entorno. En esta zona, los seres humanos

relacionan sus conocimientos previos con los nuevos, dentro del contexto en el que éstos se presentan. De esta manera, cada individuo produce su propio crecimiento cognitivo, gracias al cual puede dar origen a nuevas estructuras mentales y nuevos conocimientos. En este contexto, Vygotsky reconoce que el juego es una herramienta eficaz para favorecer el desarrollo de dicha zona, ya que ayuda al crecimiento tanto corporal como mental, y, por eso, enfatiza la importancia de aprovechar sus potencialidades para alcanzar un aprendizaje significativo.

### **2.6. El juego y la educación**

De las argumentaciones expuestas anteriormente se desprende que el juego es una actividad mental y física esencial que favorece el desarrollo del ser humano de forma integral y armoniosa, ya que le permite entrar en contacto con el mundo y vivir experiencias de forma amena y amable.

Algunos autores, entre los cuales se encuentra Jiménez (2003), defienden la posibilidad de utilizar el juego como medio para aprender en el contexto educativo, ya que requiere esfuerzo físico y mental, pero el alumnado lo realiza con agrado y sin percibir una presión externa para obtener determinados resultados. Más bien, lo vive como actividad de disfrute, en la que participa de forma activa por su propia voluntad aceptando y cumpliendo las normas y reglas establecidas. Por estas razones el autor concluye que, con esta actividad, el estudiante es más involucrado en el proceso de enseñanza-aprendizaje, facilitando la posibilidad de alcanzar el aprendizaje de manera significativa.

Ortiz (2005) señala la posibilidad de utilizar el juego para desarrollar nuevos contenidos o afianzarlos, practicar hábitos y habilidades, construir nuevas actitudes y preparar a los estudiantes para resolver correctamente situaciones parecidas a las que deberán enfrentarse en su vida.

Torres (2002) recalca la importancia de la aplicación del juego debido a que interrumpe la rutina dentro del aula para la realización de actividades que resulten más interesantes y estimulantes, y en las cuales los estudiantes sientan una mayor posibilidad de intervención y manifestación del propio pensamiento, frente a situaciones tradicionales de aprendizaje pasivo. Entonces, el juego aporta descanso y entretenimiento a los estudiantes y consigue captar su interés hacia las áreas involucradas en las actividades propuestas. Por todo esto, representa un instrumento didáctico eficaz que los docentes deberían considerar y aplicar en el aula.

Sin embargo, para que su empleo permita alcanzar un aprendizaje de forma significativa, es necesario que el juego propuesto en la clase tenga un carácter organizado, que facilite la activación de pensamientos rápidos y relacionados con los objetivos y contenidos de la enseñanza (Concepción, 2004).

La posibilidad de utilizar el juego como estrategia de aprendizaje depende de que este incluya aspectos que permitan organizar de manera eficiente el proceso de enseñanza, tales como la participación, el dinamismo, el entrenamiento, la colectividad y la iniciativa, entre otros (Bautista y López, 2002).

## APRENDER JUGANDO

El desarrollo del juego en el aula también favorece el crecimiento intelectual, ya que induce al alumnado a prestar atención en lo que está haciendo, a memorizar y a razonar. Asimismo, permite el desarrollo e incremento de acciones como relacionar, describir, buscar alternativas, entender, constituir argumentaciones para validar o rechazar, prestar atención, debatir, negociar, aceptar, distinguir, interpretar, argumentar y proponer, entre otras. De esto, resulta que por medio del juego puedan crearse situaciones de máximo valor educativo y cognitivo que permitan que los alumnos experimenten, investiguen, resuelvan problemas, descubran y reflexionen (Rodríguez, 2007).

Otra contribución del empleo del juego en el aula consiste en la promoción del desarrollo social, ya que con la incorporación a un grupo se maduran los sentimientos de relación, colaboración y cooperación con los demás y de respeto mutuo para el cumplimiento conjunto de tareas. Además, favorece la creación de relaciones comunicativas entre el alumnado y, por eso, también contribuye al perfeccionamiento del lenguaje (Ortiz, 2005).

La contribución positiva del empleo del juego en el aula también concierne a las relaciones estudiante-docente, las cuales resultan más estrechas, debido a que los juegos fomentan el entusiasmo, la motivación y el aprendizaje en todos. Además, mejoran las relaciones de enseñanza y aprendizaje porque se definen con mayor facilidad las dificultades, dudas o errores que tenga cada estudiante y que pueda tener también el docente, permitiendo trabajar en situaciones mucho más específicas (González, 2003).

Esta perspectiva considera el juego como una estrategia que permite la realización de un proceso educativo donde se comprometen mucho más tanto los estudiantes como el profesorado, el cual, principalmente, toma parte como guía y orientador.

### **2.7. El juego en la enseñanza de las ciencias naturales**

La consideración del valor educativo del juego ha llevado a algunos docentes de ciencias a aprovechar este recurso en el aula, debido a su contribución al desarrollo de habilidades de observación y experimentación, la verificación de ideas y el reconocimiento independiente de las peculiaridades de la naturaleza (Palacios, 2005).

Ganschow y Ganschow (1998) recalcan cómo el pensamiento lúdico ha contribuido en el descubrimiento de importantes procesos biológicos, y científicos en general. Por ejemplo, el descubrimiento de la molécula de ADN por James Watson y Francis Crick fue posible gracias a la manipulación lúdica de varios modelos que se apoyaban en los datos de otros investigadores. Si consideramos las palabras de los mismos autores: “Science is about asking questions, and playfulness facilitates the process at the proper place and time. Best of all, engaging in scientific discovery is something that scientists enjoy doing. What could be more playful than having fun?” [“La ciencia consiste en formular preguntas, y el divertimento facilita este proceso en tiempos y lugares apropiados. Lo mejor de todo, dedicarse a las investigaciones científicas es algo que los científicos disfrutan haciendo. ¿Qué podría ser más entretenido que divertirse?”](Ganschow & Ganschow, 1998, p. 46).

En los últimos tiempos varias investigaciones han propuesto el juego como una estrategia novedosa que puede ser utilizada para consolidar el conocimiento en el

## APRENDER JUGANDO

ámbito de la biología. Los resultados obtenidos han confirmado la eficacia de la aplicación de actividades lúdicas para la mejora del proceso de aprendizaje por el alumnado.

Entre otros, cabe mencionar el desarrollo de un juego digital denominado “La célula. Microcosmos de vida”, cuya realización trabajó la docente Gurdían-Fernández (2001). Este juego, que fue diseñado para estudiantes de tercer ciclo de educación diversificada y educación técnica, permitía a los estudiantes construir y experimentar los conocimientos más significativos sobre la célula de forma lúdica, favoreciendo así el aprendizaje mientras que disfrutaban. Los resultados globales obtenidos tras su implementación han demostrado la posibilidad de considerar el juego como una herramienta muy eficaz para la mejora de la calidad de la educación.

Otra experiencia significativa es la que llevó a cabo Orta (2002), quien propuso a sus estudiantes un juego de mesa denominado “Inventiva junior”, con el objetivo principal de estimular la creatividad del alumnado y ampliar sus conocimientos sobre inventos, inventores y científicos más o menos conocidos, y avances importantes en el sector científico. Los resultados obtenidos con este material didáctico han mostrado que los estudiantes aprenden mejor y con mayor facilidad si se utiliza este tipo de recursos.

Briceño y Villegas (2006) realizaron un estudio dirigido al diseño de estrategias didácticas para la enseñanza del sistema nervioso en el 8º grado de Educación Básica (equivalente al 2º curso de la Enseñanza Secundaria Obligatoria (ESO)), proponiendo a los estudiantes juegos didácticos como el rompecabezas del cerebro y la sopa de letras. La implementación de dichos juegos ha permitido comprobar la efectiva consecución de aprendizaje significativo, lo que ha llevado a los citados autores a incitar a los docentes de la disciplina de biología al empleo de juegos como estrategia didáctica para potenciar las habilidades cognitivas en sus alumnos.

Rondón (2007) llevó a cabo un estudio con el propósito de determinar el efecto del juego “A ver qué sabes de la célula” en el proceso de enseñanza-aprendizaje relativo a estudiantes cursantes del 9º grado de Educación Básica (equivalente al 3º curso de la ESO). Los resultados obtenidos han evidenciado la eficacia del uso de este juego, gracias a la notable mejora del conocimiento de los contenidos tratados, comprobando de esta manera que las actividades de carácter lúdico representan una herramienta adecuada para favorecer el proceso de enseñanza-aprendizaje en el área de biología.

Otros docentes propusieron juegos de rol a sus alumnos de secundaria con el objetivo de desarrollar y/o reforzar el entendimiento de contenidos relativos a la biología molecular. Todos los resultados obtenidos de la implementación de estos juegos han confirmado la posibilidad de utilizarlos como recursos didácticos que favorecen una mejor comprensión de las temáticas, tratándolas de forma divertida e involucrando al alumnado y, por lo tanto, captando su atención y desarrollando una actitud positiva hacia el aprendizaje de las mismas (Chinnici, Yue, & Torres, 2004; Camero y Ochoa de Toledo, 2006; Takemura, & Kurabayashi, 2014).

### 3. OBJETIVOS

La evidencia de actitudes negativas y falta de interés hacia las ciencias por el alumnado de educación secundaria pone a la luz la necesidad de buscar metodologías de enseñanza alternativas, que resulten interesantes, llamativas y entendibles por los estudiantes y que los enganchen, con el propósito de obtener un cambio conceptual que favorezca su formación, intelectual y global, de manera significativa y no memorística.

Tomando como referencia varias investigaciones realizadas respecto a la importancia del juego y su efecto en el proceso de aprendizaje, con el presente trabajo se desea proponer una serie de actividades lúdicas con el objetivo de facilitar la comprensión de algunos contenidos relativos a la asignatura Biología y Geología de 4º de ESO, los cuales, normalmente, pueden resultar aburridos o difíciles para entender por los estudiantes.

También, se pretende hacer una demostración teórica de cómo el juego podría ser utilizado como recurso didáctico eficaz, aplicable a la enseñanza de materias científicas y adecuado para el logro de los objetivos didácticos propuestos por el docente.

#### 3.1. Objetivos generales docentes

Los juegos planteados tratan de alcanzar los siguientes objetivos generales docentes:

- Favorecer que el alumnado tome un papel protagonista en su proceso de aprendizaje de los contenidos tratados, despertando su interés y motivándolo para fomentar una actitud favorable hacia los mismos.
- Adquirir, afianzar y/o comprobar los contenidos tratados.
- Mejorar el clima de convivencia en el aula a través del trabajo en equipo, favoreciendo la afirmación de sentimientos como la cooperación, la tolerancia, la empatía, la responsabilidad y el espíritu de iniciativa.
- Facilitar el desarrollo de la expresión oral.
- Fomentar la inventiva y la creatividad de los estudiantes.
- Desarrollar el pensamiento crítico y reflexivo en contextos científicos.
- Trabajar las competencias básicas requeridas por la normativa vigente, con referencia a la Orden ECD/65/2015, de 21 de enero (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2015b).

Los objetivos específicos abordados en cada actividad se incluyen más adelante (ver tablas recogidas en el apartado 6).

### 4. METODOLOGÍA DIDÁCTICA PROPUESTA

Para lograr los objetivos generales indicados, se han diseñado distintos juegos desde el punto de vista metodológico: algunos sirven para introducir el tema de interés, otros se realizan en paralelo a la clase teórica y ayudan a comprender mejor los conceptos o procesos, y otros se proponen después de la clase teórica como recursos para afianzar

## APRENDER JUGANDO

los contenidos ya adquiridos, aclarar posibles dudas, corregir aspectos que no sean correctos y comprobar lo aprendido.

El desarrollo de las actividades propuestas es distinto dependiendo del momento en que se proponen y de los objetivos que se desea conseguir. Además, el planteamiento de juegos con características diferentes ha sido elegido voluntariamente con la finalidad de despertar el interés y la curiosidad del alumnado hacia las nuevas propuestas y evitar caer en la repetición.

Por eso, en el presente trabajo se proponen juegos competitivos y no competitivos, teniendo en cuenta, por un lado, que la competición estimula la participación activa de los estudiantes y, por otro lado, que la inclusión de juegos no competitivos permite que los estudiantes experimenten otros sentimientos, disfrutando del aspecto lúdico de estos juegos cooperativos y del hecho de compartir ideas y unir esfuerzos para alcanzar un objetivo común.

Para la realización de los juegos competitivos se forman grupos de 3 o 4 personas que concurren alternándose; en cambio, los juegos no competitivos involucran a todo el alumnado al mismo tiempo. Además, teóricamente podrían realizarse en un tiempo ilimitado y consisten principalmente en simulaciones de estructuras y procesos biológicos.

Ambos tipos de juegos han sido diseñados teniendo en cuenta que la construcción de conocimientos tiene que ocurrir en dos niveles:

- personal, ya que cada estudiante tiene la posibilidad y el tiempo para reflexionar, evaluar y reorganizar sus ideas;
- compartido, dado que los conocimientos son el resultado de un proceso de interacción y comunicación en el aula.

Finalmente, considerando la importancia del dinamismo en los juegos para mantener elevado el nivel de participación e implicación de los alumnos, además de algunos juegos de mesa se proponen juegos que requieren que el alumnado se mueva dentro del aula, e incluso algunos que puedan realizarse también en un patio o jardín.

## 5. TÓPICOS Y CONTENIDOS RELACIONADOS

Las actividades propuestas hacen referencia a los contenidos indicados en el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2015a), dentro del Bloque 1: “La evolución de la vida” de la asignatura Biología y Geología de 4º de ESO, que se muestran a continuación:

- La célula.
- Ciclo celular.
- Los ácidos nucleicos.
- ADN y Genética molecular.
- Proceso de replicación del ADN.
- Concepto de gen.

## APRENDER JUGANDO

- Expresión de la información genética. Código genético.
- Mutaciones. Relaciones con la evolución.
- La herencia y transmisión de caracteres. Introducción y desarrollo de las Leyes de Mendel.
- Base cromosómica de las leyes de Mendel.
- Aplicaciones de las leyes de Mendel.
- Ingeniería Genética: técnicas y aplicaciones. Biotecnología. Bioética.
- Origen y evolución de los seres vivos. Hipótesis sobre el origen de la vida en la Tierra.
- Teorías de la evolución. El hecho y los mecanismos de la evolución.
- La evolución humana: proceso de hominización.

## 6. ACTIVIDADES

En la tabla 1 se muestra un resumen de las actividades propuestas. A continuación se introduce, de manera general, cada una de las actividades propuestas, justificando su elaboración y la idoneidad de su empleo en el aula de secundaria. Posteriormente se desarrolla cada actividad, incluyendo los recursos, los elementos curriculares, la secuencia y la temporalización.

**Tabla1.** Resumen de las actividades propuestas.

JUEGO	TIPOLOGÍA	CONTENIDOS TRABAJADOS*	COMPETENCIAS CLAVE**	MOMENTO DE DESARROLLO
1. “¿Descubre qué es!”	Juego de mesa	La célula	CL; CMCT; AA; CSC; SIEE	Después de la clase teórica
2. “A ver cómo lo haces”	Puzle y juego de creatividad	Ciclo celular	CL; CMCT; CD; AA; CSC; SIEE	Antes de la clase teórica
3. “Cruci-historia genética”	Crucigramas y juego de creatividad	ADN y Genética molecular Concepto de gen	CL; CMCT; AA; CSC; SIE; CEC	Después de la clase teórica
4. “Desayuno celular”	Simulación y juego de creatividad	Ciclo celular	CL; CMCT; AA; CSC; SIEE	Después de la clase teórica
5. “Historia de mi pelo, negro y rizado”	Juego de rol y simulación	La herencia y transmisión de caracteres Introducción y desarrollo de las leyes de Mendel Base cromosómica de las leyes de Mendel Aplicaciones de las leyes de Mendel	CL; CMCT; AA; CSC; SIEE	En paralelo a la clase teórica
6. “Siendo ácidos nucleicos..”	Juego de rol y simulación	Los ácidos nucleicos Proceso de replicación del ADN	CL; CMCT; AA; CSC; SIEE	Después de la clase teórica

## APRENDER JUGANDO

		Expresión de la información genética		
<b>7. “Mi nuevo mundo natural: cómo reinventar la naturaleza a través de la ciencia”</b>	Juego de rol y de creatividad	Ingeniería Genética: técnicas y aplicaciones. Biotecnología. Bioética	<i>CL; CMCT; CD; AA; CSC; SIEE; CEC</i>	Antes de la clase teórica
<b>8. “¿La evolución es la solución?”</b>	Adaptación de un juego de mesa	Origen y evolución de los seres vivos Hipótesis sobre el origen de la vida en la Tierra Teorías de la evolución. El hecho y los mecanismos de la evolución La evolución humana: proceso de hominización	<i>CL; CMCT; CSC; SIEE</i>	Después de la clase teórica

\*Los contenidos están cogidos del Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2015a)

\*\*Las competencias básicas se refieren a la Orden ECD/65/2015, de 21 de enero (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2015b): *CL* (comunicación lingüística), *CMCT* (competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología), *CD* (competencia digital), *AA* (aprender a aprender), *CSC* (competencias sociales y cívicas), *SIEE* (sentido de iniciativa y espíritu emprendedor), *CEC* (conciencia y expresiones culturales).

### 6.1. Actividad 1: “¿Descubre qué es!”

#### Introducción y justificación

Esta actividad está inspirada en la dinámica del juego de mesa conocido como “Adivina quién”. Con este juego se trabaja el primer contenido indicado en el bloque 1: “la evolución de la vida”, de la asignatura Biología y Geología de 4º de ESO, según lo establecido en el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre: “La célula” (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2015a). Esta actividad es adaptable para otros cursos, ya que se trata también en la asignatura Biología y Geología de 1º y 3º de ESO (bloque 3: “La biodiversidad en el planeta Tierra”), de forma más general, y de 1º de Bachillerato (bloque 2: “La organización celular”) y en la asignatura Biología de 2º de Bachillerato (bloque 2: “La célula viva. Morfología, estructura y fisiología celular”), de manera más detallada. Este tema es básico para la comprensión de los procesos biológicos, siendo la célula la unidad estructural y funcional de todos los seres vivos.

Varios autores han investigado sobre los problemas más comunes en que se enfrenta el alumnado cuando estudia las características principales de los distintos tipos celulares y de los orgánulos y estructuras correspondientes.

Entre las equivocaciones más comunes con respecto a este tema, Meganscini (2006) evidencia la frecuente tendencia de los estudiantes a sustituir por comparación, en los

## APRENDER JUGANDO

diferentes tipos celulares, estructuras que no son equivalentes (como es el caso de las mitocondrias y los cloroplastos). También, señala la inclinación a confundir funciones propias del organismo (como sentir calor o frío) con las celulares, mostrando la incapacidad de diferenciar entre los distintos niveles de organización. Esta confusión ha sido constatada también en trabajos anteriores (Cordero, Menegaz, Mengascini y Mordegli, 2001; Mengascini, 2005; Menegaz y Mengascini, 2005).

Con respecto a la identificación de los componentes fundamentales de todas las células, menciona la común referencia al núcleo y la omisión del citoplasma, no teniendo en cuenta, de esta manera, la existencia de células sin núcleo definido (como las procariontas) en el primer caso y concibiendo la existencia de células “huecas”, en el segundo caso (Meganscini, 2006).

Otra frecuente equivocación es la consideración de los cloroplastos como los orgánulos encargados de la respiración en los vegetales, y además la consideración que en la respiración estos organismos toman dióxido de carbono y liberan oxígeno, lo que corresponde en realidad al proceso de fotosíntesis.

Frente a estos y otros conceptos equivocados, comúnmente difundidos entre los estudiantes de secundaria, el juego propuesto representa una herramienta didáctica eficaz a través de la cual los alumnos comprueban sus conocimientos sobre la estructura de los diferentes tipos de célula, asocian los componentes con sus células correspondientes y los relacionan cada uno con su función. También, permite corregir equivocaciones que frecuentemente surgen en el alumnado, como las indicadas anteriormente, dado que, por cada pregunta y respuesta, los jugadores tienen la oportunidad de reflexionar, evaluar y re-elaborar sus convicciones sobre el tema.

En cada carta del juego, como también en cada casilla del tablero, se representa singularmente un componente celular, evidenciado a partir de una imagen más pequeña de la/s célula/s en que se encuentra. Esta estrategia permite superar el problema de la dificultad en el entendimiento de escalas y tamaños relativos de los orgánulos y estructuras celulares, el cual ha sido identificado como otro tipo de equivocación frecuente, sobre todo con referencia a los ribosomas, los cuales realmente son mucho más pequeños de lo que los estudiantes piensan (Meganscini, 2006).

La estrategia abordada también representa un buen auxilio para que los estudiantes desarrollen capacidades comunicativas e investigadoras, ya que estimula e incrementa la aplicación y familiarización de la información y del lenguaje científicos, a través de la búsqueda de términos adecuados para formular preguntas y el esfuerzo para entender las del grupo rival y encontrar las soluciones correctas para contestar de manera adecuada. Todo esto se realiza de forma comunitaria a través de un dialogo continuo que fomenta el establecimiento de relaciones y conexiones, y la construcción de conocimientos.

La realización del juego en pequeños equipos permite, por un lado, el desarrollo de habilidades como la capacidad de colaborar con los otros miembros del mismo grupo, debatir, proponer ideas, respetar las opiniones de los demás y encontrar un acuerdo común para la superación de obstáculos conceptuales. Por otro lado, la exposición de puntos de vista diferentes por cada jugador fortalece actitudes y habilidades de análisis,

## APRENDER JUGANDO

toma de decisiones y pensamiento crítico, que les confieren mayor seguridad en sí mismos.

### Desarrollo

Este juego está dirigido al alumnado de 4º de ESO, aunque sea adaptable para otros cursos (de hecho sería recomendable), específicamente 1º y 3º de ESO y 1º y 2º de Bachillerato. La actividad se propone como refuerzo a la clase teórica. A través de esa, el alumnado tiene la posibilidad de comprobar los conocimientos adquiridos sobre los diferentes tipos celulares y respectivos componentes, aclarando y corrigiendo eventuales conceptos erróneos aprendidos.

Momento en que se desarrolla la actividad: después de la clase teórica.

Recursos: tablero con dibujos de las células procariota y eucariota, animal y vegetal, y de los orgánulos y componentes celulares correspondientes (fig.2); baraja de cartas con los mismos dibujos; trozos negros de papel.

Concreción curricular: En la tabla 2 se muestran los siguientes elementos curriculares: objetivos, contenidos, criterios de evaluación, estándares de aprendizaje, competencias básicas que se pretenden adquirir por medio de esta actividad, y relación con la legislación vigente (Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2015a).

En esta, como en todas las tablas de las actividades que se mostrarán a continuación, los contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje hacen referencia al nivel 4º de ESO, los objetivos generales se refieren a los objetivos de la Educación Secundaria Obligatoria, indicados en el artículo 11 del Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2015a, ver anexo 1), y las competencias se refieren a la Orden ECD/65/2015, de 21 de enero (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2015b). Los criterios de evaluación están adaptados parcialmente, según lo pertinente para la actividad.

**Tabla 2.** Elementos curriculares de la actividad 1.

OBJETIVOS	CONTENIDOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE
<u>Específicos</u>	Célula procariota y eucariota.	1. Determinar las analogías y diferencias en la estructura de las células procariotas y eucariotas.	1.1. Compara la célula procariota y eucariota, la animal y la vegetal, reconociendo la función de los orgánulos celulares y la relación entre morfología y función.
1. Distinguir los diferentes tipos de células e identificar los orgánulos y componentes celulares correspondientes, describiendo su estructura y función.	Célula animal y célula vegetal. Estructura y función de los orgánulos celulares. Trabajo en equipo  Cooperación		
<b>LEGISLACIÓN VIGENTE: RD 1105/2014</b>		<b>COMPETENCIAS BÁSICAS</b>	

## APRENDER JUGANDO

<u>Generales</u>	La célula.	Comunicación lingüística
a), b), g), h)		Competencias básicas en ciencia y tecnología
		Aprender a aprender
		Competencia social
		Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor

### Secuencia:

Los estudiantes participan organizándose en equipos con cuatro miembros.

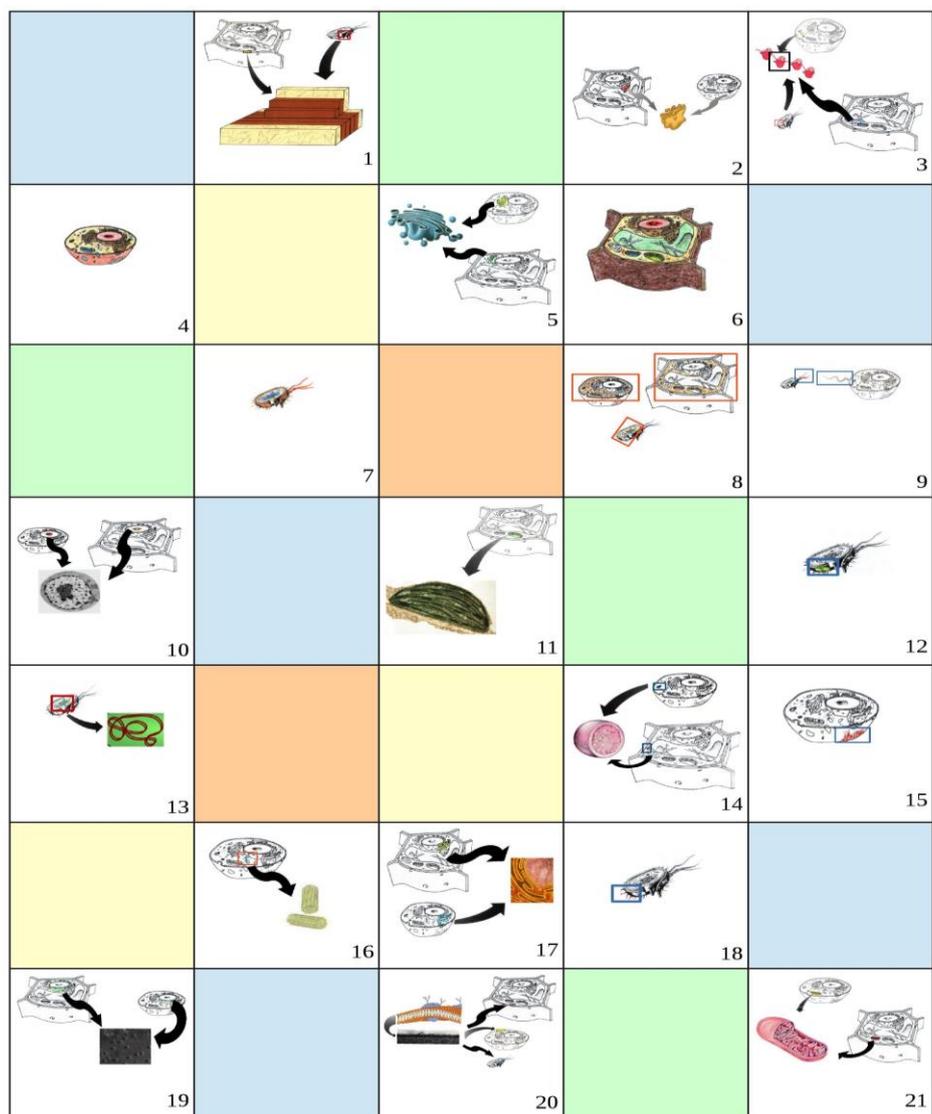
El juego se realiza cada vez entre dos equipos, respetando las siguientes reglas:

1. Cada equipo participante tiene a disposición un tablero y coge una carta desde una única baraja, la cual es la carta que el equipo rival ha que adivinar.
2. Alternativamente, cada equipo hace una pregunta al rival, con el objetivo de entender cuál es el sujeto de la carta que tiene que adivinar.
3. Las preguntas pueden referirse a características estructurales, funcionales o espaciales de la célula u componente celular en cuestión y deben ser formuladas de manera que el equipo rival pueda contestar sólo “SI/NO”.
4. Según la respuesta recibida, el equipo va excluyendo las células o sus estructuras que tienen o no tienen las características preguntadas, cubriendo las imágenes en el tablero con trozos negros de papel, hasta llegar adivinar el sujeto de la indagación.
5. Gana el equipo jugador que adivina primero la carta que le toca.
6. Para formular las preguntas, como también para decidir la respuesta correspondiente por parte del rival, cada equipo tiene a disposición un tiempo máximo de 2 minutos para que los participantes puedan consultarse. Al finalizar el tiempo máximo puesto a disposición, si el equipo no es capaz de formular una pregunta, se pasa al turno siguiente.
7. El docente comprueba que las respuestas aportadas a las preguntas hechas sean correctas. Contrariamente, después de tres respuestas incorrectas por un mismo equipo, éste pierde un turno de preguntas.
8. Todos los equipos de la clase se enfrentan alternativamente. Por cada partido, el equipo ganador recibe un punto y el equipo perdedor cero. Finalmente, se hace la suma de las puntuaciones obtenidas y se elabora una clasifica.

En el anexo 2 se muestran los nombres de los componentes ilustrados en el tablero.

Temporalización: un partido de este juego se realiza en 15 minutos así que, según el número de alumnos, para la confrontación entre todos los grupos se tarda aproximadamente una hora.

## APRENDER JUGANDO



**Figura 2.** Tablero de la actividad 1.

### 6.2. Actividad 2: “A ver cómo lo haces”

#### Introducción y justificación

Esta actividad permite introducir el contenido “ciclo celular” incluido en el bloque 1 de la asignatura Biología y Geología de 4º de ESO. Este juego es adaptable para el alumnado de 1º y 2º de Bachillerato, ya que el tema se trata también durante estos cursos, en las asignaturas Biología y Geología y Biología respectivamente, según las indicaciones del Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2015a), en los mismos bloques indicados en la actividad anterior.

Algunos estudios evidencian la existencia de dificultades en la comprensión de los procesos de mitosis y meiosis por los estudiantes de educación secundaria, debido a la terminología que se utiliza, a las diferentes etapas y fases secuenciales que las componen y a los resultados a que llevan (Jimenez, 2003; Chinnici et al., 2004)

## APRENDER JUGANDO

Fisher et al. (1986), citados por Chinnici et al. (2004), muestran como la introducción, predicción e interpretación de tópicos nuevos, a través del dialogo interactivo y bajo la guía de un experto (en este caso, el profesorado), puedan facilitar el desarrollo de modelos mentales que favorezcan su correcto entendimiento. Por tanto, técnicas que implican la participación activa deberían favorecer que los temas tratados fueran más entendibles y fáciles de recordar para los estudiantes.

En consideración a esto, se propone un juego para introducir el tema relativo al ciclo celular, que consiste en la realización de un puzle compuesto por frases, que describen las fases de la mitosis en una célula animal, e imágenes correspondientes. Por medio del juego propuesto se logra mejorar el aprendizaje de los contenidos de este tema, a través de la identificación y del reconocimiento de las fases de la mitosis y las figuras relativas. De hecho, en la construcción del puzle, el alumnado debe poner cuidado en componer correctamente las frases y asociar, al lado de cada una, la imagen adecuada. A esto, se le añade la dificultad de que a cada grupo le faltan algunas piezas para completar su puzle, las cuales deberá buscar en las mesas de los otros grupos. Entonces, para encontrar los trozos que necesitan, los estudiantes tienen que dar sentido al puzle, porque primero deben entender cuáles son las piezas que les faltan.

La necesidad de entender los textos para dar sentido al orden de los acontecimientos, como también justificación del orden propuesto, favorece la ampliación de capacidades comunicativas y el desarrollo del lenguaje en un contexto científico específico. Esforzándose para asociar a cada texto la imagen oportuna, los estudiantes proponen hipótesis sobre como relacionar los términos desconocidos con las imágenes, introduciéndose a la nueva terminología a partir de sus propias ideas. Además, tienen la oportunidad de identificar los cambios que se realizan en la distribución de la cromatina a lo largo de las distintas fases de la mitosis, y utilizarlos como criterio para determinar la etapa mitótica en la que se encuentra la célula.

Al finalizar el puzle, los componentes de cada grupo deben justificar el orden propuesto y, para eso, formulan hipótesis explicativas en relación con los acontecimientos planteados. De esta manera, descubren y aprenden por sí mismos el orden de los eventos que ocurren durante el proceso de mitosis.

Los estudiantes dan sentido, orden y finalidad al texto, y se convierten en aprendices y autores al mismo tiempo, juegan con las frases y las imágenes correspondientes para ser los constructores de su propio conocimiento. Fabricando ellos mismos su propio aprendizaje, tienen la posibilidad de darse cuenta del crecimiento de su saber, comparándolo con lo que tenían anteriormente sobre el mismo tema. El trabajo en equipo les facilita esta mejora a través de la propuesta, así como el compartir ideas y, finalmente, la toma de decisión para la construcción comunitaria del saber. Además, ponen a prueba su creatividad y capacidad de relacionar y de dar coherencia y cohesión al escrito.

Finalmente, los componentes de cada grupo buscan en la web informaciones relativas a las fases de la mitosis, desarrollando capacidades digitales y, según lo aprendido, crean un nuevo puzle que proponen a los compañeros de los otros grupos. De esta manera, comprueban la veracidad de sus hipótesis o las corrigen, en ambos

## APRENDER JUGANDO

casos confirmando la correcta secuencia de los acontecimientos y siendo conscientes de la evolución de su conocimiento.

Definitivamente, esta forma de aprendizaje se contrapone al memorístico, dado que el docente no suministra al alumnado conceptos ordenados que sólo tienen que memorizar, sino que el mismo alumnado se aplica para crear finalmente su conocimiento, a través de una metodología más amena y divertida que le motiva en su aprendizaje.

### Desarrollo

El presente juego está dirigido al alumnado de 4º de ESO, aunque se pueda adaptar también para estudiantes de 1º y 2º de Bachillerato. Se propone como juego introductorio al tema considerado: “*el ciclo celular*”. A través de este juego, el alumnado pone a prueba su creatividad y capacidad de relacionar y dar coherencia al escrito y a los dibujos que lo acompañan. Al mismo tiempo que juega, reflexiona y razona sobre los acontecimientos que componen el ciclo celular.

Momento en que se realiza la actividad: antes de la clase teórica.

Recursos: puzle donde, en un lado, hay la descripción de cada una de las fases del ciclo celular relativo a una célula animal y, en el otro, un dibujo correspondiente a cada una de ellas (fig.3); ordenador con conexión a la web; lápices coloreados; hojas de papel blanco; tijeras.

Concreción curricular: En la tabla 3 se muestran los siguientes elementos curriculares: objetivos, contenidos, criterios de evaluación, estándares de aprendizaje, competencias de la actividad y relación con la legislación vigente. Los criterios de evaluación y estándares de aprendizaje están adaptados parcialmente, según lo pertinente para la actividad.

**Tabla 3.** Elementos curriculares de la actividad 2.

OBJETIVOS	CONTENIDOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE
<u>Específicos</u>	Mitosis y citocinesis. Trabajo en equipo.	1. Identificar el núcleo celular y su organización según las fases del ciclo celular.  2. Comparar la estructura de los cromosomas y de la cromatina.	1.1. Distingue los diferentes componentes del núcleo y su función según las distintas etapas del ciclo celular.  2.1. Reconoce las partes de un cromosoma.
1. Reconocer los acontecimientos principales de las fases del ciclo celular.  2. Establecer correctamente el orden de las distintas etapas del ciclo celular.	Desarrollo de la creatividad.  Cooperación.		
<b>LEGISLACIÓN VIGENTE: RD 1105/2014</b>		<b>COMPETENCIAS BÁSICAS</b>	
<u>Generales</u>	Ciclo celular.	Competencia en comunicación lingüística	

## APRENDER JUGANDO

a), b), e), g), h)		Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología Competencia digital Aprender a aprender Competencia social Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor
--------------------	--	---

### Secuencia:

El alumnado juega en equipos de 4 personas.

Antes de empezar el juego, el docente escribe en la pizarra la definición de ciclo celular:

*“proceso en el que se realiza la duplicación del ADN y la siguiente división del núcleo en dos iguales, que se reparten el material genético previamente duplicado, los orgánulos citoplasmáticos y el citoplasma”*

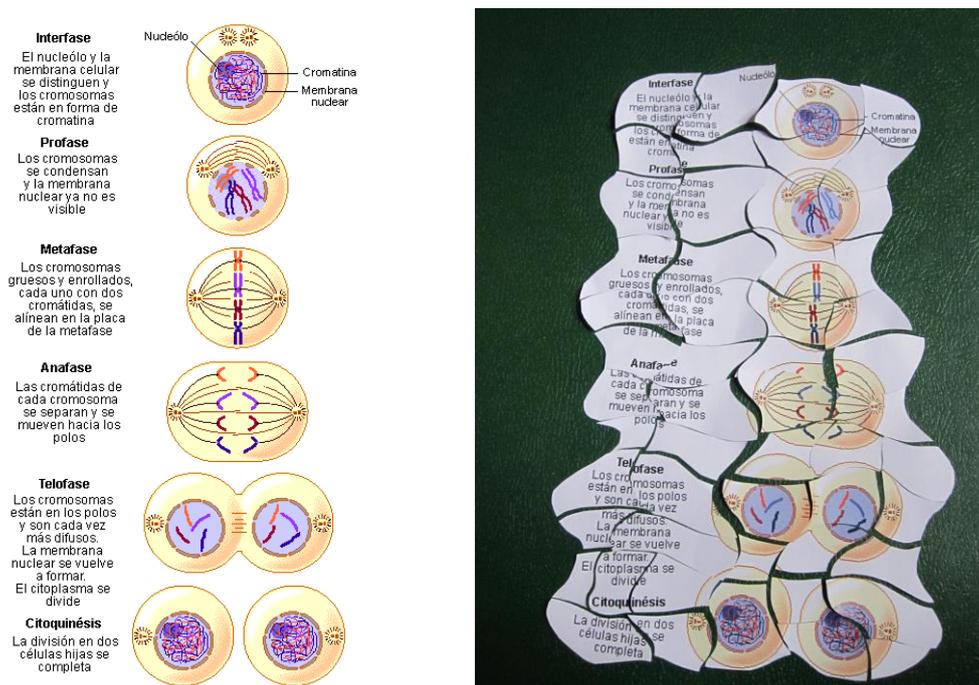
A continuación, enuncia las siguientes reglas del juego:

1. A partir de la definición dada, cada equipo debe realizar un puzle en una mesa propia. La fig. 3 muestra la imagen entera del puzle y como queda el mismo una vez realizado.
2. Cada equipo tiene a disposición 54 piezas de puzle, de las cuales algunas sobran y son necesarias para la terminación del puzle de otro equipo. De la misma manera, a cada equipo faltan trozos para completar su puzle y tiene que ir buscándolos en las mesas de los otros.
3. Al finalizar toda la clase, cada equipo debe justificar el orden propuesto de las fases del ciclo celular y la asociación de los dibujos a las mismas.
4. A continuación, cada grupo debe buscar en la web el verdadero orden de los acontecimientos que ocurren durante el proceso de mitosis, hacer un dibujo de las fases que lo componen en un cartón y, con eso, producir un puzle casero.
5. Los grupos se intercambian los puzles caseros realizados y cada grupo hace el puzle de otro.
6. Al finalizar, con toda la clase, se comparan los nuevos puzles y se comprueba el orden de las fases de la mitosis propuesto por los diferentes grupos.

Temporalización: aproximadamente una hora y media, distribuida en la siguiente manera:

- realización del puzle: 20 minutos;
- justificación del orden por cada equipo: 20 minutos;
- búsqueda de información y elaboración de nuevos puzles: 20 minutos
- realización de los nuevos puzle: 15 minutos;

- comprobación del orden de las fases del ciclo celular: 15 minutos.



**Figura 3.** Imagen entera del puzzle propuesto que representa la mitosis (fuente: [www.pmfias.com](http://www.pmfias.com)) y composición del puzzle (fuente: elaboración propia).

### 6.3. Actividad 3: “Cruci-historia genética”

#### Introducción y justificación

En la presente actividad se trabajan los conceptos básicos relativos a los siguientes contenidos: “ADN y genética molecular” y “concepto de gen”, indicados en el bloque 1 de la asignatura Biología y Geología de 4º de ESO. Estos temas se vuelven a tratar, de forma más profundizada, en 2º de Bachillerato, en el bloque 3: “Genética y evolución”, según lo establecido por el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2015a), así que el mismo juego se podría utilizar también en este curso para repasar los conceptos básicos antes de introducir nuevos contenidos.

La importancia del aprendizaje de la genética ha sido señalada desde hace mucho tiempo (Finley, Stewart, & Yarroch, 1982). Varios autores han analizado las dificultades que tienen los estudiantes para aprender los contenidos relativos a este tema. Entre estas, de las cuales encontramos un análisis detallado en el artículo de Ayuso y Banet (2002), destaca el escaso conocimiento de los significados de los términos básicos de genética, como gen, cromosoma, alelo, etc., lo cual lleva al entendimiento erróneo de los procesos en que están involucrados. Los autores justifican la importancia del conocimiento de estos conceptos de genética para la comprensión de fenómenos biológicos generales (como la reproducción sexual) y, también, de los avances actuales de la investigación científica y sus repercusiones a nivel tecnológico y social. Por estas razones enfatizan la importancia de promover su correcto entendimiento y asimilación.

## APRENDER JUGANDO

En su artículo, Olivares et al. (2008) evidencian cómo los crucigramas puedan representar una buena herramienta didáctica para amenizar la enseñanza y facilitar al alumnado el aprendizaje de conceptos teóricos. También otros autores muestran la contribución de los crucigramas en el desarrollo cognitivo, social e intelectual, dado que promueven la búsqueda de estrategias para la resolución de problemas, y en las habilidades académicas, ya que mejoran la atención y concentración y favorecen la reducción de respuestas verbales sin significado (Lomas, 1999). Además, son un pasatiempo que promueve la creatividad además del entretenimiento.

Franklin, Peat, & Lewis (2003) reportan que los mismos estudiantes reconocen en los crucigramas una herramienta de aprendizaje muy favorable por lo que concierne a la asignatura de Biología y los solicitan como medio de repaso. Realmente, el alumnado puede aprovechar los crucigramas para asimilar o comprobar su conocimiento, participando activamente y de forma divertida en el propio proceso de aprendizaje (McKeachie, 2002; Weisskirch, 2006).

A partir de estas y otras consideraciones sobre la utilidad de estos pasatiempos para el aprendizaje en el aula, se ha propuesto una actividad en forma de juego consistente en la resolución de dos crucigramas, que los estudiantes deben realizar en grupos de 3, y, después, en la elaboración y exposición de una breve historia inventada en la que se utilicen al menos algunas de las palabras encontradas en ellos.

A través de la resolución de los crucigramas el alumnado comprueba su conocimiento relativo al tema considerado, resuelve posibles dudas conceptuales o corrige convicciones erróneas. La creación de una historia con los términos que aparecen en los crucigramas permite verificar el buen entendimiento de los términos empleados, aplicándolos y utilizándolos de forma adecuada para dar sentido a la historia desarrollada.

La correcta comprensión de los conceptos formulados en las pistas y la búsqueda de los términos exactos relativos a cada una, favorecen el desarrollo de habilidades lingüísticas en el sector científico, al mismo tiempo que permite desarrollar el espíritu de iniciativa, la imaginación y la creatividad a través de la invención y exposición de una historia.

También en este juego, el trabajo en equipo favorece, por un lado, el desarrollo de competencias sociales y, por otro, el refuerzo dentro de un grupo de actitudes personales como seguridad, capacidad de decisión, expresión del propio punto de vista, etc.

### **Desarrollo**

Este juego se propone a estudiantes de 4º de ESO como juego-refuerzo después de la clase teórica, con el objetivo de conseguir una mejor comprensión de algunos conceptos básicos de genética. A través de este juego, el alumnado tiene la posibilidad de aclarar eventuales confusiones que a veces surgen cuando se da la definición de un cierto término científico.

Momento en que se realiza la actividad: después de la clase teórica.

## APRENDER JUGANDO

Recursos: hoja de dos crucigramas (A y B, mostrados en los anexos 3a y 3b, respectivamente); papel; bolígrafo.

Concreción curricular: En la tabla 4 se muestran los siguientes elementos curriculares: objetivos, contenidos, criterios de evaluación, estándares de aprendizaje, competencias de la actividad y relación con la legislación vigente. Los criterios de evaluación están adaptados parcialmente, según lo pertinente para la actividad.

**Tabla 4.** Elementos curriculares de la actividad 3.

OBJETIVOS	CONTENIDOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE
<p style="text-align: center;"><u>Específicos</u></p> <p>1. Reconocer las estructuras en las que está organizada la información genética.</p>	<p>Organización de la información genética. Trabajo en equipo.</p> <p>Desarrollo de la creatividad.</p> <p>Realización de evaluaciones basadas en criterios determinados.</p> <p>Elaboración de textos con estilos artísticos.</p> <p>Expresión oral.</p> <p>Cooperación.</p>	<p>1. Comparar la estructura de los cromosomas y de la cromatina.</p> <p>2. Comparar los tipos y la composición de los ácidos nucleicos.</p> <p>3. Relacionar la replicación del ADN con la conservación de la información genética.</p>	<p>1.1. Reconoce las partes de un cromosoma utilizándolo para construir un cariotipo.</p> <p>2.1. Distingue los distintos ácidos nucleicos y enumera sus componentes.</p> <p>3.1. Reconoce la función del ADN como portador de la información genética, relacionándolo con el concepto de gen.</p>
<b>LEGISLACIÓN VIGENTE: RD 1105/2014</b>		<b>COMPETENCIAS BÁSICAS</b>	
<p style="text-align: center;"><u>Generales</u></p> <p>a), b), g), h)</p>	<p>ADN y Genética molecular.</p> <p>Concepto de gen.</p>	<p>Competencia en comunicación lingüística</p> <p>Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología</p> <p>Aprender a aprender</p> <p>Competencia social</p> <p>Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor</p> <p>Conciencia y expresiones culturales</p>	

Secuencia:

Los alumnos juegan en grupos de 3 personas, respetando las siguientes reglas:

1. Cada grupo realiza los dos crucigramas considerando las definiciones proporcionadas por las pistas horizontales y verticales, y ayudándose con el hecho que, en los cruces, dos palabras (horizontal y vertical) comparten la misma letra.

## APRENDER JUGANDO

2. Después de la resolución de los crucigramas, cada grupo debe inventar una breve historia que tenga como protagonista a “*la Zanahoria Corredora*”, utilizando algunas palabras de los dos crucigramas. Para su elaboración, tiene un tiempo máximo de 15 minutos.
3. Pasado el tiempo máximo, cada grupo expone su historia al resto de la clase.
4. Se hace una discusión y votación final para elegir la historia mejor pensada, según los siguientes criterios: originalidad; sentido de la historia; su relación con los términos de los crucigramas; diversión.

Temporalización: una hora en total, repartida de la siguiente manera:

- realización de los crucigramas: 20 minutos;
- invención de la historia: 15 minutos;
- exposición de las historias a la clase: 10 minutos;
- discusión y votación: 15 minutos.

### **6.4. Actividad 4: “Desayuno celular”**

#### **Introducción y justificación**

En la actividad 2 se ha mencionado la existencia de dificultades en la comprensión de los procesos de mitosis y meiosis por los estudiantes de educación secundaria, la cual ha sido señalada en investigaciones y ha motivado a algunos docentes en la búsqueda de estrategias atractivas y simples para favorecer el entendimiento de los acontecimientos que caracterizan los dos procesos (Mertens y Walker, 1992; Shumway, 1993; Oakley, 1994; Stencel, 1995; Jimenez, 2003; Clark y Mathis, 2000).

Smith (1991) señala que las mayores dificultades encontradas por los estudiantes en el entendimiento de estos temas consisten en la incapacidad de diferenciar los procesos de replicación, unión (sinapsis) y separación (disyunción), y también de indicar si estos ocurren en mitosis, meiosis o en ambos procesos. Kindfield (1994) añade que otras frecuentes equivocaciones dependen de la falta de entendimiento de algunos términos básicos y consisten en la confusión e incapacidad de distinguir entre cromátidas y cromosomas, o entre cromosomas replicados y no replicados, por ejemplo.

Por lo que concierne al proceso de mitosis, en el presente trabajo ha sido propuesto un juego introductorio (“A ver cómo lo haces”, actividad 2), con el objetivo de acercar los estudiantes al tema de forma entretenida, dado que normalmente puede parecer complejo y, en consecuencia, desmotivar el alumnado a abordarlo.

Con respecto al proceso de meiosis, a continuación se propone un juego que permite a los docentes, y a los mismos estudiantes, comprobar el correcto entendimiento de los eventos que lo caracterizan y corregir eventuales ideas erróneas que se puedan tener.

El juego propuesto aborda algunos contenidos incluidos en el apartado “ciclo celular” del bloque 1 de la asignatura Biología y Geología de 4º de ESO. Los mismos temas se tratan en 1º de Bachillerato (Bloque 2. La organización celular de la asignatura Biología y Geología) y en 2º de Bachillerato (Bloque 2. La célula viva. Morfología,

## APRENDER JUGANDO

estructura y fisiología celular de la asignatura Biología), así que esta actividad se podría emplear también en este curso, adaptándola al nivel con el que se tratan los mismos.

Para la realización de este juego, el docente pide al alumnado que lleve dos pasteles dulces y dos salados por cada grupo y propone, como objetivo final del juego, desayunar juntos. Esto será posible sólo después de la resolución del juego.

Jugando en grupos de 4 personas, los estudiantes deben representar los acontecimientos que caracterizan el proceso de meiosis utilizando los pasteles que han llevado, siguiendo las reglas indicadas por el profesorado y aplicando lo que han aprendido. Entonces, deben esforzarse para comprender los acontecimientos de cada fase y representarlos utilizando el material que tienen a disposición. Utilizando pasteles y bandejas de cartón para la representación se esfuerzan en conectar conceptos de biología, que podrían quedarse en meros aspectos abstractos. Este ejercicio de hacer concreto lo abstracto se hace más fácil con material de uso cotidiano.

Por cada fase, se pide a todos los grupos sacar una fotografía y, luego, compartirla con los demás, proyectándola en la pizarra electrónica, y justificando la secuencia de los eventos que han representado. Por tanto, por un lado los estudiantes deben utilizar su creatividad e inventiva para organizar la representación requerida utilizando este “material insólito” y, por otro lado, tienen que desarrollar capacidades comunicativas y estructuras mentales propiamente científicas con el objetivo de representar correctamente los eventos del proceso de meiosis.

El trabajo en grupo les permite colaborar para resolver el problema planteado, comparando entre ellos las ideas que tienen, comprobando el correcto orden de los eventos propuestos y llegando a un compromiso para representar adecuadamente el proceso y poder, finalmente, desayunar juntos. La importancia del trabajo grupal ha sido señalada en Smith and Kindfield (1999) como muy eficaz para abordar este tema, dado que permite reducir el estrés y las actitudes negativas que pueden surgir hacia la consideración del mismo.

### **Desarrollo**

Este juego se propone a alumnos de 4º de ESO como actividad de comprobación de los conocimientos adquiridos y para aclarar eventuales dudas sobre el tema abordado.

Momento en que se realiza la actividad: después de la clase teórica.

Recursos: pasteles dulces y salados; bandejas grandes de cartón; tijeras.

Concreción curricular: En la tabla 5 se muestran los siguientes elementos curriculares: objetivos, contenidos, criterios de evaluación, estándares de aprendizaje, competencias de la actividad y relación con la legislación vigente. Los criterios de evaluación y los estándares de aprendizaje están adaptados parcialmente, según lo pertinente para la actividad.

**Tabla 5.** Elementos curriculares de la actividad 4.

## APRENDER JUGANDO

OBJETIVOS	CONTENIDOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE
<u>Específicos</u>	Fases de la meiosis. Trabajo en equipo.	1. Formular los principales procesos que tienen lugar en la meiosis.	1.1. Reconoce las fases de la meiosis.
1. Identificar las fases principales del proceso de meiosis.	Desarrollo de la creatividad.  Uso de dispositivos electrónicos como pizarras electrónicas y cámaras fotográficas digitales.  Cooperación.  Toma de conciencia sobre la importancia de la convivencia.		
<b>LEGISLACIÓN VIGENTE: RD 1105/2014</b>		<b>COMPETENCIAS BÁSICAS</b>	
<u>Generales</u>	Ciclo celular.	Comunicación lingüística  Competencias básicas en ciencia y tecnología  Aprender a aprender  Competencias sociales  Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor	
a), b), g), h)			

### Secuencia:

Los estudiantes juegan en grupos de 4 (posiblemente, 2 chicas y 2 chicos). Antes del desarrollo del juego, se les pide llevar, por parejas, un pastel dulce y uno salado, teniendo cuidado de la presencia de eventuales patologías como la diabetes, alergias e intolerancias alimenticias que puedan presentar los compañeros de clase.

El juego se realiza respetando las siguientes normas:

1. Hay que partir todos los pasteles en dos mitades.
2. Cada pastel representa un cromosoma y las dos piezas que lo componen son las cromátidas. Los dos pasteles dulces representan cromosomas homólogos: uno es de derivación materna (el llevado por las chicas o quienes actúen como tales en el juego) y el otro es de derivación paterna (el llevado por quienes actúen como chicos en el juego). Los dos son muy parecidos (de hecho, ambos son dulces y esto se relacionaría con el hecho que llevan información genética parecida), pero no son idénticos (como pasa en el caso de los cromosomas homólogos).
3. El mismo discurso se hace para los dos pasteles salados.
4. Cada grupo tiene que representar las etapas principales del proceso de meiosis. Para hacerlo, se pueden unir un par de mesas para crear continuidad de espacio y

## APRENDER JUGANDO

cortar las bandejas de cartón y utilizarlas poniéndolas en las mesas para simular las células. Para cada etapa representada, los jugadores deben tomar una fotografía.

5. Al finalizar la representación, cada grupo enseña las fotografías a los demás miembros de la clase, proyectándolas en la pizarra electrónica, y explica lo que ha ocurrido en cada etapa representada.
6. Al terminar el juego, cada componente de cada grupo comparte con los demás los trozos de los pasteles que recibiría, según la correcta resolución del juego, y todos los compañeros de clase desayunan juntos.

En el anexo 4a se muestra el esquema de división por meiosis y en el anexo 4b se indica una posible resolución del juego, con referencia a éste.

Temporalización: una hora.

### 6.5. Actividad 5: “Historia de mi pelo, negro y rizado”

#### Introducción y justificación

Las Leyes de Mendel o “leyes de la herencia” son un conjunto de postulados que describen el proceso biológico de la herencia, explicando cómo se transmiten los caracteres de los progenitores a la descendencia (Neil y Jane, 2007). Estas leyes tienen un carácter universal en su aplicación, es decir, son aplicables a todos los seres vivos, y son conocidas como: la primera ley o “Principio de la uniformidad de los heterocigotos de la primera generación filial”, la segunda ley o “Ley de la segregación de los caracteres en la segunda generación filial” y tercera ley de Mendel o “Ley de la independencia de los caracteres hereditarios”.

Algunos estudios han demostrado que el entendimiento y la aplicación de estas leyes pueden resultar difíciles para los estudiantes de secundaria, ya que para sus expresiones se utilizan términos y conceptos los cuales, en su mayoría, pueden producir confusión en los estudiantes que se acercan por primera vez a ellos (Bugallo, 1995; Caballero, 2008).

Para favorecer un correcto entendimiento de los conceptos relativos a la genética mendeliana, se propone un juego de rol didáctico como nueva estrategia de enseñanza-aprendizaje del tema, dirigido a estudiantes de 4º de ESO.

La actividad planteada permite trabajar algunos conceptos relativos a los siguientes contenidos:

- “La herencia y transmisión de caracteres. Introducción y desarrollo de las leyes de Mendel”.
- “Base cromosómica de las leyes de Mendel”.
- “Aplicaciones de las leyes de Mendel”.

Estos contenidos se han tomado del bloque 1 de la asignatura Biología y Geología de 4º de ESO, según lo establecido por el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre

## APRENDER JUGANDO

(Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2015a). A este nivel del curso, los alumnos se enfrentan con ellos por primera vez, para luego volver a retomarlos en 2º de Bachillerato, por lo que no extraña que sea común la aparición de errores en el entendimiento de lo que concierne a la localización, transmisión y cambios de la información hereditaria (Bugallo, 1995).

A través del juego propuesto, los estudiantes refuerzan su conocimiento de los conceptos de cromosomas homólogos, alelos y gen, aprenden a identificar los genes como elementos responsables de la herencia y a situarlos en los cromosomas. También, consolidan el entendimiento del significado de alelo dominante y recesivo por un carácter, y las expresiones fenotípicas resultantes de las combinaciones genotípicas.

Durante el juego, de forma simulada, participan activamente en el proceso de transmisión de los caracteres hereditarios, representando las combinaciones genotípicas, y las respectivas expresiones fenotípicas, de los individuos de las razas puras y de las primera y segunda generaciones filiales, relativas a uno o dos caracteres (según el nivel del juego). Para comenzar el estudio de la genética mendeliana se ha decidido utilizar situaciones y ejemplos más próximos a los estudiantes, más que los guisantes de Mendel. Por esta razón, para la realización de este juego de rol se ha tomado como referencia la transmisión de caracteres hereditarios en las personas, específicamente, el color y el tipo de pelo (negro o rubio, y liso o rizado, respectivamente).

Siguiendo las reglas establecidas, que realmente son las que ocurren en la naturaleza, los estudiantes reflexionan y sacan conclusiones sobre las leyes de Mendel, a partir de los resultados obtenidos en el juego, evaluando como correctas o erróneas las afirmaciones que están escritas en las fichas. Por ello, necesitan entender las frases escritas y relacionar su significado con los resultados del juego. De esto se deriva que la realización del juego propuesto contribuye al desarrollo de habilidades tales como la negociación, la capacidad de escucha, la observación, la recogida y la organización de información, las cuales son esenciales para la resolución creativa de los problemas planteados en una situación de trabajo colectivo.

Además, la modalidad no competitiva que caracteriza el juego favorece que todos los alumnos estén involucrados a la vez y colaboren compartiendo hechos e ideas para conseguir un fin común, es decir, la elaboración correcta de la ley de Mendel considerada, para pasar al nivel siguiente.

### **Desarrollo**

Este juego se propone a alumnos de 4º de ESO como actividad de apoyo para la comprensión de la genética mendeliana, dado que muchas veces los estudiantes tienen dificultades en visualizar los fenómenos que ocurren.

Específicamente, se trata de una simulación del proceso de transmisión de los caracteres hereditarios, que fue estudiado por Mendel y constituye la base de la genética moderna. En este juego, los alumnos son los protagonistas dado que, por un lado representan físicamente las características genotípicas y la expresión fenotípica de un carácter y, por otro lado, actúan para escenificar el proceso de transmisión de los mismos caracteres.

## APRENDER JUGANDO

El juego se divide en tres partes, cada una de las cuales aspira a la comprensión de una de las tres leyes de Mendel.

Momento en que se realiza la actividad: durante la clase teórica, como apoyo para entender el sentido de las leyes de Mendel y favorecer una mejor comprensión de los acontecimientos que llevan a las mismas.

Recursos: pegatinas medianas para camisetas (anexos 5a y 5b) y para carteles (anexo 5c); un cartel grande blanco, uno verde y otro rojo; pelucas morenas y rubias con pelo liso y rizado; 3 tabloncitos cada uno con 4 cuadrantes (anexo 5d) y un tablón con 16 cuadrantes (anexo 5e), todos de medidas aptas para ponerlos en el suelo y para que los alumnos puedan situarse encima de los cuadrantes; dos barajas de cartas (A y B) para las primera y segunda partes del juego (tabla 6); dos cartas sueltas (C y D) por la tercera fase (tabla 7); tres recipientes que contienen fichas con frases concluyentes que expresan, de forma correcta o equivocada, cada una de las leyes de Mendel (uno por cada ley, anexo 5f).

Concreción curricular: En la tabla 8 se muestran los siguientes elementos curriculares: objetivos, contenidos, criterios de evaluación, estándares de aprendizaje, competencias de la actividad y relación con la legislación vigente.

**Tabla 8.** Elementos curriculares de la actividad 5.

OBJETIVOS	CONTENIDOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE
<u>Específicos</u>	Primera ley de Mendel o “Principio de la uniformidad de los heterocigotos de la primera generación filial”.  Segunda ley de Mendel o “Ley de la segregación de los caracteres en la segunda generación filial”.  Tercera ley de Mendel o “Ley de la independencia de los caracteres hereditarios”. Trabajo en equipo.  Cooperación.  Toma de conciencia sobre la importancia de la convivencia.	1. Formular los principios básicos de Genética Mendeliana, aplicando las leyes de la herencia en la resolución de problemas sencillos.	1.1. Reconoce los principios básicos de la Genética mendeliana, resolviendo problemas prácticos de cruzamientos con uno o dos caracteres.
1. Conocer los conceptos básicos de la herencia y transmisión de caracteres.			
2. Entender y enunciar las leyes de Mendel.  3. Comprender cómo aplicar las leyes de Mendel.			
<b>LEGISLACIÓN VIGENTE: RD 1105/2014</b>		<b>COMPETENCIAS BÁSICAS</b>	

## APRENDER JUGANDO

<u>Generales</u>	La herencia y transmisión de caracteres. Introducción y desarrollo de las leyes de Mendel.	Comunicación lingüística
a), b), e), g), h)		
	Base cromosómica de las leyes de Mendel.	Competencias básicas en ciencia y tecnología
	Aplicaciones de las leyes de Mendel.	Aprender a aprender
		Competencia social
		Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor

### Primera parte: la primera ley de Mendel:

Cada estudiante pega en su camiseta una pegatina mediana, que coge al azar desde una baraja, la cual representa una pareja de cromosomas homólogos que llevan cada uno el gen determinante el color del pelo. Las posibilidades son: negro, carácter dominante (y, por eso, representado con “N”) y rubio, carácter recesivo (representado con “n”). Las combinaciones viables son: NN, Nn, nn. Además, la pegatina define la pertenencia a la raza pura (P), a la primera generación filial (F<sub>1</sub>) o a la segunda (F<sub>2</sub>) y, también, especifica el sexo, femenino o masculino (esta especificación sólo se hace para remarcar que la fecundación se realiza entre un gameto masculino y uno femenino).

En total, se deben tener, al menos, las pegatinas con las siguientes combinaciones:

- para la raza pura (P): 1 ♀ NN y 1 ♀ nn; 1 ♂ NN y 1 ♂ nn;
- para la primera generación filial (F<sub>1</sub>): 2 ♀ por cada combinación NN, nn y Nn y 2 ♂ por cada combinación NN, nn y Nn;
- para la segunda generación filial (F<sub>2</sub>): 2 ♀ por cada combinación NN, nn y Nn y 2 ♂ por cada combinación NN, nn y Nn.

La tipología de pegatinas propuestas, que deben ser elaboradas por el profesorado, se muestra en el anexo 5a, aunque se puede modificar según la voluntad del mismo.

Entonces, en esta primera parte del juego cada estudiante representa una pareja de cromosomas homólogos que llevan el gen determinante del color del pelo, según las posibilidades enunciadas.

En el caso de que no haya suficientes estudiantes para cubrir todas las combinaciones, el alumnado que representa la raza pura (P) luego asumirá los roles que se han quedado libres en la segunda generación filial (F<sub>2</sub>).

Además, hay dos barajas de cartas, A y B, que indican los cruces alélicos posibles entre los individuos de la raza pura (P) y entre los de la primera generación filial (F<sub>1</sub>), respectivamente. En la tabla 6 se muestran las combinaciones posibles.

**Tabla 6.** Combinaciones posibles de las barajas de cartas A y B

BARAJA	COMBINACIONES POSIBLES
--------	------------------------

## APRENDER JUGANDO

<b>A:</b> cruces entre individuos de raza pura (P)	$(\text{♀})\text{NN}*(\text{♂})\text{nn}$ , $(\text{♀})\text{NN}*(\text{♂})\text{NN}$ , $(\text{♀})\text{nn}*(\text{♂})\text{NN}$ , $(\text{♀})\text{nn}*(\text{♂})\text{nn}$
<b>B:</b> cruces entre individuos de la 1ª generación filial (F <sub>1</sub> )	$(\text{♀})\text{NN}*(\text{♂})\text{nn}$ , $(\text{♀})\text{NN}*(\text{♂})\text{NN}$ , $(\text{♀})\text{nn}*(\text{♂})\text{NN}$ , $(\text{♀})\text{nn}*(\text{♂})\text{nn}$ , $(\text{♀})\text{Nn}*(\text{♂})\text{NN}$ , $(\text{♀})\text{Nn}*(\text{♂})\text{nn}$ , $(\text{♀})\text{Nn}*(\text{♂})\text{Nn}$ , $(\text{♀})\text{NN}*(\text{♂})\text{Nn}$ , $(\text{♀})\text{nn}*(\text{♂})\text{Nn}$

En la mesa, el docente pone al menos 6 pelucas de pelo negro y 6 de pelo rubio (en esta parte del juego, no se tiene en cuenta de si se trata de pelo liso o rizado), y también las pegatinas representantes de las pelucas, que se muestran en la tabla 7, las cuales se pegarán en el cartel a la hora de sacar los resultados obtenidos. Además, debe poner en el suelo un tablón con 4 cuadrantes (anexo 5d) y en tres paredes del aula debe pegar los tres carteles.

Antes de empezar el juego, el profesorado explica al alumnado algunas reglas básicas:

- Los genes, que están en los cromosomas, pueden presentarse en variantes alternativas llamadas “alelos”.
- Si un individuo posee dos alelos iguales por un carácter específico se define “homocigótico” respecto al gen que define el carácter.
- Si un individuo posee dos alelos diferentes por un carácter específico se define “heterocigoto” respecto al gen que define el carácter.
- Un individuo se define “híbrido” respecto al gen que define un carácter si posee dos alelos diferentes por el mismo carácter: un alelo “visible” y uno “no visible”.
- Un alelo que determina un carácter visible se llama “dominante” y se indica con una mayúscula.
- Un alelo que determina un carácter no visible se llama “recesivo” y se indica con una minúscula.
- La manifestación visible (“fenotipo”) relativa a un carácter específico depende del conjunto de los dos alelos por el mismo carácter (“genotipo”).
- Durante los cruces genéticos que se realizan posteriormente, los alelos por un mismo carácter tienen que separarse y, luego, se acoplarán de manera casual.

El docente indica que éstas son las reglas del juego y, al finalizar el mismo, se evidenciará que realmente son reglas de la naturaleza, mientras que los cruces genéticos y las siguientes combinaciones corresponden a los procesos de formación de los gametos y fecundación, respectivamente.

### Secuencia:

El juego se realiza respetando la siguiente secuencia:

1. Un estudiante coge una carta de la baraja A y escribe en el cartel blanco las informaciones genotípicas del cruce indicado.

## APRENDER JUGANDO

2. El alumnado que lleva la pegatina correspondiente se pone las pelucas que le corresponde (expresión fenotípica del genotipo que llevan), se acerca al tablón, escribe con un rotulador al lado de cada cuadrante cada una de las letras representantes de las variables alélicas que tiene y se queda allí.
3. Los estudiantes que representan las primera y segunda generaciones filiales se acercan al tablón, discuten entre ellos sobre cuáles serán las combinaciones resultantes del cruce y, una vez alcanzado un acuerdo, las escriben en los sectores correspondientes.
4. Los estudiantes de la primera generación filial ( $F_1$ ), que llevan las pegatinas con las combinaciones adecuadas, van a coger las pelucas que les corresponden, cada uno según la combinación de alelos que tiene, y se posicionan en los cuadrantes correspondientes del tablón.
5. El alumnado que representa la segunda generación filial ( $F_2$ ) completa en el cartel blanco los resultados genotípicos del cruce realizado y, abajo, muestra la expresión fenotípica del mismo cruce, pegando las pegatinas representantes de las pelucas de pelo negro y/o rubio, según lo obtenido.
6. Esta primera parte del juego se repite hasta finalizar las cartas de la primera baraja. Para terminar la primera parte del juego y pasar al nivel siguiente, los estudiantes deben coger una ficha del primer recipiente y, conjuntamente, decidir si las conclusiones escritas corresponden a los resultados obtenidos en el juego, justificando sus elecciones y descartando las fichas erróneas cada vez que se presenten, hasta conseguir la única ficha correcta que expresa la primera ley de Mendel. En el anexo 5f se muestran algunos ejemplos de fichas representando elaboraciones erróneas de la primera ley de Mendel.

### Segunda parte: la segunda ley de Mendel:

También en esta fase se utilizan las pelucas teniendo en cuenta sólo el color del pelo (un único carácter). Además, para la separación de los alelos y la siguiente combinación casual se utiliza un segundo tablón con 4 cuadrantes (anexo 5d). Los cruces y los resultados que se obtienen de ellos se escriben en el cartel verde.

### Secuencia:

1. El desarrollo del juego se repite de la misma manera que el anterior pero, en esta fase, los actores son los estudiantes que representan las primera y segunda generaciones filiales ( $F_1$  y  $F_2$ ).
2. El alumnado representante la raza pura (P) extrae las cartas de la baraja B, escribe en el cartel los cruces y los resultados genotípicos y pega las pegatinas relativas a las pelucas correspondientes.
3. De la misma manera que antes, al finalizar los cruces de las cartas de la baraja B, para pasar al nivel siguiente, los estudiantes deben extraer una ficha desde el segundo recipiente hasta encontrar la ficha que explica la segunda ley de Mendel de forma correcta. En el anexo 5f se muestran algunos ejemplos de fichas representando elaboraciones erróneas de la segunda ley de Mendel.

### Tercera parte: la tercera ley de Mendel:

## APRENDER JUGANDO

Para la realización de la tercera parte del juego, el profesorado añade a las reglas básicas del juego, enunciadas anteriormente, otra regla importante:

- Los genes diferentes tienen que transmitirse independientemente.

En esta parte, cada estudiante representa dos parejas de alelos: una, relativa al carácter “color del pelo” (negro: dominante (N); rubio: recesivo (n)) y, la otra, al carácter “tipo del pelo” (liso: dominante (L); rizado: recesivo (l)).

El alumnado pega en su camiseta una pegatina que define las características de las dos parejas de alelos, el sexo (como antes, esto se utiliza exclusivamente para remarcar que la fecundación se produce entre un gameto masculino y uno femenino) y la pertenencia a la raza pura o a la primera o segunda generación filial.

En total, se deben tener al menos las pegatinas con las siguientes combinaciones:

- para la raza pura (P): 1 ♀ NNLL y 1 ♂ nlll (para simplificar, se consideran un individuo femenino homocigoto dominante respecto a los genes que definen los dos caracteres y un individuo masculino homocigoto recesivo respecto a los genes que definen los mismos. El sexo de los homocigotos dominante y recesivo puede ser también al revés: esta simplificación se hace sólo por un problema de falta de número de participantes al juego);
- para la primera generación filial (F<sub>1</sub>): 4 NnLl (2 ♀ y 2 ♂);
- para la segunda generación filial (F<sub>2</sub>): 1 NNLL, 1 NNLI, 1 NNIL, 1 Nnll, 1 NnLL, 1 NnLl, 1 NnlL, 1 Nnll, 1 nNLL, 1 nNLI, 1 nNIL, 1 nNll, 1 nnLL, 1 nnLL, 1 nnLl, 1 nnll (en este caso, la indicación del sexo no es relevante para el objetivo del juego).

La tipología de pegatinas propuestas, elaborada por el profesorado, se muestra en el anexo 5b.

En esta tercera parte del juego se utilizan un nuevo tablón con 4 cuadrantes (anexo 5d), en la primera fase, y uno con 16 cuadrantes (anexo 5e), en la segunda. Los cruces y los resultados se escriben en el cartel rojo. Además, hay sólo dos cartas, C y D, cuyos cruces se indican en la tabla 7.

**Tabla 7.** Combinaciones de las cartas C y D

CARTA	COMBINACIONES POSIBLES
<b>C:</b> cruce entre individuos de raza pura (P)	(♀)NNLL*(♂)nlll
<b>D:</b> cruce entre individuos de la 1ª generación filial (F <sub>1</sub> )	(♀)NnLl*(♂)NnLl

### Secuencia:

1. El juego se desarrolla de la misma manera de la primera y segunda parte.
2. Después de la realización del cruce indicado en la carta C, se sigue con el segundo (indicado en la carta D) y sólo al finalizar éste el alumnado coge una

ficha desde el tercer recipiente hasta encontrar las conclusiones correctas, que coinciden con a la tercera ley de Mendel. En el anexo 5f se muestran algunos ejemplos de fichas representando elaboraciones erróneas de la tercera ley de Mendel.

Temporalización: el juego se realiza en dos horas. Puede desarrollarse de forma continua o interrumpirse después de la primera y segunda parte (una hora), y continuar la tercera parte en otro momento (otra hora).

### **6.6. Actividad 6: “Siendo ácidos nucleicos..”**

#### **Introducción y justificación**

Varios estudios han evidenciado que la implementación de juegos de rol para la explicación de procesos de biología molecular representa una herramienta muy eficaz porque proporciona a los estudiantes una imagen mental de los procesos moleculares abordados y, también, facilita que los estudiantes creen un enlace entre las escalas macroscópica y molecular (Takemura & Kurabayashi, 2014; Ross, Tronson, & Ritchie, 2008).

En el ámbito de la biología molecular, se ha advertido la percepción de complejidad y la frecuente aparición de dificultades en la comprensión de los temas relativos a los procesos de replicación del ADN, transcripción y traducción en proteínas que encuentran los estudiantes. De hecho parece que muchas veces estos últimos sólo tienden a memorizar los eventos involucrados en los procesos, sin realmente entenderlos (Wood-Robinson, Lewis, & Leach, 2000; Abreu de Andrade, Branco da Cunha y Barbosa, 2011). Una causa que está en la base de estas dificultades deriva de la errónea comprensión de los conceptos básicos referentes a la estructura de los ácidos nucleicos. El correcto conocimiento de estos es fundamental para la comprensión de los eventos celulares relacionados con los procesos de replicación semiconservadora de la molécula de ADN, transcripción (formación de mARN) y traducción.

A partir de estas evidencias, en el presente trabajo se propone una actividad consistente en la realización de una representación teatral por el alumnado de 4º de ESO, para los estudiantes de 3º de ESO. El objetivo de esta representación teatral es comprobar el conocimiento de la estructura de los ácidos nucleicos, los procesos de replicación del ADN, transcripción en mARN y traducción en proteínas, el mecanismo básico de aparición de las mutaciones y sus tipos por los estudiantes de 4º de ESO. Al mismo tiempo, se pretende animar a los estudiantes a mostrar estas nociones de forma amena, entretenida, dinámica y motivadora para los de 3º de ESO, con el propósito de atraer su interés y despertar su curiosidad hacia estas temáticas y, quizás, alentarles a elegir la asignatura Biología y Geología para el curso del año siguiente.

Para la realización del juego, el alumnado de 4º de ESO debe cumplir con algunas normas indicadas por el profesorado, debatiendo con todo el conjunto de la clase y colaborando para comprender, interpretar y solucionar la tarea planteada.

## APRENDER JUGANDO

Al mismo tiempo que explica los temas abordados, comprueba sus conocimientos sobre ellos, corrigiendo eventuales conceptos erróneos que puedan surgir. El juego cooperativo realizado por toda la clase permite la confrontación de diferentes puntos de vista y la llegada a un acuerdo común para la realización de la escenificación, a través del desarrollo de las habilidades sociales. Además, expresando cada estudiante su punto de vista personal, trabaja las competencias lingüísticas, aplicándolas específicamente en un contexto científico.

Durante la realización de la representación teatral, el alumnado de 3º de ESO dispone de algunas orientaciones que se le proporcionan por escrito y que muestran la correcta representación que los estudiantes de 4º de ESO deberían realizar. Por ello, si estos últimos cometen errores, puede intervenir para corregirlos y guiarlos en la representación. Actuando de esta manera, también los estudiantes de 3º de ESO cumplen el rol de “enseñantes” y evaluadores, al mismo tiempo que experimentan un primer acercamiento al sector de la biología molecular, aún desconocido para ellos. Esto constituye una primera ocasión para evaluar si el tema tratado puede ser algo atractivo y llamativo para su formación futura.

### Desarrollo

Esta actividad se propone como juego de evaluación para estudiantes de 4º de ESO y, a la vez, como juego introductorio para los de 3º de ESO, con el propósito de acercarlos al mundo de la biología molecular para que estimen la elección de la asignatura Biología y Geología el curso del año siguiente. Frente a estos últimos, el alumnado de 4º de ESO tiene que escenificar:

- La estructura de los ácidos nucleicos (ADN; ARN).
- Los procesos de duplicación del ADN, transcripción en mRNA y traducción en proteínas.
- El mecanismo básico de aparición de mutaciones y sus tipos.

Momento en que se desarrolla la actividad: después de la clase teórica, para comprobar lo aprendido.

Recursos: gorras, camisetas y pantalones de diferentes colores; pegatinas con letras diferentes para distinguir los actores que asumen roles diferentes, específicamente: “P” por los grupos fosfato, “D” por los desoxirribosios, “A” por las aminas, “T” por las timinas, “G” por las guaninas, “C” por las citosinas, “U” por los uraciles, “R” por los ribosios, “tARN”, por el ARN de transferencia; carteles que llevan cada uno el nombre de un aminoácido; tabla del código genético (anexo 6a); papeles blancos; recipiente con fichas para establecer el rol de cada alumno en la representación teatral; hojas con la indicación de una posible representación.

Concreción curricular: En la tabla 9 se muestran los siguientes elementos curriculares: objetivos, contenidos, criterios de evaluación, estándares de aprendizaje, competencias de la actividad y relación con la legislación vigente. Los contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje hacen referencia al nivel 4º de ESO. Los

## APRENDER JUGANDO

critérios de evaluación y estándares de aprendizaje están adaptados parcialmente, según lo adecuado a la actividad.

**Tabla 9.** Elementos curriculares de la actividad 6.

OBJETIVOS	CONTENIDOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE
<p style="text-align: center;"><u>Específicos</u></p> <p>1. Conocer y distinguir la estructura del ADN y ARN.</p> <p>2. Comprender e describir los procesos de duplicación del ADN, transcripción y traducción en proteínas utilizando el código genético.</p> <p>3. Conocer el mecanismo básico de aparición de las mutaciones e identificar los distintos tipos.</p>	<p>Estructura del ADN y del ARN.</p> <p>Procesos de duplicación del ADN, transcripción en mARN y traducción en proteínas.</p> <p>Mecanismo básico de aparición de las mutaciones y tipos diferentes de mutaciones. Trabajo en equipo.</p> <p>Realización de evaluaciones basadas en criterios determinados.</p> <p>Cooperación.</p> <p>Toma de conciencia sobre la importancia de la convivencia.</p>	<p>1. Comparar los tipos y la composición de los ácidos nucleicos, relacionándolos con su función.</p> <p>2. Relacionar la replicación del ADN con la conservación de la información genética.</p> <p>3. Comprender cómo se expresa la información genética, utilizando el código genético.</p> <p>4. Valorar el papel de las mutaciones en la diversidad genética.</p>	<p>1.1. Distingue los distintos ácidos nucleicos y enumera sus componentes.</p> <p>2.1. Reconoce la función del ADN como portador de la información genética.</p> <p>3.1. Ilustra los mecanismos de la expresión genética por medio del código genético.</p> <p>4.1. Reconoce y explica en qué consisten las mutaciones y sus tipos.</p>
<b>LEGISLACIÓN VIGENTE: RD 1105/2014</b>		<b>COMPETENCIAS BÁSICAS</b>	
<p style="text-align: center;"><u>Generales</u></p> <p>a), b), g), h)</p>	<p>Los ácidos nucleicos.</p> <p>Proceso de replicación del ADN.</p> <p>Expresión de la información genética.</p>	<p>Competencia en comunicación lingüística</p> <p>Competencias básicas en ciencia y tecnología</p> <p>Aprender a aprender</p> <p>Competencia social</p> <p>Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor</p>	

### Secuencia:

El alumnado de 4º de ESO juega en grupo y se organiza para realizar la escenificación de la estructura del ADN y ARN, los procesos de duplicación del ADN, transcripción en mARN y traducción en proteínas, y el mecanismo básico de aparición de las mutaciones y sus tipos.

Los estudiantes realizan esta representación teatral frente a los alumnos de 3º de ESO, que desconocen el tema, con el objetivo de motivarlos en la elección de la

## APRENDER JUGANDO

asignatura Biología y Geología para el siguiente año escolar, a través del acercamiento a estos temas de forma entretenida.

Para la correcta escenificación, se deben cumplir las siguientes reglas:

1. Cada alumno asume un rol, entre los siguientes disponibles: grupos fosfato, bases nitrogenadas, ribosios y desoxiribosios, tANRs (para simplificar, un sólo estudiante representa la estructura del tARN en el grupo). La elección del rol se realiza al azar, a través de extracción de fichas de un recipiente.
2. Los alumnos que asumen el mismo rol se ponen gorra, camiseta y pantalones del mismo color y, además, pegan en su camiseta la letra que los identifica.
3. Los enlaces entre grupos fosfato, azúcares y bases nitrogenadas se hacen con brazos y manos.
4. Los puentes de hidrógeno entre bases nitrogenadas se hacen con papeles blancos.
5. Para el proceso de traducción, deben crear el espacio físico donde se realiza dicho proceso.
6. Para indicar la dirección 5'-3' de cada filamento, los componentes llevan la gorra hacia el 3'.
7. Se debe empezar la representación ilustrando la estructura del ADN y del ARN y, a continuación, se representan los siguientes procesos: duplicación del ADN; transcripción del ADN en mARN; traducción del mARN en proteínas; mecanismo básico de aparición de mutaciones y sus tipos.
8. Los estudiantes de 3º de ESO tienen unas hojas con la indicación de una posible representación y, también, algunas características de la estructura del ADN y del ARN que los de 4º de ESO deberían tener en cuenta a la hora de actuar. De esta manera, pueden darles sugerencias si fallan (un máximo de 10 sugerencias, en total).
9. Al finalizar la representación teatral, los estudiantes de 3º de ESO, tras una evaluación global, califican entre 1 y 10 la actuación de los estudiantes de 4º, teniendo en cuenta que el nivel de claridad de la representación permita que estudiantes que desconocen el tema lo puedan entender.

En el anexo 6 se muestra un posible modelo de representación de la estructura del ADN (anexo 6b), del ARN (anexo 6c), de los procesos de duplicación del ADN (anexo 6d), transcripción en mARN (anexo 6e), traducción en proteínas (anexo 6f) y de los tipos principales de mutaciones (anexo 6g).

Temporalización: una hora y media o dos.

### **6.7. Actividad 7: “Mi nuevo mundo natural: cómo reinventar la naturaleza a través de la ciencia”**

#### **Introducción y justificación**

La biotecnología representa un área de conocimiento que en los últimos años ha sido motivo de debates científico-tecnológicos en muchos ámbitos diferentes (agrario, ambiental, farmacéutico, industrial, etcétera) (Cabo, Enrique y Cortiñas, 2006). Para

## APRENDER JUGANDO

permitir la participación democrática en estos debates es necesario que las personas conozcan los fundamentos científicos y tecnológicos involucrados, y por ello resulta esencial la inclusión de esta temática en la formación científica ciudadana.

Debido a su papel relevante, la biotecnología ha sido incorporada desde hace más de quince años en los currículos oficiales de diversos países. France (2007) destaca que la tendencia internacional es la inclusión de la biotecnología moderna en la asignatura Biología a nivel de los últimos años de la escuela secundaria, aunque en algunos países su abordaje se observe también en los primeros años de dicho nivel.

De manera general, se puede considerar a la biotecnología como una actividad basada en conocimientos multidisciplinares que emplea agentes biológicos para realizar productos útiles o resolver problemas (Muñoz de Malajovich, 2006). Actualmente, se utiliza en muchos sectores diferentes y, por su relevancia, se pueden destacar las siguientes aplicaciones:

- Análisis de ADN para investigación policial, determinación de parentesco, pruebas de paternidad, etc.
- Creación de animales y plantas con características específicas mediante la inclusión de genes de otra especie, a través de técnicas del ADN recombinante.
- Producción de alimentos transgénicos, también a través del uso de técnicas de ADN recombinante.
- Obtención de sustancias terapéuticas, como la insulina, el interferón, la hormona del crecimiento o los factores de coagulación, principalmente mediante técnicas de ingeniería genética en bacterias.
- Diagnóstico prenatal y terapia génica, para enmendar enfermedades genéticas.
- Clonación de animales y plantas, con finalidades diversas. Entre ellas, destaca la recuperación de especies extinguidas.

La aplicación de técnicas biotecnológicas en sectores tan variados (científicos, tecnológicos, sociales y ambientales) presupone la necesidad de considerar su estrecha relación con la bioética, la cual obliga reflexionar sobre las acciones humanas realizadas con responsabilidad en los seres vivos (Kottow, 2005). De hecho, la aplicación de técnicas biotecnológicas lleva consigo la obligación de pensar en sus dimensiones éticas vinculadas al contexto, es decir, la política, la economía, la cultura y el ambiente, entre otros. Todos estos aspectos tienen que ser considerados a la hora de abordar el tema relativo a esta disciplina científica en el aula de secundaria.

Entonces, desde la labor educativa se requiere una educación en biotecnología que incluya aspectos sociales, éticos y políticos, con el propósito de formar estudiantes que sean capaces de elaborar opiniones argumentadas en base a sus conocimientos y también que desarrollen una mayor conciencia, tolerancia y respeto por la diversidad de opiniones (Dawson & Schibeci, 2003 b).

Varios autores evidencian la tendencia de los estudiantes de secundaria a asumir actitudes negativas hacia la biotecnología, debida principalmente a falta de conocimiento de este tema. (Gunter, Kinderlerer & Beyleveld, 1998; Dawson & Schibeci, 2003a; Klop & Severiens, 2007).

## APRENDER JUGANDO

Ekborg (2008), a través de la realización de una investigación entre estudiantes de escuelas secundarias en Suecia, evidencia la existencia de falta de relaciones entre el conocimiento básico de genética y sus opiniones sobre la biotecnología, con referencia particular al tema de los organismos genéticamente modificados. Específicamente, señala las dificultades de los estudiantes en entender la diferencia entre cultivo convencional de plantas y cultivo con tecnología genética, la realización de la evaluación de riesgos de las aplicaciones biotecnológicas y los métodos de trabajo de los científicos e investigadores.

Lewis y Wood-Robinson (2000) muestran que la falta de comprensión de los procesos biotecnológicos depende en buena parte de la escasa comprensión de conceptos y procesos básicos como genes, cromosomas, alelos, información genética y relación entre estos.

Pedrancini, Corazza-Nunes, Galuch, Moreira y Ribeiro (2007) han llegado a conclusiones parecidas a partir de un estudio desarrollado en Brasil y ponen en evidencia la necesidad de favorecer una enseñanza enfocada principalmente en la comprensión de los conceptos básicos de genética, más que en su memorización.

La tendencia a asumir posiciones negativas en relación al tema de la biotecnología también depende de las estrategias de enseñanza (en la mayoría de los casos basadas en el uso de libros de texto) que el profesorado utiliza para abordar esta temática, las cuales constituyen una guía de selección y secuenciación conceptual tanto para los estudiantes como para los mismos docentes (Davis & Krajcik, 2005). Recientemente se han introducido propuestas para enseñar la biotecnología a estudiantes de secundaria a través de actividades prácticas en el laboratorio y pequeños proyectos de investigación (Bolaño, 2003; Roa y Urbina, 2005). Además, Simonneaux (2000) ha propuesto el trabajo de actividades mediante juegos de rol y debates estructurados sobre distintas temáticas relacionadas con la biotecnología.

Debido a la percepción de la necesidad de una innovación en la enseñanza de esta temática compleja, en este trabajo se propone un juego introductorio a la biotecnología, partiendo del descubrimiento de esta ciencia y su aplicación en el ámbito artístico, proponiendo a los estudiantes el conocimiento de una corriente artística conocida como “*bioarte*”, aún en desarrollo y poco popular.

El término “*bioarte*” fue utilizado por Kac en 1997, para referirse a una práctica artística que provee el empleo de procesos científicos como la biotecnología de tejidos, bacterias y organismos vivos (Baigorri, 2014). En 1998 el mismo artista, máximo exponente de esta corriente, propuso el concepto de arte transgénico, definido como “una nueva forma de arte basada en el uso de las técnicas de ingeniería genética para transferir material de una especie a otra, o de crear unos singulares organismos vivientes con genes sintéticos” (1998, p.1). Los artistas implicados en ella asumen el rol de provocadores con el objetivo de implicar socialmente al público en la información, reflexión y análisis del empleo y de las consecuencias de la innovación y el progreso científico debidos al desarrollo de la biotecnología. A través de sus obras, los artistas que trabajan en el *bioarte* intentan abrir nuevos debates éticos sobre la ciencia.

## APRENDER JUGANDO

El juego propuesto tiene el objetivo de introducir los estudiantes en el mundo de la biotecnología, para que puedan comprender las técnicas principales empleadas en muchos ámbitos diferentes y, al mismo tiempo, para que reflexionen y desarrollen una actitud crítica hacia su aplicación en diferentes sectores de la sociedad. Con el objetivo de captar su atención y despertar su curiosidad hacia este tema, se propone utilizar el bioarte como recurso didáctico eficaz en este proceso de enseñanza-aprendizaje.

El profesorado propone a los estudiantes algunas obras de esta corriente artística sobre las cuales deben buscar informaciones (disponibles en la web) que sean suficientes y útiles para poder entender los procedimientos técnicos que están en la base de las creaciones realizadas. Los estudiantes utilizan las informaciones que les parecen más relevantes y las discuten en grupo, consolidando el propio entendimiento de los procesos y de las obras y expresando su punto de vista sobre los mismos. Luego, el profesorado propone al alumnado la creación de nuevas obras mediante la realización de dibujos con el objetivo de montar una exposición de divulgación de la biotecnología. Las obras realizadas son presentadas por los jugadores y evaluadas por una comisión de jueces que establece su aceptación o rechazo en la participación a la exposición. Esta fase del juego permite la aclaración de conceptos y superación de dificultades a quién las presente. Además es una herramienta que ayuda a reforzar los conocimientos en quien escucha y evalúa la validez de las presentaciones de los artistas, es decir, los jueces, quienes, a su vez, desarrollan capacidades relacionadas con la evaluación.

En base a lo aprendido, el alumnado, que participa en el juego en grupos de 4 personas, puede decidir crear o adaptar sus obras a partir de las creaciones de bioarte que han sido propuestas por el profesorado. De forma contraria, puede elegir realizar las obras utilizando modalidades artísticas diferentes al bioarte, pero siempre abordando el tema tratado, para que los dibujos ofrezcan a los demás la posibilidad de aprender, entender y construir conocimientos sobre la biotecnología, así como reorganizar posibles equivocaciones y confusiones. La modalidad de realización de las obras por cada grupo se establece después de un debate que se realiza a nivel grupal. La propuesta de una estrategia de trabajos grupales sobre este tema permite crear oportunidades que favorezcan la construcción social del conocimiento, debido al carácter de estos contenidos, que involucran aspectos y asuntos de alto impacto social.

La elección de imágenes de artistas de bioarte y la propuesta de realización de nuevas creaciones por el alumnado para introducir el tema de la biotecnología deriva también del elevado valor que el campo de la ilustración tiene reconocido en el proceso de enseñanza-aprendizaje en el ámbito científico, debido a las importantes relaciones que se establecen entre dibujar-observar, dibujar-recordar, dibujar-comunicar y dibujar-modelizar, siendo las imágenes un recurso educativo muy influyente para complementar y ampliar la verbalidad (Márquez, 2002; Goyes Narváez, 2003; Grilli, Laxague y Barboza, 2015).

### Desarrollo

Este juego está dirigido a los estudiantes de 4º de ESO, aunque se pueda adaptar también para el alumnado de 2º de Bachillerato, para tratar el mismo tema. A través de este juego los estudiantes toman conocimiento de las técnicas biotecnológicas utilizadas en la actualidad y sus diferentes aplicaciones.

## APRENDER JUGANDO

Momento en que se realiza la actividad: como introducción al tema, antes de la explicación teórica.

Recursos: imágenes de obras de bioarte (anexo 7); ordenadores (uno por cada grupo); internet; papeles; lápices o bolígrafos de distintos colores.

Concreción curricular: En la tabla 10 se muestran los siguientes elementos curriculares: objetivos, contenidos, criterios de evaluación, estándares de aprendizaje, competencias de la actividad y relación con la legislación vigente. Los criterios de evaluación y estándares de aprendizaje están adaptados parcialmente, según su adecuación a la actividad.

**Tabla 10.** Elementos curriculares de la actividad 7.

OBJETIVOS	CONTENIDOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE
<p style="text-align: center;"><u>Específicos</u></p> <p>1. Conocer y distinguir las principales técnicas biotecnológicas empleadas en la actualidad.</p> <p>2. Comprender y evaluar de forma crítica los descubrimientos y los resultados de la actual aplicación de técnicas biotecnológicas.</p>	<p>Principales técnicas biotecnológicas actualmente aplicadas en diferentes ámbitos.</p> <p>Desarrollo de la creatividad.</p> <p>Toma de conciencia sobre la importancia de la convivencia.</p> <p>Desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en contextos científicos.</p> <p>Desarrollo de conciencia, tolerancia y respeto por la diversidad de opiniones.</p>	<p>1. Identificar las técnicas de la Ingeniería Genética: ADN recombinante y PCR.</p> <p>2. Comprender el proceso de la clonación.</p> <p>3. Reconocer las aplicaciones de la Ingeniería Genética: OMG (organismos modificados genéticamente).</p> <p>4. Valorar las aplicaciones de la tecnología del ADN recombinante en la salud.</p>	<p>1.1. Diferencia técnicas de trabajo en ingeniería genética.</p> <p>2.1. Describe las técnicas de clonación animal</p> <p>3.1. Analiza las implicaciones éticas y sociales de la Ingeniería Genética.</p> <p>4.1. Interpreta críticamente las consecuencias de los avances actuales en el campo de la biotecnología.</p>
<b>LEGISLACIÓN VIGENTE: RD 1105/2014</b>		<b>COMPETENCIAS BÁSICAS</b>	
<p style="text-align: center;"><u>Generales</u></p> <p>a), b), e), f), g), h), l)</p>	<p>Ingeniería Genética: técnicas y aplicaciones.</p> <p>Biotecnología. Bioética.</p>	<p>Competencia en comunicación lingüística</p> <p>Competencias básicas en ciencia y tecnología</p> <p>Competencia digital</p> <p>Aprender a aprender</p> <p>Competencia social</p> <p>Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor</p> <p>Conciencia y expresiones culturales</p>	

Secuencia:

## APRENDER JUGANDO

El alumnado participa en el juego organizándose en grupos de 4 personas. El juego se desarrolla respetando la siguiente secuencia:

1. El profesorado invita a los estudiantes a montar en el aula una exposición de divulgación de la biotecnología que lleva el título: “*Mi nuevo mundo natural: cómo reinventar la naturaleza a través de la ciencia*”, poniendo imágenes de obras famosas de bioarte y dibujos realizados por cada grupo de estudiantes. El docente asigna a cada grupo una de las imágenes mostradas en el anexo 7 (Kac, 1999; Kac, 2000; Kac, 2003-2008; Cohen & Van Balen, 2008; Jeremijenko, 2000). También, da informaciones sobre el título de la obra y el nombre del artista, y propone buscar en la web más informaciones relativas a esta obra. A través de la indagación sobre las obras artísticas, los estudiantes conocen las principales técnicas biotecnológicas que han sido empleadas y que se aplican actualmente en muchos sectores diferentes.
2. Después de informarse, los componentes de cada grupo hablan entre ellos sobre sus propias consideraciones relativas al empleo de estas técnicas biotecnológicas, tanto en el sector artístico cuanto en otros ámbitos que sugieren las mismas obras. Entonces, planifican la creación de la obra que van a proponer para la exposición, que podría hacerse utilizando procedimientos parecidos a los que acaban de conocer u otros diferentes, pero siempre con el objetivo de crear algo que concierna al sector de la biotecnología. Cada grupo materializa su propuesta mediante la realización de un dibujo, a modo de boceto de la creación artística. Los dibujos realizados se exponen en una pared.
3. A continuación, se constituye una comisión de jueces, representada por dos alumnos de cada grupo, y los restantes justifican delante de la comisión la obra que han propuesto y el por qué han elegido que se realice de esa manera.
4. Los jurados establecen si aceptar o no las obras en la exposición. Las obras aceptadas se quedan pegadas en la pared del aula y a estas se añaden las imágenes de las obras famosas de bioarte.
5. Para finalizar, se desarrolla un pequeño debate en donde se discute sobre las decisiones de la comisión de jueces y también se reflexiona todos juntos acerca de la actual aplicación de la biotecnología en diferentes ámbitos.

En el anexo 7 se muestran las imágenes de bioarte propuestas para el juego, una breve descripción de cada una y un resumen de los temas abordados y en los que puede profundizarse a través del análisis de las mismas.

### **6.8. Actividad 8: “¿La evolución es la solución?”**

#### **Introducción y justificación**

La evolución representa un tema central dentro del estudio de la biología porque incluye múltiples aspectos que se tratan a lo largo de diferentes etapas educativas, como la diversidad y clasificación de los seres vivos, la dinámica terrestre, la genética o la ecología. Su importancia en el desarrollo conceptual de la biología moderna es muy grande y, ciertamente, la comprensión de la vida está relacionada de manera directa con la concepción de la evolución (Jiménez y Muñoz, 2015).

En el ámbito educativo, varios estudios muestran la existencia de grandes dificultades para que los alumnos comprendan los conceptos centrales de la biología evolutiva (Nehm & Reilly, 2007; Smith, 2010; Tamayo, 2010). Ello es debido a errores, malentendidos o concepciones alternativas que se encuentran en todos los niveles de la escolaridad en relación a los procesos de enseñanza y aprendizaje relativos a este tema (Bermudez, 2014). La dificultad en el éxito de su enseñanza depende de muchas razones. Entre ellas están la actitud, el entorno y la habilidad cognitiva de los estudiantes, la complejidad de la propia teoría y las complicaciones que encuentran los docentes para abordarla. Bermudez (2014) señala que las dificultades percibidas en la enseñanza y aprendizaje de este tema están relacionadas con las concepciones de los alumnos y docentes, y también con las características del desarrollo de la temática en los manuales escolares usados en las clases de ciencias.

Las características de los conocimientos previos de los alumnos son factores que influyen de forma relevante en su aprendizaje. Estas comprenden las influencias de las creencias personales, culturales y, en ocasiones, religiosas, las cuales son muy difíciles de cambiar (Chinn & Brewer, 1993), pero sobre todo las de origen contextual, donde se encuentran grandes coincidencias entre el pensamiento de los alumnos y el pensamiento científico pre-darwiniano (Salazar y Yoloxochitl, 2013). También, la simplificación de conceptos y la aplicación incorrecta del lenguaje coloquial pueden dar como resultado un conjunto de ideas que parecen coherentes en el contexto cotidiano, pero no son válidas desde el punto de vista científico.

Linares, Gisbert y Garzón (2014) señalan que los alumnos de secundaria encuentran particulares dificultades para establecer una relación significativa entre la edad de la Tierra y el proceso evolutivo, suelen tener confusiones en distinguir entre niveles de organismos y especies y, también, consideran que especies y poblaciones están formadas por individuos idénticos. Smith (2010) y Bermudez (2014) evidencian algunas concepciones alternativas sobre la evolución biológica que suelen encontrarse frecuentemente entre los estudiantes:

- La evolución como un cambio debido a la necesidad o la voluntariedad de individuos o poblaciones (Alters & Nelson, 2002; Bizzo 1994; Moore et al., 2002).
- El ambiente como el promotor de la adaptación (Alters & Nelson, 2002; Puig y Jiménez-Aleixandre, 2009).
- La presencia de una forma subdesarrollada supone necesariamente la aparición siguiente de una condición de progreso hacia formas más desarrolladas (Alters & Nelson, 2002).
- La aparición de cambios en una especie existente se considera indispensable para su perfeccionamiento (Millán Benítez, Piña y Zárate, 1997).
- Los caracteres adquiridos, principalmente los somáticos (como la musculatura), se heredan según el uso/desuso y la necesidad (como la longitud del cuello de las jirafas) (Alters & Nelson, 2002; Bermudez y Jalil, 2006; Jiménez-Aleixandre, 1991; Nehm & Reilly, 2007; Puig y Jiménez Aleixandre, 2009).
- Caracteres complejos como los relacionados con los ojos o el cerebro no pueden haberse originado por azar (Nehm & Schonfeld, 2007).

## APRENDER JUGANDO

- La evolución (y en consecuencia la adaptación) ocurre a lo largo de la vida de los individuos particulares (Alters & Nelson, 2002; Jiménez-Aleixandre, 1991; Prevosti, 1997).
- Las teorías de la evolución se basan en especulaciones y no pueden ser demostradas (Blackwell, Powell, & Dukes, 2003; Nehm & Schonfeld, 2007).

Debido a la relevancia de este tema y a las dificultades de comprensión observadas, a continuación se propone un juego con el objetivo de trabajar principalmente estas concepciones alternativas, comprobar el conocimiento de los alumnos, corregir eventuales errores o resolver posibles dudas.

El juego propuesto es un juego de tipo pregunta-respuesta y está inspirado en la dinámica del juego de mesa conocido como “Serpientes y escaleras” (avanza, cede el turno, retrocede, pierde el turno, etcétera), a la que se han introducido muchas modificaciones importantes. Entre dichas modificaciones, destaca la incorporación de dos tipos de barajas de cartas que articulan la acción del juego. Los alumnos juegan por equipos y un alumno de cada grupo representa el peón que se mueve en el tablero, desde la casilla inicial hasta lograr llegar a la final. Para conseguir este objetivo, los equipos deben responder a preguntas elaboradas por el docente, sobre los temas en cuestión: el origen de la vida y la evolución.

La participación de cada estudiante en las discusiones del equipo para buscar la respuesta correcta durante el tiempo proporcionado, estimula sus capacidades sociales y comunicativas. Con el objetivo de encontrar la respuesta correcta, al mismo tiempo que juegan, los alumnos analizan, reflexionan, afianzan y también tienen la posibilidad de autoevaluar sus conocimientos sobre los temas abordados.

### Desarrollo

Este juego está dirigido al alumnado de 4º de ESO aunque se pueda adaptar también al de 3º de ESO y 1º y 2º de Bachillerato. Se propone como juego de autoevaluación para comprobar el conocimiento y el correcto entendimiento del tema en cuestión, aclarando eventuales dudas o conceptos asimilados de forma errónea.

Momento en que se realiza la actividad: después de la clase teórica.

Recursos: tablero con el doble recorrido, de medidas aptas para ponerlo en el suelo (fig.4); dos barajas de cartas (A y B) con las siguientes características:

1. Cartas de la baraja A: dan instrucciones sobre cómo prosigue la acción del juego en el transcurso del turno de cada equipo. Pueden ser de diferentes tipos:
  - cartas comunes: el grupo jugador contesta a la pregunta de la carta que coge de la baraja B y sigue las instrucciones;
  - cartas “de la doble posibilidad”: el jugador que coge la carta puede elegir cambiar la carta que coge de la baraja B por otra;
  - cartas “de la suerte”: el grupo jugador disfruta de dos turnos seguidos;
  - cartas “de la mala suerte”: el jugador no puede coger una carta de la baraja B porque se salta su turno;

## APRENDER JUGANDO

- cartas “de la soledad”: el jugador que coge la carta contesta solo y no puede consultar a los otros miembros de su equipo.

En el anexo 8a se muestran algunos ejemplos de este tipo de cartas (modificables según las necesidades del profesorado).

2. Cartas de la baraja B: contienen las preguntas del juego, formuladas por el docente, y dan instrucciones sobre los movimientos de los peones en el tablero. Las preguntas están elaboradas para que haya sólo una respuesta correcta y pueden ser abiertas o de respuesta múltiple (tipo test); también, pueden consistir en completar una frase insertando la palabra que falta. En el anexo 8b se muestran algunos ejemplos de estos tipos de cartas.

Concreción curricular: En la tabla 11 se muestran los siguientes elementos curriculares: objetivos, contenidos, criterios de evaluación, estándares de aprendizaje, competencias de la actividad y relación con la legislación vigente. Los criterios de evaluación están adaptados parcialmente, según su adecuación a la actividad.

**Tabla 11.** Elementos curriculares de la actividad 8.

OBJETIVOS	CONTENIDOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE
<u>Específicos</u>	Origen de la vida.	1. Conocer las pruebas de la evolución. Comparar lamarckismo, darwinismo y neodarwinismo.  2. Comprender los mecanismos de la evolución destacando la importancia de la mutación y la selección. Analizar el debate entre gradualismo, saltacionismo y neutralismo.  3. Describir la hominización.	1.1. Distingue las características diferenciadoras entre lamarckismo, darwinismo y neodarwinismo.  2.1. Establece la relación entre variabilidad genética, adaptación y selección natural.  3.1. Reconoce y describe las fases de la hominización.
1. Conocer la teoría actual del origen de la vida en la Tierra comparándola con otras anteriores.  2. Comprender las principales teorías no evolucionistas y evolucionistas que se han presentado a lo largo de la historia.  3. Conocer las características principales de la teoría actual de la evolución de los organismos vivos.  4. Entender las principales características evolutivas del ser humano y etapas de su evolución.	Principales teorías de la evolución.		
	Teoría actual de la evolución de los seres vivos.		
	Evolución humana. Trabajo en equipo.		
	Cooperación.		
	Toma de conciencia sobre la importancia de la convivencia.		
	Desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en contextos científicos.		
	Desarrollo de conciencia, tolerancia y respeto por la diversidad de opiniones.		
<b>LEGISLACIÓN VIGENTE: RD 1105/2014</b>		<b>COMPETENCIAS BÁSICAS</b>	

## APRENDER JUGANDO

<u>Generales</u>	Origen y evolución de los seres vivos.	Competencia en comunicación lingüística
a),b), g), h)	Hipótesis sobre el origen de la vida en la Tierra.  Teorías de la evolución. El hecho y los mecanismos de la evolución.  La evolución humana: proceso de hominización.	Competencias básicas en ciencia y tecnología  Competencia social  Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor

### Secuencia:

Los alumnos participan en equipos de 4 personas y tienen que respetar las siguientes normas:

1. Un alumno de cada equipo representa el peón que se mueve en el tablero y se pone en la casilla "Inicio".
2. De los tres restantes, un alumno de cada equipo alternativamente se acerca a la mesa del docente, coge una carta de la baraja A, lee las indicaciones y, según lo que indiquen estas, coge una carta de la baraja B, lee la pregunta y las instrucciones de movimiento.
3. Los componentes del equipo, peón incluido, tienen dos minutos para consultarse y contestar a la pregunta. Según que la respuesta sea correcta o errónea, y siguiendo las instrucciones indicadas en la carta, el peón se mueve o se queda en la casilla.
4. Gana el equipo correspondiente al peón que llega primero a la casilla "¡Llegada!".

Temporalización: una hora.

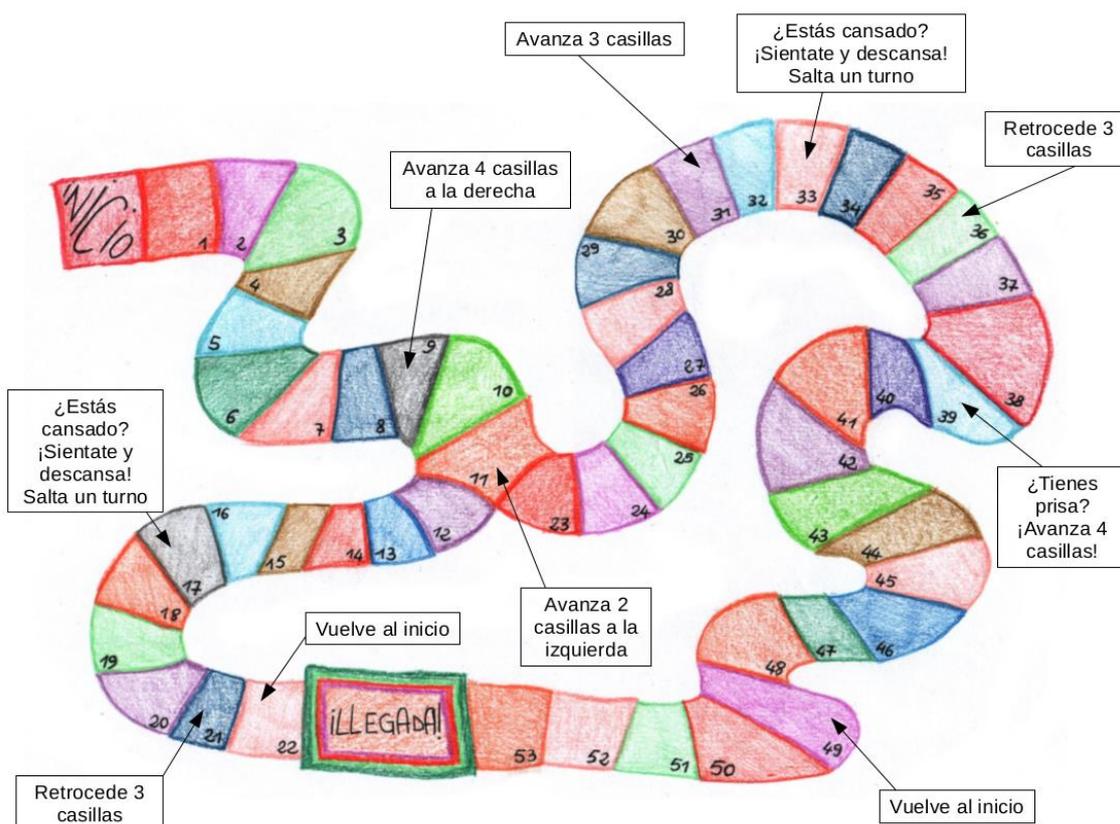


Figura 4. Tablero utilizado en la actividad 8. Fuente: elaboración propia.

## 7. EVALUACIÓN

Por lo que concierne a la evaluación, se tienen en cuenta tanto el trabajo de grupo como el individual de cada uno de los estudiantes. La metodología es ligeramente diferente según se trate de juegos competitivos o no competitivos, pero en ambos casos se evalúa a cada estudiante por el trabajo realizado de forma colectiva y por la participación y consecución de los objetivos individuales planteados.

Parte de la nota final depende de la puntuación recibida en una prueba escrita, que tiene la finalidad de comprobar el nivel de conocimiento y entendimiento último alcanzado por el alumnado sobre el tema abordado. También, el profesorado evalúa una libreta donde cada estudiante realiza de forma crítica un comentario sobre el desarrollo de cada juego, lo que ha aprendido y, en el caso de los juegos de auto-evaluación, su opinión sobre el grado de conocimiento alcanzado sobre el tema tratado. Esta libreta representa, por un lado, un instrumento que el docente utiliza para evaluar la actividad del alumnado y la madurez adquirida durante el proceso de aprendizaje; y por otro lado, constituye una herramienta útil para que el docente pueda reflexionar sobre el desarrollo del juego y mejorar en el futuro aquello que pueda haber fallado a lo largo del mismo. Además, mediante el uso de esta libreta los estudiantes tienen la posibilidad de valorar su trabajo individual (auto-evaluación) y colectivo (co-evaluación).

## APRENDER JUGANDO

Aparte de aprender una serie de contenidos, los juegos propuestos tienen como objetivo el desarrollo de una serie de competencias básicas, según lo establecido por la normativa vigente. Por lo tanto, el docente también tiene que evaluar el grado de adquisición de dichas competencias, a través de la observación directa de los alumnos, la cual debe permitir establecer si hay evolución en la relevancia y complejidad de preguntas y respuestas formuladas, en la dinámica del juego, en la participación de los estudiantes (cómo cada jugador expresa y se sirve de sus habilidades comunicativas para interaccionar científicamente con sus compañeros) y en la capacidad de los mismos para entender y resolver las situaciones problemáticas que se les presenten.

En el anexo 9 se muestra un modelo de ficha de registro que puede ser utilizado para evaluar el nivel de adquisición de competencias por cada estudiante, en relación a cada juego. Se trata de una escala de valoración en la que puede utilizar una calificación que va de 1 a 5 para evaluar el nivel de desarrollo de algunos indicadores en relación a cada competencia básica. Ya que no se trabajan todas las competencias en cada juego, en los apartados relativos a las competencias no trabajadas por un juego específico se puede poner el valor “N”, significando “*no evaluable*”.

La diferencia de evaluación entre juegos competitivos y no competitivos depende del porcentaje de la calificación asignada a cada medio o instrumento de evaluación considerado. Específicamente, por lo que concierne a los juegos competitivos, se consideran las siguientes proporciones:

- Examen de evaluación de los contenidos abordados: 40% de la calificación.
- Información recogida en la libreta (que el docente supervisa de manera periódica): 10%.
- Registro de evaluación de las competencias adquiridas, según las trabajadas en cada juego: 30%.
- Actitud de los alumnos a lo largo de las sesiones lúdicas (premiando la participación en el aula, el interés y el esfuerzo personal): 10%.
- Puntuación o posición lograda en cada uno de los juegos que se han desarrollado en el aula: 10%.

Con respecto a los juegos no competitivos, a diferencia de los primeros, no existiendo una puntuación lograda por un equipo, este 10% se reparte entre los demás elementos que se están valorando, de forma lineal (2,5% a cada uno).

## 8. REFLEXIONES FINALES

Con el presente trabajo se ha querido hacer una propuesta de actividades lúdicas relativas a algunos contenidos de la asignatura Biología y Geología de 4º de ESO. El objetivo principal ha sido favorecer el proceso de enseñanza-aprendizaje de los mismos, aumentando la motivación y el interés del alumnado hacia su estudio, y facilitando así la construcción de conocimientos y el desarrollo de competencias. De hecho, a través del juego se logra hacer a los estudiantes protagonistas activos en todo momento de su

## APRENDER JUGANDO

proceso de aprendizaje, y fomentar su creatividad e imaginación a la hora de resolver problemas y presentar los resultados de las actividades planteadas.

La exigencia de introducir nuevos recursos didácticos surge de la evidencia de un frecuente aumento en falta de motivación hacia el aprendizaje de ciencias entre el alumnado de secundaria, y por eso de la necesidad de buscar alternativas para su abordaje, a través de la introducción de cambios significativos en el desarrollo de los programas de enseñanza.

Con el propósito de mantener despierto el interés del alumnado sin caer en la monotonía, influyendo así en su rendimiento académico, se han propuesto diferentes tipos de juegos (competitivos y no competitivos), para realizarse en fases distintas del proceso de enseñanza-aprendizaje. También, la estructura de algunos juegos propuestos es apta para ser adaptada a otras unidades del currículo de la materia para este y otros cursos, lo que permite parcialmente su “reutilización” a través de la introducción de pequeñas modificaciones.

Para realizar unas conclusiones definitivas sobre la eficacia del uso de este tipo de recurso no convencional haría falta aplicarlo en el aula de secundaria, para observar eventuales limitaciones y, si fuera necesario, modificarlo o adaptar algunos contenidos o tareas a las condiciones propias del grupo. De hecho, se es consciente de que pueda existir algún tipo de falta de concreción o errores de diseño metodológico, aunque en todo momento se haya intentado reducirlos al máximo.

Además, durante la realización de este trabajo se ha tenido presente que el planteamiento de una enseñanza basada en el uso del juego como recurso didáctico requiere una mayor dedicación en el proceso educativo tanto del docente como del alumnado, y una actuación en períodos de tiempo más extensos. También, sería necesario que los docentes se plantearan la selección de los programas de enseñanza de manera crítica, con criterios que consideren su utilidad formativa para los estudiantes de secundaria y que den más valor a la calidad de los aprendizajes que a su cantidad.

Se es consciente de que este tipo de recursos no puede sustituir enteramente al resto de medios útiles para la comprensión de los contenidos abordados, pero se considera válida la posibilidad de realizar una combinación de actividades trabajadas utilizando diferentes tipos de recursos, así que las basadas en el juego se podrían llevar al aula alternándolas con otras, con el propósito común de alcanzar los objetivos planteados.

Por último, el trabajo realizado ha sido muy útil para mí misma, dado que ha permitido darme cuenta de la dificultad y complejidad que supone el desarrollo de actividades que puedan favorecer el aprendizaje de temas científicos de forma significativa. Su elaboración ha sido muy constructiva para mi formación personal como docente, sintiéndome constantemente protagonista en la creación de las actividades, con el reto de aportar una mejora en la práctica de enseñanza-aprendizaje de la biología.

También, a través de este trabajo de fin de máster he tenido la oportunidad de integrar los diferentes conocimientos y aprendizajes alcanzados gracias a las varias asignaturas que componen el máster, con el objetivo último de elaborar un material

## APRENDER JUGANDO

didáctico que pueda satisfacer las finalidades planteadas desde el punto de vista de la docencia, es decir, favorecer que los estudiantes puedan aprender y construir conocimientos de la manera más atractiva para ellos. Así, por un lado este trabajo representa la culminación de un camino realizado como estudiante de máster y, por otro lado, su realización ha contribuido a iniciarme en el posible rol futuro como docente de ciencias en el aula de secundaria.

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu de Andrade, V., Branco da Cunha, K. M. C. y Barbosa, J. V. (2011). “Pajitex”: una propuesta de modelo didáctico para la enseñanza de ácidos nucleicos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8(1), 115-124. doi: 10498/10211
- Alters, B. J., & Nelson, C.E. (2002). Perspective: Teaching evolution in higher education. *Evolution*, 56(10), 1891-1901. doi: 10.1111/j.0014-3820.2002.tb00115.x
- Arcos, L. M. y Vigil, H. G. (2007). *El juego como un elemento favorecedor al acercamiento de las ciencias: en particular, en las actividades de ciencia recreativa*. En X Reunión de la Red de Popularización de la Ciencia y la Tecnología en América Latina y el Caribe (RED POP-UNESCO) y IV Taller “Ciencia, Comunicación y Sociedad”, San José, Costa Rica. Recuperado de: <http://www.cientec.or.cr/pop/2007/MX-LuisMeza.pdf>
- Ausubel, D; Novak, J; Hanesian, H. (1998). *Psicología Educativa. Un punto de vista cognitivo*. México: Trillas.
- Ayuso, G. E. y Banet, E. (2002). Alternativas a la enseñanza de la genética en educación secundaria. *Enseñanza de las ciencias*, 20(1), 133-157.
- Baigorri, L. (2014). Sentido y responsabilidad: una perspectiva bioética sobre la creación, mutación e hibridación experimental en el campo interdisciplinar de la tecnociencia y el arte. *Barcelona, Research, Art, Creation*, 2(2), 137-168. doi: 10.4471/ brac.2014.07
- Banet, E., & Núñez, F. (1997). Teaching and learning about human nutrition: a constructivist approach. *International Journal of Science Education*, 19(10), 1169-1194. doi: 10.1080/0950069970191005
- Banet, E., Martínez Segura, M. J. y Pro, A. (1999). Diseño, aplicación y evaluación del módulo «Estudio de la alimentación, salud y consumo». En De Pro, A. y Banet, E. (Eds.), *Constructivismo y enseñanza de las ciencias: planificación, desarrollo y evaluación de propuestas para la educación secundaria* (pp. 109-181). Murcia: DM editorial.
- Banet, E., & Ayuso, E. (2000). Teaching genetics at secondary schools: a strategy for teaching about the location of inheritance information. *Science Education*, 84(3): 313–351. doi: 10.1002/(SICI)1098-237X(200005)84:3<313::AID-SCE2>3.0.CO;2-N
- Baquero, R. (1997). *Vigotsky y el aprendizaje escolar*. Buenos Aires: Editorial Aique.
- Bautista, J. y López, N. (2002). El juego didáctico como estrategia de atención a la diversidad. *Agora Digital. Revista Científica Electrónica*, 4. Recuperado de: [http://rabida.uhu.es/dspace/bitstream/handle/10272/6622/Juego\\_didactico.pdf?sequence=2](http://rabida.uhu.es/dspace/bitstream/handle/10272/6622/Juego_didactico.pdf?sequence=2)

## APRENDER JUGANDO

- Bergen, D. (2009). Play as the learning medium for future scientists, mathematicians, and engineers. *American Journal of play*, 1, 413 – 428. Recuperado de: <http://www.journalofplay.org/sites/www.journalofplay.org/files/pdf-articles/1-4-article-play-as-learning-medium.pdf>
- Bermudez, G. M. A. y Jalil, A. (2006). Las respuestas de los alumnos del Ciclo de Especialidad sobre temas evolutivos, y sus concepciones teleológicas y antropomórficas. *Revista de Educación en Biología*, 9(2), 17-28.
- Bermudez, G. M. A. (2014). Los orígenes de la Biología como ciencia. El impacto de las teorías de evolución y las problemáticas asociadas a su enseñanza y aprendizaje. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 66-90. doi: 10498/16925
- Bizzo, N.M. (1994). From down house landlord to Brazilian high school students: What has happened to evolutionary knowledge on the way? *Journal of Research in Science Teaching*, 31(5), 537-556. doi: 10.1002/tea.3660310508
- Blackwell, W. H., Powell, M. J., & Dukes, G. H. (2003). The problem of student acceptance of evolution. *Journal of Biological Education*, 37(2), 58-67. doi: 10.1080/00219266.2003.9655852
- Bolaño, P. (2003). Investigaciones escolares de biotecnología en educación media, una forma de integrar ciencia tecnología y sociedad. *Revista Tecne, Episteme y Didaxis*. Número extra, p. 187-188. Memorias. 2º Congreso sobre Formación de Profesores de Ciencias. Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá.
- Briceño, M. y Villegas, Y. (2006) Diseño de estrategias didácticas para la enseñanza del sistema nervioso en el 8º grado de Educación Básica en la U.E.N. “Rafael María Urrechaga” y U.E.C “Madre Rafols”. (Trabajo de Grado) Núcleo Universitario Rafael Rangel de la Universidad de los Andes (ULA-NURR), Trujillo, Venezuela.
- Bugallo, A. R. (1995). La didáctica de la genética: revisión bibliográfica. *Enseñanza de las ciencias*, 13(3), 379-385. Recuperado de: <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21426/93387>
- Caballero, M. (2008). Algunas ideas del alumnado de secundaria sobre conceptos básicos de genética. *Enseñanza de las Ciencias*, 26(2), 227–244. Recuperado de: <http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/118096/297684>
- Cabo, J. M., Enrique, C. y Cortiñas, J. R. (2006). Opiniones e intenciones del profesorado sobre la participación social en ciencia y tecnología. El caso de la biotecnología. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(3), 349-369. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/920/92030302.pdf>
- Camero, R. y Ochoa de Toledo, M. (2006). Resultados preliminares de la aplicación de la simulación-juego (modificada): Sintetiza la proteína. *Revista de Investigación*, 59, 165-188. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2117336>

## APRENDER JUGANDO

- Chimenó, J. (2000). How to make learning chemical nomenclature fun, exciting and palatable. *Journal of Chemical Education*, 77 (2), 144-145. Recuperado de: <http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ed077p144>
- Chinn, C. A., & Brewer, W. F. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for instruction. *Review of Educational Research*, 63(1), 1-49.
- Chinnici, J. P., Yue, J. W., & Torres, K. M. (2004). Students as "Human Chromosomes" in Role-Playing Mitosis & Meiosis. *The American Biology Teacher*, 66(1):35-39. doi: 10.2307/4451614
- Clark, D. C., & Mathis, P. M. (2000). Modeling mitosis and meiosis: a problem-solving activity. *The American Biology Teacher*, 62, 204- 206.
- Concepción, J. (2004). *Estrategia didáctica lúdica para estimular el desarrollo de la competencia comunicativa en idioma Inglés de estudiantes de especialidades biomédicas*. (Tesis presentada en opción al grado científico de doctor en ciencias pedagógicas). Universidad Central Marta Abreu de las Villas, Villa Clara, Cuba.
- Cordero, S., Menegaz, A., Mengascini, A. y C. Mordeglí, C. (2001). *Saberes y formación docente: resultados de un cuestionario acerca de la "célula"*. VIII Congreso Prociencia de actividades científicas y tecnológicas juveniles paradoctes y alumnos. Chivilcoy, Argentina.
- Dale, E. (1932). Methods for Analyzing the Content of Motion Pictures. *Journal of Educational Sociology*, 6: 244-250. Recuperado de: [https://brocku.ca/MeadProject/Payne\\_sundry/Dale\\_1932.html](https://brocku.ca/MeadProject/Payne_sundry/Dale_1932.html)
- Davis, E. A., & Krajcik, J. (2005). Designing educative curriculum materials to promote teacher learning. *Educational Researcher*, 34(3), 3-14. Recuperado de: [http://www.project2061.org/research/ccms/site.archive/documents/Promote\\_Teacher\\_Learning.pdf](http://www.project2061.org/research/ccms/site.archive/documents/Promote_Teacher_Learning.pdf)
- Dawson, V., & Schibeci, R. (2003 a). Western Australian high school students' attitudes towards biotechnology processes. *Journal of Biological Education*, 38(1), 7-12. Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/files/343/11236910.pdf>
- Dawson, V., & Schibeci, R. (2003 b). Western Australian school students' understanding of biotechnology. *International Journal of Science Education*, 25(1), 57-69. doi: 10.1080/09500690210126720
- Ekborg, M. (2008). Opinion building on a socio-scientific issue: the case of genetically modified plants. *Journal of Biological Education*, 42(2), 60-65.
- Finley, F. N., Stewart, J. H., & Yarroch, W. I. (1982). Teachers' perceptions of important and difficult science content. *Science Education*, 66(4), 531-538. doi: 10.1002/sce.3730660404
- Fisher, K. M., et al. (1986). Student misconceptions and teacher assumptions in college biology. *Journal of College Science Teaching*, 15, 276-280.
- Forman, G. (2006). Constructive Play. En Fromberg, D. P. y Bergen D. (Ed.), *Play from Birth to Twelve: Contexts, Perspectives and Meanings* (2<sup>a</sup> ed.). Londres: Taylor & Francis.

## APRENDER JUGANDO

- France, B. (2007). Location, location, location: positioning biotechnology education for the 21st century. *Studies in Science Education*, 43(1), 88-122. doi: 10.1080/03057260708560228
- Franco-Mariscal, A. J., Oliva-Martínez, J.M., Gil, M.L.A. (2015). Students' Perceptions about the Use of Educational Games as a Tool for Teaching the Periodic Table of Elements at the High School Level. *Journal of Chemical Education*, 92, 278–285. doi: 10.1021/ed4003578
- Franklin, S., Peat, M., & Lewis, A., (2003). Non-traditional interventions to stimulate discussion: the use of games and puzzles. *Journal of Biological Education*, 37, 79-84. doi: 10.1080/00219266.2003.9655856
- Ganschow, R., & Ganschow, L. (1998). Playfulness in the Biological Sciences. En D.P. Fromberg y Doris Bergen (Eds.), *Play from Birth to Twelve and Beyond: Contexts, Perspectives and Meaning* (pp. 455-60). New York: Routledge.
- García-Molina, R. (2011). Ciencia recreativa: un recurso didáctico para enseñar deleitando. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8, 370–392. doi: 10498/14541
- Giménez Pardo, C.; Pagés Arévalo, C.; Martínez Herráiz, J. J. (2011). Diseño y desarrollo de un juego educativo para ordenador sobre enfermedades tropicales y salud internacional: una herramienta docente más de apoyo al profesor universitario. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8(2), 221–228. doi: 10498/10862
- Giró Miranda, J. (1998). El uso de juegos tradicionales en el proceso educativo y su desvirtuación en la praxis pedagógica. *Contextos Educativos*, 1, 251-268. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=201027>
- González, D. (2003). La motivación: varita mágica de la enseñanza y la educación. *Revista Magisterio. Educación y Pedagogía*, 5, 46-49.
- Goyes Narváez J. C. (2003). Horizontes de la comunicación visual contemporánea. *Revista La Tadeo*, 68, 45-56. Recuperado de: [http://avalon.utadeo.edu.co/dependencias/publicaciones/tadeo\\_68/68045.pdf](http://avalon.utadeo.edu.co/dependencias/publicaciones/tadeo_68/68045.pdf)
- Grilli, J., Laxague, M. y Barboza, L. (2015). Dibujo, fotografía y Biología. Construir ciencia con y a partir de la imagen. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 91-108. doi: 10498/16926
- Gunter, B., Kinderlerer, J., & Beyleveld, D. (1998). Teenagers and biotechnology: a survey of understanding and opinion in Britain. *Studies in Science Education*, 32(1), 81-112. doi: 10.1080/03057269808560128
- Gurdían-Fernández, A. (2001). Arqueología de un juego: la célula. Microcosmos de vida. *Revista electrónica actualidades investigativas en educación*, 1(2), 1-21. Recuperado de: <http://revista.inie.ucr.ac.cr/index.php/aie/article/viewFile/11/10>
- Herrero, D., et al. (2014). Evolution and natural selection: learning by playing and reflecting. *New approaches in educational research*, 3(1), 26–33.

## APRENDER JUGANDO

- Huizinga, J. (1949). *Homo ludens: a study of the play-element in culture*. Boston: Beacon Press.
- Jimenez, M. P. (2003). La enseñanza y el aprendizaje de la biología. En: Jimenez, M. P. *Enseñar ciencias*. Barcelona: Graó, pp. 119 – 146.
- Jiménez, A. G. y Muñoz, A. M. (2015). Análisis de las hipótesis evolutivas en alumnos de Educación Secundaria y Bachillerato. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 14(1), 35-54. Recuperado de: [http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen14/REEC\\_14\\_1\\_3\\_ex756.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen14/REEC_14_1_3_ex756.pdf)
- Kant, I. (2004). *Crítica del juicio*. Madrid: Editorial Espasa.
- Kindfield, A. C. (1994). Understanding a basic biological process: expert and novice models of meiosis. *Science Education*, 78, 253-283. doi: 10.1002/sce.3730780308
- Klop, T., & Severiens, S. (2007). An exploration of attitudes towards modern biotechnology: a study among dutch secondary school students. *International Journal of Science Education*, 29(5), 663-679. doi: 10.1080/09500690600951556
- Kottow, M. (2005). *Introducción a la bioética*. Buenos Aires: Mediterráneo.
- Lewis, J., & Wood-Robinson, C. (2000). Genes, chromosomes, cell division and inheritance- do students see any relationship? *International Journal of Science Education*, 22(2), 177-195. doi: 10.1080/095006900289949
- Lomas, C. (1999). *Cómo enseñar a hacer las cosas con las palabras: teoría y práctica de la evaluación lingüística*. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica.
- Matthews, M.R. (1991). Un lugar para la historia y la filosofía en la enseñanza de las ciencias. *Comunicación, Lenguaje y Educación*, 11-12, 141-155.
- Márquez C. (2002) Dibujar en las clases de ciencia. *Aula de Innovación Educativa*, 117, 54-57. Recuperado de: <http://gent.uab.cat/conxitamarquez/sites/gent.uab.cat.conxitamarquez/files/dibujar%20en%20clase%20de%20ciencias.pdf>
- McKeachie, W. J. (2002). *Teaching tips: Strategies, research, and theory for college and university teachers*. Boston: Editorial McKeachie.
- Melo Herrera, M.P. y Hernández Barbosa, R. (2014). El juego y sus posibilidades en la enseñanza de las ciencias naturales. *Innovación Educativa*, 14(66), 41-63. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179433435004>
- Menegaz, A. y Mengascini, A. (2005). El concepto de niveles de organización de los seres vivos en contextos de enseñanza. *Revista Enseñanza de las Ciencias, Número Extra, VII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*.
- Mengascini, A. (2005). La enseñanza y el aprendizaje de los tejidos vegetales en el ámbito universitario. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias (REEC)*, 4(2), artículo 4. Recuperado el 16/04/2016 de: [http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen4/ART4\\_Vol4\\_N2.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen4/ART4_Vol4_N2.pdf)

## APRENDER JUGANDO

- Mengascini, A. (2006). Propuesta didáctica y dificultades para el aprendizaje de la organización celular. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(3), 485-495.
- Mertens, T. R., & Walker, J. O. (1992). A paper and pencil strategy for teaching mitosis and meiosis, diagnosing learning problems and predicting examination performance. *The American Biology Teacher*, 54, 470-474.
- Millán Benítez, P., Piña, R. C., y Zárate, B. (1997). Comprensión y malentendidos del concepto de selección natural en estudiantes universitarios. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 2(3), 45-66.
- Moore, R., Mitchell, G., Bally, R., Inglis, M., Day, J., & Jacobs, D. S. (2002). Undergraduates' understanding of evolution: ascriptions of agency as a problem for student learning. *Journal of Biological Education*, 36(2), 65-71. doi: 10.1080/00219266.2002.9655803
- Muñoz de Malajovich, M. A. (2006). *Biotecnología*. Buenos Aires: Universidad Nacional de Quilmes.
- Nehm, R. H., & Reilly, L. (2007). Biology majors' knowledge and misconceptions of natural selection. *BioScience*, 57(3), 263-272. doi: 10.1641/B570311
- Nehm, R. H., & Schonfeld, I. S. (2008). Measuring knowledge of natural selection: A comparison of the CINS, an open-response instrument, and an oral interview. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(10), 1131-1160. doi: 10.1002/tea.20251
- Neil, A. y Jane, B. (2007). *Biología*. España: Editorial Panamericana.
- Nietzsche, F. (1997). *Más allá del bien y del mal*. Madrid: Alianza.
- Oakley, C. R. (1994). Using sweat socks and chromosomes to illustrate nuclear division. *The American Biology Teacher*, 56, 238-239.
- Olivares, J. C., Escalante, M. A., Escarela, R. P., Campero, E. L., Hernández, J. L. A., López, I. G. (2008). Los crucigramas en el aprendizaje del electromagnetismo. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(3), 334-346. Recuperado de: [http://rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/10498/10318/Olivares\\_et\\_al\\_2008.pdf?sequence=1](http://rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/10498/10318/Olivares_et_al_2008.pdf?sequence=1)
- Orta, C. (2002). Invenum: um jogo para despertar o interesse pela inventividade. En el VIII Encontro de Perspectivas do Ensino de Biologia. Universidad de São Paulo, São Paulo.
- O' Connor, J. y Seymour, J. (1992) *Introducción a la programación neurolingüística*. México: Urano.
- Palacios- Rojas, N. (2005). La ciencia al alcance de todos: educación científica a través del juego y la diversión. *Revista Magisterio. Educación y Pedagogía*, 16, 74-77. Recuperado de: [http://www.colombiaaprende.edu.co/html/mediateca/1607/articles-75396\\_archivo.pdf](http://www.colombiaaprende.edu.co/html/mediateca/1607/articles-75396_archivo.pdf)

## APRENDER JUGANDO

- Papanastasiou, E. C., & Zembylas, M. (2004). Differential effects on science attitudes and science achievement in Australia, Cyprus, and the USA. *International Journal of Science Education*, 26 (3), 259–280. doi: 10.1080/0950069022000038277
- Pedrancini, V. D., Corazza-Nunes, M. J., Galuch, M. T. B., Moreira, A. L. O. R., & Ribeiro, A. C. (2007). Ensino e aprendizagem de Biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 299-309. Recuperado de: [http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART5\\_Vol6\\_N2.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART5_Vol6_N2.pdf)
- Pedrinaci, E., Gil, C., Carrión, F. (2010). *Biología y Geología. 4º ESO*. España: Ediciones SM.
- Piaget, J. (1970). *Psicología, lógica y comunicación*. Buenos Aires.: Ediciones Nueva Visión.
- Piaget, J. (1985). *Seis estudios de Psicología*. México: Origen/Planeta.
- Prevosti, A. (1997). La adaptación en biología. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 11, 93-101.
- Puig, B. y Jiménez Alexandre, M.P. (2009). ¿Qué considera el alumnado que son pruebas de la evolución? *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 15(62), 43-50.
- Roa, R. y Urbina, J. (2005). Reflexión en torno a la introducción de la biotecnología en la educación media y básica. Memorias. *Revista Tecne, Episteme y Didaxis*. Número extra, 192-193.
- Rodríguez, F. P. (2007). Competencias comunicativas, aprendizaje y enseñanza de las Ciencias Naturales: un enfoque lúdico, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 275-298. Recuperado de: [http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART4\\_Vol6\\_N2.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART4_Vol6_N2.pdf)
- Rondón, K. (2007) Efecto del juego “a ver qué sabes de la célula” en el proceso de enseñanza – aprendizaje en los alumnos cursantes del 9º grado de Educación Básica de Unidad Básica “Barrio Nuevo” del Municipio Valera, Estado Trujillo. (Trabajo de Grado). Núcleo Universitario Rafael Rangel de la Universidad de los Andes (ULA-NURR), Trujillo, Venezuela.
- Ross, P. M. Tronson, D. A, & Ritchie R. J. (2008). Increasing conceptual understanding of glycolysis and the Krebs cycle using role-play. *The American Biology Teacher*, 70, 163–168. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/227831894\\_Increasing\\_Conceptual\\_Understanding\\_of\\_Glycolysis\\_and\\_the\\_Krebs\\_Cycle\\_using\\_Role\\_Play](https://www.researchgate.net/publication/227831894_Increasing_Conceptual_Understanding_of_Glycolysis_and_the_Krebs_Cycle_using_Role_Play)
- Salazar, K. Q. y Yoloxochitl, M. L. (2013). El cuento como estrategia didáctica para la enseñanza de las teorías de la evolución de Lamarck y Darwin-Wallace a nivel medio superior. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 4(7), 88-105. Recuperado de: <http://www.ride.org.mx/index.php/RIDE/article/view/88/384>
- Shumway, S. W. (1993). Meiosis and playing cards. *The Science Teacher*, 60, 62-63.

## APRENDER JUGANDO

- Silva, E. (1997). *Los métodos de investigación científica*. Buenos Aires: Editorial Paidós.
- Simonneaux, L. (2000). Cómo favorecer la argumentación sobre la biotecnología entre el alumnado. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 25, 27–44.
- Smith, M. K. (1991). Teaching cell division: student difficulties and teaching recommendations. *Journal of College Science Teaching*, 21, 28-33.
- Smith, M. K., & Kindfield, A. C. (1999). Teaching cell division: basics and recommendations. *The American Biology Teacher*, 61, 366-371. doi: 10.2307/4450699
- Smith, M. (2010). Current status of research in teaching and learning evolution: II. Pedagogical issues. *Science & Education*, 19, 523-538. doi: 10.1007/s11191-009-9216-4
- Solbes, J., Montserrat, R. y Furió, C. (2007). El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 21, 91-117. Recuperado de: <https://ojs.uv.es/index.php/dces/article/view/2428/1973>
- Stencel, J. (1995). A string and paper game of meiosis that promotes thinking. *The American Biology Teacher*, 57, 42-45. doi: 10.2307/4449913
- Takemura, M., & Kurabayashi, M. (2014). Student centered education using analogy role-play activity in an undergraduate biology classroom to show central dogma revision. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 42(4), 351-356.
- Tamayo, M. (2010). Dificultades en la enseñanza de la evolución biológica. *eVOLUCIÓN. Revista de la Sociedad Española de Biología Evolutiva*, 5(2), 23-27.
- Torres, C. M. (2002). El Juego: estrategia importante. *Educere*, 19: 289-296. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/356/35601907.pdf>
- Tuan, H.-L., Chin, C.-C., & Shieh, S.-H. (2005). The development of a questionnaire to measure students' motivation towards science learning. *International Journal of Science Education*., 27 (6), 639–654. doi: 10.1080/0950069042000323737
- Weisskirch, R. (2006). An analysis of instructor-created crossword puzzles for student review. *Collage Teaching*, 54(1), 198-202. doi: 10.3200/CTCH.54.1.198-201
- Wheatley, G. H. (1991). Constructivist perspectives on science and mathematics learning. *Science Education*, 75(1), 9-21. doi: 10.1002/sc.3730750103
- Wood-Robinson, C., Lewis, J., & Leach, J. (2000). Young people's understanding of the nature of genetic information in the cells of an organism. *Journal of Biological Education*, 35, 29- 36. doi: 10.1080/00219266.2000.9655732
- Vygotsky, L. S. (1979). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Buenos Aires: Grijalbo.

## 10. WEBGRAFÍA

- Ascott, R. (2000). Art, Technology and Consciousness: Mind@large. Recuperado de: [https://monoskop.org/images/2/29/Ascott\\_Roy\\_ed\\_Art\\_Technology\\_Consciousness\\_Mind\\_Large.pdf](https://monoskop.org/images/2/29/Ascott_Roy_ed_Art_Technology_Consciousness_Mind_Large.pdf)
- Bernedo, V.C. (2011). Concepciones alternativas sobre Evolución en 1º de ESO. Recuperado de: [http://www.enciga.org/files/boletins/73/IN\\_Bernedo\\_Chao\\_Vanessa\\_CC\\_Concepciones\\_alternativas\\_sobre\\_evolucion.pdf](http://www.enciga.org/files/boletins/73/IN_Bernedo_Chao_Vanessa_CC_Concepciones_alternativas_sobre_evolucion.pdf)
- Cohen, R., & Van Balen, T. (2008). *Life Support: Dialysis Sheep* (fotografía). Recuperado de: <http://www.cohenvanbalen.com/work/life-support>
- Cono de la experiencia de Edgar Dale. Recuperado de: [https://es.wikipedia.org/wiki/Edgar\\_Dale](https://es.wikipedia.org/wiki/Edgar_Dale)
- Crespillo Álvarez, E. (2010). El juego como actividad de enseñanza-aprendizaje. Recuperado de: [http://www.gibralfaro.uma.es/educacion/pag\\_1663.htm](http://www.gibralfaro.uma.es/educacion/pag_1663.htm)
- Jeremijenko, N. (2000). *One Trees* (fotografía). Recuperado de: <https://davidetxeberria.wordpress.com/work/2013-2/bioart-meets-the-streets/>
- Jiménez, R. (2003): Aprender matemáticas jugando. Recuperado de: [https://dl.dropboxusercontent.com/u/44162055/didact\\_mate/premio\\_aprende\\_matematicas\\_jugando.pdf](https://dl.dropboxusercontent.com/u/44162055/didact_mate/premio_aprende_matematicas_jugando.pdf)
- Juego de mesa “Adivina quién”: recuperado de: <http://es.wikihow.com/jugar-Adivina-Qui%C3%A9n-%28juego-de-mesa%29>
- Juego de mesa “Serpientes y escaleras”: recuperado de: [https://es.wikipedia.org/wiki/Serpientes\\_y\\_escaleras](https://es.wikipedia.org/wiki/Serpientes_y_escaleras)
- Kac, E. (1998). Transgenic Art. *Leonardo Electronic Almanac*, 6(11). Recuperado de: <http://www.ekac.org/transgenico.html>
- Kac, E. (1999). *Genesis* (fotografía global y particular). Recuperado de: <http://www.ekac.org/geninfo2.html> y <http://www.ekac.org/bom.html>
- Kac, E. (2000). *GFP Bunny* (fotografía). Recuperado de: <http://www.ekac.org/gfpbunny.html>
- Kac, E. (2003/2008). *Natural history of the enigma* (fotografía). Recuperado de: <http://www.ekac.org/nat.hist.enig.html>
- Linares, M., Gisbert, J y Garzón, A. (2014). Propuestas didácticas para tratar el origen y evolución de los seres vivos usando recursos TICs y desde una visión constructivista del conocimiento. Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación. Recuperado de: [www.oei.es/congreso2014/memoriacte/362.pdf](http://www.oei.es/congreso2014/memoriacte/362.pdf)
- Mitosis. Imagen recuperada de: <http://www.pmfias.com/mitosis-m-phase-interphase-cytokinesis-cell-cycle-cell-division/>

## APRENDER JUGANDO

- Ortiz, A. (2005). *Didáctica lúdica: jugando también se aprende*. Recuperado de: <http://www.monografias.com/trabajos26/didactica-ludica/didactica-ludica.shtml>
- Tabla del código genético. Imagen recuperada de: [www.iespando.com](http://www.iespando.com)
- Torres, C. M. (2001). El juego como una estrategia de aprendizaje en el aula. Recuperado de: <http://cmapspublic3.ihmc.us/rid=1K46P61TY-13DC539-TR3/Juego%20en%20el%20aula%20Camen%20Minerva%20Torres.pdf>

## 11. NORMATIVA

- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2015a). Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. Boletín Oficial del Estado, 3 de enero de 2015, 169-546. Madrid.
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2015b). 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, 29 de enero de 2015, 6986- 7003. Madrid.

## 12. ANEXOS

### **Anexo 1: Objetivos de la Educación Secundaria Obligatoria (Artículo 11 del Real Decreto 1105/2014)**

La Educación Secundaria Obligatoria contribuirá a desarrollar en los alumnos y las alumnas las capacidades que les permitan:

a) Asumir responsablemente sus deberes, conocer y ejercer sus derechos en el respeto a los demás, practicar la tolerancia, la cooperación y la solidaridad entre las personas y grupos, ejercitarse en el diálogo afianzando los derechos humanos y la igualdad de trato y de oportunidades entre mujeres y hombres, como valores comunes de una sociedad plural y prepararse para el ejercicio de la ciudadanía democrática.

b) Desarrollar y consolidar hábitos de disciplina, estudio y trabajo individual y en equipo como condición necesaria para una realización eficaz de las tareas del aprendizaje y como medio de desarrollo personal.

c) Valorar y respetar la diferencia de sexos y la igualdad de derechos y oportunidades entre ellos. Rechazar la discriminación de las personas por razón de sexo o por cualquier otra condición o circunstancia personal o social. Rechazar los estereotipos que supongan discriminación entre hombres y mujeres, así como cualquier manifestación de violencia contra la mujer.

d) Fortalecer sus capacidades afectivas en todos los ámbitos de la personalidad y en sus relaciones con los demás, así como rechazar la violencia, los prejuicios de cualquier tipo, los comportamientos sexistas y resolver pacíficamente los conflictos.

e) Desarrollar destrezas básicas en la utilización de las fuentes de información para, con sentido crítico, adquirir nuevos conocimientos. Adquirir una preparación básica en el campo de las tecnologías, especialmente las de la información y la comunicación.

f) Concebir el conocimiento científico como un saber integrado, que se estructura en distintas disciplinas, así como conocer y aplicar los métodos para identificar los problemas en los diversos campos del conocimiento y de la experiencia.

g) Desarrollar el espíritu emprendedor y la confianza en sí mismo, la participación, el sentido crítico, la iniciativa personal y la capacidad para aprender a aprender, planificar, tomar decisiones y asumir responsabilidades.

h) Comprender y expresar con corrección, oralmente y por escrito, en la lengua castellana y, si la hubiere, en la lengua cooficial de la Comunidad Autónoma, textos y mensajes complejos, e iniciarse en el conocimiento, la lectura y el estudio de la literatura.

i) Comprender y expresarse en una o más lenguas extranjeras de manera apropiada.

j) Conocer, valorar y respetar los aspectos básicos de la cultura y la historia propias y de los demás, así como el patrimonio artístico y cultural.

k) Conocer y aceptar el funcionamiento del propio cuerpo y el de los otros, respetar las diferencias, afianzar los hábitos de cuidado y salud corporales e incorporar la educación física y la práctica del deporte para favorecer el desarrollo personal y social. Conocer y valorar la dimensión humana de la sexualidad en toda su diversidad. Valorar críticamente los hábitos sociales relacionados con la salud, el consumo, el cuidado de los seres vivos y el medio ambiente, contribuyendo a su conservación y mejora.

l) Apreciar la creación artística y comprender el lenguaje de las distintas manifestaciones artísticas, utilizando diversos medios de expresión y representación.

**Anexo 2: Soluciones de la actividad 1.**

Nombres de los componentes ilustrados en el tablero:

1. Pared celular
2. Retículo endoplasmático liso
3. Ribosoma
4. Célula eucariótica animal
5. Aparato de Golgi
6. Célula eucariótica vegetal
7. Célula procariótica
8. Citoplasma
9. Flagelo
10. Nucléolo
11. Cloroplasto
12. Cápsula
13. Cromosoma circular
14. Lisosoma
15. Matrix extracelular
16. Centriolos
17. Retículo endoplasmático rugoso
18. Pílos
19. Membrana nuclear con poros
20. Membrana celular
21. Mitocondria

**Anexo 3: Pistas de los crucigramas y soluciones de la actividad 3.**

**PISTAS CRUCIGRAMA A**

**Horizontal:** **1.** Cadena de ADN superenrollada. **3.** La del ADN es doble. **4.** Unidad química constituyente el ADN. **5.** Material genético que está asociado a proteínas y repartido de forma difusa por todo el núcleo. **6.** Los dos miembros de cada pareja de cadena de ADN superenrollada. **9.** La totalidad de la información genética que posee un organismo o una especie en particular. **10.** Ácido desoxirribonucleico. **11.** Adjetivo con el cual se indica el conjunto de los rasgos visibles de un organismo que son el resultado de la interacción entre su genotipo y el medio.

**Vertical:** **1.** Región del cromosoma que separa los dos brazos. **2.** Las dos formas alternativas de un gen que ocupan las mismas posiciones en cada par de cromosomas homólogos. **5.** Las dos unidades longitudinales de un cromosoma ya duplicado. **7.** Conjunto de genes característicos de cada especie vegetal o animal. **8.** Adjetivo con el que se define cada una de las células que componen un organismo, excepto las germinales. **9.** Fragmento de ADN dispuesto en un orden fijo en los cromosomas, que determina la aparición de los caracteres hereditarios en los seres vivos.

					<sup>1</sup> C	R	O	M	O	S	O	M	<sup>2</sup> A
<sup>3</sup> H	É	L	I	C	E								L
					N					<sup>4</sup> B	A	S	E
<sup>5</sup> C	R	O	M	A	T	I	N	A					L
R					R								O
O					Ó								S
M			<sup>6</sup> H	O	M	Ó	L	O	<sup>7</sup> G	O	<sup>8</sup> S		
Á					E				E		O		
T					R				N		M		
I		<sup>9</sup> G	E	N	O	M	A		O		Á		
D		E							T		T		
<sup>10</sup> A	D	N							I		I		
S			<sup>11</sup> F	E	N	O	T	Í	P	I	C	O	
									O		A		

**3a.** Resolución del crucigrama A

## APRENDER JUGANDO

### PISTAS CRUCIGRAMA B

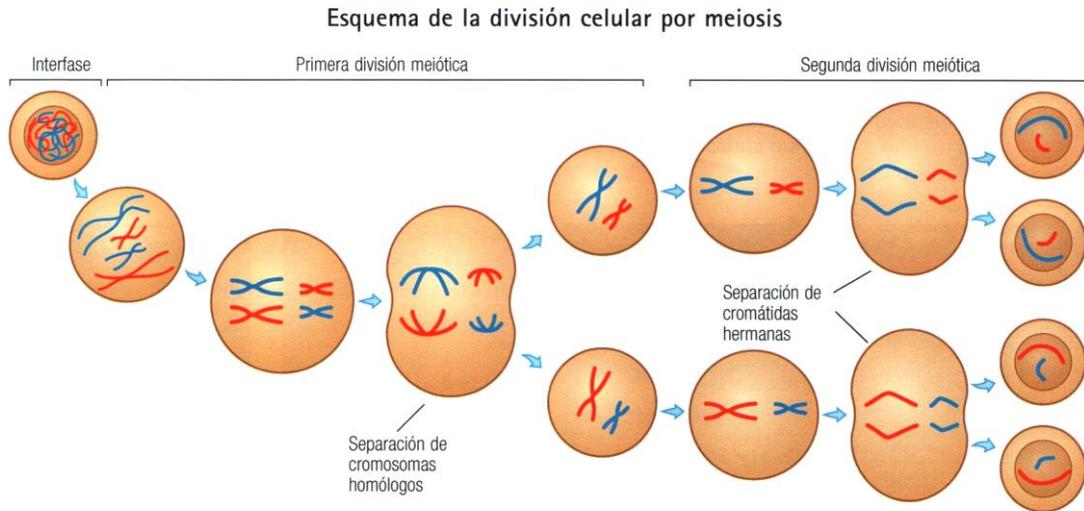
Horizontal: **2.** Una posición fija en un cromosoma (como la posición de un gen). **5.** El extremo de un cromosoma. **7.** Representación gráfica del conjunto de las características cromosómicas de una especie, ordenado por parejas de cromosomas homólogos. **8.** Monómeros de los ácidos nucleicos.

Vertical: **1.** Mecanismo a través del cual de una molécula de ADN única se obtienen dos o más réplicas de la primera. **3.** El patrón cromosómico de una especie expresado a través de un código, establecido por convenio, que describe las características de sus cromosomas. **4.** Cambio en la secuencia de un nucleótido o en la organización del ADN de un ser vivo. **6.** Ácido ribonucleico.

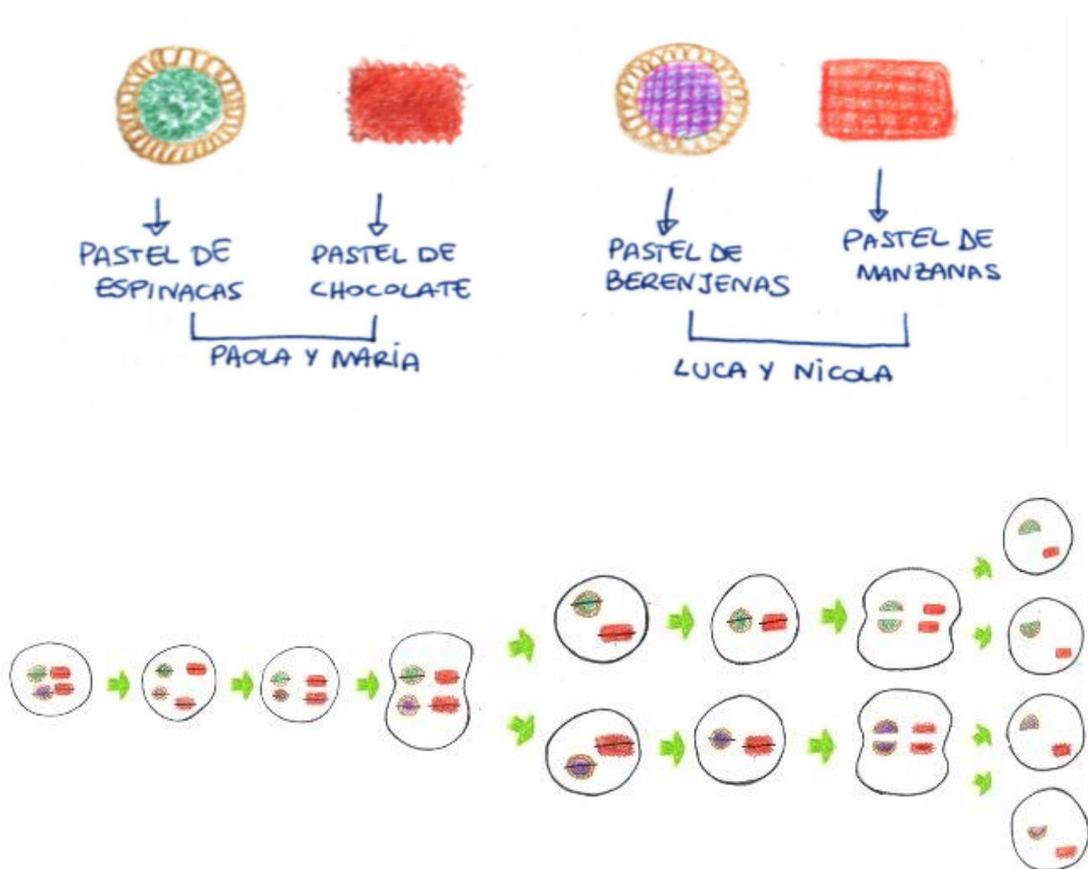
							<sup>1</sup> D						
				<sup>2</sup> L	O	C	U	S			<sup>3</sup> C		
<sup>4</sup> M							P				A		
U					<sup>5</sup> T	E	L	Ó	M	E	R	O	
T							I				I		
A		<sup>6</sup> A					C				O		
<sup>7</sup> C	A	R	I	O	G	R	A	M	A		T		
I		N					C				I		
Ó							I				P		
N		<sup>8</sup> N	U	C	L	E	Ó	T	I	D	O	S	
							N						

**3b.** Resolución del crucigrama B

Anexo 4: Imágenes y posible solución de la actividad 4.

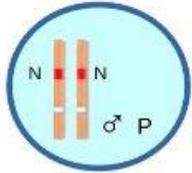
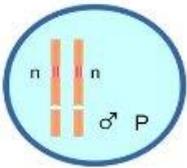
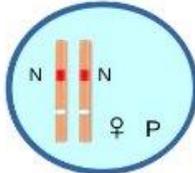
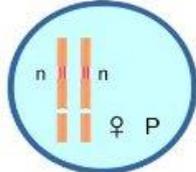
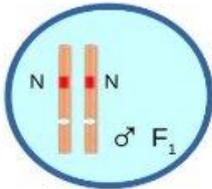
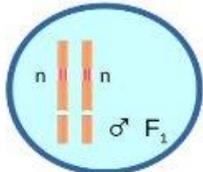
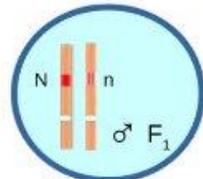
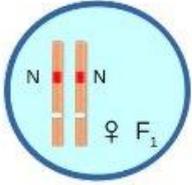
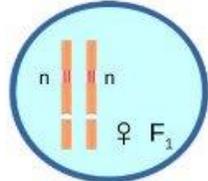
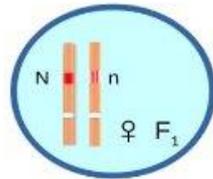
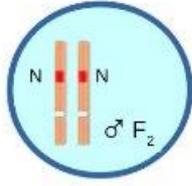
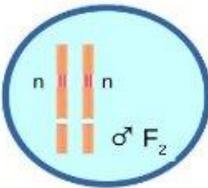
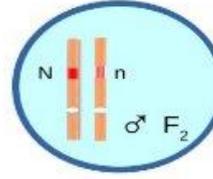
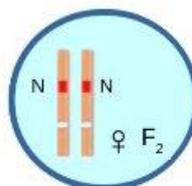
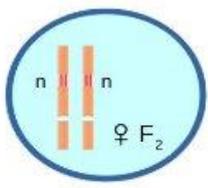
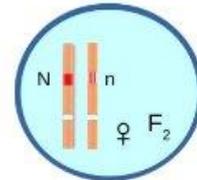


4a. Esquema de la división celular por meiosis. Fuente: Pedrinaci, Gil y Carrión, 2010.



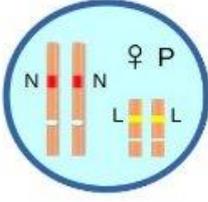
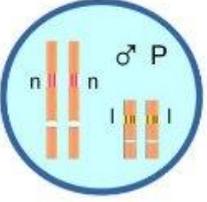
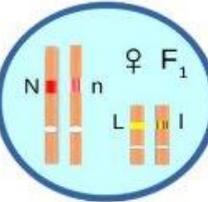
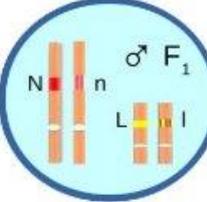
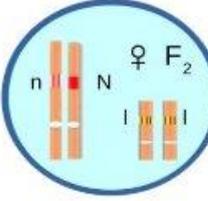
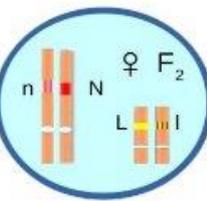
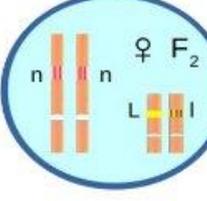
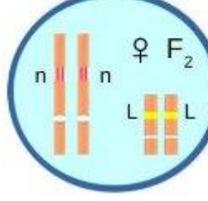
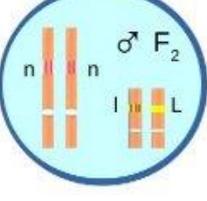
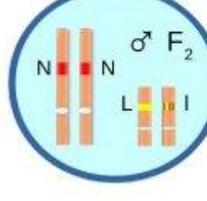
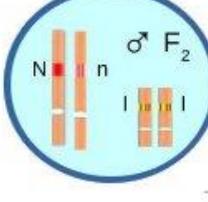
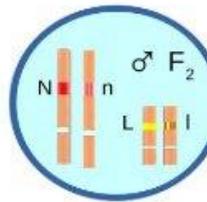
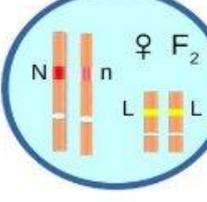
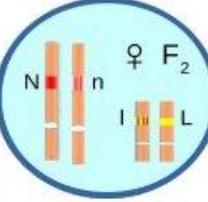
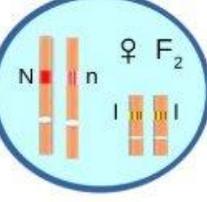
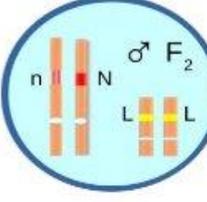
4b. Ejemplo de resolución del juego con referencia al esquema en 4a. Fuente: elaboración propia.

Anexo 5: Imágenes y tablas relativas a la actividad 5

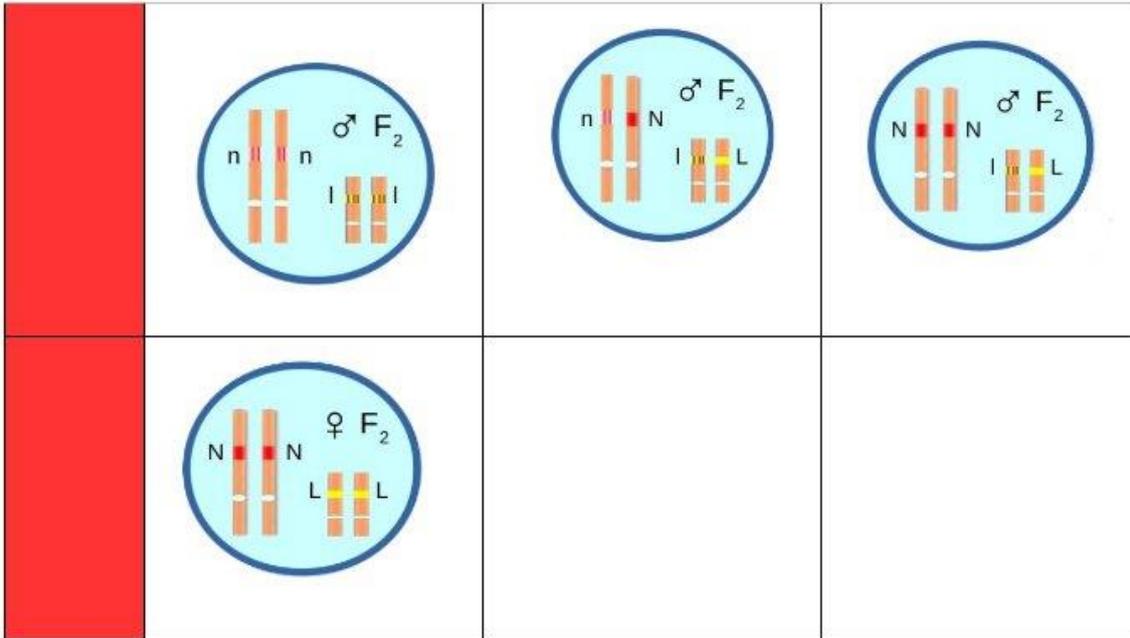
PEGATINAS DE LAS COMBINACIONES GENOTÍPICAS			
Razas puras (P)			
			
Primera generación filial (F <sub>1</sub> )			
			
Segunda generación filial (F <sub>2</sub> )			
			

5a. Pegatinas de las combinaciones genotípicas que se utilizan en la primera y segunda parte del juego.  
Fuente: elaboración propia.

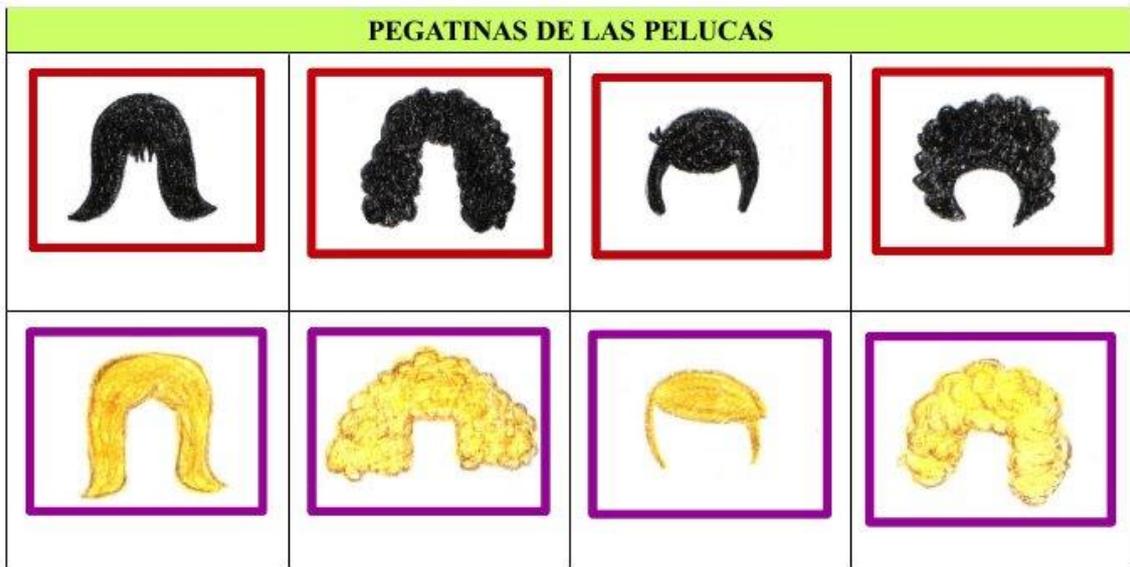
APRENDER JUGANDO

PEGATINAS DE LAS COMBINACIONES GENOTÍPICAS			
Razas puras (P)			
Primera generación filial (F <sub>1</sub> )			
Segunda generación filial (F <sub>2</sub> )			
			
			
			

APRENDER JUGANDO

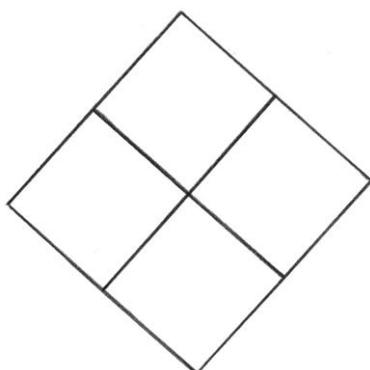


5b. Pegatinas de las combinaciones genotípicas que se utilizan en la tercera parte del juego.

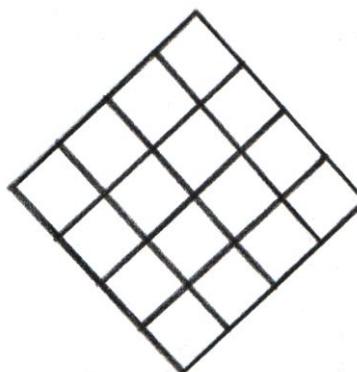


5c. Pegatinas que se pegan a los carteles durante el juego. Fuente: elaboración propia.

## APRENDER JUGANDO



5d. Tablón con 4 cuadrantes.



5e. Tablón con 16 cuadrantes.

5f. Ejemplos de conclusiones erróneas de las leyes de Mendel que aparecen en algunas fichas.

<b>A</b>	Primera ley de Mendel	Si se cruzan dos razas puras (un homocigoto dominante con uno recesivo) para un determinado carácter, los descendientes de la primera generación serán genotípicamente y fenotípicamente todos iguales al progenitor de genotipo dominante.
		Si se cruzan dos razas puras (un homocigoto dominante con uno recesivo) para un determinado carácter, los descendientes de la primera generación serán genotípicamente todos iguales entre sí y, fenotípicamente, la mitad será igual a uno de los progenitores (de genotipo dominante) y la otra mitad al otro (de genotipo recesivo).
		Si se cruzan dos razas puras heterocigotos por un determinado carácter, los descendientes de la primera generación serán todos iguales entre sí, fenotípica y genotípicamente.
<b>B</b>	Segunda ley de Mendel	Cuando se cruza a la F1 entre sí, los miembros de la F2 son genotípicamente todos diferentes y fenotípicamente se presentan con una proporción de 3:1 entre carácter dominante y recesivo.
		Durante la formación de los gametos, los dos alelos de una pareja de cromosomas homólogos de derivación materna determinan la constitución genética del gameto filial.
		Cuando se cruza a la F1 entre sí, en los miembros de la F2 vuelven a aparecer los caracteres recesivos con una proporción variable según las modalidades de segregación de los alelos responsables de estos caracteres.
<b>C</b>	Tercera ley de Mendel	En la transmisión de dos o más caracteres, cada par de alelos que controla un carácter se transmite de manera independiente de cualquier otro par de alelos que controlen otro carácter en la segunda generación, originando individuos que son todos fenotípica y

## APRENDER JUGANDO

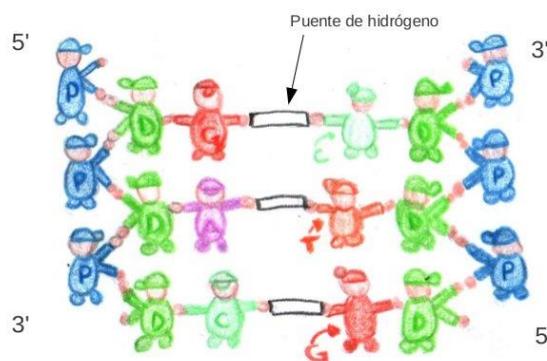
		genotípicamente diferentes entre sí.
		Al aparear a dos dihíbridos entre sí se observa en la descendencia una proporción fenotípica variable y no definida debida al hecho que cada par de alelos que controla un carácter se transmite de manera independiente de cualquier otro par de alelos que controlen otro carácter en la segunda generación.
		En la transmisión de dos caracteres, cada par de alelos que controla un carácter se transmite de forma conjunta con otro par de alelos que controlen otro carácter en la segunda generación. En este caso la descendencia sigue las proporciones fenotípicas 9:3:1.

## APRENDER JUGANDO

### Anexo 6: Imágenes y resolución del juego de la actividad 6

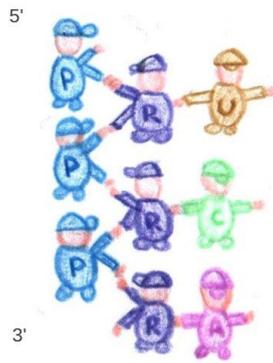
		Segunda base					
		U	C	A	G		
P r i m e r a  b a s e	U	Phe UUU	Ser UCU	Tyr UAU	Cys UGU	U C A G	T e r c e r a  b a s e
		Phe UUC	Ser UCC	Tyr UAC	Cys UGC		
		Leu UUA	Ser UCA	<b>Stop UAA</b>	<b>Stop UGA</b>		
		Leu UUG	Ser UCG	<b>Stop UAG</b>	Trp UGG		
	C	Leu CUU	Pro CCU	His CAU	Arg CGU	U C A G	
		Leu CUC	Pro CCC	His CAC	Arg CGC		
		Leu CUA	Pro CCA	Gln CAA	Arg CGA		
		Leu CUG	Pro CCG	Gln CAG	Arg CGG		
	A	Ile AUU	Thr ACU	Asn AAU	Ser AGU	U C A G	
		Ile AUC	Thr ACC	Asn AAC	Ser AGC		
		Ile AUA	Thr ACA	Lys AAA	Arg AGA		
		<b>Met AUG</b>	Thr ACG	Lys AAG	Arg AGG		
	G	Val GUU	Ala GCU	Asp GAU	Gly GGU	U C A G	
		Val GUC	Ala GCC	Asp GAC	Gly GGC		
		Val GUA	Ala GCA	Glu GAA	Gly GGA		
		Val GUG	Ala GCG	Glu GAG	Gly GGG		

6a. Tabla del código genético. Fuente: I.E.S. Pando.

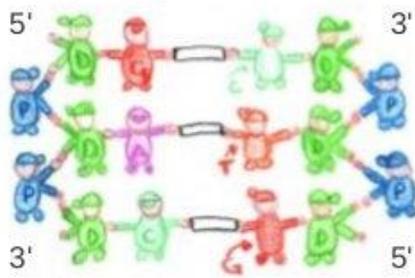


6b. Estructura del ADN. Fuente: elaboración propia.

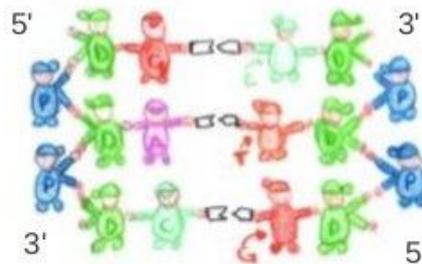
## APRENDER JUGANDO



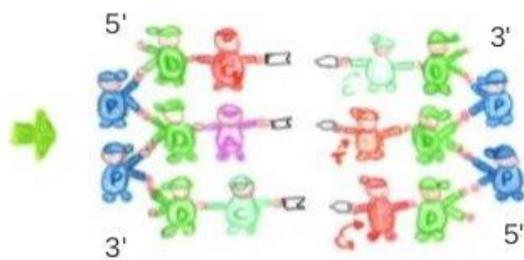
6c. Estructura del ARN. Fuente: elaboración propia.



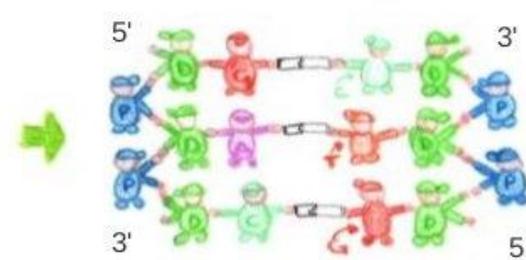
1. Molécula de ADN original



2. Separación de las cadenas de ADN



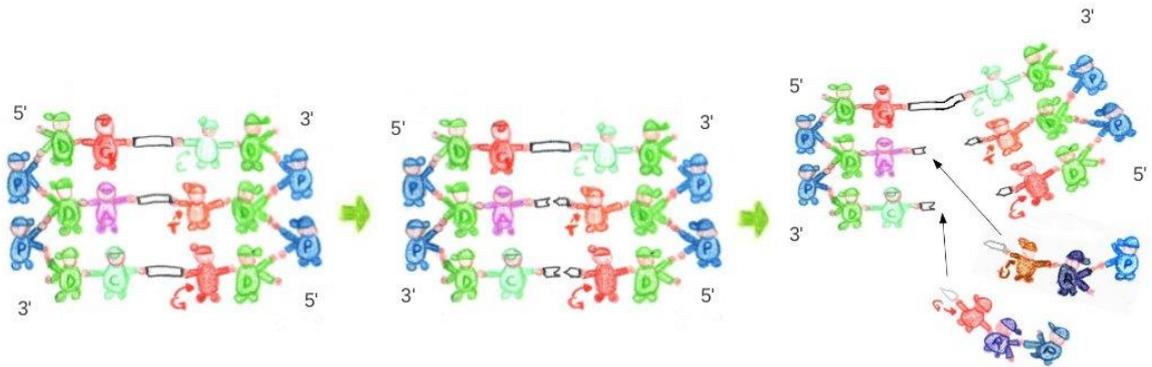
3. Nuevo emparejamiento



4. Unión

6d. Duplicación del ADN Fuente: elaboración propia.

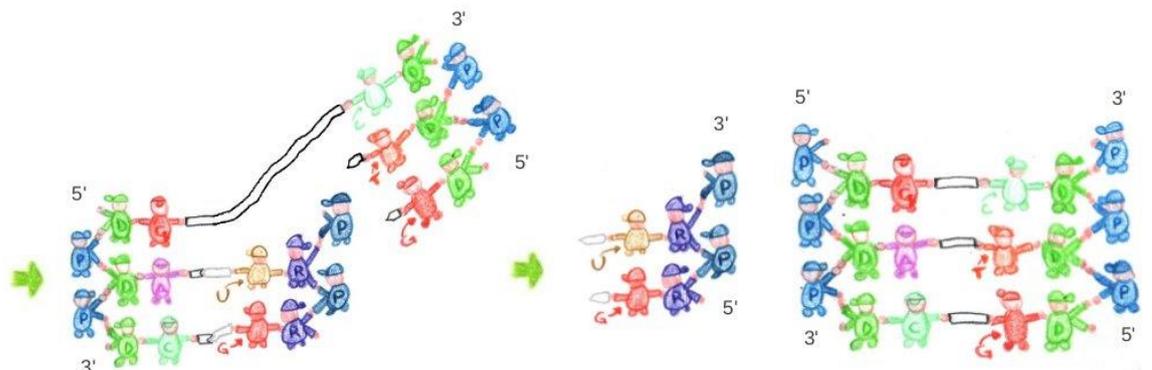
## APRENDER JUGANDO



1. Molécula de ADN original

2. Desenrollamiento local

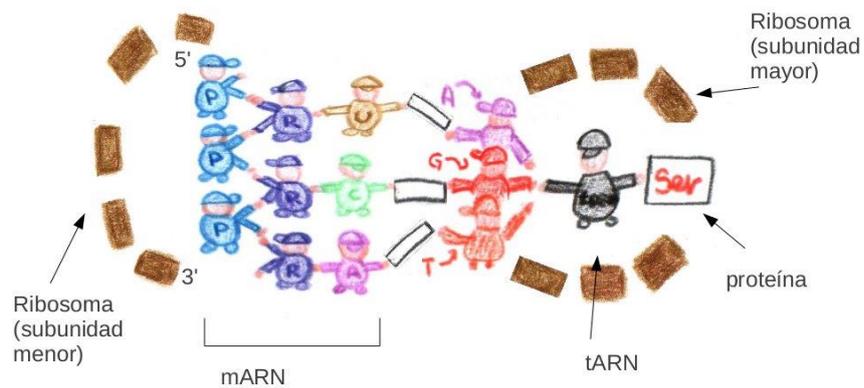
3. Emparejamiento de nucleótidos libres de mRNA



4. Unión

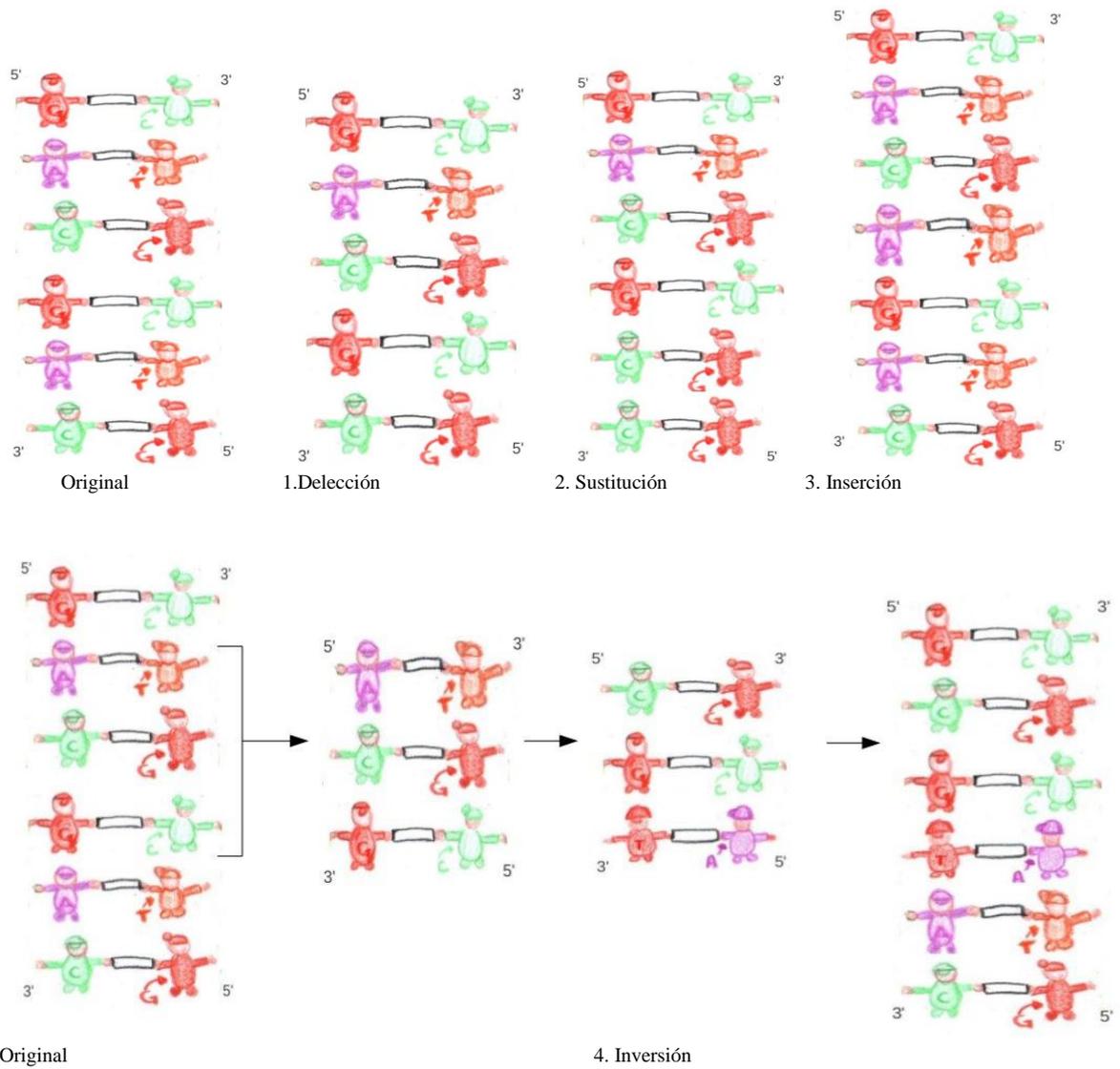
5. Liberación de la molécula de ARN y re-unión de la molécula de ADN

### 6e. Transcripción del mRNA. Fuente: elaboración propia.



### 6f. Traducción del mRNA en proteínas. Fuente: elaboración propia.

## APRENDER JUGANDO



**6g.** Tipos de mutaciones. A partir de las mutaciones, el alumnado puede demostrar el cambio que se realiza a nivel de transcripción en m ARN y traducción en proteínas. Fuente: elaboración propia.

**Anexo 7: Imágenes empleadas en la actividad 7 y breves descripciones.**

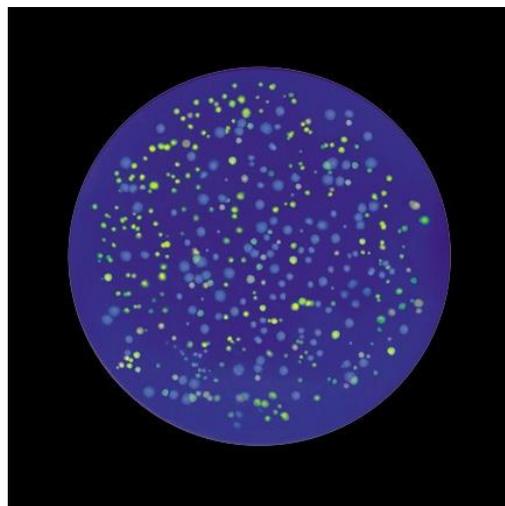


**7a.** Eduardo Kac, *GFP Bunny* (2000). Esta obra muestra la creación de Alba, la coneja albina mutada con el gen EGFP, el cual es una versión mejorada del gen original por la fluorescencia, procedente de un tipo de medusa (*Aequorea Victoria*), que codifica por una proteína que otorga una fluorescencia verdosa. La coneja se muestra de color verde fluorescente sólo cuando se ilumina con luz azul (esta característica ha sido completamente inocua para el animal y no le ha comportado ninguna secuela física, ni a corto ni a largo plazo).



**7b.** Eduardo Kac, *Natural history of the enigma* (2003-2008). Esta obra consiste en la creación del plantimal “Edunia”, que es un híbrido genético entre el artista y una petunia, resultado de la incorporación de la información genética del primero en la segunda. El ADN extraído de la sangre del artista fue mezclado con el de la planta y se manifestó en las “venas” también rojas de la flor.

## APRENDER JUGANDO



**7c.** Eduardo Kac, *Genesis* (1999). En esta obra el artista produce una secuencia genética artificial a partir de una frase extraída de la Biblia, precisamente la que hace alusión al poder otorgado por Dios para dominar la Naturaleza: “*Let man have dominion over the fish of the sea, and over the fowl of the air, and over every living thing that moves upon the earth*”. Kac hizo su traducción al código morse y, después, su conversión a nucleótidos y síntesis del gen correspondiente. Este gen recién creado se incorporó al genoma de una cepa de bacterias *E. coli*. En este trabajo se utilizaron dos tipos de colonias bacterianas: 1) bacterias que incorporan el plásmido conteniente ECFP (Enhanced Cyan Fluorescent Protein) y colonias que incorporan el plásmido conteniente EYFP (Enhanced Yellow Fluorescent Protein). ECFP y EYFP son GFP (Green Fluorescent Protein) mutantes con propiedades espectrales alteradas. ECFP contiene el gen sintético, EYFP no. Estas bacterias fluorescentes emiten luz azul y amarilla cuando están expuestas a luz UV. En los plásmidos ocurren mutaciones espontáneas durante el crecimiento bacteriano y, además, puede suceder la transferencia de plásmidos por conjugación, así que se pueden observar combinaciones de colores, posiblemente originando bacterias verdes. Los tres diferentes colores de las colonias bacterianas bajo luz UV están justificados de la siguiente manera: 1) ECFP bacterias donan su plásmido a EYFP bacterias y al revés, generando bacterias verdes; 2) no hay transferencia por conjugación, y cada colonia mantiene su color originario; las colonias bacterianas pierden su plásmido y aparecen ocre. La obra se expone en forma de instalación (imagen de arriba) y el público tiene la posibilidad de activar una luz ultravioleta (desde la misma exposición o a través de un ordenador) y visualizar las colonias bacterianas que aparecen con colores diferentes por su diferente condición (imagen de abajo). Al finalizar la exposición, Kac aplica el proceso de traducción al revés: secuencia el genoma de las bacterias, lo traduce en código morse y, luego, en inglés, entonces puede verificar como la frase haya cambiado sensiblemente desde la original, como resultado de las mutaciones genéticas inducidas por la luz ultravioleta (Ascott, 2000).

## APRENDER JUGANDO



**7d.** Revital Cohen y Tuur Van Balen, *Life Support: Dialysis Sheep* (2008). Esta obra contempla el reemplazo de una máquina de diálisis por una oveja. En este proyecto se propicia el nacimiento de un cordero transgénico compatible con el ADN del humano y éste se utilizaría para la diálisis del paciente con insuficiencia renal: por el día, la oveja se alimentaría normalmente y estaría en un jardín, y durante la noche se conectaría al paciente para filtrar la sangre de sus riñones mientras ambos duermen.



**7e.** Natalie Jeremijenko, *One Trees* (2000). Se trata de una instalación consistente en la exposición de varios clones en que la artista trabajó junta con un botanista. Este proyecto representa un experimento público en el que la artista se dedicó a plantar acerca de 1000 árboles genéticamente idénticos (clones), producidos en condiciones de laboratorio protegidas, en diferentes microclimas y contextos sociales del área de la bahía de San Francisco, con el objetivo de observar las diferencias que manifestaban entre ellos durante su crecimiento, las cuales hubieran tenido que depender únicamente de las distintas condiciones a las que estaban expuestos.

## APRENDER JUGANDO

**7f.** Resumen de las obras propuestas y de los contenidos abordados por cada una.

<b>Obra, artista y año de realización</b>	<b>Disciplina biológica</b>	<b>Técnicas y procedimientos</b>	<b>Productos resultantes</b>
“GFP Bunny”, E. Kac (2000)	Genética	ADN recombinante: transferencia de información	Transgénico
“Natural History of the Enigma”, E. Kac (2003-2008)	Genética	ADN recombinante: transferencia de información	Transgénico
“Genesis”, E. Kac (1999)	Genética	Mutación genética; ADN recombinante: síntesis de ADN	Mutante; oligonucleótido (molécula sintética de ADN)
“Life Support: Dialysis Sheep”, R. Cohen and T. Van Balen (2008)	Genética	ADN recombinante: transferencia de información	Transgénico
“One Trees”, N. Jeremijenko (2000)	Genética	Clonación	Clon

Anexo 8: Imágenes relativas a la actividad 8.

<b>CARTAS RELATIVAS A LA BARAJA A</b>		
<p style="text-align: center;"><b>¡Carta común!</b></p> <p>Esta vez coge sólo una carta de la baraja B y contesta a la pregunta. ¡Seguro que la sabes!</p>	<p style="text-align: center;"><b>¡Carta de la suerte!</b></p> <p style="text-align: center;">¡Qué suerte! ¡Haz dos turnos de seguida!</p>	<p style="text-align: center;"><b>¡Carta de la doble posibilidad!</b></p> <p>Si no estás seguro de contestar bien a la primera pregunta, puedes coger otra carta...¿Quizás sabrás contestar mejor a su pregunta?</p>
<p style="text-align: center;"><b>¡Carta de la mala suerte!</b></p> <p>Esta vez descansa un rato.. ¡Salta el turno!</p>		<p style="text-align: center;"><b>¡Carta de la soledad!</b></p> <p>Hey!! Sólo tu que lees contesta a la pregunta del test sin la ayuda de tus compañeros!</p>

8a. Ejemplos de cartas de la baraja A.

<b>CARTAS RELATIVAS A LA BARAJA B</b>		
<p>Según el neodarwinismo, las especies cambian porque sus miembros usan o dejan de usar ciertas partes del cuerpo o ciertas habilidades. <u>¿Verdad?</u></p> <p style="color: red;">Si contestas correctamente, avanza 2 casillas.</p>	<p>Según la teoría de la selección natural:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- todos los individuos de una especie son diferentes.</li> <li>- al interior de una misma especie no hay variación.</li> <li>- pueden haberse algunas variaciones escasamente relevantes al interior de una especie.</li> </ul> <p><u>¿Cuál es la respuesta correcta?</u></p> <p style="color: red;">Si contestas correctamente, avanza 4 casillas.</p>	<p>Según el neodarwinismo, las nuevas características exhibidas en las poblaciones a través del tiempo se originan debido a _____ que sobreviven o se eliminan a causa de la acción de SN.</p> <p style="color: red;">Si contestas correctamente, avanza 4 casillas.</p>

8b. Ejemplos de cartas de la baraja B.

## APRENDER JUGANDO

### Anexo 9: Registro para la evaluación de las competencias básicas

Alumno/a		Valoración	
		[Bastante: 5; Normal: 4; Regular: 3; Poco: 2; Muy poco: 1; No evaluable: N]	
Actividad		Parcial	Total
Indicador			
Competencia lingüística	Articula pensamientos e ideas con eficacia utilizando habilidades de comunicación oral y escrita.		
	Presenta la información de forma ordenada y con corrección ortográfica.		
	Comprende textos y mensajes articulados.		
Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología	Aplica principios y procesos matemáticos en contextos diferentes.		
	Aplica los métodos propios de la racionalidad científica y las destrezas tecnológicas para resolver problemas complejos y adquirir conocimientos.		
	Analiza como las partes de un todo interactúan entre sí para producir resultados globales en sistemas complejos.		
Competencia digital	Conoce y maneja diferentes motores de búsqueda y bases de datos, sabiendo elegir aquellos que responden mejor a las propias necesidades de información.		
	Utiliza la tecnología como herramienta para investigar, organizar, evaluar y comunicar información en ámbito científico.		
	Analiza, interpreta y evalúa la información de forma crítica y competente.		
Aprender a aprender	Toma conciencia, reflexiona y corrige sus errores para mejorar el propio proceso de aprendizaje.		
	Adquiere confianza en su propia capacidad para aprender.		
	Integra conocimientos y métodos científicos.		
Competencias sociales y cívicas	Demuestra capacidad para trabajar de manera efectiva y respetuosa en equipo.		
	Utiliza habilidades sociales y sabe resolver los conflictos de forma constructiva.		
	Es consciente de la existencia de diferentes posibilidades para analizar la realidad.		
Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor	Adquiere seguridad en su propia habilidad de analizar; planificar, organizar, gestionar y tomar decisiones para alcanzar los objetivos previstos.		
	Utiliza las habilidades interpersonales y de resolución de problemas para influenciar y guiar a los demás hacia un objetivo común.		
	Comprende los problemas planteados y adquiere un nivel de autoestima adecuado para su resolución razonada.		
Conciencia y expresiones culturales	Conoce, comprende, aprecia y valora con espíritu crítico y con una actitud abierta y respetuosa las diferentes manifestaciones culturales y artísticas, utilizándolas como fuente de enriquecimiento y disfrute personal y colectivo.		

## APRENDER JUGANDO

	Elabora, analiza, evalúa y perfecciona sus propias ideas de la forma más creativa posible para la resolución de los problemas planteados.		
	Comprende la importancia del uso de técnicas de expresión artística para la comprensión, elaboración y transmisión del conocimiento científico.		