

EL JUEGO DE APRENDER Y ENSEÑAR EL CONCEPTO ESTRUCTURANTE *EVOLUCIÓN BIOLÓGICA*

The Game of Learning and Teaching the Structural Concept of Biological Evolution

Luis Carlos Javier Ramírez-Olaya¹

Fecha de recepción: 2 de marzo de 2015
Fecha de aprobación: 1 de marzo de 2016

Resumen

Se implementó una estrategia didáctica sobre evolución biológica, con tres juegos: *Evolución*, *El cuchador y los frijoles* y *Evolucionar o perecer*. Esta buscó superar algunos factores que dificultan su comprensión, como lo son la iconografía inapropiada, la insuficiente preparación de los profesores, estrategias didácticas inadecuadas, percepción negativa de la teoría evolutiva y obstáculos presentes en los estudiantes que varían según la edad y que podrán ser conceptuales, lógicos o emocionales. La población corresponde a alumnos de grado noveno y la muestra son 14 participantes de 14 a 18 años de una institución educativa privada de Bogotá D.C. que atiende población con diversidad funcional. La investigación es cualitativa y el enfoque es el análisis de contenido cerrado. Para estimar la eficacia de los juegos, antes y después de cada uno, se plantearon cuestionarios. Los resultados evidencian la efectividad de la estrategia por el aumento de respuestas acertadas, pero persisten obstáculos al aprendizaje. Los más conocidos son: la concepción de los cambios por la necesidad de superar una dificultad que presenta el ambiente o que son dirigidos por un agente externo, el cual puede ser mutagénico y selectivo, produciendo el cambio y seleccionando favorablemente. Además, no considerar que los cambios genéticos puedan ser heredables por la descendencia y que la selección solo actúe en la generación en la que surge el cambio. Asimismo, pensar la evolución como una escala de progreso que lleva a la perfección, es decir, la ortogénesis. El juego media en la construcción de conceptos y ejercita facultades emocionales, focalizando la atención.

Palabras clave: didáctica, emoción, juegos de mesa, obstáculos al aprendizaje, selección natural.

Abstract

A didactical strategy about biological evolution was implemented with three games: *Evolution*, *The spork and beans* and *To evolve or Die*. This strategy sought to overcome some factors that hinder its understanding, as inappropriate iconography, teachers' insufficient training, inadequate didactical strategies, negative perception of the theory of evolution and obstacles present in the students that can vary according to age and could be conceptual, logic or emotional. The population corresponds to ninth-grade students and the sample is 14 students between 14 and 18 years old of a private school in Bogota D. C. that attends population with functional diversity. It is a qualitative research and the approach is the close content analysis. To estimate the efficacy of the games, tests were proposed before and after of each one. Increasing of correct answers evidence the strategy effectiveness, but remain learning obstacles. The most popular are: change conception because of the need of overcoming a difficulty that the environment represents or that are guided by an external agent, which could be mutagenic and selective, producing change and selecting favorably. Also,

1 Licenciado en Biología, Universidad Pedagógica Nacional de Colombia. Estudiante de Maestría en Neurociencias, Universidad Nacional de Colombia. Correo electrónico: luicro@gmail.com

do not consider that genetic change could be inheritable by the descent and that selection only act in the same generation in which arises the change. Likewise, to think about the evolution like a progress scale that carries to perfection, in other words, orthogenesis. The game mediates in building of concepts and exercises emotional faculties, focusing the attention.

Keywords: didactics, emotion, board games, learning obstacles, natural selection

Introducción

El estado de la enseñanza de la evolución biológica (EB) en las escuelas colombianas es un tema desconocido (Peñaloza & Mosquera, 2012), a pesar de la controversia mundial de diversas posiciones culturales, las cuales van desde lo político y lo filosófico hasta lo religioso, y que han puesto límites y objeciones a su enseñanza (Araujo & Roa, 2011). Asimismo, la teoría evolutiva es fundamental, porque unifica la biología histórica (Futuyma, 1986; Mayr, 2006; Petto, 2011); es decir, “que *todo* en biología puede comprenderse mejor si nos apoyamos en la evolución” (Castro, 2013, p. 990). De esta manera, la teoría de la evolución biológica (TEB) es un concepto estructurante, por cuanto es un objetivo general que permite construir nuevos conocimientos (Gagliardi, 1986). Por tanto, proyectar investigaciones para favorecer la enseñanza y el aprendizaje del esquema conceptual de la TEB es vital: su comprensión por parte de los estudiantes y del público en general es trascendental para el desarrollo intelectual de los pueblos (Chaves, 2012) y para advertir el valor intrínseco de los organismos (Primack, 2010) que conforman la biodiversidad colombiana, “de la que dependemos para la obtención de materias primas, alimentos, medicinas, e incluso agua para beber” (Primack, 2010, p. 8), entre otros aspectos, como entender la naturaleza de las ciencias y la explicación material del origen de las especies, incluida la humana.

Los conceptos clave de la estrategia didáctica son: la variabilidad intraespecífica o biopoblación (Mayr, 2006), la herencia o transmisión de caracteres genéticos a la descendencia, la selección natural o reproducción y eliminación diferencial, y, como consecuencia de los tres anteriores, los cambios de la frecuencia alélica en el acervo genético, que responde a la adaptación de la población, y, finalmente, el tiempo geológico, pues la evolución puede suceder en unas pocas generaciones, pero grandes cambios, por ejemplo, la especiación, regularmente requieren largos periodos (Museo de Paleontología de la Universidad de California, 2006).

No obstante lo anterior, existen diferentes dificultades para la enseñanza y el aprendizaje de la TEB: componentes culturales, iconografía inapropiada (Ramírez, 2012), insuficiente preparación de los profesores, estrategias didácticas inadecuadas, apreciación negativa de la teoría evolutiva (Araujo, 2010; Araujo & Ramírez, 2014) y obstáculos presentes en los estudiantes (Araujo & Ramírez, 2014; González, 2011; González, Adúriz & Meinardi, 2005; Ramírez, 2013, 2014) que varían según la edad (Grau, 1993), y para Gagliardi (1994), podrán ser de tres tipos: (a) conceptuales, cuando los participantes poseen una red conceptual insuficiente para construir nuevo conocimiento; (b) lógicos, si se presenta dificultad para relacionar los conceptos que se tienen o para estructurar la información, y (c) emocionales, cuando se rechaza la información porque interfiere con algún tabú; es decir, si el estudiante tiene la capacidad de integrar la información, pero no puede aceptarla emocionalmente. Asimismo, González Galli y Meinardi (2015) proponen una definición de *obstáculo para el aprendizaje*, al cual se refieren como:

Una forma de pensar que cumple tres requisitos: (1) es transversal (se aplica a un campo amplio de contenidos); (2) es funcional (permite al sujeto explicar y explicarse ciertos fenómenos del mundo); y (3) compite con el modelo científico a aprender (ambos sistemas conceptuales dan cuenta de los mismos fenómenos). (p. 104).

Según lo anterior, los obstáculos conceptuales y lógicos planteados por Gagliardi (1994) corresponden a la definición propuesta por González Galli y Meinardi (2015). Este enfoque permite diferenciar los obstáculos de origen intelectual (conceptuales y lógicos) -los cuales corresponden a los que regularmente son reportados y trabajados en las investigaciones asociadas a la enseñanza y el aprendizaje de la TEB (Araujo, 2010; González, 2011)- del obstáculo emocional o afectivo, que si bien es nombrado por algunos investigadores (Araujo, 2010; González, 2011), y se sabe que es un elemento que influye en el aprendizaje de la TEB (Bland & Morrison, 2015; Heddy & Sinatra, 2013; Sinatra, Brem, & Evans, 2008), falta indagar sobre cuál puede ser su origen neurobiológico y la relación que tiene con los estudiantes y profesores en los colegios y universidades de Colombia. Ello evidencia que es un campo de estudio atractivo por examinar.

Para próximas indagaciones, es oportuno tener en cuenta las 17 concepciones que fueron identificadas por González Galli y Meinardi (2015), al ser utilizadas por los estudiantes para explicar la evolución adaptativa en un contexto específico de la escuela secundaria en Argentina, y así determinar si dichas concepciones se presentan también en el contexto escolar colombiano.

La tabla 1 contiene los obstáculos que fueron filtrados en cada cuestionario de preguntas de selección múltiple con única respuesta (anexos 3, 6, 8, 10 y 11), según la opción elegida por los estudiantes. Por ejemplo, C. No.

2 y 4 significa los cuestionarios 2 y 4. Y 1d corresponde a la pregunta 1, opción de respuesta d, y 3b, a pregunta 3, opción de respuesta b.

Tabla 1. Obstáculos para el aprendizaje del concepto evolución biológica

Obstáculos	Cuestionarios y respuestas en las que se evidencia				Concepción
	C. No. 2 y 4	C. No. 6	C. No. 8	C. No. 9	
Teleología y ortogénesis	1d, 3b			4c	Los cambios en los organismos se producen porque existe un plan en la naturaleza, una razón previa que los induce a progresar; por eso, “mutan o evolucionan para mejorar”.
Necesidad:	1a, 1b, 2a, 2b, 3a, 4a, 4b	1d, 2b, 2d, 3a	1c, 2a, 2b, 2c, 3a		El cambio ocurre porque se necesita; el organismo “tuvo que cambiar” porque el medio lo impuso.
Causación espontánea:	1a, 1b, 4a	1b, 2a, 2b, 3d	1b, 1c, 2b, 3b, 3c		Una causa externa genera un efecto en el organismo. La aparición de la resistencia o del cambio es espontánea.
Direccionalidad del cambio producido por el agente:	1a, 3d, 4d	1a, 1d, 2d	1a, 1c 2a, 2c, 3c		El agente mutagénico (físico y químico) dirige el cambio sobre un gen específico.
No se diferencia agente mutagénico de agente selectivo:	1a, 4b	1a, 2d, 3a, 3d	1a, 2a, 2c		El agente externo es mutagénico y selectivo; produce el cambio y selecciona favorablemente los organismos que lo presentan.
La selección procede sobre la misma población sometida a cambios:	1a, 1b, 1d, 3a	1a, 1b, 1d, 3b, 3d	1a, 1b, 1c, 2b, 3a, 3b		Mutación y selección se producen sobre la misma generación de organismos. No se consideran los cambios genéticos heredables por la descendencia.
Noción tipológica de especie. No se consideran poblaciones, sino individuos:	1a, 1b	1a, 1b, 2a, 2b, 3d	1a, 1b, 1c, 2b		Todos los individuos de la especie son iguales. Se consideran los cambios en individuos, y no el cambio en la frecuencia génica de la población como resultado de la variabilidad y la posterior selección.
Mutante somático:	1a, 3a	1a, 1d, 2d, 3d	1a, 1c, 2a, 2c, 3c		Individuos expuestos a un mutagénico, cambiaron rápidamente. Las Tortugas Ninja o el Increíble Hulk son ejemplos.
Edad de la Tierra (tiempo geológico o profundo):				1, 1a, c, d. 1, 2a, b, d. 1, 3a, b, c. 4a, 4f	No se puede conceptualizar la enorme cantidad de tiempo que ha transcurrido durante la historia de la Tierra ni su cronología.

Nota: la tabla contiene algunos obstáculos para el aprendizaje del concepto evolución biológica, presentes en las opciones de respuesta a las preguntas señaladas de los cuestionarios aplicados. Tomado y modificado de González, Adúriz y Meinardi, 2005.

A pesar que Astolfi (1999) ha trabajado los obstáculos epistemológicos, y ellos no son el centro del presente artículo, ha de considerarse que en vez de pensar los obstáculos conceptuales y lógicos al aprendizaje como un impedimento, son tomados como un reto conceptual, pues para Astolfi (1999), el error ocupa el centro mismo del

acto de conocer y “el objetivo último del trabajo didáctico no es la superación del obstáculo, como esperamos siempre de alguna manera, sino más bien su identificación por parte del alumno” (Astolfi, 1999, p. 165), y el control de vigilancia que ejercerá sobre este, con el adecuado acompañamiento del docente.

Por todo lo anterior, se propone una estrategia didáctica donde el juego es protagonista, por cuanto es necesario diseñar e implementar contextos estratégicos (Monereo, 2007) que contengan juegos y aprovechen algunas emociones y sentimientos que optimizan el aprendizaje y la memoria (Damasio, 2005). Puesto que el juego, como actividad instintiva (Damasio, 2005; Huizinga, 2007), permite aprender y desarrollar habilidades básicas: relajarse, liberar energía excesiva y estimular habilidades intrapersonales —como el desarrollo cognoscitivo y el dominio de situaciones y conflictos— e interpersonales en el desarrollo de habilidades sociales (Schaefer & O'Connor, 1988). Aquí toma sentido que la educación deba ser alegría y en general emociones positivas, pues “el entrelazamiento cotidiano entre razón y emoción constituye nuestro vivir humano, y no nos damos cuenta de que todo sistema racional tiene un fundamento emocional.” (Maturana, 2005, p. 15).

Los juegos utilizados en la estrategia didáctica son los siguientes:

- *Evolución. “Donde la carrera es sobrevivir y la meta es la reproducción”* (Ramírez, 2013 y 2014). Propone acelerar el tiempo para dar ejemplos concretos de por qué y cuándo ocurren la selección natural (eliminación y reproducción diferencial), la mutación y la competencia por los recursos: pareja, alimento, lugar para vivir. Sus protagonistas son siete especies de insectos, caracterizados en parte por sus aparatos bucales, los cuales son estructuras que han divergido en el tiempo profundo desde el ancestro común del cual provienen. De igual forma, el juego exalta el concepto de biopoblación al involucrar varios individuos por especie (distintos niños son individuos de la misma especie) y varias especies.

Consta el juego de lo siguiente: las instrucciones (anexo 4); tarjetas que representan a los individuos de cada especie; un tablero que simboliza el hábitat de las poblaciones, el cual incluye las casillas: de la metamorfosis (huevo, larva o ninfa, pupa y adulto), de los recursos —alimenticios (hojas, excremento, sangre y otros insectos), pareja—, crípsis o camuflaje, depredador, comodín (ancestro común), hábitat favorable (lanza de nuevo) y la casilla de reproducción. También, un dado que posibilita avanzar en el hábitat, y representa el tiempo y la contingencia. Incluye también un tablero adicional, donde están las fichas que tomarán los jugadores según como caigan en las casillas que les resulten favorables.

- *El cuchador y los frijoles: tratando errores conceptuales sobre la evolución* (Burton & Dobson, 2009).

Es un juego adaptado al contexto colombiano que utiliza una especie ficticia: *Utensilus plástica* (nombre común: utensilio de plástico para comestibles, o cuchador), la cual posee una buena cantidad de características que la hacen un excelente organismo modelo para explorar la selección natural y el posterior cambio de la frecuencia alélica en el acervo genético de una población durante varias generaciones.

El cuchador cuenta con dos fenotipos: cuchara y tenedor. Estos cuentan, a su vez, con una naturaleza prolífica y son capaces de producir múltiples generaciones en cuestión de minutos. Ello posibilita la colecta de datos poblacionales para la especie dentro del espacio de clase. La selección natural actúa sobre la variabilidad genética heredable de la población incidiendo en el éxito reproductivo y adaptándola a las condiciones ambientales cambiantes, que corresponden a un ambiente de maní y otro de malvaviscos. En cada ambiente, un comportamiento de alimentación particular y fenotipo es favorecido, según el éxito reproductivo diferencial. A cada estudiante se le proporciona una cuchara o un tenedor antes de explicar el objetivo: capturar tantas presas (maní o malvavisco) como sea posible en 20-30 segundos. Quienes capturen la mayor cantidad son declarados ganadores, debido a que obtuvieron bastantes recursos para reproducirse y transmitir sus propios genes. La necesidad de resultados a partir de una investigación experimental, para determinar el mejor competidor en un ambiente, se realiza mediante la colecta de información en una tabla, que puede estar dirigida de bastantes maneras, con una orientación moderada por parte del profesor.

- *Evolucionar o perecer* (Smithsonian, 2014). Es un juego de mesa desarrollado por el Programa de ETE², del Instituto Smithsonian. En un tablero se representan las eras y los periodos del tiempo geológico, en forma de escalera. Se utilizan fichas y un dado para llegar a la meta. Transcurre a través de 630 millones años de evolución de los sistemas vivos, desde su origen en el mar hasta la colonización de la Tierra continental, junto con un glosario que explica los eventos importantes, como extinciones masivas y orígenes de acontecimientos biológicos. Se puede jugar en dos niveles: principiantes y avanzados.

En el nivel inicial (de dos a cuatro jugadores), el tablero se compone de una pista con 63 espacios que representan un total de 630 millones de años. Cada jugador comienza con una ficha en el espacio de partida, y se turnan para lanzar un dado para mover la ficha por el número de plazas que se indican en él, siguiendo la ruta marcada en el tablero de juego. Varias plazas llevan al jugador una cantidad fija de años hacia delante o hacia atrás en el tiempo. Algunas plazas recompensan al jugador con un turno extra: por ejemplo, durante el desarrollo de las plantas de la Tierra temprana y el primer animal de cuatro patas. También hay plazas con lamentables acontecimientos que obligan al jugador a moverse hacia atrás o perder una o más vueltas; el más reconocible es el de la extinción del Pérmico-Triásico. Si una ficha aterriza en una casilla ocupada, el ocupante original tiene que ir de nuevo al principio. El ganador es quien primero consiga que su ficha llegue a la casilla final. El jugador, sin embargo, debe lograr con el dado el número exacto para llegar a la última casilla.

Para el nivel avanzado (de dos a tres jugadores), cada jugador empieza con una ficha que representará una planta (primaria productores – ficha verde) o un animal (consumidor – ficha roja). Con cada rol, un jugador puede optar por cambiar su ficha de planta o de animal como mejor le parezca. Si un animal cae en una casilla ocupada por una planta, la planta debe ir de nuevo al principio de la era. Si hay más de una planta en la plaza, todas ellas están protegidas y no tienen que volver. El ganador es el jugador que primero consiga la casilla final.

Por todo lo anterior, el proyecto se traza como objetivo identificar y tratar algunos obstáculos al aprendizaje de la teoría de la evolución por selección natural, de los estudiantes de noveno grado, por medio de una estrategia didáctica que utiliza el juego y las emociones que suscita, para potenciar el aprendizaje y focalizar la atención.

Metodología

La investigación es de carácter cualitativo (Lerma, 2004), y se midió el número de respuestas acertadas de los cuestionarios aplicados antes y después de cada juego. El enfoque es el análisis de contenido cualitativo en un modelo cerrado (Gómez, 2000), con el cual se plantearon unidades de información sistematizada de los cuestionarios de selección múltiple. La población estudiada son alumnos de noveno grado, y la muestra corresponde a 14 estudiantes de 14 a 18 años de una institución educativa privada

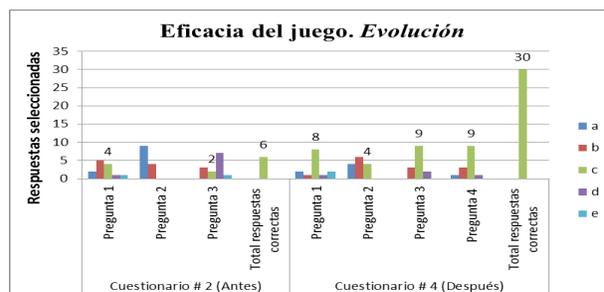
de Bogotá, D. C. en 2014, que implementa la inclusión de alumnos con diversidad funcional (TDHA, síndrome de Down, X frágil, Asperger, desmotivación y otros).

Para valorar la eficacia de la estrategia didáctica, se emplearon cuestionarios de preguntas abiertas y de selección múltiple antes y después de cada juego:

1. *Evolución. Donde la carrera es sobrevivir y la meta es la reproducción:* Test No. 1 y cuestionarios 1 y 2, antes del juego. Cuestionarios 3 y 4, luego del juego (Ramírez, 2013 y 2014) (ver anexos 1, 2, 3, 4, 5 y 6).
2. *El cuchador y los frijoles: tratando errores conceptuales sobre la evolución* (Burton & Dobson, 2009): Cuestionarios 5 y 6, antes del juego. Cuestionarios 7 y 8, luego del juego (ver anexos 7, 8, 9 y 10).
3. *Evolucionar o perecer* (Smithsonian, 2014): Cuestionario No. 9, antes y después del juego (ver anexo 11).

Resultados y discusión

Este artículo presenta resultados parciales, pues la investigación tiene cuestionarios de respuesta abierta y de selección múltiple. Se exponen los hallazgos obtenidos de los cuestionarios 2, 4, 6, 8 y 9 de selección múltiple con única respuesta. El test No. 1 y los cuestionarios 1, 3, 5 y 7, de pregunta abierta, serán sistematizados en estudios posteriores.

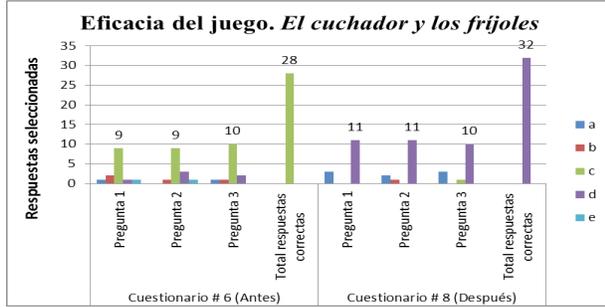


Resultados de los cuestionarios de preguntas de selección múltiple con única respuesta, aplicados antes (izquierda —cuestionario N° 2—) y después (derecha —cuestionario N° 4—) del juego *Evolución*.

Figura 1. Eficacia del juego *Evolución*

La figura 1 muestra la eficacia del juego *Evolución*. El cuestionario N° 2, aplicado antes del juego, contenía tres preguntas, que fueron resueltas por los 14 participantes. Se obtuvieron seis respuestas correctas. Tras el juego, se aplicó el cuestionario N° 4, que incluía cuatro preguntas, y se registraron 30 respuestas correctas. Algo para tener en cuenta es que algunos obstáculos se mantienen: 10 respuestas estaban asociadas a la *necesidad*, en la cual el cambio ocurre porque el organismo “tuvo que cambiar”, pues el medio se lo impuso. Hubo

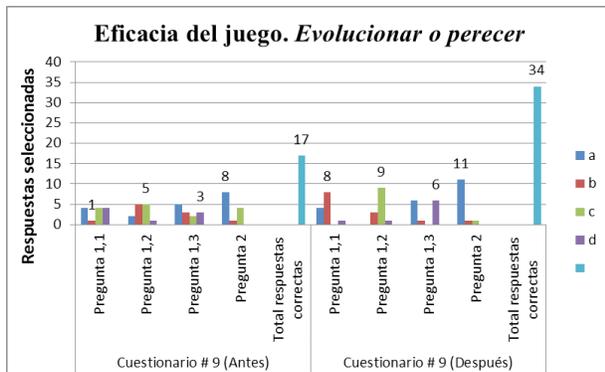
también tres respuestas involucradas con la *ortogénesis*, en la cual los organismos evolucionan para mejorar por un principio interno que tiene esa dirección. Y en otras tres respuestas *no se diferencia agente mutagénico de agente selectivo*, pues un agente externo puede generar una mutación y se selecciona favorablemente a quien la posea, sin tener en cuenta la herencia.



Resultados de los cuestionarios de preguntas de selección múltiple con única respuesta, aplicados antes (izquierda —cuestionario N° 6—) y después (derecha —cuestionario N° 8—), del juego *El cuchador y los frijoles*.

Figura 2. Eficacia del juego *El cuchador y los frijoles*

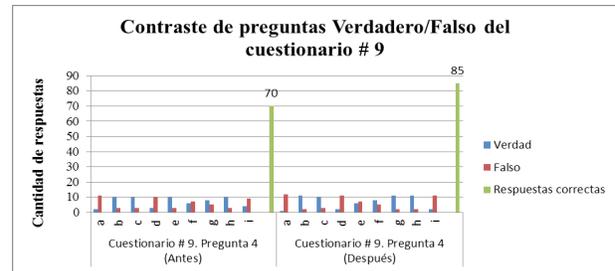
En la figura 2 se muestra cómo el cuestionario N° 6 obtuvo 28 respuestas correctas, distribuidas en las tres preguntas. Tras el juego *El cuchador y los frijoles*, se obtuvieron 32 respuestas correctas en el cuestionario N° 8. Los siguientes obstáculos persisten al finalizar esta fase; hubo cinco respuestas asociadas a los cambios por la necesidad, y tres en las cuales *los cambios son dirigidos por un agente externo, por causa espontánea*. Además, se mantiene, en menor medida, la *idea de que la mutación y la selección se producen sobre la misma generación de organismos*; es decir, que los cambios genéticos no son heredables por la descendencia, y que la selección solo actúa en la generación en la cual surge el cambio.



Resultados del cuestionario N° 9, aplicado antes y después del juego *Evolucionar o perecer*.

Figura 3. Eficacia del juego *Evolucionar o perecer*

La figura 3 muestra que antes de aplicar el juego *Evolucionar o perecer* solo un niño conocía la edad del planeta; cinco, la antigüedad de la vida bacteriana, y tres, la de nuestra especie. Es decir, el resto de los estudiantes desconocían la cronología de los eventos mencionados y ocurridos en tiempo profundo. En la pregunta 2 del cuestionario aplicado antes del juego, ocho niños reconocieron el chimpancé como el animal con el que compartimos un ancestro común más cercano, aspecto importante por la teoría de la ascendencia en común. Tras el juego, las respuestas correctas aumentaron al doble, pero se evidencia la confusión entre miles de años y miles de millones de años, en cuatro de las respuestas proporcionadas. Además, seis niños sitúan el origen del *Homo sapiens* hace 2 millones de años, junto con otros homínidos.



Resultados de las preguntas del punto 4 del cuestionario N° 9, aplicado antes y después del juego *Evolucionar o perecer*.

Figura 4. Contraste de las preguntas de falso y verdadero del cuestionario No 9

La figura 4 corresponde a la cuarta pregunta del cuestionario No. 9, compuesta por nueve afirmaciones falsas o verdaderas. De 117 aciertos posibles, se obtienen 70 antes del juego, y 85 después. De los obstáculos que se mantienen, sobresale la idea ortogénica de la evolución, en la pregunta c), donde los organismos evolucionan para perfeccionarse, lo que contrasta con la pregunta h), en la cual se afirma que gran parte de la vida del planeta ya está extinta. También, se supone que las diferencias fenotípicas de los individuos de una especie corresponden a grandes diferencias genéticas, en la pregunta e), junto a la incomprensión de la cronología del tiempo geológico, en la pregunta f), donde se cuestiona si fue primero el huevo o la gallina (aves).

El análisis de los resultados del cuestionario No. 9 podría evidenciar que la inmensidad del tiempo en el cual transcurre el proceso evolutivo requiere un conocimiento matemático que en muchas ocasiones no se tiene (Kerka, 1995), y que para afianzar dicha comprensión, el uso de conversiones, metáforas o analogías podrá ayudar a los estudiantes a visualizar la magnitud del tiempo profundo (Lewis, Lampe & Lloyd, 2009). Por tanto, el juego *Evolucionar o perecer* podría ser una estrategia efectiva en el aula

para trabajar la dimensión de miles de millones de años, tiempo a lo largo del que actúa gradualmente la selección natural, y así se podrían explicar algunos eventos biológicos sucedidos en el transcurso de la historia de la Tierra.

Conclusiones

Las características de la diversidad funcional de los 14 participantes obligaban a utilizar una estrategia didáctica alterna a la educación tradicional, pues focalizar la atención en dicho grupo era una tarea difícil de lograr. Por otra parte, utilizar los cuestionarios de preguntas de selección múltiple con única respuesta con el fin de sistematizar la información facilita la labor del docente para generar unidades de análisis y provee la oportunidad de asociarlas a algunos obstáculos al aprendizaje de la TEB, además de determinar la eficacia de la estrategia didáctica. Pero al ser respuestas cerradas, dejan de lado elementos argumentativos valiosos en la interpretación de los resultados, y se debe tener en cuenta que el tipo de problema planteado puede influir en los resultados (Engel & Wood, 1985a, citado por Grau, 1993). Lo ideal sería contar con la sistematización de la totalidad de la información y compararla con un grupo control de educación tradicional, y así poder identificar las diferencias con el grupo experimental.

Existen obstáculos al aprendizaje de la TEB propios de la edad; los participantes en la estrategia didáctica tenían un rango de entre 14 y 18 años. Según Grau (1993), en este rango los alumnos asocian una influencia ambiental al cambio e involucran explicaciones genéticas y las relacionan con la herencia; además, son capaces de reconocer la variabilidad intraespecífica, pero no entienden su origen por mutación. Asimismo, creen que la adaptación resulta porque los organismos desarrollan conscientemente cambios físicos en respuesta a cambios ambientales; es decir, responden a una necesidad (Grau, 1993).

Los resultados muestran cómo los obstáculos conceptuales y lógicos disminuyen al tiempo que avanza la estrategia; es decir, el juego resultó ser eficaz en la intervención del contexto trabajado. Los estudiantes incluyen conceptos relacionados con la herencia y la genética durante la reproducción y reconocen la adaptación como resultado del interactuar entre la variación y la selección natural. Pero algunos obstáculos persisten, y se relacionan con los propuestos por Grau (1993) para el rango de edad trabajado; estos son la concepción de los cambios por la *necesidad* de superar una dificultad que presenta el ambiente o que son dirigidos por un agente externo, la confusión entre miles de años y miles de millones de años, y la cronología de eventos durante el *tiempo geológico o profundo*.

Un obstáculo que llama la atención es la idea *ortogénica* de la evolución, la cual asume una dirección intrínsecamente determinada, donde los organismos evolucionan para mejorar y existe una escala de progreso que conduce a la perfección. Dicha concepción dificulta el desarrollo de pensamiento en árbol (*tree-thinking*), que es considerado una habilidad necesaria para comprender la biología histórica y la ascendencia común (Halverson & Friedrichsen, 2013). Por ello, es recomendable introducir en los cuestionarios preguntas en las cuales los participantes deban representar gráficamente su respuesta, pues la iconografía o las representaciones visuales desempeñan un rol significativo en el proceso de aprendizaje y enseñanza de las ciencias (Gilbert, 2010) y dejan planteado un interesante punto para explorar en el futuro.

Utilizar el juego para la enseñanza corresponde a una dimensión natural, por cuanto hace parte de nuestro instinto y permite desarrollar habilidades básicas como la inteligencia emocional, la relajación y el desarrollo de procesos de pensamiento, y hace focalizar la atención, aspectos que resultan fundamentales en todos los niños y los jóvenes, incluyendo a quienes tienen algún tipo de desorden de la conducta o trastornos generalizados del desarrollo. Asimismo, las emociones suscitadas al jugar son factores que influyen en el aprendizaje, y la relación emoción/aprendizaje es un campo interesante de explorar para la enseñanza de las ciencias naturales; específicamente, de la biología.

Finalmente, el lector encontrará en el presente artículo una descripción de los tres juegos utilizados, además de los métodos para recolectar información, que permiten identificar las representaciones de los estudiantes y los obstáculos al aprendizaje que en ellas se pueden presentar. Lejos de ser una estrategia didáctica terminada, se propone que, con el trabajo continuo en diferentes contextos y su aplicación por diferentes profesores, resulten ajustes, sugerencias y correcciones, que permitan mejorar el proceso didáctico de la TEB en las escuelas colombianas.

Referencias

- Araujo, R. (2010). *Aproximación al estado del arte sobre la enseñanza de la evolución biológica 2005-2009* (tesis pregrado). Departamento de Biología, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, D. C.
- Araujo, R. & Ramírez, L. (2014). Obstáculos al aprendizaje del concepto estructurante evolución biológica. VII Encuentro nacional de experiencias en enseñanza de la biología y la educación ambiental y II Congreso nacional de investigación en enseñanza de la biología. *Bio-grafía*. Memorias, 231-244.

- Araujo, R. & Roa, R. (2011). Enseñanza de la evolución biológica. Una mirada al estado del conocimiento. *Bio-grafía: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*, 4 (7), 15-35.
- Astolfi, J. (1999). El tratamiento didáctico de los obstáculos epistemológicos. *Revista Educación y Pedagogía*, 11 (25), 151-171.
- Bland, M. & Morrison, E. (2015). The Experimental Detection of an Emotional Response to the Idea of Evolution. *The American Biology Teacher*, 77 (6), 413-420.
- Burton, S. & Dobson, C. (2009). Spork & beans: Addressing evolutionary misconceptions. *The American Biology Teacher*, 71 (2), 89-93.
- Castro, J. (2013). ¿Nada en biología tiene sentido si no es a la luz de la evolución? *Ciência & Educação (Bauru)*, 19, (4), 971-994.
- Chaves, G. (2012). *Contribuciones a la enseñanza de la evolución biológica desde la revisión epistemológica de algunos aspectos contemporáneos de la misma* (tesis maestría). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D. C., Colombia.
- Damasio, A. (2005) *En busca de Spinoza. Neurobiología de la emoción y los sentimientos*. Barcelona: Crítica.
- Futuyma, D. (1986). *Evolutionary Biology*. 2 ed. Massachusetts: Sinauer Associates Inc.
- Gagliardi, R. (1986). Los conceptos estructurales en el aprendizaje por investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (1), 30-35.
- Gagliardi, R. (1994). *Obstáculos al aprendizaje-obstáculos a la enseñanza en contextos multiculturales*. Ginebra, Suiza: Unesco.
- Gilbert, J. (2010). The role of visual representations in the learning and teaching of science: An Introduction. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 11 (1), 1-19.
- Gómez, M. (2000). Análisis de contenido cualitativo y cuantitativo: Definición, clasificación y metodología. *Revista de Ciencias Humanas*, 20. Consultado el 23 de agosto de 2016, en <http://www.utp.edu.co/~chumanas/revistas/revistas/rev20/gomez>
- González, L. (2011). *Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural* (tesis doctoral). Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.
- González, L., Adúriz, A., & Meinardi, E. (2005). El modelo cognitivo de ciencia y los obstáculos en el aprendizaje de la evolución biológica. *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra. VII congreso, 1-6.
- González Galli, L. & Meinardi, E. (2015). Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural, en estudiantes de escuela secundaria de Argentina. *Ciênc. Educ., Bauru*, 21 (1), 101-122.
- Grau, S. (1993). Revisión de las concepciones en el área de la Evolución. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (1), 87-89.
- Halverson, K. & Friedrichsen, P. (2013). Learning Tree Thinking: Developing a New Framework of Representational Competence. En: D. Treagust & C-Y. Tsui, *Multiple Representations in Biological Education* (pp. 185-201). Netherlands: Springer. ISBN 978-94-007-4191-1,
- Heddy, B. & Sinatra, G. (2013). Transforming Misconceptions: Using Transformative Experience to Promote Positive Affect and Conceptual Change in Students Learning About Biological Evolution. *Science Education*, 97 (5), 723-744.
- Huizinga, J. (2007). *Homo Ludens*. Madrid: Emecé/ Alianza Editorial.
- Kerka, S. (1995). *Not just a number: Critical numeracy for adults*. [en línea]. ERIC Digest, 163. Consultado el 20 de marzo de 2015, en: <http://www.ericdigests.org/1996-2/numeracy.html>
- Lerma, H. (2004). *Metodología de la investigación: propuesta, anteproyecto y proyecto*. 3a. ed. Bogotá, D. C.: Ecoe Ediciones.
- Lewis, S., Lampe, K. & Lloyd, A. (2009). *Una vez en un millón de años: cómo enseñar el tiempo geológico* [en línea]. American Institute of Biological Sciences. Consultado el 22 de mayo de 2013, en: http://www.actionbioscience.org/esp/educacion/lewis_lampe_lloyd.html
- Maroto, J. (2014). La evolución,... A escena de cómo el grupo Prometeo enseña aspectos sobre la evolución y de los recursos que pueden emplearse para ello. *Revista Eureka*, 1 (2), 122-135.
- Maturana, H. (2005). *Emociones y lenguaje en educación y política*, 9 ed. Chile: JC Saez.
- Mayr, E. (2006). *Por qué es única la biología*. Buenos Aires: Katz Editores.
- Meinardi, E. & Adúriz, A. (2002) Encuesta sobre la vigencia del pensamiento vitalista en los profesores de ciencias naturales. *Revista Iberoamericana de Educación*, publicación editada por la OEI 1998 a 2001. [en línea]. Consultado el 2 de mayo de 2009, en: <http://www.rieoei.org/experiencias28.htm>

- Monereo, C. (2007). Hacia un nuevo paradigma del aprendizaje estratégico: el papel de la mediación social del self y de las emociones. *Revista Electrónica de Investigación Psicoeducativa*, 5 (3), 497-534.
- Museo de Paleontología de la Universidad de California. (2006). *Enseñando la evolución. Céntrate en los principios*. [en línea]. Disponible en: <http://www.ib.usp.br/sti/evosite/Lessons/IFundamentals.php.html>
- Peñaloza, G. & Mosquera, C. (2012). Aproximación al estudio de los factores relacionados con la enseñanza con la teoría de la evolución biológica en Colombia. *Revista EDUCyT*. Vol. Extraordinario, diciembre, 1-17.
- Petto, A. (2011). *¿Por qué enseñar evolución?* [en línea]. The National Center for Science Education. Consultado el 20 de marzo de 2015, en: <http://ncse.com/es/evolution/que-ensenar-evolucion>
- Primack, R. (2010). *Essentials of Conservation Biology* (Rodrigo Torres, trad.), 5th ed. Massachusetts: Sinauer Associates.
- Ramírez, L. (2012). Iconografía de la evolución biológica en los textos escolares de ciencias naturales. (Presentes en la biblioteca de la I.E.D. Juan Lozano y Lozano. Bogotá, D. C.). *Bio-grafía: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*, 5 (9). Monográfico de Evolución, 38-50.
- Ramírez, L. (2013). Juego de simulación para enseñar evolución por selección natural con insectos. *Revista EDUCyT*. Vol. extraordinario, diciembre, 251-277.
- Ramírez, L. (2014). Juego de simulación para enseñar evolución por selección natural a estudiantes de noveno grado. *Revista Perspectivas Educativas*, 7 (1), 115-133.
- Schaefer, Ch. & O'Connor, K. (1988) *Manual de terapia de juego*. México, D. F.: Manual Moderno.
- Sinatra, G., Brem, S., & Evans, E. (2008). Changing Minds? Implications of Conceptual Change for Teaching and Learning about Biological Evolution. *Evolution: Education and Outreach*, 1 (2), 189-195.
- Smithsonian (2014). *ETE Game: Evolve or Perish*. [en línea]. Education&Outreach. Consultado el 20 de marzo de 2015, en: http://www.mnh.si.edu/ete/ETE_Education&Outreach_Game.html

ANEXOS

Anexo 1. Test No. 1.

Nombre:

Edad: Fecha:

Preguntas:

- a. ¿Qué entiendes por evolución biológica?
- b. ¿De dónde te surge la idea?

Anexo 2. Cuestionario No. 1³

Nombre:

Edad: Fecha:

Lee atentamente y responde la pregunta:

El 15% o el 20% de los escolares sufren ataques de piojos entre febrero y la Semana Santa. No se conocen con exactitud las causas de las recientes epidemias, ya que la higiene ha mejorado, pero todo parece indicar que el DDT y los otros insecticidas ya no hacen efecto a los piojos. ¿Cómo explicas que los insecticidas hace años hicieran efecto a los piojos y ahora no?

Respuesta:

Anexo 3. Cuestionario No. 2⁴

Nombre:

Edad: Fecha:

Lea atentamente los siguientes enunciados y escoja la respuesta que le parezca más apropiada.

1. Cuando usamos un insecticida, algunas cucarachas no mueren. Esto se debe a que:

3 Tomado y adaptado de: Jiménez (1991) por: Meinardi, E. & Adúriz, A.(2002)

4 Tomado y adaptado de: González Galli, L., Adúriz, A. & Meinardi, E. (2005)

- a. El insecticida cambia la información genética de la cucaracha sobre la que se aplica el veneno; la hace mutar haciéndola más resistente.
 - b. Las cucarachas van recibiendo varias dosis pequeñas de veneno; de esta forma pueden irse adaptando a él.
 - c. Algunas cucarachas tienen la información genética que las hace resistentes al insecticida, aunque nunca hayan estado en contacto con él.
 - d. Las cucarachas mutan para mejorar.
 - e. Otra explicación (menciónala).
2. La presencia de las membranas entre los dedos (pies palmados) de los pies de los patos puede ser atribuida a:
 - a. La necesidad de nadar mejor.
 - b. La necesidad de adaptarse a ciertas condiciones ambientales.
 - c. La aparición casual de una mutación.
 - d. El Creador que los hizo así.
 - e. Otra explicación (menciónala).
 3. La ceguera de las salamandras que viven en cuevas se debe a que:
 - a. Como no necesitan ver, al no usar sus ojos estos se atrofian.
 - b. Las salamandras evolucionaron para perder su vista, porque era innecesaria.
 - c. Un órgano no vital, como los ojos en estas salamandras, puede perderse.
 - d. La oscuridad modifica la información genética, de manera que los ojos ya no aparecen.
 - e. Otra explicación (menciónala).

Anexo 4

Instrucciones del juego "Evolución",

Donde la carrera es sobrevivir y la meta es la reproducción

El juego tiene como protagonistas a los insectos. Cada tarjeta representa un individuo de cada especie; en ellas se exhiben el nombre común y los aparatos bucales; estos últimos son estructuras que han divergido desde el ancestro común del cual provienen. Los distintos aparatos bucales posibilitan explotar de diferentes formas el recurso alimenticio.

La dinámica del juego consiste en mover a los individuos (piezas o fichas) alrededor del tablero, que representa

el hábitat; es el espacio que reúne los recursos necesarios (lugar para vivir, alimento y pareja) para que los individuos puedan desarrollarse, y, a su vez, la población pueda establecerse y reproducirse; por ello, mantienen presencia en ese lugar. Se debe entender que los individuos de una especie competirán entre ellos por el recurso, por ser limitado e insuficiente para todos. Además de estar en lucha por el recurso, se deberá estar atento a no ser depredado y funcionar como recurso alimenticio. Habrá casos en los cuales la competencia será también entre poblaciones de diferentes especies.

Es interesante observar que los individuos de una población son variables (cada uno es único), y en cada generación de organismos aparecen variaciones que pueden ser heredadas, siempre y cuando aumente el potencial de supervivencia del individuo. Según lo anterior, la eliminación y la reproducción diferencial de individuos que tendrá lugar a través de la descendencia posibilitará la adaptación de poblaciones a ambientes determinados, y así hará viable la evolución por selección natural.

Con todo lo descrito en mente, se podrá comprender por qué las poblaciones que pueden aumentar su número en cifras muy altas no lo hacen, y, más bien, mantienen sus individuos permaneciendo casi constantes, gracias a la competencia por sobrevivir. Ciertamente, el objetivo del juego es que los individuos logren reproducirse; para ello, deberán completar las etapas necesarias del desarrollo ontogénico de la metamorfosis, junto a los recursos.

Asimismo, el alimento y las etapas de la metamorfosis varían según la especie de insecto. La metamorfosis es el proceso por el cual un sistema vivo cambia de manera evidente su forma y su fisiología desde el momento de su concepción hasta el final de su desarrollo. En el juego hay insectos con dos tipos de metamorfosis: a) incompleta y b) completa.

- Hemimetábolo: el individuo inmaduro (ninfa) se asemeja al adulto, pero es más pequeño y no es activo sexualmente. Las alas se perciben desde los últimos instar. Sus etapas son: huevo, ninfa y adulto.
- Holometábolo: el individuo inmaduro (larva) no se parece al adulto; además, presenta una etapa durante la cual no come y se inmoviliza protegiéndose por medio de una cubierta (pupa). En ese momento se lleva a cabo una transformación evidente, que culmina con el adulto. Sus etapas son: huevo, larva, pupa y adulto.

Instrucciones

- Seleccione el jugador (individuo); para ello, debe tener en cuenta: especie a la que pertenece, aparato bucal, recursos que necesita y número de etapas de la metamorfosis.
- Si el jugador cae en la casilla del *depredador*, perderá todos sus recursos, junto con las etapas de la metamorfosis, y deberá regresar a la casilla de salida.
- La casilla *crisis* permite al jugador tener una ficha que podrá utilizar en caso de caer en el depredador; de esa forma, pasará desapercibido a los sentidos de este.
- La ficha del *comodín* podrá ser utilizada como una etapa de la metamorfosis o un recurso (o la pareja solamente, si ya está en fase de adulto). El ancestro común de los insectos fue una población de organismos parecidos a los onicóforos, del cual, posiblemente, provienen todos los insectos existentes en la actualidad.

¿Cómo ganar?

Para ello debe obtener las fichas de: *recursos*, *metamorfosis* y *reproducción*:

- Holometábolos: tres recursos alimenticios, cuatro etapas de la metamorfosis en orden y pareja (solo en adulto); cuando las haya conseguido, puede optar por la reproducción.
- Hemimetábolos: cuatro recursos alimenticios, tres etapas de la metamorfosis en orden y pareja (solo en adulto); cuando las haya conseguido, puede optar por la reproducción.

Anexo 5. Cuestionario No. 3.

Nombre:

Edad: Fecha:

Lea atentamente y responda la pregunta.

El uso de desinfectantes en los hospitales es común, pues son utilizados para prevenir la propagación de bacterias (y, en general, la de microorganismos) en diversas superficies, pero hay microorganismos que en estos momentos son capaces de sobrevivir a dichos productos y atacar a pacientes, a quienes los médicos optan por administrarles antibióticos, los cuales son más fuertes que los utilizados hace cinco años.

- A. ¿Cómo explicas que las bacterias lograran sobrevivir a los desinfectantes?

Respuesta:

- B. ¿Por qué crees que el antibiótico debe aplicarse en la actualidad en mayor cantidad o acudir a un antibiótico diferente?

Respuesta:

Anexo 6. Cuestionario No. 4.

Nombre:

Edad: Fecha:

Lea atentamente los siguientes enunciados y escoja la respuesta que le parezca más apropiada.

1. Cuando usamos un bactericida, algunas bacterias no mueren. Esto se debe a que:
 - a. El bactericida cambia la información genética de la bacteria sobre la cual se aplica el desinfectante; la hace mutar haciéndola más resistente.
 - b. Las bacterias van recibiendo varias dosis pequeñas de desinfectante; de esta forma, pueden irse adaptando a él.
 - c. Algunas bacterias tienen la información genética que las hace resistentes al bactericida, aunque nunca hayan estado en contacto con él.
 - d. Las bacterias mutan para mejorar.
 - e. Otra explicación (menciónala).
2. La presencia de las membranas entre los dedos (alas) en las extremidades superiores de los murciélagos puede ser atribuida a:
 - a. La necesidad de volar mejor.
 - b. La necesidad de adaptarse a ciertas condiciones ambientales.
 - c. La aparición casual de una mutación.
 - d. El Creador los hizo así.
 - e. Otra explicación (menciónala).
3. La no utilidad del apéndice en los humanos se debe a que:
 - a. Como no se necesitaba, al no usarla, se atrofió.
 - b. Los humanos evolucionaron para perder su apéndice, porque era innecesaria.
 - c. Un órgano no vital, como el apéndice en los humanos, puede perderse.

- d. El no uso del apéndice modifica la información genética, de manera que ya no funciona
- e. Otra explicación (menciónala).

4. El cuello largo de las jirafas se debe a:
 - a. El esfuerzo por alcanzar las hojas más altas de los árboles.
 - b. La necesidad de adaptarse a comer las hojas altas de los árboles.
 - c. La muerte de las jirafas de cuello corto y la reproducción de las de cuello largo.
 - d. Una mutación producida por el ambiente.
 - e. Otra explicación (menciónala).

Anexo 7. Cuestionario No. 55

Nombre y fecha: Curso: Edad:

Lea atentamente el texto y responda:

Hace casi 20.000 años, los lobos eran peligrosos para los humanos. Probablemente, su relación con ellos fuera más de vigilancia para evitar ser devorados que de amistad, como lo es ahora. El lobo (*Canis lupus*) fue la primera especie domesticada y el único de los grandes carnívoros que el ser humano ha domesticado. Pero, ¿cómo llegaron a ser compañeros inseparables los lobos carnívoros y los antiguos cazadores-recolectores? ¿Cómo puede realizarse un proceso de domesticación de los lobos a los perros actuales?

Anexo 8. Cuestionario No. 6

Nombre y fecha:

Lea atentamente y seleccione la respuesta que considere más apropiada para la pregunta.

1. El proceso de domesticación de los lobos (*Canis lupus*) que dio lugar a los perros actuales se dio por:
 - a. El contacto de los humanos con los perros, lo cual modificó su información genética haciéndolos mansos.
 - b. Los lobos se acostumbraron a los humanos, y poco a poco se hicieron más mansos.

5 Tomado y modificado de: <http://www.muyinteresante.es/ciencia/articulo/los-perros-se-originaron-en-europa-hace-unos-18-000-anos-391384519475>

- c. La selección de lobos mansos para su reproducción, pues dicha característica se hereda.
 - d. La necesidad de cazar, propia de los lobos y de los humanos, y que cambió sus genes haciéndolos mansos.
 - e. Otra explicación (menciónela).
2. El hecho de que existan actualmente 450 razas de perros puede ser atribuido a:
- a. Las condiciones de trabajo a las que fueron sometidos los perros.
 - b. La necesidad de los perros de tener diferentes tamaños.
 - c. La variabilidad de la información genética de los individuos.
 - d. Mutaciones producidas por la necesidad de adaptarse.
 - e. Otra explicación (menciónela).
3. Al analizar la información genética de los perros y los lobos, ambos resultan contener genes similares porque:
- a. Viven en ambientes equivalentes y necesitan acostumbrarse.
 - b. Ambos cazan y tienen comportamientos que se lo permiten.
 - c. Tienen un ancestro en común, y heredaron esa información.
 - d. Cazar modifica la información genética haciéndola similar.
 - e. Otra explicación (menciónela).

Anexo 9. Cuestionario No. 7

Nombre: Curso y fecha:

La domesticación del perro⁶

Tras secuenciar y comparar el genoma de 60 perros de 14 razas diferentes y de 12 lobos de distintas zonas del planeta, los investigadores identificaron 3,8 millones de variantes genéticas, a partir de las cuales aislaron 36 regiones de ADN que llevaron a la selección del perro doméstico. Los análisis mostraron que ocho de los genes contenidos en estas regiones intervienen en el desarrollo del sistema nervioso; en particular, en los cambios etológicos o de comportamiento que permitieron a este

⁶ Tomado y modificado de: <http://www.investigacionyciencia.es/noticias/de-la-domesticacion-del-perro-10827>

cánido convertirse en el mejor amigo del hombre. Además, el gen de la amilasa, una enzima responsable de la descomposición del almidón en el intestino, resultó cinco veces más activo en los perros que en los lobos a la hora de digerir dicho nutriente principal de los alimentos de origen rural, como el trigo y el arroz.

1. ¿Cuál fue el origen de esta evolución, y cómo ocurrió esta domesticación?
2. ¿Cómo y por qué puede variar la frecuencia del alelo responsable del comportamiento?
3. ¿Por qué el gen de la amilasa es más activo en los perros que en los lobos? ¿Cómo logró ser más frecuente?

Anexo 10. Cuestionario No. 8

Nombre y fecha:

Lea atentamente y seleccione la respuesta que considere más apropiada para la pregunta.

1. El proceso de domesticación de los lobos (*Canis lupus*) que dio lugar a los perros actuales se dio por:
 - a. El contacto de los humanos con los perros, que modificó su información genética haciéndolos mansos.
 - b. Los lobos se acostumbraron a los humanos, y poco a poco se hicieron más mansos.
 - c. La necesidad de cazar, propia de los lobos y de los humanos, que cambió sus genes haciéndolos mansos.
 - d. La selección de lobos mansos para su reproducción, que llevó a heredar esa característica.
 - e. Otra explicación (menciónela).
2. Qué existan actualmente 450 razas de perros puede ser atribuido a:
 - a. Las condiciones de trabajo a las que fueron sometidos los perros y la herencia de características adquiridas.
 - b. La necesidad de los perros de tener diferentes tamaños, para realizar las labores encomendadas.
 - c. Mutaciones producidas por la necesidad de adaptarse, y la muerte de los organismos sin la mutación.
 - d. La variabilidad de la información genética de la población, y la posterior reproducción de individuos seleccionados.
 - e. Otra explicación (menciónela).

3. Al analizar la información genética de los perros y los lobos, ambas especies resultan contener genes similares porque:
 - a. Viven en ambientes equivalentes y necesitan acostumbrarse.
 - b. Ambos cazan y tienen comportamientos que se lo permiten.
 - c. Cazar modifica la información genética haciéndola similar.
 - d. Tienen un ancestro en común, y heredaron esa información.
 - e. Otra explicación (menciónela).
- 1.3. ¿Cuánto tiempo hace que apareció nuestra especie?
 - a. 2 millones de años
 - b. Aproximadamente, 6.000 años
 - c. 40.000 años
 - d. Aproximadamente, 250.000 años
2. ¿Con cuál de estos animales crees que compartimos un antepasado común más cercano?
 - a. Chimpancé
 - b. Gorila
 - c. Orangután
 - d. Lémur

3. ¿Cuál es el nombre científico de nuestra especie?

Anexo 11. Cuestionario No. 97

Nombre y fecha:

Lea atentamente:

1. En estas preguntas señala la respuesta que consideres correcta:
 - 1.1. ¿Cuántos años crees que tiene nuestro planeta?
 - a. Aproximadamente, 4.500 años
 - b. 4500 millones de años
 - c. 10 millones de años
 - d. 6.000 años
 - 1.2. ¿Cuánto tiempo hace que apareció la vida en la Tierra?
 - a. 200 millones de años
 - b. Aproximadamente, 200.000 años
 - c. 3.500 millones de años
 - d. 6.000 años

Escribe “V” si crees que la afirmación es verdad, o una “F” si crees que es falsa:

- a. Los humanos cazaban dinosaurios para poder comer.
- b. Las aves se originaron a partir de los dinosaurios.
- c. Con la evolución, los organismos se perfeccionan.
- d. Las especies que vemos en la Tierra siempre han sido las mismas.
- e. Las razas humanas son muy diferentes genéticamente.
- f. El huevo fue primero que la gallina.
- g. El comienzo de la vida fue bacteriano.
- h. Gran parte de la vida del planeta está extinta.
- i. Los insectos no han tenido cambios durante su historia en el planeta.