

Juego de Simulación para enseñar evolución por selección natural a estudiantes de noveno grado.

Simulation game for teaching evolution by natural selection to ninth graders.

Luis C. J. Ramírez Olaya¹

Resumen. El estado de la enseñanza de la teoría evolutiva en las instituciones educativas colombianas es un tema desconocido, además, se han reconocido obstáculos conceptuales, lógicos y emocionales, en el proceso didáctico de este concepto estructurante. Por esto, se plantea un juego de simulación que busca mediar en algunas de las dificultades identificadas. La población corresponde a estudiantes de 9º, y la muestra son 33 alumnos de 13 a 17 años de dos instituciones educativas. La investigación es cualitativa y el enfoque es el análisis de contenido en un modelo cerrado. Para estimar la eficacia del juego, se emplearon cuestionarios antes y después de su implementación. Los resultados parciales muestran un cambio positivo, puesto que se obtuvieron más respuestas acertadas luego del juego y algunas representaciones de los estudiantes se asociaron a la reproducción y eliminación diferencial (selección natural) de individuos de una misma especie, reconociendo la variabilidad intraespecífica e incluyendo explicaciones genéticas asociadas con la herencia durante la reproducción. También, algunos estudiantes mantienen la representación en la cual la mutación y selección se producen sobre la misma generación de organismos, puesto que los cambios tienen una causa espontánea sobre los individuos y son asociados a la necesidad de superar una dificultad que presenta el ambiente. Los obstáculos nombrados concuerdan con otros estudios realizados en jóvenes de 13 a 17 años, junto con la dificultad focalizando la atención. Igualmente hace parte de nuestro instinto y debe incluirse en los procesos educativos, por las emociones y sentimientos que optimizan el aprendizaje y la memoria.

Palabras clave: Neodarwinismo, didáctica, emociones, insectos, juego-de-mesa,

Introducción.

El estado de la enseñanza de la evolución biológica (EB) en las escuelas colombianas es un tema desconocido (Peñaloza y Mosquera, 2012) a pesar de la controversia

¹ Colegio Retos. Licenciado en Biología. Universidad Pedagógica Nacional, Docente Colegio Retos. Bogotá. D. C

mundial de diversas posiciones culturales, que van desde lo político, filosófico y religioso, que han puesto límites y objeciones a su enseñanza (Araujo y Roa, 2011). Asimismo, la teoría evolutiva es fundamental en biología, pues unifica todas las ciencias de la vida (Futuyma, 1986; Ginnobili, 2009; Petto, 2011), convirtiéndola en un concepto estructurante, pues es un objetivo general que permite construir nuevos conocimientos, (Gagliardi, 1986).

No obstante, existen varias dificultades para la enseñanza/aprendizaje de la evolución biológica: iconografía inapropiada (Ramírez, 2012a), insuficiente preparación de los profesores, estrategias didácticas inadecuadas, apreciación negativa de la teoría evolutiva (Araujo, 2010; Araujo y Ramírez, 2014) y obstáculos presentes en los estudiantes (ver tabla del anexo N° 3) (González, Adúriz, y Meinardi, 2005; González, 2011; Ramírez, 2012b; Araujo y Ramírez, 2014), que varían según la edad (Grau, 1993) y que para Gagliardi (1994) podrán ser conceptuales, lógicos y emocionales. Al contrario de considerar los obstáculos como un impedimento, son tomados como un reto conceptual, pues el error ocupa el centro mismo del acto de conocer (Astolfi, 1999) y “el objetivo del trabajo didáctico no es la superación del obstáculo, como esperamos siempre de alguna manera, sino más bien su identificación por parte del alumno, y el control vigilante que ejercerá a partir de entonces sobre el mismo” (Astolfi, 1999).

En ese sentido, el juego: *Evolución -donde la carrera es sobrevivir y la meta es la reproducción-*, pretende brindar ejemplos concretos de conceptos esenciales, junto a relaciones lógicas entre ellos, para entender el cambio de los sistemas vivos por selección natural. Trazando como objetivo identificar y tratar algunos obstáculos al aprendizaje de los estudiantes de noveno grado.

De esta manera no resulta descabellado utilizar el juego en los procesos didácticos, puesto que es algo instintivo (Damasio, 2005), y “cuando el niño juega, señala y privilegia un espacio, unos personajes y un tiempo. La libertad le facilita el acceso a ese cosmos sagrado donde ciertas reglas – la espacialidad, la temporalidad, la causalidad – deben enunciarse y cumplirse”, (Gambetta, 1992). Además, permite relajarse y liberar energía excesiva, junto con el estímulo de habilidades intrapersonales, como lo es el desarrollo cognoscitivo, y el dominio de situaciones y conflictos (Schaefer y O’Connor, 1988). También, posibilita tratar habilidades sociales por medio de la interacción grupal. Aquí toma sentido que la educación deba ser alegría, puesto que la relación cotidiana entre emoción y razón establece nuestro vivir humano, y no percibimos que todo sistema racional tiene un fundamento emocional. (Maturana, 2005).

Más aun, las emociones son señaladas como un factor que influye en el aprendizaje científico (Sanmartí, 2002 citado por González 2011), pero constituye una cuestión muy poco comprendida y abordada (Pintrich, Marx, y Boyle, 1993 citado por González, 2011), sin embargo, su importancia en el aprendizaje de la evolución biológica ha sido señalada por varios autores (Sinatra, Brem, y Evans, 2008 citado

por González, 2011). Por esto, aprovechar algunas emociones y sentimientos que optimizan el aprendizaje y la memoria (Damasio, 2005) en propuestas didácticas que contengan juegos, resultan un elemento valioso para el proceso de enseñanza / aprendizaje del concepto evolución biológica.

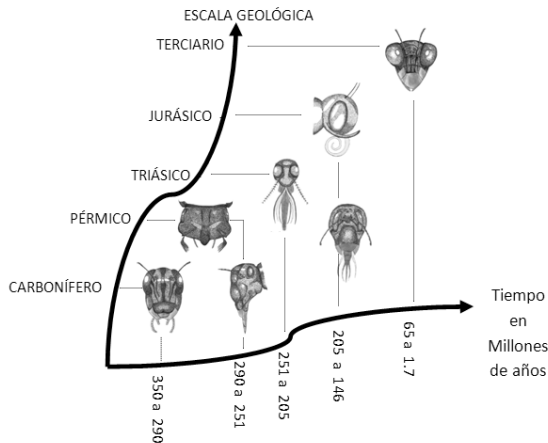


Ilustración 1. Evolución de los insectos y de sus aparatos bucales en el tiempo geológico.

exalta el concepto de biopoblación al involucrar varios individuos por especie (distintos niños son individuos de la misma especie), y varias especies.

En cuanto al juego *Evolución*, propone acelerar el tiempo para dar ejemplos concretos, de por qué y cuándo ocurre la selección natural (eliminación y reproducción diferencial), la mutación y la competencia por los recursos: pareja, alimento, lugar para vivir. Los protagonistas son siete especies de insectos, caracterizados en parte por sus aparatos bucales, que son estructuras que han divergido en el tiempo profundo desde el ancestro común del cual provienen (ver ilustración 1). De igual forma, el juego

varios individuos por especie (distintos niños son individuos de la misma especie), y varias especies.

Nombre común: Mantis o Rezanderas
 Especie: *Pseudomantispa bogotensis*
 Orden - Mantodea Familia - Mantidae
 Aparato bucal: Masticador
 Recurso: Otros insectos
 Metamorfosis: Hemimetábolo; huevo, ninfa y adulto.
 ¿Cómo gana?: Con las tres etapas de la metamorfosis, más cuatro recursos, la pareja y finalmente reproduciéndose.



Ilustración 2. Ejemplo de las fichas que representan a los individuos de las especies del juego.

Ahora bien, el juego consta de lo siguiente: las instrucciones (ver el anexo N° 4), tarjetas que representan a los individuos de cada especie (ver ilustración 2), 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, crisis o camuflaje, depredador, comodín (antecesor común), hábitat favorable (lanza de nuevo) y casilla de reproducción. También, un dado que posibilita avanzar en el hábitat,

representando el tiempo y la contingencia (Gould, 1991). Junto con un tablero

adicional, donde están las fichas que tomarán los jugadores según caigan en las casillas que les resulten favorables.

Metodología

La investigación hace parte del seguimiento y sistematización de un segmento del ejercicio docente. Por tanto, fue de carácter cualitativo (Lerma, 2004), adicionando un componente cuantitativo, ya que se identificó aspectos tales como; el número de respuestas acertadas, junto a los obstáculos al aprendizaje presentes antes y después de aplicar el juego. El enfoque es el análisis de contenido cualitativo en un modelo cerrado, el cual posibilita verificar la presencia de temas, de conceptos o de palabras en un contenido. (Gómez, 2000). Permitiendo para el presente artículo, plantear unidades con la información sistematizada de los cuestionarios 2 y 4 de selección múltiple.

La población estudiada fueron los estudiantes de 9 grado y la muestra corresponde a 33 estudiantes de 13 a 17 años; 20 del Instituto Superior Cooperativo-2012 (INSCOOP) y 13 del Nuevo Gimnasio La Cúspide-2013(N.G.L.C.), institución que implementa la inclusión escolar de niños con trastornos generalizados del desarrollo y la conducta.

Actividades e instrumentos

1. Test diagnóstico N° 1: se utiliza para identificar a los estudiantes; nombre y edad. También se plantean dos preguntas con el fin de conocer con qué asocian los estudiantes la evolución biológica y posiblemente de dónde surge la idea. (Anexo 1).
2. Introducción al mundo de los insectos: se caracteriza a los artrópodos como un grupo del que hacen parte los insectos, y se enuncian las generalidades de los mismos. (Se realiza una presentación por parte del docente).
3. Cuestionario N° 1: se adapta y aplica una encuesta que tiene como fin verificar la presencia de explicaciones causales espontáneas sobre selección natural, su autor es Jiménez (1991). Además, se pregunta la tendencia religiosa. (Anexo 2).
4. Cuestionario N° 2: se adapta e implementa la encuesta y las categorías propuestas para identificar los obstáculos al aprendizaje del concepto evolución biológica, proporcionados por González, Adúrizy Meinardi (2005). (Anexo 3).
5. Debate sobre las concepciones de los estudiantes, que permite utilizar algunas de sus representaciones como problemas a resolver en clase.
6. Instrucciones del juego: se explica la simulación que debe asumir cada uno de los estudiantes, la dinámica del juego y conceptos importantes que permiten el desarrollo del mismo. (Anexo 4).

7. Se aplica el juego con el fin de divertirse y construir elementos teóricos, junto a relaciones causales entre ellos.
8. Se socializan preguntas sobre el juego, para animar discusiones entre los estudiantes y encontrar posibles soluciones.
9. Se aplican los cuestionarios 3 y 4. El cuestionario N° 3 (anexo 5) es de respuesta abierta al igual que el cuestionario N° 1, y el cuestionario N° 4 (anexo 6) es de respuestas de selección múltiple, como el cuestionario N° 2.

El Test N° 1 y los cuestionarios 1 y 2 son planteados con el fin de conocer las ideas previas, junto al lenguaje y los obstáculos al aprendizaje en las explicaciones de los estudiantes. Los cuestionarios 3 y 4 permitirán evidenciar la eficacia del juego en la enseñanza de la evolución por selección natural.

Resultados

Son parciales y limitados, puesto que tienen en cuenta únicamente los cuestionarios 2 y 4 de selección múltiple. El test N° 1 y los cuestionarios 1 y 3 serán sistematizados en estudios posteriores.

A continuación se presentan los resultados de los cuestionarios 2 y 4 en los dos contextos, junto a los posibles obstáculos presentes en cada respuesta.

Unidades de información del cuestionario N° 2:

1. Cuando usamos un insecticida, algunas cucarachas no mueren. Esto se debe a que:	INSCOOP	N.G.L.C
a El insecticida cambia la información genética de la cucaracha sobre la que se aplica el veneno; la hace mutar, haciéndola más resistente	4	6 Necesidad, Causación espontánea, Direccionalidad del cambio por el agente, No se diferencia agentes selectivo y mutagénico, Cambios sobre individuos, y Mutante somático.
b Las cucarachas van recibiendo varias dosis pequeñas de veneno; de esta forma pueden irse adaptando a él	9	6 Necesidad, Causación espontánea, Cambios sobre individuos.
c Algunas cucarachas tienen la información genética que las hace resistentes al insecticida, aunque nunca hayan estado en contacto con él	7	1

d Las cucarachas mutan para mejorar;	0	0
Teleología, La selección procede sobre la misma población sometida a cambio.		
e Otra explicación (menciónala).	2	0

Tabla 1 Unidades de información y obstáculos presentes en las respuestas a la primera pregunta del cuestionario N° 2

2. La presencia de las membranas entre los dedos (pies palmeados) en los pies de los patos, puede ser atribuida a:	INSCOOP	N.G.L.C
a La necesidad de nadar mejor	7	5
Necesidad, Teleología.		
b La necesidad de adaptarse a ciertas condiciones ambientales	10	8
Necesidad, Causación espontanea		
c La aparición casual de una mutación	1	1
d El creador que los hizo así	0	0
Fijismo, Teleología.		
e Otra explicación (menciónala).	2	0

Tabla 2 Unidades de información y obstáculos presentes en las respuestas a la segunda pregunta del cuestionario N° 2

3. La ceguera de las salamandras que viven en cuevas se debe a que:	INSCOOP	N.G.L.C
a Como no necesitan ver, al no usarlos, los ojos se atrofian	5	4
Mutante somático, Necesidad. Selección sobre la misma población sometida a cambios.		
b Las salamandras evolucionaron para perder su vista, porque era innecesaria	7	4
Teleología, Necesidad.		
c Un órgano no vital, como los ojos, puede perderse	0	1
d La oscuridad modifica la información genética, de manera que los ojos ya no aparecen;	5	4
Direccionalidad del cambio por el agente.		
e Otra explicación (menciónala).	3	0

Tabla 3. Unidades de información y obstáculos presentes en las respuestas a la tercera pregunta del cuestionario N° 2.

Unidades de información del cuestionario N° 4:

1. Cuando usamos un bactericida, algunas bacterias no mueren. Esto se debe a que: INSCOOP N.G.L.C			
a	El bactericida cambia la información genética de la bacteria sobre la que se aplica el desinfectante; la hace mutar, haciéndola más resistente;	1	1
		Necesidad, Causación espontanea, Direccionalidad del cambio por el agente, No se diferencia agentes selectivo y mutagénico, Cambios sobre individuos, y Mutante somático.	
b	Las bacterias van recibiendo varias dosis pequeñas de desinfectante; de esta forma pueden irse adaptando a él;	3	2
		Necesidad, Causación espontanea, Cambios sobre individuos.	
c	Algunas bacterias tienen la información genética que las hace resistentes al bactericida, aunque nunca hayan estado en contacto con él;	13	10
d	Las bacterias mutan para mejorar;	5	0
		Teleología, La selección procede sobre la misma población sometida a cambio.	
e	Otra explicación (menciónala).	5	0

Tabla 4 Unidades de información y obstáculos presentes en las respuestas a la primera pregunta del cuestionario N° 4

2. La presencia de las membranas entre los dedos en las extremidades superiores (alas) de los murciélagos, puede ser atribuida a: INSCOOP N.G.L.C			
a	La necesidad de volar mejor;	1	2
		Necesidad, Teleología.	
b	La necesidad de adaptarse a ciertas condiciones ambientales;	12	8
		Necesidad, Causación espontanea	
c	La aparición casual de una mutación;	6	3
d	El creador que los hizo así;	1	0
		Fijismo, Teleología.	
e	Otra explicación (menciónala).	4	0

Tabla 5. Unidades de información y obstáculos presentes en las respuestas a la segunda pregunta del cuestionario N° 4.

3.	La no utilidad del apéndice en los humanos se debe a que:	INSCOOP	N.G.L.C
a	Como no se necesitaba, al no usarla, se atrofió;	1	1
		Mutante somático, Necesidad. Selección sobre la misma población sometida a cambios.	
b	Los humanos evolucionaron para perder su apéndice, porque era innecesaria;	4	4
		Teleología, Necesidad.	
c	Un órgano no vital, como la apéndice en los humanos, puede perderse;	10	6
d	El no uso del apéndice modifica la información genética, de manera que ya no funcionan;	3	2
		Direccionalidad del cambio por el agente.	
e	Otra explicación (mencionala).	6	0

Tabla 6. Unidades de información y obstáculos presentes en las respuestas a la tercera pregunta del cuestionario N° 4.

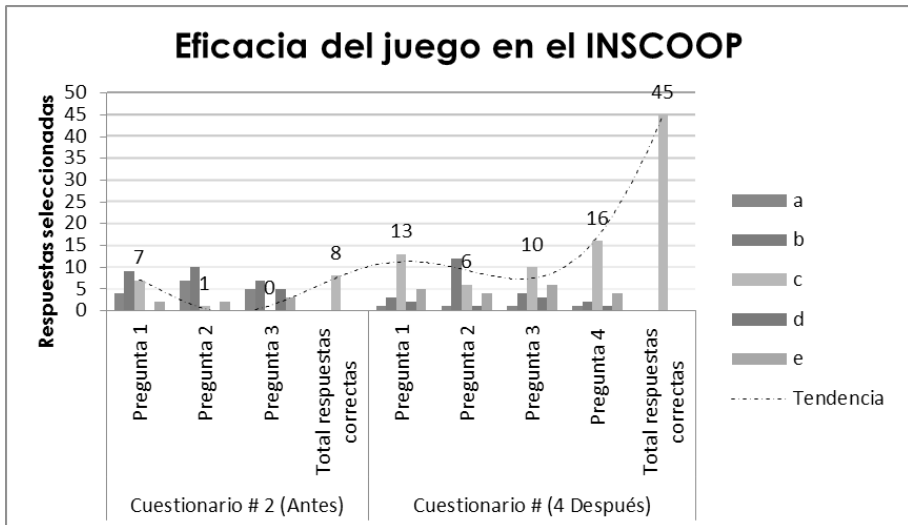
4.	El cuello largo de las jirafas se debe a:	INSCOOP	N.G.L.C
a	El esfuerzo por alcanzar las hojas más altas de los árboles.	1	1
		Necesidad, Causación espontanea, Direccionalidad del cambio por el agente, No se diferencia agentes selectivo y mutagénico, Cambios sobre individuos.	
b	La necesidad de adaptarse a comer las hojas altas de los árboles.	2	5
		Necesidad, Causación espontanea, Direccionalidad del cambio por el agente, Cambios sobre individuos.	
c	La muerte de las jirafas de cuello corto y la reproducción de las de cuello largo.	16	4
d	Una mutación producida por el ambiente.	1	3
		Mutante somático, Necesidad. Selección sobre la misma población sometida a cambios, Direccionalidad del cambio por el agente.	
e	Otra explicación (mencionala).	4	0

Tabla 7. Unidades de información y obstáculos presentes en las respuestas a la cuarta pregunta del cuestionario N° 4.

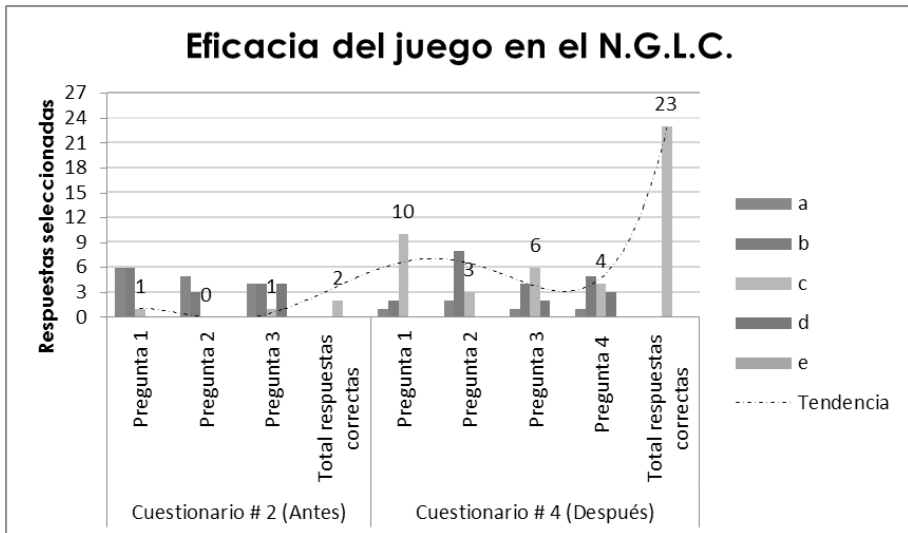
Las gráficas 1 y 2, sintetizan la información suministrada en cada una de las 7 tablas, y evidencian un cambio en la tendencia, pues la cantidad de respuestas correctas (barras en verde) obtenidas en el cuestionario N° 4, al finalizar la estrategia didáctica, es superior a las obtenidas en el cuestionario N° 2 aplicado antes de implementar el juego. Es decir, el juego *Evolución* mostró ser eficaz en los dos contextos (INSCOOP y N.G.L.C.), puesto que se obtuvo un mayor número de aciertos luego de su implementación. En este análisis, debe tenerse en cuenta que el cuestionario N° 4 cuenta con una pregunta más que el cuestionario N° 2, pero al obviar estas respuestas correctas sigue siendo superior el número de aciertos.

Por otro lado, existen obstáculos que se mantienen al finalizar la estrategia; en la pregunta 2 del cuestionario N° 4 de los dos contextos, la repuesta B (barra roja) fue superior a los aciertos. Ésta corresponde a cambios de causa espontánea asociados a la necesidad de superar una dificultad que presenta el ambiente. Además, en el N.G.L.C. la respuesta B obtuvo mayor incidencia en la pregunta 4, que involucra cambios sobre individuos dirigidos por un agente mutagénico externo, por necesidad y de causa espontánea.

En este contexto, algunos estudiantes mantienen la representación en donde la mutación y selección se producen sobre la misma generación de organismos, sin considerar los cambios genéticos heredables por la descendencia. Asimismo, los estudiantes del N.G.L.C. no marcaron en ninguna ocasión la opción e), en la cual se podía proponer una opción de respuesta diferente a las proporcionadas.



Gráfica 1. Resultados de los cuestionarios 2 y 4 de selección múltiple, aplicados antes y después de la implementación del juego en el INSCOOP.



Gráfica 2. Resultados de los cuestionarios 2 y 4 de selección múltiple, aplicados antes y después de la implementación del juego en el N.G.L.C.

Conclusiones

La interpretación y el análisis de los resultados de los cuestionarios de selección múltiple resultan útiles para determinar rápidamente la eficacia del juego *Evolución*, aspecto que resulta relevante por el tiempo que disponemos los profesores para sistematizar experiencias. Por otro lado, permite identificar algunos de los obstáculos al aprendizaje de la teoría de evolución por selección natural en el transcurso de la propuesta didáctica. Pero al ser respuestas cerradas, dejan de lado elementos argumentativos valiosos en la interpretación de los resultados.

Según la bibliografía revisada, existen obstáculos propios de la edad para la construcción del concepto estructurante de evolución biológica (Grau, 1993). La muestra estudiada tenía una edad que oscilaba entre los 13 y 17 años. En este rango asocian una influencia ambiental sobre el 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 (Grau, 1993). Por otro lado, 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).

Lo anterior concuerda con los obstáculos que se mantienen luego de la implementación de la propuesta didáctica, pues, en algunos casos los cambios tienen un origen espontáneo asociado a la necesidad superar la dificultad que presenta el ambiente. Igualmente, pensar que los cambios sobre individuos son dirigidos por un agente

mutagénico externo, depende del conocimiento que tengan los estudiantes sobre el origen de la mutación, pues la idea de que ésta última y la selección, se producen sobre la misma generación de organismos, evidencia la dificultad de algunos estudiantes para considerar que los cambios genéticos deben ser heredables por la descendencia e involucrar la eliminación y reproducción diferencial de los individuos de la población. Los resultados muestran como los obstáculos disminuyen al tiempo que avanza la estrategia, es decir, los estudiantes incluyen explicaciones por selección natural, relacionando la genética con la herencia durante la reproducción y reconociendo la transformación gradual de las poblaciones por medio de la adaptación. Se debe tener en cuenta que el tipo de problema que se plantea, puede influir en los resultados (Engel y Wood 1985^a, citado por Grau, 1993).

Con la intención de poder mediar en la dificultad de los estudiantes para comprender la idea del tiempo profundo y que los cambios evolutivos son lentos y transcurren a lo largo de generaciones (Grau, 1993; Araujo y Ramírez, 2014), se presenta cómo emergen los diferentes aparatos bucales en la escala geológica. Por tanto, es importante contar con material iconográfico que tenga en cuenta el contexto del estudiante y una visión explicativa amplia (Ramírez, 2012a).

Cabe destacar, que utilizar el juego para la enseñanza corresponde a una dimensión natural, puesto que hace parte de nuestro instinto y permite desarrollar habilidades básicas, como: la inteligencia emocional, el desarrollo de procesos de pensamiento, la relajación y el focalizar la atención, fundamentales para niños en general y con desordenes de la conducta. Asimismo, la alegría que se suscita al jugar es un factor que influye en el aprendizaje, y la relación emoción/aprendizaje es un campo interesante de explorar para la enseñanza de las ciencias naturales y específicamente de la biología. Por último, lejos de ser una propuesta didáctica terminada, se plantea 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 teoría evolutiva en las escuelas colombianas. Y como recomendación, se sugiere partir de lo que los estudiantes ya saben y centrarse en problemas familiares a la mayoría de ellos, esto con el fin de tener un contexto cultural cotidiano que involucre emociones que potencien el aprendizaje.

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. y 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) pp. 15-35.

- Araujo, R. y Ramírez L. C. J. (2013) Obstáculos al aprendizaje del concepto estructurante evolución biológica. *Bio-grafía*, Vol. 6. Edición Extra-Ordinaria. ISSN 2027~1034. p. 231-244.
- Astolfi, J. (1999). El tratamiento didáctico de los obstáculos epistemológicos. *Revista Educación y Pedagogía*. 11 (25) pp. 151-171.
- Damasio, A. (2005). *En busca de Spinoza: Neurobiología de la emoción y los sentimientos*. Barcelona: Crítica.
- Futuyma, D. (1986). *Evolutionary Biology (Second Edition)*. Sunderland, Massachusetts. USA.: 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.
- Gambetta, A. (1992). Julio Cortázar, Homo Ludens. *Relaciones* 52 , vol. XIII.
- Ginnobili, S. (2009). El poder unificador de la teoría de la Selección Natural. *Simposio "La teoría evolucionista de Charles Darwin y su impacto en la historia del pensamiento"*. Argentina: CEIA. Universidad Nacional de Rosario. p. 141 – 154.
- Gómez, M. (2000). Análisis de contenido cualitativo y cuantitativo: Definición, clasificación y metodología. *Revista de Ciencias Humanas*. No. 20.
- 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*, p. 1-6.
- Gould, S. J. (1991). *La vida maravillosa*. Barcelona: Editorial Crítica.
- Grau, S. (1993). Revisión de las concepciones en el área de la Evolución. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (1), p. 87-89.
- Jiménez, M. (1991). Cambiando las ideas sobre el cambio biológico. *Enseñanza De Las Ciencias*. Vol. 9, No 3, p. 248-256.
- Lerma, H. (2004). *Metodología de la investigación: propuesta, anteproyecto y proyecto*. 3ª. ed. Bogotá D.C.: Ecoe Ediciones.
- Maturana, H. (2005). *Emociones y Lenguaje En Educación y Política* 9ed. Chile: JC Saez.

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 N° 2³

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:
 - 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 palmeados) 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 los ojos se atrofian;

b) las salamandras evolucionaron para perder su vista, porque era innecesaria;

³ Tomado y Adaptado de: González Galli, Leonardo; Adúriz, Agustín y Meinardi, Elsa. El modelo cognitivo de ciencia y los obstáculos en el aprendizaje de la evolución biológica. En: *Enseñanza de las ciencias*, 2005. Número extra. VII congreso. [2008-11-9]. p. 1

- 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).

Cuadro 1.

Obstáculos y concepciones más comunes.

Obstáculos y respuestas en las que se evidencia	Concepción espontanea
Teleología: 1d, 3b	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 para mejorar”
Necesidad: 1 ^a , 1b, 2 ^a , 2b, 3 ^a	El cambio ocurre porque se necesita; los piojos “tuvieron que cambiar” porque el medio lo impuso.
Causación espontanea: 1 ^a , 1b	Causa: presencia de un antibiótico, piojicida, cucarachicida; efecto: aparición de la resistencia
Direccionalidad del cambio producido por el agente: 1 ^a , 3d	El agente muta génico (físico y químico) dirige el cambio sobre un gen específico.
No se diferencia agente mutagénico de agente selectivo: 1a	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: 1 ^a , 1b, 1d, 3 ^a	Mutación y selección se producen sobre la misma generación de organismos. No se consideran los cambios genéticos heredables por la descendencia.
No se consideran poblaciones sino individuos: 1 ^a , 1b	Se consideran los cambios en los organismos individuales y no el cambio en la frecuencia génica de la población como resultado de cambios y posterior selección.
Mutante somático: 1 ^a , 3a	Las Tortugas Ninjas o el increíble Hulk son ejemplos de mutantes. Expuestos a mutagénico, cambiaron rápidamente.

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 estas se exhibe el nombre común y los aparatos bucales, que son estructuras que han divergido desde el ancestro común del cual provienen. Los distintos aparatos bucales posibilitan explotar el recurso alimenticio de diferentes formas.

La dinámica del juego consiste en mover a los individuos (piezas o fichas) alrededor del tablero, que representa el hábitat; siendo el espacio que reúne los recursos necesarios (lugar para vivir, alimento y la pareja) para que los individuos puedan desarrollarse, y a su vez la población pueda establecerse y reproducirse, manteniendo así la presencia en ese lugar. Hay que entender que los individuos de una especie competirán entre ellos por el recurso, puesto que es limitado y no es suficiente para todos, además de estar en la 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 reproducción diferencial de individuos que tendrá lugar a través de la descendencia, posibilitará la adaptación de poblaciones a ambientes determinados, viabilizando así la evolución por selección natural.

Con esto en mente, se podrá comprender porque 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 esto 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 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.

a) Hemimetábolo: El individuo inmaduro (ninfa) semeja 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.

b) Holometábolo: El individuo inmaduro (larva) no se parece al adulto, además presenta en una etapa en la cual no come y se inmoviliza protegiéndose por medio de una cubierta (pupa), en este momento se lleva a cabo una transformación evidente que culmina con el adulto. Sus etapas son: huevo, larva, pupa y adulto.

Instrucciones

1. Seleccione el jugador (individuo), para esto debe tener en cuenta: especie a la que pertenece, aparato bucal, los recursos que necesita, y el número de etapas de la metamorfosis.
2. Si el jugador cae en la casilla del DEPREDADOR, perderá todos sus recursos junto a las etapas de la metamorfosis, regresando a la casilla de salida.
3. La casilla CRISIS permite al jugador tener una ficha que podrá utilizar en caso de caer en el Depredador, de esta forma pasará desapercibido a sus sentidos.
4. La ficha del COMODÍN podrá ser utilizada como una etapa de la metamorfosis o un recurso (o la pareja solamente si está adulto). El ancestro común de los insectos fue una población de organismos parecidos a los onicóforos, del cual posiblemente provienen todos los insectos presentes hoy.

¿Cómo GANAR?;

Para ello debe obtener las fichas de: Recursos, Metamorfosis y Reproducción:

- a) Holometábolos: 3 recursos alimenticios, 4 etapas de la metamorfosis en orden, la pareja (solo en adulto) y cuando haya conseguido las anteriores puede optar por la Reproducción.
- b) Hemimetábolos: 4 recursos alimenticios, 3 etapas de la metamorfosis en orden, la pareja (solo en adulto) y cuando haya conseguido las anteriores puede optar por la Reproducción.

Anexo 5.

Cuestionario N° 3.

Nombre _____ Edad _____ Fecha _____

Lea atentamente y responda la pregunta.

El uso de desinfectantes en los hospitales es común, puesto que estos son utilizados para prevenir la propagación de bacterias (y en general microorganismos) en diversas superficies, pero hay microorganismos que en estos momentos son capaces de

sobrevivir y atacar a pacientes, a los cuales los médicos optan por la administrarse antibióticos que son más fuertes que los utilizados hace 5 años.

A ¿Cómo explicas que las bacterias logran 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 N° 4.

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 que 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 que 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 atrofia;
- 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 funcionan;
- 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).