

Refuerzo de conocimientos de Bioquímica aplicando juegos de letras o de palabras sencillas

Reforç de coneixements de Bioquímica aplicant jocs de lletres o de paraules senzills

Biochemistry's knowledge reinforcement by using simple letters' or words' games

Josep J. Centelles^a, Estefania Moreno^b, Pedro R. de Atauri^c

Departament de Bioquímica i Biomedicina Molecular, Facultat de Biologia
Universitat de Barcelona

Diagonal 643, 08028 Barcelona, Espanya

^a <https://orcid.org/0000-0002-6289-9678>

^b <https://orcid.org/0000-0002-2491-5753>

^c <https://orcid.org/0000-0002-7754-7851>

josepcentelles@ub.edu estefaniamoreno@ub.edu pde_atauri@ub.edu

Recibido: 02/09/2022 | Aceptado: 24/10/2022 | Publicado: 01/2023

Resumen

Introducción y problema: Los juegos son muy apreciados por la población en general, así que realizamos una búsqueda de diversos juegos con la finalidad de utilizarlos para reforzar los conocimientos en bioquímica de los alumnos del grado de Química de la Universidad de Barcelona. Los juegos de los libros de pasatiempos están basados en dos posibilidades: números y letras. Entre los juegos de letras los más frecuentes son los crucigramas, autodefinidos, palabras cruzadas y sopas de letras. **Metodología:** Para reforzar los conocimientos de los estudiantes en Bioquímica, realizamos una búsqueda de juegos de palabras usados en el aprendizaje de gramática de idiomas, para luego adaptarlos a la nomenclatura y estructura de biomoléculas en Bioquímica. Siguiendo una aproximación conductista, utilizamos el modelo de Dick y Carey. **Resultados y discusión:** Los juegos más sencillos sobre palabras se basan en buscar dentro de un conjunto de palabras, aquellas que tengan alguna parte en común. En este sentido, implementamos juegos de rimas, en los que las palabras terminan en -ina (terminación frecuente de los aminoácidos, bases nitrogenadas, nucleósidos y algunas proteínas), en -osa (terminación frecuente de los hidratos de carbono), o en -ico / -ato (terminación frecuente de los ácidos grasos y otros ácidos intermediarios del metabolismo, o de sus sales correspondientes). Así pues, los alumnos pueden observar estas características en la nomenclatura. Por otro lado, también implementamos juegos de palabras incompletas que se basan en completar los nombres de los metabolitos utilizando grupos de letras a escoger. Los juegos se clasificaron en 4 grupos y se presentan algunos ejemplos de estos. Respecto a la dificultad, los juegos tipo dominó son los más difíciles de resolver, pues requieren conocer tanto la nomenclatura como la estructura de las biomoléculas. **Conclusiones:** Nuestra propuesta incluye diversos juegos de palabras que permiten reforzar conocimientos de Bioquímica.

Palabras clave: Aprendizaje de bioquímica, Educación superior, Autoaprendizaje, Gamificación, Lenguaje de la ciencia.

Resum

Introducció i problema: Els jocs són molt apreciats per la població en general, i per això vam fer una cerca de diversos jocs amb la finalitat d'utilitzar-los per a reforçar els coneixements en bioquímica dels alumnes del grau de Química

Centelles, J. J., Moreno, E., y de Atauri, P. R. (2023). Refuerzo de conocimientos de Bioquímica aplicando juegos de letras o de palabras sencillas. *RIDU. Revista d'Innovació Docent Universitària*, 15, 28-41. <https://doi.org/10.1344/RIDU2023.15.3>

© 2023 Los autores. Este artículo es de acceso abierto sujeto a la licencia Reconocimiento 4.0 Internacional de Creative Commons, la cual permite utilizar, distribuir y reproducir por cualquier medio sin restricciones siempre que se cite adecuadamente la obra original. Para ver una copia de esta licencia, visite: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



de la Universitat de Barcelona. Els jocs dels llibres de passatemps es basen en dues possibilitats: números i lletres. Entre els jocs de lletres, destaquen els mots encreuats, auto definits, paraules creuades i sopes de lletres. **Metodologia:** Per reforçar els coneixements dels estudiants de Bioquímica, vam realitzar una recerca de jocs de paraules usats en l'aprenentatge de la gramàtica als idiomes, per adaptar-los després a la nomenclatura i estructura de les biomolècules. Seguint una aproximació conductista, vam fer servir el model de Dick i Carey. **Resultats i discussió:** Els jocs més senzills sobre paraules es basen en cercar dins d'un conjunt de paraules, aquelles que tinguin alguna part en comú. En aquest sentit, vam implementar jocs de rimes, en el que les paraules acaben en -ina (terminació freqüent dels aminoàcids, bases nitrogenades, nucleòsids i algunes proteïnes), en -osa (terminació freqüent dels hidrats de carboni), o en -ic / -at (terminació freqüent dels àcids grassos i altres àcids intermediaris del metabolisme, o de les seves sals corresponents). Així doncs, els alumnes poden observar aquestes característiques a la nomenclatura. D'altra banda, també vam implementar jocs de paraules incompletes que es basen en completar els noms dels metabòlits tot utilitzant grups de lletres a escollir. Els jocs es van classificar en 4 grups i aquí se'n presenten alguns exemples. Pel que fa a la dificultat, els jocs tipus dòmino són els més difícils de resoldre, ja que cal conèixer tant la nomenclatura com l'estructura de les biomolècules. **Conclusions:** La nostra proposta inclou diversos jocs de paraules que permeten reforçar els coneixements de Bioquímica.

Paraules clau: Aprenentatge de bioquímica, Educació superior, Auto aprenentatge, Gamificació, Llenguatge de la ciència.

Abstract

Introduction and problem: Games are highly appreciated by general population, so we decided to search several games in order to use them to reinforce the knowledge in biochemistry of students from the Chemistry Degree of the University of Barcelona. The puzzle book games are based on two possibilities: numbers and letters. Among the letters' games the most frequent are crossword, self-defined crosswords, crossword puzzles and word search puzzles. **Methodology:** To reinforce students' knowledge in Biochemistry, we performed a search for word games based in those used in language grammar learning, to then adapt them to the nomenclature and structure of biomolecules in Biochemistry. Following a behaviorist approach, we applied the model of Dick and Carey. **Results and discussion:** The simplest word games are based on searching in a set of words, those that have some common part. In this sense, we implemented rhyming games, in which the words ended in -ine (a frequent ending of amino acids, nitrogenous bases, nucleosides and some proteins), in -ose (a frequent ending of carbohydrates), or ended in -ic / -ate (frequent ending of fatty acids and other acids intermediate of the metabolism, or their corresponding salts). Thus, students were able to observe these characteristics in the nomenclature. On the other hand, we also implemented incomplete words' games that are based on completing the names of the metabolites using groups of letters. Games were classified into 4 groups and some examples of them are presented. Regarding difficulty, domino games are the most difficult to solve since they require knowing both the nomenclature and structure of biomolecules. **Conclusions:** Our proposal includes several word games that allow the reinforcement of the knowledge in the subject of Biochemistry.

Keywords: Biochemistry learning, High education, Self-learning, Gamification, Science language.

1. Introducción

Una de las dificultades de la asignatura de Bioquímica consiste en la compleja nomenclatura de las numerosas moléculas que los alumnos deben conocer, para así poder comprender su estructura y cómo actúan. Numerosos libros de Bioquímica contienen un glosario de palabras (y a menudo también de autores), necesarios para la comprensión de los textos (Stryer et al., 2015; Nelson y Cox, 2018). Estas palabras incluyen la nomenclatura de las estructuras celulares, de biomoléculas, o de los intermediarios metabólicos.

La didáctica en Bioquímica se basa habitualmente en cuestiones tipo test (Fernández y Ruiz, 2018), en la utilización de problemas o en prácticas de laboratorio (Lozano-Teruel y Tudela, 1988). Sin embargo, en el autoaprendizaje resulta más ameno utilizar la gamificación (Mirás-Calvo y Sánchez-Rodríguez, 2008; Marín et al., 2021; Moreno y Centelles, 2022) o el estudio de casos prácticos (Ñique-Carbajal, 2020). La gamificación es un término que apareció a partir de la palabra "game", que significa "juego" en inglés. El

término apareció como estrategia educativa en 2010, y fue adquiriendo una gran relevancia, principalmente en el estudio de gramática y lenguas extranjeras (Molina-García et al., 2021). Sin embargo, también se ha aplicado en la enseñanza para ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas, tal y como describen Guzmán-Rivera y colaboradores (Guzmán-Rivera et al., 2020). Estos autores analizaron diversos artículos basados en gamificación, concluyendo que, a pesar de que la gamificación despierta mucho interés, hacen falta muchos más estudios enfocados a su uso en ciencia (Guzmán-Rivera et al., 2020; Ortiz et al., 2016).

En asignaturas científicas no se suelen utilizar juegos de letras, pues a menudo los problemas se aplican como juegos numéricos (enseñanza basada en problemas o en casos clínicos). Habitualmente se entregan hojas con problemas de los cuales se indican las soluciones, y el alumno “juega” resolviendo los problemas hasta obtener las soluciones. Este es el caso general de muchas asignaturas que utilizan las matemáticas. Sin embargo, los juegos que se presentan en este trabajo dan como solución una serie de términos bioquímicos. Estos términos pueden usarse como clave en el caso de las “escape-rooms” on-line, para poder proseguir con la consecución de dicha “escape-room” (Marín et al., 2021). Aunque en ciencia son pocos los trabajos de innovación docente centrados en la nomenclatura (Moreno y Centelles, 2022), consideramos que el estudiante de bioquímica debe impregnarse de la compleja nomenclatura usada en la asignatura si quiere acceder a sus conocimientos con mayor facilidad. Por eso nos planteamos la siguiente pregunta de investigación: ¿puede aplicarse la gamificación para el refuerzo del conocimiento de la nomenclatura usada en bioquímica?

Algunos de los juegos que se aplican en el estudio de lenguas extranjeras requieren de un estudiante que pregunta y otro que responde. Juegos de este estilo incluyen el juego del ahorcado, donde un estudiante debe acertar una determinada palabra de la cual solamente conoce el número de letras. Este estudiante va diciendo letras, y el otro estudiante debe ir colocando las letras acertadas en los espacios libres de la palabra si ésta contiene la letra, o construir línea a línea el dibujo de una horca con un monigote ahorcado (unas 10 líneas). El juego finaliza cuando el estudiante acierta la palabra o cuando se ha equivocado en 10 letras y se ha terminado el dibujo de la horca (Juegos Arco Iris, 2021).

Otros juegos requieren de equipos y un árbitro que regule y valore las respuestas de los equipos. Juegos de este estilo incluyen el juego de stop, en el que cada estudiante posee un cartón que contiene una tabla con conjuntos de palabras agrupados, por ejemplo, según la familia de biomoléculas a la que pertenecen (azúcares, aminoácidos, lípidos, bases nitrogenadas). El árbitro dice una letra (por ejemplo, G) y los estudiantes deben escribir en la tabla una palabra que empiece con dicha letra para cada una de las familias (por ejemplo, glucosa para azúcar, glicina para aminoácido, glicerofosfolípido para lípidos, guanina para bases nitrogenadas). El primero que termina grita la palabra “stop” y nadie más puede escribir. El estudiante obtendrá la máxima puntuación si acierta todas las palabras. Los demás alumnos obtienen puntos por cada palabra acertada, pero logrando más puntos si no coincide con la palabra propuesta por el alumno ganador (por ejemplo, si los demás responden glutamato para el aminoácido obtendrán más puntos que si responden glicina como el ganador) (Stop, 2021). Siendo estas unas opciones válidas para ser implementadas con varios jugadores o en equipo, no podían aplicarse en pandemia. Por ello, nuestro objetivo fue implementar juegos individuales para ser realizados por los alumnos individualmente en calidad de autoaprendizaje.

Los autores de este trabajo acabábamos de asociarnos para formar un grupo de innovación docente (GINDOC-UB180) con la idea de remodelar la asignatura de Bioquímica. Aprovechando que los alumnos matriculados no eran tan numerosos como en otras asignaturas que impartíamos, propusimos diversos juegos individuales que podían realizar los alumnos desde sus hogares, que además les debían ser útiles para repasar los aspectos más importantes de la nomenclatura en Bioquímica. Por lo tanto, el significado educativo de este estudio consistió en preparar un entorno de trabajo donde se utilizasen estos juegos para que los alumnos pudiesen reforzar, mediante el autoaprendizaje, aspectos relacionados con la nomenclatura y la estructura de las biomoléculas. Se supone que las biomoléculas ya se han estudiado en la asignatura de Biología y, puesto que el grado de Química de la Universidad de Barcelona está limitado a una sola asignatura de Bioquímica, no se dispone del tiempo necesario para explicar de nuevo los nombres y

estructuras de las distintas biomoléculas. Por ello, un autoaprendizaje autónomo mediante estos juegos sería altamente útil. En este trabajo se presentan algunos ejemplos de juegos.

2. Objetivos

El objetivo general de este estudio consistió en la preparación de juegos de palabras para que los alumnos de Bioquímica consiguiesen auto aprender dichas palabras aplicando juegos, para divertirse al mismo tiempo que estudiaban. Para ello, los objetivos específicos consistieron en una búsqueda de las palabras más importantes que considerábamos que debían conocer los estudiantes, localizar y clasificar los juegos de palabras más comúnmente utilizados y adaptar a las palabras de Bioquímica los juegos de palabras más habituales. Debido a la escasez de alumnos que estudiaban la asignatura durante el cambio de semestre curricular, no nos planteamos un estudio estadístico de los resultados obtenidos por los estudiantes. En el futuro pretendemos que estos juegos sean utilizados por los estudiantes para su autoevaluación, y por ello no pretendemos evaluarlos con ellos, sino solamente que los alumnos recuerden la nomenclatura de las biomoléculas, que han visto en Biología, mientras estén estudiando el metabolismo.

3. Metodología y materiales

3.1. Metodología académica

La asignatura “Bioquímica” del grado de Química de la Universidad de Barcelona se impartía durante el cuarto semestre del grado (segundo curso), pero debido a que durante el mismo semestre también se impartía la “Química Orgánica”, se solicitó al Consejo de Estudios de la Facultad de Química desplazarla al quinto semestre (tercer curso) para que los estudiantes dispusieran de unos conocimientos básicos de química orgánica para poder entender mejor dicha asignatura. Sin embargo, para una mejor simetría de las asignaturas de las secciones de química inorgánica, analítica, física y orgánica de la Facultad, se decidió desplazar la asignatura hasta el séptimo semestre (cuarto curso). Este desplazamiento de tres semestres de la asignatura obligatoria de Bioquímica se realizó en dos cursos académicos, con lo que muchos de los estudiantes ya habían realizado la asignatura. Como era de esperar, durante un par de años el número de alumnos matriculados en la asignatura disminuyó drásticamente. Este cambio de posición de la Bioquímica coincidió temporalmente con el confinamiento durante los semestres de primavera del curso 2019-2020 y de otoño de curso 2020-2021. Así, pues, aprovechamos estos cursos on-line y con pocos alumnos (alrededor de unos 10 alumnos en cada semestre) para innovar la docencia, basándonos en la aplicación de juegos de letras o de palabras sencillos, similares a los juegos que se usan en asignaturas de gramática castellana o en las clases de lenguas extranjeras. Por tanto, estos cursos nos sirvieron para iniciar un proceso de innovación docente basado en juegos, aunque no hayamos podido cuantificar los resultados obtenidos debido al bajo número de alumnos que tuvimos. Esperamos poder aplicar estos juegos en los próximos cursos para que los estudiantes refuerzen sus conocimientos de nomenclatura y estructura en bioquímica.

La edad de los alumnos de Bioquímica que la cursaban en cuarto semestre era de unos 19 años (si no eran repetidores), mientras que en séptimo semestre su edad era de 21 años. Habitualmente en la Facultad de Química un 70% son mujeres y un 30% son hombres. Debido a la doble semestralización, la asignatura se imparte en cuatro grupos (dos en el semestre de otoño y dos en el semestre de primavera), por las mañanas o por las tardes. Los grupos de mañanas son habitualmente más numerosos (unas 70 personas) que los grupos de tarde (unas 55 personas). Sin embargo, debido al cambio de semestre que tuvo lugar mientras se realizaba el estudio, los alumnos disminuyeron a aproximadamente a 10 alumnos por semestre (un total de 18 alumnos, que aún no habían cursado la Bioquímica o que la tenían pendiente, contando los 4 grupos). Por ello no eran significativos los cuestionarios de Likert (Gamboa-Graus y Parra-Rodríguez, 2017; Matas, 2018) que se realizaron en los 4 grupos durante el confinamiento.

3.2. Metodología de la investigación

En primer lugar, aprovechando la pandemia para buscar posibles juegos para aplicarlos a los estudiantes de Bioquímica del grado de Química, realizamos un proceso para escoger las palabras más importantes (Stryer et al., 2015; Nelson y Cox, 2018), que considerábamos que debían conocer los estudiantes de Bioquímica y las clasificamos en grupos, con terminología asociada a las biomoléculas (azúcares, aminoácidos, proteínas, lípidos y otros compuestos nitrogenados) y terminología asociada a las células (orgánulos subcelulares, vías metabólicas, metodologías). Una vez separadas en grupos, se analizaron estas palabras y se observó que las terminaciones de las biomoléculas dependen de la familia de moléculas en la que se encuentran. Así, los azúcares terminan habitualmente en *-osa*, los ácidos grasos y otros lípidos terminan en *-ico*, y sus sales en *-ato*. Los aminoácidos, y otros compuestos nitrogenados, en cambio terminan en *-ina*, al igual que algunas de las proteínas, aunque otras proteínas (enzimas) terminan en *-asa*.

Se eligieron las palabras que el alumno debía conocer para poder seguir la asignatura. Puesto que en el programa de Bioquímica nos centramos principalmente en el metabolismo, la nomenclatura y estructura de las biomoléculas debían ser conocidas ya desde bachillerato o a partir de la asignatura “Biología” de primer semestre (primer curso del grado). Por ello, los juegos propuestos se pensaron como autoaprendizaje de las biomoléculas y consistían en un recordatorio de la nomenclatura y estructura de las mismas. Las actividades se pueden dejar al libre albedrío de los estudiantes, y planteadas como voluntarias para que los alumnos aprendan/recuerden los nombres de las biomoléculas. Dentro de la teoría del aprendizaje, seguimos una aproximación conductista. Esta aproximación se basa en que el estímulo del juego, que se recompensa con la satisfacción de conseguir resolver dicho juego (Skinner, 1954). El sistema instruccional de los juegos está basado en el modelo de Dick y Carey en el que el estudiante recibe como estímulo el juego y la estrategia instruccional consiste en la resolución del mismo. Una vez identificada la meta instruccional (en nuestro caso que los estudiantes recuerden o aprendan la nomenclatura y estructura de las biomoléculas), buscamos los objetivos (adaptar a la Bioquímica los juegos de palabras) y desarrollamos los materiales de instrucción (se incluyen algunos ejemplos de cada grupo de juegos en el siguiente apartado). Nos quedó pendiente la evaluación debido al bajo número de estudiantes que realizaron los juegos durante la pandemia. Las limitaciones del autoaprendizaje con este método pueden ser que el estudiante no realice estos juegos, con lo que no podrá practicar con la nomenclatura de las biomoléculas. Para que los estudiantes puedan jugar y aprendan mejor las palabras, los juegos se deben separar según la familia de biomoléculas a tratar, aunque en este trabajo los clasificamos, en términos educativos y según su dificultad, en los grupos de juegos que se describen a continuación.

3.2.1. Palabras carentes de una sílaba o de un grupo de letras

Estos juegos se basan en grupos de palabras en los que les faltan una sílaba o un grupo de letras. Esta sílaba o grupo de letras puede ser la misma para todas las palabras (palabras a las que les falta una sílaba común, o palabras que riman con rima individual) (Nómbreme, 2021), o bien diferentes y el estudiante debe escoger las sílabas o grupos de letras de un conjunto dado y formar las palabras, donde cada sílaba o grupo de letras se define solamente para una única palabra (palabras incompletas únicas, o palabras con rimas variadas) o pueden utilizarse también para varias palabras (palabras incompletas dobles, o palabras con rimas dos a dos) (Cokitos, 2020; Mundo primaria, 2020; Patricia, 2021). En caso de incluirse las sílabas o grupos de letras en el juego, éste es más sencillo que si el estudiante debe encontrarlas sin pista alguna.

3.2.2. Palabras anagramas

Los anagramas son palabras creadas a partir de reordenar las letras de otra palabra (anagramas de palabras individuales). Sin embargo, también es posible reordenar las sílabas de una palabra (palabras de sílabas locas). Este tipo de juego se puede aplicar también a varias palabras reordenando las letras o las sílabas (anagrama de palabras colectivas, palabras colectivas con sílabas locas) (Fuentes, 2013).

3.2.3. Traducción de códigos o laberintos

La traducción de códigos consiste en obtener palabras utilizando un código secreto, que puede ser conocido o desconocido y ser adivinado a partir de palabras que contengan también el código traducido, de igual modo a como se hizo con la piedra de Roseta. El método más sencillo consiste en introducir un código numérico, aunque también es posible que el código sea alfabético. Las letras encontradas pueden formar directamente la palabra o ser anagramas para formarlas (palabras y anagramas con código numérico). Los códigos pueden utilizarse también para definir sílabas, con lo que los juegos comentados anteriormente pueden complicarse aplicando adicionalmente los códigos. También es posible utilizar poesías que contengan un código secreto, es decir un “acróstico” (Acróstico, 2021) cuyas primeras letras de cada línea, u otras letras, definen una palabra secreta.

De un modo similar, las letras pueden estar unidas a los espacios de la palabra mediante líneas que forman un laberinto, con lo que las letras por separado forman un anagrama que acabará formando la palabra cuando se resuelva el laberinto (palabras de laberintos de letras). En este caso, las líneas del laberinto definen el código. En otros casos, los códigos pueden ser también posiciones de letras dentro de palabras definidas que forman un crucigrama.

3.2.4. Dominós y otros juegos para encadenar

Algunos juegos se basan en encadenar una palabra con la siguiente de modo que la última sílaba de una palabra coincide con la primera sílaba de la siguiente (JuegosJuegos, 2021). Debido a que numerosas palabras de Bioquímica terminan en -osa, -ico, -ato, -ina, o -asa, es difícil encadenar palabras, ya que no hay tantas palabras que empiezan con sa-, co-, to- o na-. Una posibilidad distinta para encadenar palabras puede ser el juego del dominó, donde las fichas poseen dos partes y en las que el conjunto de una de las partes de la ficha se puede relacionar con el conjunto de la otra parte de la ficha. Estas fichas pueden contener una fórmula en un lado, y el nombre de la biomolécula en el otro (dominó con palabras y fórmulas químicas), o bien otras características que puedan encadenarse.

4. Resultados

En el presente trabajo se muestran algunos ejemplos de los diversos juegos de letras, sílabas y palabras, que podrían aplicarse como refuerzo al estudio de Bioquímica del grado de Química, con la finalidad de que los estudiantes auto aprendan jugando la nomenclatura de las principales biomoléculas. Se podrían incluir también otras palabras sobre células y rutas del metabolismo. Debido a la poca cantidad de alumnos en los cursos en que se aplicaron estos juegos, no tuvimos la ocasión de valorarlos cuantitativamente de modo significativo, aunque nos consta que los alumnos los apreciaron enormemente; debido a sus comunicaciones personales y valoraciones de los cuestionarios que les añadimos tras los juegos. Se describen, pues, algunos ejemplos para cada uno de los grupos de juegos comentados anteriormente, para analizar cuáles son los más útiles para el autoaprendizaje de los alumnos en posteriores cursos, donde la cantidad de alumnos ya será la habitual. Los juegos están pensados para que los alumnos recuerden los nombres de las biomoléculas, pero, en algunos casos, también para que repasen la estructura de las mismas. Por ello, se complementan con preguntas referidas a la estructura de las moléculas. La lógica explicativa de estos juegos consistió en aplicarlos a los alumnos, pero sin tener una finalidad de valorar si apreciaban más unos juegos u otros, ya que no disponíamos de un número significativo de estudiantes para poder realizar un test de Likert (Gamboa-Graus y Parra-Rodríguez, 2017; Matas, 2018) en condiciones. Solamente clasificamos los juegos en grupos y analizamos la dificultad de realizar y de resolver cada grupo de juegos.

4.1. Palabras carentes de una sílaba o de un grupo de letras

Estos tipos de juegos pueden contener, en un listado adicional, los grupos de letras que faltan, o simplemente pueden faltar estos grupos (sin listarlos) y el jugador debe pensar cuáles pueden ser estos grupos de letras que podrían formar la palabra. Como ejemplos de estos juegos se presentan un juego con una única rima (una única terminación) y otro juego con palabras incompletas apareadas dos a dos, en las que se debe pensar el grupo de letras que falta, y que, en este caso, no se incluye en el juego. Veamos estos ejemplos.

Ejemplo de Juego 1.- Entre las palabras siguientes, buscar la terminación de tres letras comunes en todas ellas:

Palabras:

ARABIN_ _ _ _	GALACT_ _ _ _	MAN_ _ _ _
CELUL_ _ _ _	GLUC_ _ _ _	RIB_ _ _ _
ERITR_ _ _ _	LACT_ _ _ _	XIL_ _ _ _
FRUCT_ _ _ _	MALT_ _ _ _	XILUL_ _ _ _

¿Qué tipo de moléculas son? Clasificarlas según su estructura.

Solución:

-OSA: ARABINOSA, CELULOSA, ERITROSA, FRUCTOSA, GALACTOSA, GLUCOSA, LACTOSA, MALTOSA, MANOSA, RIBOSA, XILOSA, XILULOSA.

Monosacáridos: Aldosas: ARABINOSA, ERITROSA, GALACTOSA, GLUCOSA, MANOSA, XILOSA

Monosacáridos: Cetosas: FRUCTOSA, RIBOSA, XILULOSA

Disacáridos: LACTOSA, MALTOSA

Polisacáridos: CELULOSA

Ejemplo de Juego 2.- Buscar el grupo de 3 letras que falta para cada par de palabras. Identificar si ambas moléculas pertenecen al mismo grupo de biomoléculas o no:

Palabras:

GALAC_ _ _ _ A	-	LAC_ _ _ _ A
TRIPTÓF_ _ _ _	-	M_ _ _ _ SA
COLE_ _ _ _ ROL	-	E_ _ _ _ ÁRICO
LI_ _ _ _ A	-	TIRO_ _ _ _ A
ADE_ _ _ _ INA	-	GUA_ _ _ _ INA

Soluciones:

GALACTOSA – LACTOSA (son hidratos de carbono)

TRIPTÓFANO – MANOSA (aminoácido e hidrato de carbono)

COLESTEROL – ESTEÁRICO (son lípidos)

LISINA – TIROSINA (son aminoácidos)

ADENOSINA – GUANOSINA (son nucleósidos)

4.2. Palabras anagramas

A pesar de que también se pueden aplicar ejemplos de anagramas de varias palabras a la vez, a continuación, presentamos unos ejemplos que incluyen anagramas de letras y anagramas de sílabas (juego de las sílabas locas).

Ejemplo de Juego 3.- A partir de los siguientes anagramas, encontrar los aminoácidos que se esconden en ellos. ¿Cuál de ellos es no proteico?

Anagramas:

RESINA
 ALUCINE
 ORIENTAN
 INCITASE
 APOSTATAR
 UNTARIA

Solución:

SERINA
 LEUCINA
 TREONINA
 CISTEINA
 ASPARTATO
 TAURINA (es un aminoácido no proteico)

Ejemplo de Juego 4.- A partir de las siguientes sílabas locas, identificar los lípidos que esconden. ¿Cuál de ellos es un lípido complejo?

Anagramas:

TE-LES-CO-ROL
 DIL-TI-CO-FA-NA-FOS-LI
 A-TO-LE-O
 TO-MI-TA-RIS
 TO-MI-TA-PAL
 A-CE-ROL-GLI-TRI-CIL

Solución:

CO-LES-TE-ROL
 FOS-FA-TI-DIL-CO-LI-NA (es el lípido complejo, puesto que por hidrólisis genera glicerol, ácido graso, ácido fosfórico y colina)
 O-LE-A-TO
 MI-RIS-TA-TO
 PAL-MI-TA-TO
 TRI-A-CIL-GLI-CE-ROL

4.3. Traducción de códigos o laberintos

En este apartado se describen dos ejemplos en los que se traducen algunas biomoléculas. En el primer ejemplo, se utiliza una traducción a partir de un código numérico que se muestra en el mismo juego. En el segundo, un laberinto de líneas permite identificar las palabras. Ambos ejemplos se complementan con alguna cuestión adicional sobre su estructura.

Ejemplo de Juego 5.- A partir del siguiente código numérico para las 27 letras del alfabeto, descifrar los hidratos de carbono que se indican a continuación. ¿Cuál de ellos es un disacárido?:

Código numérico:

A – B – C – D – E – F – G – H – I – J – K – L – M – N
 01 – 02 – 03 – 04 – 05 – 06 – 07 – 08 – 09 – 10 – 11 – 12 – 13 – 14
 Ñ – O – P – Q – R – S – T – U – V – W – X – Y – Z
 15 – 16 – 17 – 18 – 19 – 20 – 21 – 22 – 23 – 24 – 25 – 26 – 27

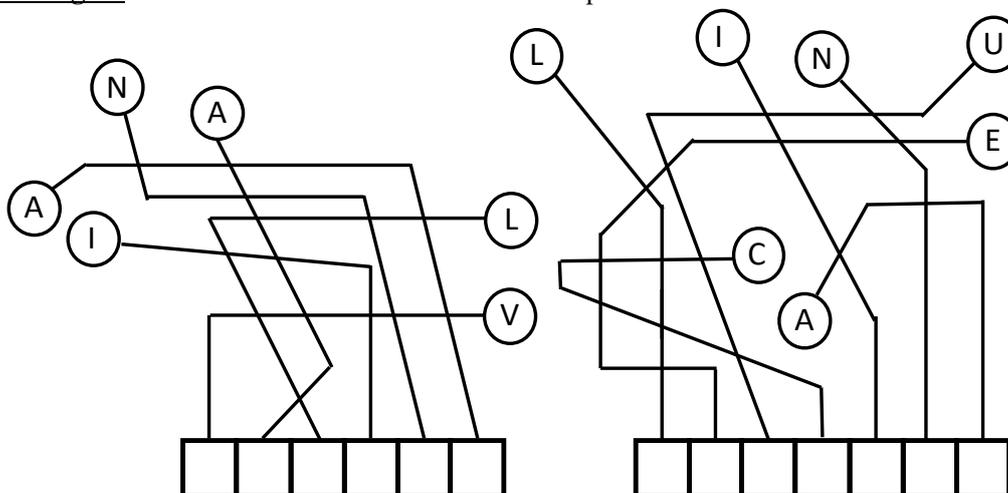
Código de las palabras:

01-19-01-02-09-14-16-20-01
 07-01-12-01-03-21-16-20-01
 07-12-22-03-16-20-01

13-01-14-16-20-01
 19-09-02-16-20-01
 20-01-03-01-19-16-20-01

Solució:
 ARABINOSA
 GALACTOSA
 GLUCOSA
 MANOSA
 RIBOSA
 SACAROSA (disacàrid format per glucosa i fructosa)

Ejemplo de Juego 6.- Encontrar las biomoléculas secretas que se deducen de este laberinto de letras:



¿Están relacionadas ambas biomoléculas? ¿Pertencen al mismo grupo? ¿Se puede deducir alguna palabra relacionada con las dos anteriores?

Solució:
 VALINA, LEUCINA
 Ambos son aminoácidos ramificados. Faltaría el tercer aminoácido ramificado: ISOLEUCINA.

4.4. Dominós y otros juegos para encadenar

En este apartado presentamos un ejemplo de dominó con nomenclatura de biomoléculas y fórmulas químicas, en el que el estudiante debe encadenar las fichas de dominó colocando el nombre de la molécula al lado de su fórmula. De igual modo, se presenta otro ejemplo más complejo, con fichas de dominó que contienen la nomenclatura de biomoléculas y familias de biomoléculas. El estudiante puede agrupar las fichas de diversas formas, e incluso puede cerrar el juego y quedarse con alguna sin poder colocar. Sin embargo, aquí se solicita que utilice todas las fichas de dominó.

Ejemplo de Juego 7.- Colocar las fichas de dominó una a continuación de la otra, de modo que las fórmulas de las biomoléculas queden al lado de los nombres de las mismas. ¿Cuál de las moléculas no es un aminoácido?

Fichas de dominó:

1) $\begin{array}{c} \text{CHO} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$	• ÁCIDO ASPÁRTICO
2) $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{OH} \end{array}$	• ALANINA
3) $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{COOH} \end{array}$	• SERINA
4) $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{SH} \end{array}$	• TREONINA
5) $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	• GLICINA
6) $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	• RIBOSA
7) $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	• ISOLEUCINA
8) $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH}$	• CISTEÍNA
9) $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array}$	• LEUCINA
10) $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array}$	• VALINA

Solución:

1 – 3 – 2 – 7 – 9 – 10 – 5 – 8 – 4 – 6 – 1

Ribosa es un hidrato de carbono, todas las demás biomoléculas son aminoácidos.

Ejemplo de Juego 8.- Colocar **todas** las fichas de dominó una a continuación de la otra, de modo que las familias de las biomoléculas queden al lado de los nombres de estas.

Fichas de dominó:

1) CISTEÍNA	• Hidrato de carbono
2) RIBOSA	• Lípido
3) COLESTEROL	• Lípido
4) GLUCOSA	• Hidrato de carbono
5) ADENOSINA	• Aminoácido
6) TRIACILGLICÉRIDO	• Hidrato de carbono
7) ALANINA	• Aminoácido
8) GALACTOSA	• Nucleósido
9) GUANOSINA	• Aminoácido
10) VALINA	• Nucleósido

Soluciones posibles:

1 – 2 – 3 – 6 – 4 – 8 – 5 – 7 – 10 – 9 – 1

1 – 2 – 3 – 6 – 4 – 8 – 5 – 10 – 9 – 7 – 1

1 – 2 – 3 – 6 – 4 – 8 – 9 – 7 – 10 – 5 – 1

1 – 2 – 3 – 6 – 4 – 8 – 9 – 10 – 5 – 7 – 1

1 – 4 – 2 – 3 – 6 – 8 – 5 – 7 – 10 – 9 – 1

1 – 4 – 2 – 3 – 6 – 8 – 5 – 10 – 9 – 7 – 1

1 – 4 – 2 – 3 – 6 – 8 – 9 – 7 – 10 – 5 – 1
 1 – 4 – 2 – 3 – 6 – 8 – 9 – 10 – 5 – 7 – 1

5. Discusión

Los juegos utilizados en este trabajo se han clasificado en cuatro grandes grupos principales: 1. palabras carentes de una sílaba o de un grupo de letras, 2. palabras anagramas, 3. traducción de códigos o laberintos y 4. dominós y otros juegos para encadenar. Se propusieron estos juegos para reforzar los conocimientos de nomenclatura y estructura sobre biomoléculas de nuestros alumnos, aunque debido al bajo número de estudiantes que estaban matriculados durante la pandemia no se pudo valorar de modo fiable su nivel de éxito. Dentro de los juegos primero se buscaba que los estudiantes recordaran la nomenclatura de ciertas biomoléculas. En algunos casos, para mejorar los resultados, después del juego, se añadieron algunas preguntas referidas a sus estructuras, la respuesta a las cuales no dependía del juego, teniendo un carácter complementario. Esto aportaba un valor añadido al juego.

En los cuatro grupos de juegos clasificados, la resolución puede ser individual y no requiere de una competición entre varios jugadores. Los juegos que implican la competición entre varios jugadores, como el juego del ahorcado o el stop, acostumbran a ser más distraídos debido a las interacciones entre los jugadores y permiten una competición entre dichos jugadores. Sin embargo, los juegos que buscábamos no requerían una competición de un jugador contra otro. En los juegos que presentamos el jugador compite exclusivamente consigo mismo para obtener las palabras que se solicitan, y podía realizarse individualmente durante el confinamiento sin interactuar con otras personas. Sin embargo, el juego del dominó con diversas soluciones puede jugarse también con varios alumnos (aunque este no fue inicialmente el sentido del juego).

En el grupo 1 (palabras carentes de una sílaba o de un grupo de letras) se encuentran los juegos más sencillos de preparar, aunque también son los más sencillos de resolver. En primer lugar, los más sencillos de resolver son aquellos en los que se incluyen las posibles sílabas o grupos de letras que pueden utilizarse en el juego. La resolución, en este caso, consiste en ir sustituyendo los diversos grupos de letras incluidos e ir identificando para cada palabra carente de ellos si ésta tiene sentido o no. En otros casos, en los que no se incluyen las posibles sílabas o grupos de letras, la dificultad de resolver el juego se complica. Sin embargo, cuando existen varias palabras en las que falta el mismo grupo de letras, se simplifica un poco el problema, como se observa en el ejemplo 2.

En el grupo 2 (palabras anagramas) encontramos juegos sencillos de preparar, que presentan una dificultad superior para resolverlos. Es evidente que una palabra que contiene n letras diferentes entre sí puede presentar $(n! - 1)$ palabras anagramas. Ello hace que la preparación de estas palabras sea más sencilla. Así, la palabra “sopa” presenta los $(4! - 1) = (4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1 - 1) = (24 - 1) = 23$ anagramas: “soap, spoa, spao, sapo, saop, opas, opsa, oaps, oasp, ospa, osap, paso, paos, poas, posa, psoa, psao, asop, aspo, apso, apos, aosp, aops”. Por lo tanto, es sencillo proponer uno de los anagramas como juego para buscar una palabra, pero será algo más difícil encontrar la solución de esta palabra por métodos propios. Sin embargo, los estudiantes pueden encontrar con más facilidad la palabra en cuestión utilizando los generadores de anagramas que se encuentran en Internet (Generadores de anagramas, 2021; Palabras Con, 2021). Más difíciles aún de resolver son aquellos anagramas que incluyen varias palabras, pues el número de letras en juego incrementa y como forman parte de diversas palabras es más difícil hacer trampas para resolverlos con los generadores de anagramas automáticos.

En el grupo 3 (traducción de códigos o de laberintos), los laberintos son algo más sencillos que los anagramas del grupo 2, pues siguiendo el camino correspondiente se puede llegar a la posición de la letra dentro de la palabra, sin necesidad de analizar los posibles anagramas de la palabra. Referente a la traducción de códigos, en caso de que el juego presente el código como parte del mismo, la resolución es más sencilla que en el caso de que el jugador tenga que adivinar el código. Los acrósticos (poesías que

poseen una palabra oculta) (Fuentes, 2013; Nómbrame, 2021) pueden ser un buen sistema para adivinar un código secreto. Por ejemplo, a partir de la primera letra (o de la quinta letra, o una letra cualquiera) de cada verso de la poesía es posible obtener una palabra secreta. Más sencillos son los códigos numéricos. En Bioquímica se pueden relacionar las traducciones de códigos con la traducción del RNA mensajero a las proteínas. Una posibilidad es pues utilizar el código de una letra de los aminoácidos para generar palabras, y aplicar el código de las tres bases (que se puede encontrar en un libro de Bioquímica) (Stryer et al., 2015; Nelso y Cox, 2018) para identificar dichas palabras. Sin embargo, sólo existen 20 letras para los aminoácidos proteicos, y no todas las palabras pueden formarse con estas 20 letras.

Finalmente, los juegos del grupo 4 (dominós y otros juegos para encadenar) son los más difíciles de preparar. No hay suficientes palabras en Bioquímica que empiecen con ina- o con na- para poder encadenar las sílabas con las biomoléculas que terminan en -ina, así que hay que buscar otros tipos de juegos que no se basen en encadenar las letras de las palabras. Una posibilidad consiste en encadenar dos conjuntos incluidos en una ficha, igual que se encadenan las fichas de dominó. Un juego sencillo que puede jugar un único jugador es un tipo como el que se presenta en el ejemplo 7, en el que se presentan dos conjuntos con un mismo número de elementos (nombre de biomolécula y estructura química) y se relacionan estos conjuntos buscando la fórmula que corresponde al nombre de la biomolécula. En este caso se obtiene una secuencia exclusiva de las fichas que se proponen en el juego. Sin embargo, es posible complicar el juego, e incluso proponerlo para dos o más jugadores relacionando los nombres de biomoléculas con la familia de biomolécula (hidrato de carbono, lípido, aminoácido, nucleótidos). En este caso, es posible obtener varios resultados, aunque no siempre con tantas opciones como en el caso del dominó. En este caso (ejemplo 8), debido a que en el juego se han definido algunas fichas dobles que dirigen a la misma familia de biomoléculas, el problema puede complicarse y permitir diversas soluciones, igual que ocurre con las fichas de dominó. Sin embargo, se puede solicitar el camino más largo posible o el camino que contenga un número determinado de fichas. En nuestro ejemplo, se solicita que se incluyan todas las fichas y es posible obtener 8 soluciones en las que se utilizan todas las fichas.

El refuerzo del conocimiento mediante autoaprendizaje utilizando juegos promueve que se dé un trabajo cooperativo entre el alumnado al comentar entre ellos su avance en el juego, y fomenta que los alumnos sean gestores de su propia formación. Nuestra perspectiva no era utilizar esta metodología para construir *de novo* el conocimiento de la asignatura, sino más bien como una técnica para recordar la nomenclatura y estructura de biomoléculas, que se ha estudiado anteriormente en la asignatura de Biología. En todo caso, un aprendizaje personal en el recuerdo de la nomenclatura y estructura de las biomoléculas. La gamificación no es muy habitual en la docencia universitaria, pues requiere de mucho tiempo. Por ello, en las clases presenciales es más habitual una resolución de problemas o la realización de prácticas de laboratorio. Por ello, la premisa de que los alumnos refuercen su estudio resolviendo los juegos en sus hogares, puede ser mucho más útil que un estudio de la nomenclatura a partir de los glosarios de los libros de Bioquímica o que la búsqueda en el diccionario. Es cierto que el tiempo personal lo gestiona cada alumno en particular, y es posible que los alumnos no resuelvan los juegos si no se les premia con otros aspectos más allá de la satisfacción personal de ver los juegos resueltos. Eso sería una posible limitación, que quizás podría solucionarse con alguna clase presencial del metabolismo, basada en preguntas tipo cuestionarios en la que se solicitara el nombre de los intermediarios metabólicos que eran el resultado de los juegos, o mediante la preparación de “escape-room” on-line donde las soluciones que permitieran el cambio de página fuera alguno de los resultados del juego.

En este sentido, en la actualidad estamos pasando cuestionarios de Google Docs a nuestros alumnos para que puedan valorar la efectividad y su interés en los juegos propuestos. Estos cuestionarios contienen respuestas cerradas que obligan a los alumnos a responder el resultado correcto del juego. Además, en el Moodle poseen un Fórum de preguntas y respuestas, que les permite hacer consultas a otros compañeros en caso que se encallen en algún juego. Cuando consiguen superar los juegos propuestos, se incluye un cuestionario de valoración de los juegos, en el que se solicita una valoración de 0 a 10 de los puntos: 1) si le ha gustado el juego, 2) la dificultad del juego, 3) la utilidad del juego para aprender conceptos de Bioquímica, 4) si se ha divertido realizando el juego, 5) si se ha encallado en algún punto. Además, hemos

añadido una pregunta abierta, sobre los aspectos a mejorar en la “escape-room”, en la que los alumnos pueden realizar sus comentarios abiertamente. Hasta ahora, igual que en el curso pasado, los juegos parecen ser del agrado, con respuestas del tipo: “encuentro que es una buena manera de aprender conceptos clave de la asignatura”, “bastante entretenido y se aprende mucho, nada a mejorar”. En cualquier caso, algunas respuestas nos invitan también a seguir un proceso de mejora del cuestionario y de los juegos: “la pregunta del dominó no se entiende lo que hay que hacer”, “las preguntas son difíciles de responder”, “demasiado largo”. Nuestra idea es aplicar este tipo de juegos para el autoaprendizaje, de forma que los alumnos los puedan realizar de forma autónoma y les permitan conseguir un porcentaje de la nota de la evaluación continuada.

Es imprescindible fomentar la actividad diaria de los estudiantes tanto dentro como fuera del aula. Es ahí donde los profesores podemos actuar como un pilar clave para que nuestros estudiantes aprendan. Podemos animarlos para que utilicen los juegos, aplicando los de un grupo u otro según la dificultad de resolución de los mismos, y según la mayor deficiencia en el conocimiento de cada tipo de biomolécula.

6. Conclusiones

Se realizaron diversos juegos de letras para ser aplicados a los estudiantes de Bioquímica del grado de Química, y se clasificaron en 4 grupos.

Los juegos del grupo 1 (palabras carentes de una sílaba o un grupo de letras) son fáciles de preparar y también fáciles de resolver.

Los laberintos del grupo 3 son más fáciles de resolver que los anagramas del grupo 2.

Los juegos más complejos son los del grupo 4, que requieren un conocimiento de las estructuras de las biomoléculas.

Todos los juegos planteados pueden usarse como autoaprendizaje, y están basados en el modelo de Dick y Carey, siguiendo una aproximación conductista.

Agradecimientos

Los autores forman parte del grupo de innovación docente QuiMet (Metabolisme en el grau de Química) (GINDO-UB/180) y queremos agradecer al RIMDA (Recerca, Innovació i Millora de la Docència i l'Aprenentatge) de la Universitat de Barcelona por haber confiado en nuestra labor de innovación docente.

Referencias

Acróstico. (2021). En Wikipedia. <https://es.wikipedia.org/wiki/Acr%C3%B3stico>

Cokitos (2020). *Juegos Educativos. Juegos de sílabas*. <https://www.cokitos.com/juego-de-silabas/>; *Juegos de palabras*. <https://www.cokitos.com/tag/juegos-de-palabras-para-ninos/>

Fernández, M. y Ruiz, D. (2018). *La Bioquímica en 100 preguntas*. Nowtilus.

Fuentes, A. (2013). *Escuela en la Nube*. <https://www.escuelaenlanube.com/el-juego-de-las-silabas-locas/>

Gamboa-Graus, M. E., y Parra-Rodríguez, J. F. (2017). Diseño de una escala para medir la competencia de dirección en Educación. En E. Santiesteban y J. C. Arboleda (Eds.), *Ciencia e Innovación Tecnológica* (1) (pp. 542–552). Sello Editorial Edacun-Redipe. <http://hdl.handle.net/123456789/3753>

- Generadores de anagramas (2021). <https://palabr.as/generador-anagramas>; <https://www.wordplays.com/anagram-solver/>; <https://es.yourdictionary.com/buscador-de-palabras/anagramador/>
- Guzmán-Rivera, M. A., Escudero-Nahón, A., Canchola-Magdaleno, S. L. (2020). “Gamificación” de la enseñanza para ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas: cartografía conceptual. *Sinéctica*, 54, 1-20. [https://doi.org/10.31391/s2007-7033\(2020\)0054-002](https://doi.org/10.31391/s2007-7033(2020)0054-002)
- Juegos Arco Iris (2021). *El Ahorcado*. <https://www.juegosarcoiris.com/juegos/letras/ahorcado/>
- JuegosJuegos (2021). *Casual Games. Juegos de Palabras Encadenadas*. <https://www.juegosjuegos.com/juegos/palabras-encadenadas>
- Lozano-Teruel, J. A., y Tudela, J. (1988). *Prácticas de bioquímica: experimentación y simulación*. Editorial Síntesis, S.A.
- Marín, S., de Atauri, P. R., Moreno, E., Pérez-Torras, S., Farràs, J., Imperial, S., Cascante, M., y Centelles, J. J. (2021). An Escape-Room about Krebs cycle prepared for Chemical Students. *International Journal on Engineering, Science and Technology*, 3(2), 155-164. <https://doi.org/10.46328/ijonest.59>
- Matas, A. (2018). Diseño del formato de escalas tipo Likert: un estado de la cuestión. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 20(1), 38-47. <https://doi.org/10.24320/redie.2018.20.1.1347>
- Mirás-Calvo, M. A., y Sánchez-Rodríguez, E. (2008). *Juegos cooperativos con utilidad transferible usando MatLab: TUGlab*. Servicio de publicaciones. Universidade de Vigo.
- Molina-García, P. F., Molina-García, A. R., Gentry-Jones, J. (2021). La gamificación como estrategia didáctica para el aprendizaje del idioma inglés. *Dominio de las Ciencias*, 7(1), 722-730. <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i1.1672>
- Moreno, E., y Centelles, J. J. (2022). Juegos sencillos destinados a aprender la nomenclatura de las biomoléculas. En C. Romero-García (Coord.), *Innovación docente y prácticas educativas para una educación de calidad* (pp. 338-364). Colección conocimiento contemporáneo, 47. Dykinson, S.L.
- Mundo primaria (2020). *Juegos de letras*. <https://www.mundoprimaria.com/juegos-educativos/juegos-de-letras>
- Nelson, D. L., y Cox, M. M. (2018). *Lehninger. Principios de Bioquímica* (7a ed.). Ediciones Omega.
- Nómbreme (2021). *Creador de rimas*. <https://www.nombra.me/rimas.html>
- Ñique-Carbajal, C. (2020). Una nueva forma de aprender bioquímica: metodología del caso. *Educación Médica*, 21(1), 40-44. <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2018.09.006>
- Ortiz, M., Chiluzza, K., y Valcke, M. (2016). Gamification in higher education and STEM: A systematic review of literature. En L. Gómez-Chova, A. López-Martínez, e I. Candel-Torres (Eds.), *EDULEARN16 Proceedings*, (pp. 6548-6558). IDEATED Academy. <https://doi.org/10.21125/edulearn.2016.0422>
- Palabras Con (2021). *Generador de anagramas online en español*. <https://www.palabrascon.com/anagramas.php>
- Patricia, M. (2021). *Pinterest. Palabras incompletas*. <https://www.pinterest.com.mx/learn628/palabras-incompletas/>
- Skinner, B. F. (1954). The science of learning and the art of teaching. *Harvard Educational Review*, 24(2), 86-97.
- Stop (2021). <https://stopots.com/es/>
- Stryer, L., Berg, J. M., y Tymoczko, J. M. (2015). *Bioquímica con aplicaciones clínicas* (7a ed.). Editorial Reverté, S.A.