



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Exploración comportamental, fisiológica y hormonal de las emociones asociadas a la enseñanza de la evolución biológica mediante el juego

Luis Carlos Javier Ramírez Olaya

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Medicina

Maestría en Neurociencias

Bogotá D.C., Colombia

2019

Exploración comportamental, fisiológica y hormonal de las emociones asociadas a la enseñanza de la evolución biológica mediante el juego

Luis Carlos Javier Ramírez Olaya

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:
Magíster en Neurociencias

Directora:

MSc, PhD. Marisol Lamprea Rodríguez

Codirector:

M.D. Roberto Amador

Línea de Investigación:

Comportamiento Humano

Grupo de Investigación:

Neurofisiología Comportamental

Facultad de Medicina

Maestría en Neurociencias

Bogotá D.C., Colombia

2019

“La investigación en neurociencia es crucial para aumentar nuestra comprensión de cómo aprende el cerebro humano e informar a los profesionales de la educación, los responsables de la formulación de políticas y los gobiernos sobre cómo este conocimiento puede ayudar a abordar las preocupaciones internacionales urgentes.”

Science of Learning Initiative – IBRO (International Brain Research Organization)

*A mi hijo Jacobo y a mi sobrino Thomas, junto
a todos los estudiantes que la vida me ha dado
y me dará la oportunidad de conocer.*

Agradecimientos

Agradezco a mí mamá Gilma Olaya y a mí papá Luis Ramírez porque su esfuerzo y apoyo ha resultado fundamental para lograr mi formación académica; son un ejemplo de tenacidad y superación. Sin ellos habría sido imposible triunfar académicamente en un país donde la educación superior es un negocio y un privilegio de pocos.

A la profesora Marisol Lamprea por la orientación atenta al proyecto de investigación, además por ser mentora de gran parte de mí desarrollo académico. Fue un error de predicción positivo encontrar a alguien de su talante en la Universidad Nacional. Agradezco también al profesor Roberto Amador por sus aportes al proyecto y por creer desde el inicio en la importancia de la asociación entre las neurociencias y la educación. Además, agradezco a todos los integrantes del laboratorio de neurociencias por su constante acompañamiento y aportes al desarrollo de la investigación.

Agradezco a la Institución Educativa Distrital La Toscana en cabeza de la rectora Esperanza Ramos por permitir realizar la investigación en el colegio y a la orientadora Karen Osma por facilitar el desarrollo del proyecto. Además, a cada uno de los estudiantes que participaron en la investigación, junto a las profesoras Alexandra y Dora.

Agradezco a los PhD Gonzalo Peñaloza y Jairo Robles por el interés y las contribuciones a la investigación, junto al grupo de investigaciones en Biología y Enseñanza de la Ciencias (UEFS-UFBA). También un agradecimiento especial a Alexandra Elbakyan, por su iniciativa de difusión del conocimiento científico y permitir a la población de base acceder a él.

Finalmente, agradezco a la Universidad Nacional de Colombia y a la Maestría en Neurociencias el apoyo económico para la mitad de las pruebas de cortisol en saliva.

Resumen

Se exploró el efecto de dos actividades de aprendizaje activo (A1, talleres *BioInteractive* y A2, juegos), sobre Evolución Biológica y la relación con indicadores comportamentales, vegetativos y hormonales de activación emocional, al comparar el desempeño en tres grados noveno (control y actividades 1 y 2) de un colegio distrital en Bogotá, que recibieron las mismas clases magistrales y dependiendo del curso las actividades de consolidación. En general, los video talleres y los juegos de simulación son equiparables, pero existen algunas diferencias significativas (o próximas) en el desempeño conceptual y emocional de los estudiantes. No hubo diferencias significativas en el pre y post test de la Escala de Razonamiento Evolutivo en los tres grupos, ni en las temáticas de selección natural y frecuencia alélica. En el tema de tiempo geológico, el grupo de la actividad 1 puntuó significativamente más bajo que en los grupos de la actividad 2 y el control. El compromiso no evidenció diferencias significativas y la aceptación de la evolución fue marginalmente más baja en el grupo de la actividad 1, en comparación con el control. Según el auto reporte y las fotografías existe, respectivamente, mayor disfrute y alegría en la actividad 2 que en la 1. En el delta de la frecuencia cardiaca, de la saturación de oxígeno y del cortisol en saliva no hay diferencias significativas entre los grupos. Los hombres disfrutaron significativamente más los juegos y las mujeres más los video talleres. La indagación realizada puede favorecer la implementación de actividades en el contexto escolar considerando la activación emocional.

Palabras clave: *BioInteractive*, cortisol, didáctica, estrés, neuroeducación, pulso oxímetro.

Abstract

We explored the effect of two active learning activities (A1, workshops BioInteractive and A2, games), on Biological Evolution and the relationship with behavioral, vegetative and hormonal indicators of emotional activation, by comparing performance in three ninth grades (control and activities 1 and 2) of a district school that received the same master classes and depending on the course the consolidation activities. In general, video workshops and simulation games are comparable, but there are some significant (or close) differences in students' conceptual and emotional performance. There were no significant differences in the pre and post test of the scale of evolutionary reasoning in the three groups, nor in the themes of natural selection and allelic frequency. On the subject of geologic time, the group of activity 1 scored significantly lower than in the groups of activity 2 and control. The commitment did not show significant differences and the acceptance of the evolution was marginally lower in activity 1, in comparison with the control. According to the self report and photographs there is respectively greater enjoyment and joy in activity 2 compared to 1. In the delta of heart rate, oxygen saturation and salivary cortisol there are no significant differences between the groups. Men enjoy games more significantly and women enjoy video workshops. The research carried out can favor the implementation of activities in the school context considering the emotional activation

Keywords: BioInteractive, cortisol, didactic, stress, neuroeducation, pulse oximeter.

Contenido

Resumen	IX
Abstract	X
Contenido	XI
Lista de figuras	XIII
Lista de tablas	XV
Introducción	1
Aprendizaje y memoria	3
Emoción, estrés y aprendizaje	5
Juego.....	9
Enseñanza de la Evolución Biológica	10
Justificación	13
Hipótesis	17
Objetivos	19
General.....	19
Específicos	19
Método	21
Sujetos.....	21
Materiales y procedimientos	22
Clases magistrales	22
Actividades de consolidación	22
Medidas comportamentales	29
Medidas fisiológica y hormonal.....	33
Diseño	33
Consideraciones éticas.....	34
Análisis estadísticos.....	35
Resultados	37
Indicadores de desempeño.....	37
Indicadores actitudinales	38
Indicadores de activación emocional	40
Indicador vegetativo	44
Indicador hormonal.....	46

Resultados por género	47
Discusión.....	51
Conclusiones	64
Limitaciones y recomendaciones.....	69
Referencias	73
Anexos.....	85

Lista de figuras

Figura 1. Mentefacto conceptual del Conocimiento Didáctico del Contenido Biológico (C.D.C.B.) como núcleo integrador en la construcción del Cocimiento Profesional del Profesor de Biología en la enseñanza de la evolución. Modificado de Valbuena (2007).	18
Figura 2: Resultados en el pre y pos test de la Escala de Razonamiento Evolutivo (E.R.E)	37
Figura 3: Desempeño de los estudiantes en los 3 grupos de intervención: A, cuestionario de selección natural. B, cuestionario de frecuencia alélica. C, cuestionario de tiempo geológico; * diferencia significativa respecto al grupo control, ° diferencia significativa con relación al grupo de la actividad 1.	38
Figura 4: Resultados actitudinales. A, (C5) cuestionario de experiencia transformadora en la enseñanza de las ciencias. B, (C6) cuestionario de aceptación de la evolución biológica.	40
Figura 5: Comparación de la activación emocional de los juegos de la actividad 2. * Diferencias significativas respecto a los juegos <i>Evolución</i> y <i>Evolucionar o Perecer</i>	41
Figura 6: Disfrute en las actividades 1 y 2. P= Diferencia marginalmente significativa...	42
Figura 7: Emociones primarias detectadas durante los 3 video talleres de la Actividad 1.	43
Figura 8: Emociones primarias detectadas durante los 3 juegos de la actividad 2.....	43
Figura 9: Comparación de las emociones primarias entre las actividades 1 y 2 de consolidación. A, V. Taller 1 y juego 1 (selección natural). B, V. Taller 2 y juego 2 (frecuencia alélica). C, V. Taller 3 y juego 3 (tiempo geológico).	44
Figura 10: Resultados del registro vegetativo en los grupos control y actividad 1 y 2. A, delta de la SPO2 en las clases magistrales. B, delta de la PRBPM en las clases magistrales. C delta de la SPO2 en las actividades de consolidación (video taller y juego) D, delta de la PRBPM en las actividades de consolidación.	45
Figura 11: Resultados del delta de la SPO2 y la PRBPM en las todas las actividades de consolidación. A, delta de la SPO2 en las actividades de consolidación. B. delta de la PRBPM en las actividades 1 y 2.....	45
Figura 12: Saturación de oxígeno (SPO2) y frecuencia cardiaca (PRBPM) durante las actividades de consolidación. A, SPO2 de las actividades 1 y 2. B, PRBPM de las actividades 1 y 2.....	46
Figura 13: Delta del cortisol en saliva en los grupos de actividad 1 y 2.....	47
Figura 14: Delta del cortisol en saliva en las actividades de consolidación. A, delta del cortisol en los talleres de la actividad 1. B, delta del cortisol en los juegos de la actividad 2.....	47

Figura 15: Discriminación por sexo de los puntajes obtenidos en el cuestionario 3 en los 3 grupos de intervención. * diferencia significativa entre sexos en el grupo A2.	48
Figura 16: Discriminación por sexo de los puntajes obtenidos en el cuestionario 4 en los 3 grupos de intervención. * diferencia significativa entre sexos en el grupo A2.	48
Figura 17: Activación emocional auto reportada por los estudiantes. A, activación emocional luego del eje temático de frecuencia alélica. B, activación emocional luego del eje temático de tiempo geológico.	49
Figura 18: Activación emocional por sexo de los estudiantes. A, disfrute. B, esperanza. C, orgullo. * diferencias significativas entre la actividad. # diferencias significativas del sexo entre las actividades 1 y 2.	50

Lista de tablas

Tabla 1: Descripción de la secuencia didáctica usada en los grupos control, actividad 1 y 2.....	27
Tabla 2: Propuesta didáctica para el grupo control y actividades 1 y 2, donde se indica el orden de las temáticas, los cuestionarios a desarrollar y las muestras a realizar. ERE; Escala de Razonamiento Evolutivo. SPO2 y PRBPM: Oxígeno en sangre y frecuencia cardiaca	34
Tabla 3: Resultados actitudinales. Ejemplos de respuesta al cuestionario de experiencia transformadora en la enseñanza de las ciencias.	39
Tabla 4: Activación emocional luego de las actividades 1 y 2, luego de cada eje temático.	40
Tabla 5: Activación por emociones de las actividades 1 y 2.....	42

Introducción

Diariamente asisten a la escuela alrededor del mundo más de 2 mil millones de niños, lo que establece este espacio como el lugar más grande de experimentación en enseñanza y aprendizaje (Sigman, Peña, Goldin, & Ribeiro, 2014). De estos niños, casi trece millones son colombianos, es decir, más del 25% de la población del país (DANE, 2015). Una frontera casi sin explorar en el contexto nacional, es la investigación en aspectos comportamentales asociados a la educación científica escolar, a pesar de que los estudios en el aula de clases hacen posible que investigadores y profesores puedan observar diferentes efectos de las intervenciones educativas o didácticas, al relacionarlos con los resultados e informando simultáneamente sobre la práctica efectiva y la construcción de conocimientos fundamentales acerca de las formas en que las niñas, niños y jóvenes aprenden y se desarrollan (Fischer et al., 2007).

Para lograr una sociedad equitativa con una mayor capacidad de innovación y desarrollo, un factor decisivo es el mejoramiento de la calidad de la enseñanza. En ella, deben incorporarse los planos biológico, psicológico y sociológico, cuya relación incide en el comportamiento de estudiantes y profesores. Considerando estos factores, los centros escolares podrían aumentar su éxito, en la medida en que se conozcan los mecanismos biológicos a través de los cuales los alumnos pueden codificar, consolidar, recobrar y actualizar información para transformarla en conocimientos. Desde esta perspectiva, la Biología de la Educación o Biología Cognitiva está orientada a la comprensión por parte de los pedagogos, de los factores y condicionantes naturales que afectan el proceso educativo y cómo este incide, a su vez, en la biología de los sujetos (Asencio, 1987; Lavados, 2012; Tommasi, Nadel, & Peterson, 2009).

Como ha sido ampliamente demostrado a partir de estudios clásicos, un número importante de pautas de comportamiento, tanto dentro como fuera de las aulas, puede ser explicado en principio, en términos etológicos. El efecto de los gestos o la expresión facial, el tono y la inflexión de la voz o la prosodia (Treasure, 2013) y de las posturas, que en general incluyen procesos de comunicación no verbal, tienen importancia para la eficacia del proceso educativo (Stenhouse, 1977). Por esto, es fundamental considerar el rol del cuerpo para estudiar las relaciones entre los estudiantes y los contextos de aprendizaje. Durante esta retroalimentación el sujeto puede acumular nuevas experiencias por situaciones problemáticas o emocionalmente demandantes, que surgen en el curso de las actividades que han merecido su atención. De manera que, el cuerpo es una instancia a partir y desde la cual se establece la relación con el mundo (Ostachuk, 2013; Toro Arévalo, 2010; Westbrook, 1993), y en la retroalimentación entre el individuo y el ambiente, los estudiantes pueden construir sus propias representaciones, por un “equipo de herramientas culturales” para dar sentido al mundo y aprender sobre él (Woolfolk, 2010).

El estudio del sistema nervioso ha permitido comprender algunas de las capacidades del ser humano para aprender a partir de procesos como la emulación, neuronas espejo, sueño REM, dinámica del estrés, capacidad de resiliencia, junto a las redes de modo por defecto y ejecutivo moduladas por la red de saliencia, donde las emociones/sentimientos juegan un papel primordial, porque es un proceso multimodal y debe tenerse en cuenta el cuerpo/corporeidad para construir el pensamiento (cognición situada, corporeizada, mediada por la enacción).

En consecuencia, para el proceso pedagógico son determinantes los estados emocionales experimentados por alumnos y profesores, al corresponder al giro afectivo en la educación en ciencias (Zembylas, 2016). Su importancia ha sido recientemente reconocida en parte gracias a estudios en los cuales se ha observado que la tensión durante o justo antes del aprendizaje, puede aumentar la formación de la memoria en los estudiantes, favoreciendo el aprendizaje por la correspondencia entre el contexto estresante y los contenidos particulares a enseñar (Joëls, Pu, Wiegert, Oitzl, & Krugers, 2006). Este efecto aumenta la codificación del aprendizaje emocional en comparación con el neutro, lo cual puede ser de gran importancia en los contextos educativos (Vogel & Schwabe, 2016).

Evidencia sólida indica que las emociones positivas pueden acontecer junto a las emociones negativas durante situaciones estresantes intensas o emocionalmente demandantes, y tienen una función importante en los procesos de afrontamiento asociados a los recursos fisiológicos, psicológicos y sociales, incluidos en la búsqueda y el recuerdo de beneficios o la reordenación de prioridades con significado positivo (Folkman, 2008). Por lo que los efectos del cortisol sobre la mejora en la consolidación de la memoria, es a menudo más fuerte para el material emocionalmente excitante independiente de su valencia y algunas veces ocurre al costo de la memoria para el material neutral (Wolf, 2009).

Aprendizaje y memoria

La psicología ha retomado aspectos etológicos con el fin de dilucidar los procesos asociados al aprendizaje, definiéndolo como cambios de la conducta permanentes o potenciales ante estímulos que afectan al sujeto y que permiten cambiar sus respuestas, junto a la manera que percibe el entorno. Estas nuevas formas de comportamiento o actitudes pueden basarse en conocimientos y cambios en la forma de percibir la información a través de la experiencia previa de estímulos y sus respuestas que implican un cambio cognitivo (Domjan, 2010; Mayer, 2004; Schwartz, Wasserman & Robbins, 2002) o la ampliación de conocimientos. Por otro lado, la neurobiología ha identificado dos procesos fundamentales asociados al aprendizaje y la memoria; la maduración y la plasticidad, que están programados para estar activos en periodos determinados, y se regulan de acuerdo con la activación producida por la experiencia o el ambiente.

En otras palabras, el aprendizaje es un proceso biológico que permite a los individuos conocer su entorno y operar eficazmente en él, a través de pronósticos que regularmente le permitan sobrevivir (Lavados, 2012; Schwartz, Wasserman & Robbins, 2002). El sistema nervioso está adaptado a la búsqueda de predicciones, entendidas como la capacidad del organismo para anticipar el resultado de una acción, sobre la base de estímulos sensoriales entrantes y experiencias anteriormente aprendidas o instintos heredados (Llinás & Roy, 2009). Aunque la anticipación y la predicción son con regularidad inexactas, puesto que el conocimiento sobre hechos o acontecimientos, físicos, biológicos o sociales que el sujeto posee, en el cual fundamenta la anticipación, es incompleto, porque está basado en las experiencias de cada cual, que por su misma naturaleza son parciales y

contingentes, y que por lo tanto no pueden representar cabalmente el mundo (Lavados, 2012).

En el proceso de aprendizaje, es posible identificar etapas de codificación, almacenamiento o consolidación y recuperación de la información, siendo este último proceso conocido como memoria. Por consiguiente, el aprendizaje y la memoria son procesos profundamente relacionados, que se asocian con cambios en las conexiones entre las neuronas mediante el proceso de plasticidad (Lavados, 2012). Los estímulos del ambiente pueden hacer que algunas redes de sinapsis se potencien, mientras que otras se debiliten, y de esto dependerán las posibilidades del recobro de la información almacenada. Existe evidencia sobre la iniciación y mantenimiento de la plasticidad en el hipocampo, que muestra al aprendizaje asociado a la potenciación sináptica de largo plazo, que produce cambios morfológicos en las espinas dendríticas, los cuales podrían constituir la base estructural de la memoria (Loubon & Franco, 2015; Morgado, 2005).

Convencionalmente, se han distinguido diferentes tipos de memoria, siendo la clasificación más usada, aquella que considera las destrezas perceptivas y motoras que se recobran de manera involuntaria, como parte de la memoria implícita o no declarativa, mientras que la capacidad para recordar eventos o informaciones puntuales sería parte de la memoria explícita o declarativa, la cual demanda una recuperación voluntaria y es la más usada por los estudiantes en la escuela en la solución de preguntas o evaluaciones (Loubon & Franco, 2015; Lavados, 2012). Estas formas de memoria han sido separadas para facilitar su estudio, pero en realidad se presentan de manera conjunta y actúan combinadamente en las experiencias cotidianas de aprendizaje, permitiendo a los estudiantes la construcción de representaciones, símbolos, y patrones para dar sentido al mundo y aprender sobre él (Woolfolk, 2010). Por tanto, las representaciones mentales corresponden a versiones definidas de diversos aspectos del entorno, de manera que se incorporan y se seleccionan, según la conducta requerida en cada situación, que dependerá de las circunstancias específicas que los estudiantes deban enfrentar (Lavados, 2012).

A la parcialidad de las experiencias individuales de los estudiantes en como representan el mundo, se añade el hecho de que la memoria es una copia inexacta de la realidad "objetiva", porque es un registro de cómo se vivió y conoció a través de la experiencia. La

información consolidada es constantemente reinterpretada en la memoria, de acuerdo con novedades en las experiencias, las motivaciones, los conceptos y las emociones. De manera que el cerebro construye y reconstruye las memorias del mundo a partir de cada circunstancia, pensamiento, deseo y creencia (Lavados, 2012).

Es preciso comprender que el conocimiento es situado, puesto que es parte y producto de las actividades o experiencias presentes en el contexto y la cultura en que se desarrolla el individuo. El enfoque de la cognición situada ha originado la enseñanza situada, en la que sobresale la importancia de la actividad realizada y el contexto para la ampliación de conocimiento, al reconocer que el aprendizaje escolar corresponde a un proceso de enculturación para los estudiantes, quienes se integran gradualmente a una cultura científica, que se espera responda a sus prácticas cotidianas o contextuales (Brown, Collins, & Duguid, 1989; Díaz-Barriga, 2003).

Por tanto, hay que darle mayor alcance y fuerza a la comprensión fundamental sobre cómo es el mundo para los estudiantes, es decir, su visión de mundo, que corresponde al conjunto de presupuestos racionales y no racionales en los que se basan estas concepciones de la realidad, asociada al pensamiento, la emoción y el comportamiento, que proporcionan al alumno los presupuestos sobre cómo es el mundo y qué constituye un conocimiento válido e importante sobre él, que a su vez determina la conducta y la toma de decisiones. En consecuencia, no sirve de nada tratar de ver detrás de las presuposiciones o representaciones de la visión de mundo, excepto en el sentido de tratar de comprender el entorno sociocultural que conduce a una cosmovisión (Cobern, 1996).

Emoción, estrés y aprendizaje

En todos los contextos, y de manera particular en el ámbito escolar, es habitual la presencia de emociones de valencia positiva y negativa, las cuales están evolutivamente arraigadas en la biología humana (Ostrosky & Vélez, 2013). La respuesta emocional incluye tres tipos de componentes: comportamentales, que involucran movimientos apropiados a la situación que los provoca; vegetativos, que facilitan conductas y aportan una rápida movilización de la energía necesaria para realizar movimientos potentes; y hormonales que refuerzan las respuestas vegetativas (Carlson, 2014). Para todo lo anterior, el cerebro es el mediador central y quien regula la adaptación a estímulos

emocionalmente demandantes y a los procesos de vulnerabilidad, puesto que determina si una experiencia es amenazante o estresante para el individuo, al responder con cambios en su plasticidad tanto adaptativos como mal-adaptativos (McEwen & Gianaros, 2011).

La conducta emocional permite a los individuos hacer frente a los desafíos y oportunidades en sus entornos (Damasio 2005; LeDoux, 2012a; LeDoux, 2012b), y puede contribuir u obstruir la dinámica de las interacciones que resultan en los procesos de aprendizaje (Martin & Ochsner, 2016; Justel, Psyrdellis, & Ruetti, 2014; Almaguer-Melián & Bergado-Rosado, 2002; Gagliardi, 1994). La Teoría del Cuarteto manifiesta que la estricta dicotomía entre "emoción" y "cognición" se desvanece cada vez más, porque la memoria y el aprendizaje parecen estar co-localizados con procesos emocionales en el hipocampo, y la corteza orbitofrontal que es capaz de realizar una evaluación cognitiva inconsciente. Además, la evaluación cognitiva consciente asociada al neocórtex implica sistemas simbólicos (como el lenguaje verbal y gestual a partir de la corporeidad) asociados a los medios socioculturales de los sujetos, que modulan las emociones. Es decir, el pensamiento racional, la lógica y las emociones sirven a la selección y modulación de procesos biológicos tales como comportamientos, procesos perceptivos y la atención (Koelsch et al., 2015).

En este sentido, son relevantes los hallazgos que asocian el funcionamiento de regiones particulares del cerebro con funciones emocionales específicas. Por ejemplo, se ha demostrado que el complejo amigdalino es importante para señalar la presencia de estímulos pertinentes y para modular la codificación de la información. La actividad de otras estructuras como el estriado ventral se ha asociado al valor de recompensa de los estímulos y la ínsula, al parecer ofrece información sobre los estados del cuerpo asociados con respuestas afectivas (Martin & Ochsner, 2016). Esta última estructura se relaciona con la llamada «hipótesis del marcador somático», según la cual algunas emociones marcan opciones y consecuencias con señales emocionales positivas o negativas, reduciendo el espacio de la toma de decisiones e incrementando la probabilidad de que la acción se condicione a una experiencia pasada (Damasio, 2005).

Con respecto al concepto de estrés, ha sido ampliamente utilizado para describir situaciones emocionalmente demandantes que, al presentarse de manera crónica, producen en las personas afectaciones graves de salud. Sin embargo, recientemente el

término se ha usado además para describir situaciones agudas que pueden tener un papel regulador en el aprendizaje y la memoria, a partir de cambios en la liberación de hormonas y neurotransmisores que son moduladores importantes en estos procesos (Howard-Jones, Jay, Mason, & Jones, 2016; McGaugh, 2015; Vogel, & Schwabe, 2016). Hans Selye fue el primer científico en incorporar el concepto de estrés a la medicina y manifestaba que residía en los sujetos durante todo el período de exposición a una demanda inespecífica (Siang & A Yip, 2018).

El estrés también ha sido asociado con el contexto escolar o educativo y han emergido términos como: Estrés Académico o Escolar, en el que las niñas, niños y adolescentes, afrontan estímulos de alta demanda emocional en las experiencias educativas y requieren de todas sus capacidades para adaptarse a los estímulos estresores tanto internos como externos, de acuerdo con la etapa de desarrollo ontogénico, con el propósito de conservar el equilibrio del estado emocional, cognitivo y social de los estudiantes (Maturana & Vargas, 2015; Román & Hernández, 2011).

Los efectos del estrés tienden a ser dinámicos, porque pueden mejorar o deteriorar la memoria, en función del tipo de material codificado o la etapa de almacenamiento o recobro de la información a la que se asocien. En el contexto educativo, estos efectos han sido asociados con las diferencias observadas en la capacidad de los estudiantes para almacenar y recuperar ciertos tipos de contenidos (Vogel, & Schwabe, 2016). Por ejemplo, se sabe que, mientras el estrés que se experimenta alrededor del momento del aprendizaje es capaz de fortalecer la memoria (de Quervain, et al., 2000), cuando sucede mucho tiempo antes del aprendizaje o en un contexto distinto, no produce ningún efecto o puede incluso afectar la codificación exitosa de nueva información (Zoladz, 2011). De manera que, la relación entre el aprendizaje y el estrés regularmente se describe teóricamente en términos de una “U invertida”, es decir, en niveles muy bajos de estrés, por ejemplo, en condiciones de aburrimiento, el rendimiento se ve afectado; a niveles moderados de estrés, es posible que mejore el desempeño; pero en niveles altos, se considera que el estrés tiene efectos deletéreos en la formación de la memoria (Shors, 2004).

Para resumir, se han asociado diferentes mecanismos en la modulación de los procesos de aprendizaje y memoria ligados a estímulos emocionalmente demandantes o estresantes, siendo los más relevantes el eje hipotálamo-pituitario-adrenal (HPA) y el

sistema nervioso autónomo. Las dos vías afectan regiones cerebrales críticas para el aprendizaje, la memoria y la emoción, como el hipocampo, el complejo amigdalino y la corteza prefrontal (Vogel & Schwabe, 2016; Rajmohan & Mohandas, 2007; Morgado, 2005) a través de la actividad central de hormonas glucocorticoides (cortisol en humanos y corticosterona en roedores) y catecolaminas (dopamina, adrenalina y noradrenalina) que se han relacionado con mejoras en los procesos de consolidación de la memoria a largo plazo y con la plasticidad del hipocampo y otras estructuras anatómicamente relacionadas (Vogel & Schwabe, 2016; Justel, Psyrdellis, & Ruetti, 2014; Roozendaal, Barsegyan, & Lee, 2008).

El cortisol presenta ciclos de secreción por las glándulas adrenales a lo largo de las 24 horas y la concentración en plasma sanguíneo es más alta al despertar y decae durante el día, hasta llegar a un mínimo durante las dos primeras horas de sueño. Después, los niveles de la hormona aumentan en forma gradual en las fases siguientes al sueño, para alcanzar un máximo al levantarse (Maidana, Bruno, & Mesch, 2013). Diferentes estímulos estresantes físicos y psicológicos pueden activar el eje HPA y los niveles de cortisol tardan aproximadamente entre 15 y 30 minutos en modificarse (Keil, 2012). El cortisol en saliva refleja aproximadamente el 10% de su concentración plasmática (Fabre, et al, 2009) y es un método confiable y no invasivo para evaluar la función del eje HPA en las intervenciones cognitivo-comportamentales, porque es un marcador útil de la respuesta biológica para comparar el efecto de diferentes estímulos o actividades, junto con otras medidas de resultado fisiológico/conductual (Keil, 2012), como la frecuencia cardiaca y la saturación de oxígeno en sangre (moduladas por las catecolaminas) que han sido usadas en trabajos de investigación educativa y parece ser una forma práctica y útil de evaluar el componente vegetativo de las emociones y el bienestar general de los estudiantes (Calderón, 2016; Tobin, King, Henderson, Bellocchi, & Ritchie, 2016).

Específicamente en los humanos, el cortisol parece beneficiar la consolidación de la memoria emocional, posiblemente por una respuesta optimizada de la amígdala durante la codificación del material afectivo (Trammell & Clore, 2014; Justel, Psyrdellis, & Ruetti, 2014; Van Ast et al., 2013; Wolf, 2009) por lo que los eventos emocionalmente excitantes son típicamente muy bien recordados (Vogel & Schwabe, 2016; Trammell & Clore, 2014; Justel, Psyrdellis, & Ruetti, 2014; Morgado, 2005; Almaguer-Melián & Bergado-Rosado,

2002) y el efecto del contexto puede contrarrestar deterioros de la memoria inducidos por el estrés (Vogel & Schwabe, 2016).

Juego

Una experiencia de alta recordación entre los humanos es el juego, porque es una conducta que enciende la motivación en niñas, niños, jóvenes y hasta adultos. En consecuencia, el juego es considerado una innovación evolutiva que puede ser una poderosa herramienta para el aprendizaje, por el vínculo que existe entre la curiosidad, la atención y la emoción (Huizinga, 2007; Mora, 2013). Este comportamiento corresponde a un impulso neurológico y a una insistente motivación emocional, de manera que las tendencias lúdicas se vuelven intensas en los animales y en jóvenes deseosos por jugar (Panksepp, Siviy, & Normansell, 1984). Algunos estudios han asociado el juego con experiencias de aprendizaje y sociabilidad en mamíferos (Insel, 2003) y primates (Maté, 2004; Gómez, 1999), además, con procesos de neurodesarrollo, porque esta experiencia induce regulación funcional y procesos de plasticidad neuronal en regiones como el hipocampo, la corteza prefrontal y la amígdala dorsolateral en ratas jóvenes (Gordon, Burke, Akil, Watson, & Panksepp, 2003; Tyler, Alonso, Bramham, & Pozzo-Miller, 2002), estructuras asociadas con procesos de aprendizaje y con la regulación emocional.

También, los juegos incentivan condiciones afectivas que involucran a los participantes a comportamientos dirigidos a un objetivo específico y aumentan el compromiso con las tareas educativas. Esta capacidad ha generado la idea de que las experiencias de aprendizaje denominadas recientemente como “gamificación”, pueden mejorar los resultados al integrar el aprendizaje a un contexto similar a un juego. Asimismo, en el contexto de los juegos educativos se ha aportado evidencia mediante el uso de neuroimagen (resonancia magnética funcional) sobre la desactivación de la red de funcionamiento por defecto (RFD) o de modo predeterminado, que en condiciones menos gamificadas puede estar asociada con el aprendizaje deficiente (Howard-Jones, Jay, Mason, & Jones, 2016).

Dewey (1986) formuló que el principio de la educación para lograr resultados individuales y sociales debe basarse en la experiencia, que puede incluir el desarrollo de habilidades por medio de la emulación de la vida real. En este sentido, durante los juegos de simulación

o de rol, la lógica de los acontecimientos o conceptos científicos abstractos o contra intuitivos, se realiza mediante el comportamiento tangible y visible de objetos concretos que sirven como modelos explicativos. De esta manera, se permite a los estudiantes demostrar su comprensión, explorar sus puntos de vista y desarrollar un conocimiento más profundo de los fenómenos naturales (Aubusson, Fogwill, Barr, & Perkovic, 1997; Craciun, 2010; Howes & Cruz, 2009; Martínez, 2001; Marx, 1984). Otra ventaja de los juegos, es que pueden ser usados en contextos de bajos recursos y no se realizan con la expectativa de algún beneficio futuro, sino simplemente porque la recreación es en sí misma la recompensa (Kiili, de Freitas, Arnab, & Lainema, 2012).

Las publicaciones asociadas a actividades lúdicas (Christensen-Dalsgaard & Kannevorff, 2009; Lee, Grogan, & Liepkalns, 2017) y juegos (Assis & Carvalho, 2012; Aleixandre, 1991; Eterovic & Santos, 2013; Burton & Dobson, 2009; Frey, Lively, & Brodie, 2010; Gibson, Drown, & Lively, 2015; Gibson & Cooper, 2017; Mengascini & Menegaz, 2005; Ramírez-Olaya, 2016; Smithsonian, 2014; Price, 2011; Vargas & El-Hani, 2011) como recursos alternativos para enseñar evolución biológica está en crecimiento, porque resulta una oportunidad para que los docentes y estudiantes puedan trabajar temas complejos o contra intuitivos, centrando la atención y aumentando el compromiso de los estudiantes con las actividades en el aula.

Enseñanza de la Evolución Biológica

La enseñanza de la biología del siglo XXI apunta a la comprensión de conceptos clave y el desarrollo de competencias científicas, en donde el aprendizaje este centrado en el estudiante y sea activo, mediante la aplicación de innovaciones educativas o recursos alternativos y la evaluación de su impacto cognitivo y emocional (Woodin, Smith, & Allen, 2009). Ineludiblemente, la evolución biológica (EB) es una de las cuestiones más importantes a ser abordada dentro del currículo, por la posibilidad de entender el proceso de la ciencia y cómo se integra estrechamente dentro de la sociedad (Woodin, Carter, & Fletcher, 2010), además, de ser un concepto estructurante en biología porque permite explicar la diversidad de organismos y su historia.

A pesar de la importancia de la evolución en la biología moderna, su enseñanza y divulgación reviste diversos inconvenientes: 1) el estatus ontológico de los conceptos y las

explicaciones evolutivas que hacen que algunos hechos y conceptos relacionados con ellas, resulten contra-intuitivos para los estudiantes (Larreamendy-Joerns & Córdoba, 2011); 2) la religión, que por lo general plantea objeciones que entran en contradicción con los conceptos ligados a la evolución (Wiles, 2010); 3) una comprensión inadecuada de la naturaleza de la ciencia que puede limitar su comprensión (Deniz, Donnelly & Yilmaz, 2008; BouJaoude et al, 2011); 4) comprender la evolución requiere de una integración de conocimientos con diferentes estatus y orígenes (Larreamendy-Joerns & Córdoba, 2011).

Estas dificultades afectan no solo a los estudiantes sino también a los profesores, quienes en ocasiones no logran una comprensión profunda de la evolución, lo que impide un apropiado proceso de enseñanza (Larkin & Perry-Ryder, 2015; Deniz, Donnelly & Yilmaz, 2008; BouJaoude et al, 2011). Sumado a lo anterior, el proceso educativo en EB conlleva otros conflictos como: iconografía inapropiada (Ramírez, 2012; Gould, 1999) y la apreciación o actitud negativa con respecto a la evolución, de quien la enseña o la aprende (Araujo & Ramírez, 2013).

Es preciso señalar algunos obstáculos al aprendizaje (con límites porosos) de los estudiantes relacionados con su edad (Ramírez-Olaya, 2016; González-Galli & Meinardi, 2015; Araujo & Ramírez, 2013; González-Galli, 2011; González-Galli, Adúriz & Meinardi, 2005; Grau, 1993), que de acuerdo con Gagliardi (1994) podrán ser de tres tipos: conceptuales, cuando los participantes poseen una red conceptual insuficiente para construir nuevo conocimiento; lógicos, si presenta dificultad en relacionar los conceptos que posee, para estructurar la información; y emocionales, cuando se rechaza la información porque interfiere con algún tabú, puesto que el estudiante tiene la capacidad de integrar la información, pero no puede aceptarla emocionalmente.

En la enseñanza de la EB, se ha señalado la importancia del afecto o las emociones positivas para facilitar el aprendizaje en estudiantes universitarios (Heddy & Sinatra, 2013), y además se ha probado que la disonancia cognitiva, o la ansiedad de los estudiantes por mantener lo que ven como constructos o representaciones incompatibles, conduce a una respuesta emocional que es una barrera para el aprendizaje y la aceptación de la EB. Por lo tanto, muchos estudiantes no aceptarán la instrucción o información, independientemente de cuán sólida sea la clase o el proceso didáctico (Bland & Morrison, 2015). Por lo anterior, las representaciones de los alumnos regularmente son diferentes a

los conceptos que se les quiere enseñar y en algunos casos, incluso consiguen mantenerse luego del proceso de enseñanza, lo que constituye una situación importante desde el punto de vista pedagógico (Gagliardi, 1986; Sinatra, Brem y Evans 2008).

Teniendo en cuenta que el rendimiento escolar depende no sólo de factores intrínsecos (nature), sino que está fuertemente condicionado por elementos externos (nurture), es importante considerar la necesidad de no centrar los procesos de evaluación exclusivamente en los conceptos que se enseñan, sino también incluir dimensiones afectivas y emocionales asociadas al sentido que le dan a lo que están aprendiendo. En virtud de ello, las actitudes son un elemento fundamental asociado a la disposición o tendencia de los estudiantes para aprender sobre un tema en específico, e involucran comportamientos afectivos como la preferencia, la apreciación, la aceptación, el compromiso y los valores (Conrado & Nunes-Neto, 2018; Ramírez, Peñaloza, & Moreno, 2018). En el contexto de estudiantes de pregrado (Hawley, Short, McCune, Osman, & Little, 2011) y en profesores en formación (Yetişir & Kahyaoğlu, 2010) se ha indagado sobre las actitudes hacia la evolución biológica, que tienen implicaciones para el que hacer educativo, puesto que por un lado se argumenta que la comprensión es más importante que la aceptación, pero, el conocimiento y las actitudes parecen estar potentemente relacionados (Hawley, et al, 2011).

Justificación

El crecimiento alcanzado en las neurociencias ha ampliado la comprensión de los procesos psicológicos involucrados en la práctica educativa (Sigman, Peña, Goldin, & Ribeiro, 2014), planteando la necesidad de proporcionar a los educadores estrategias basadas en las neurociencias, aprovechando la experiencia acumulada en lo relacionado con problemas de aprendizaje en el aula y el sólido conocimiento básico del que se dispone en la actualidad sobre la forma en la que el cerebro procesa, almacena y utiliza la información de las experiencias vividas en el ambiente (López, Martínez, & Zuluaga, 2001; Stern, 2005; Zadina, 2015). Así, el campo de la educación desde inicios del siglo XXI, con ayuda de la neurociencia, viene consolidando un campo de estudio denominado “Neuroeducación” (Mora, 2013; Stern, 2005; Zadina, 2015,), que trata de establecer puentes cercanos desde la medicina básica que indaga sobre el funcionamiento del sistema nervioso, a la psicología y la conducta, para encontrar vías que permitan aplicar en el aula, los avances sobre los procesos asociados al aprendizaje y la memoria, como la emoción, la curiosidad y la atención. Lo anterior, puede permitir la construcción de bases compatibles con una nueva visión del aprendizaje y estimular procesos educativos más eficientes (Gerdes, Tegeler, & Lee, 2015; Guillen, Pardo, Miravalles, Hernández, & Trinidad, 2015; Mora, 2013).

En este sentido, profundizar en la investigación en neuroeducación puede llevar a hallazgos importantes que logren traducirse en la mejora social, afectiva y cognitiva de los estudiantes, por lo que la indagación de la relación entre neurociencias y educación es esencial (Sigman, Peña, Goldin, & Ribeiro, 2014). Al exponer la importancia de la interacción entre emociones, el funcionamiento social y la toma de decisiones, se revoluciona la comprensión del papel del afecto en la educación (Immordino-Yang & Damasio, 2007). Sin embargo, pocos estudios incluyen la asociación de las emociones con la competencia académica o éxito educativo. Los reducidos estudios que integran la emoción y el rendimiento se han centrado en gran medida en la ansiedad, y ha habido

poca atención teórica y empírica de otras emociones. Por esta razón, tanto la psicología, como la investigación educativa han descuidado el lado positivo de la vida afectiva humana (Pekrun, Goetz, Titz, & Perry, 2002). Para saldar esta deuda, son primordiales los estudios empíricos que consideren los efectos directos, junto a los moderados e indirectos de las emociones de los estudiantes en su funcionamiento académico, porque puede proporcionar una comprensión de cuándo y en qué circunstancias las emociones están relacionadas con el aprendizaje (Valiente, Swanson, & Eisenberg, 2012).

Cabe señalar que, en la etapa juvenil el juego posibilita practicar las conductas que en el futuro harán parte fundamental en la supervivencia o de la condición social. En el caso específico de los humanos contribuye a la adquisición de conceptos, habilidades lógicas y emocionales que más tarde permitirán un desempeño adecuado en la vida cotidiana. Igualmente, el juego posibilita la ejercitación de habilidades intra e inter personales, que facilitan el dominio de situaciones y conflictos (Schaefer y O'Connor, 1988), mediante la habilidad para comprender y predecir la conducta de quienes participan en la actividad, sus conocimientos y sentimientos, además de sus intenciones (Martínez, 2001; Tirapu-Ustárroz, Pérez-Sayes, Erekatxo-Bilbao, Pelegrín-Valero, 2007). Entonces el juego consigue facilitar la construcción del cerebro social y puede ser una sabia inversión cultural y educativa para construir espacios o intervenciones dentro de la escuela y fuera de ella, en donde los juegos supervisados promuevan la formación de preescolares, niños y jóvenes deseosos por jugar (Panksepp, 2007).

Finalmente, la circulación del concepto estructurante de EB ha sido históricamente marginada por la educación formal, a pesar de que su comprensión puede transformar positivamente la estructura cognitiva de los sujetos y su visión de mundo, brindado una serie de posibilidades para la toma de decisiones en cuestiones socio-científicas. De hecho, su enseñanza es deficiente porque sencillamente no se hace, o se enseña en poco tiempo o inadecuadamente, por las limitaciones impuestas en algunas instituciones educativas, el escaso conocimiento o preparación de los docentes y porque los recursos didácticos en este tema son insuficientes (Larreamendy-Joerns y Córdoba en: Gutierrez y Papini, 2011). Colombia en este aspecto tiene una deuda histórica, pues el primer libro que explica la evolución, exponiendo la mayoría de sus argumentos es del año 1968. Esto es 109 años después de la publicación del Origen de las Especies (1859) (Peñaloza, 2016),

de manera que las investigaciones en didáctica de la EB en el contexto nacional son escasas y pocas recurren al juego como recurso educativo alternativo.

Hipótesis

El campo de la enseñanza en ciencias naturales podría beneficiarse de la neuroeducación, al reflexionar sobre cómo estos nuevos conocimientos y recursos redefinen el potencial pedagógico de la enseñanza y el aprendizaje, al involucrar el sistema afectivo de los estudiantes (Zembylas, 2016). Sin embargo, se sabe poco acerca de la forma en que las emociones que se producen en ambientes escolares podrían relacionarse con el aprendizaje (Bellocchi & Ritchie, 2015).

En el contexto educativo, el proceso mismo de aprendizaje se ve influenciado por factores internos y externos que modulan la calidad y la duración de la huella de memoria almacenada. Entre estos, el factor emocional es tal vez uno de los más importantes y menos explorados, en particular en lo relacionado con emociones positivas o agradables. Los profesores en medio de sonrisas, gritos, agresiones y otras conductas regulares en el aula, pueden percibir que el tono emocional de quien emite un mensaje afecta la expresión corporal del receptor y esta congruencia afectiva facilita la comunicación (Niedenthal, 2007). Específicamente para la enseñanza de las ciencias, el uso de actividades creativas o de recursos alternativos como los juegos, pueden posibilitar la comprensión y enseñanza de fenómenos abstractos e incluso introducir conceptos estructurantes complejos o contra intuitivos, como aquellos relacionados con la evolución biológica (EB).

En las dos últimas décadas se han incrementado los avances en la investigación sobre identificación e intervención de obstáculos para el aprendizaje y enseñanza de la EB (Ramírez-Olaya, 2016; González-Galli & Meinardi, 2015; Araujo & Ramírez, 2013, González 2011; Araujo, 2010; Burton & Dobson, 2009), pero es escaso el conocimiento sobre cómo los factores emocionales o afectivos podrían ser un elemento que influye en su aprendizaje (Sinatra, Brem, & Evans, 2008). De manera que, la inducción de otros estados emocionales a través de situaciones como el juego puede ejercer una influencia positiva en el aprendizaje de este mismo tipo de contenidos.

Estos antecedentes muestran que es de gran pertinencia comprender las relaciones entre variables cognitivas y emocionales asociadas con la enseñanza de la EB, mediante la implementación de la estrategia del juego en el aula. Esto se puede lograr ampliando el modelo de Conocimiento Didáctico del Contenido Biológico (C.D.C.B.) planteado por Valbuena (2007), al indagar las implicaciones de las emociones asociadas a la ejecución de estrategias de aprendizaje activo y su impacto en la enseñanza de las ciencias naturales (Figura 1).

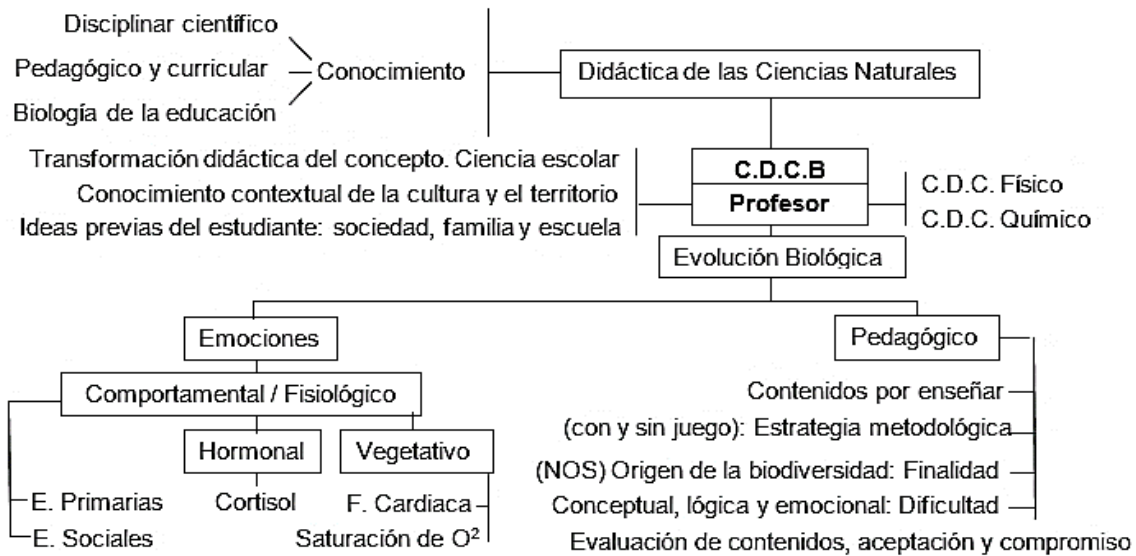


Figura 1. Mentefacto conceptual del Conocimiento Didáctico del Contenido Biológico (C.D.C.B.) como núcleo integrador en la construcción del Conocimiento Profesional del Profesor de Biología en la enseñanza de la evolución. Modificado de Valbuena (2007).

Evidentemente este ambicioso objetivo no se podría alcanzar en el breve espacio de un proyecto de Maestría, por lo que el presente proyecto buscó específicamente determinar si la enseñanza de contenidos puntuales de EB mediante metodologías de aprendizaje activo; una basada en juegos y otra mediante video talleres del Howard Hughes Medical Institute (HHMI) -BioInteractive- son equivalentes en los resultados cognitivos y en los indicadores de activación emocional de los estudiantes.

Objetivos

General

Establecer si existen diferencias en el resultado conceptual y emocional de estudiantes expuestos a dos metodologías de consolidación de contenidos sobre evolución biológica.

Específicos

- Establecer el desempeño, el compromiso y la aceptación de la evolución en estudiantes expuestos a dos metodologías de consolidación de contenidos y un grupo de alumnos que no hizo parte de ninguna estrategia de consolidación.
- Determinar diferencias en la respuesta emocional en estudiantes expuestos a dos metodologías de consolidación de contenidos sobre evolución biológica.
- Determinar diferencias en marcadores de actividad vegetativa (frecuencia cardíaca y saturación de oxígeno) y hormonal (cortisol en saliva) en estudiantes expuestos a dos metodologías de consolidación de contenidos sobre evolución biológica.

Método

La exploración es cuasi experimental, mixta (cualitativa/cuantitativa) con el propósito de analizar el entramado comportamental que incluye elementos cognitivos y emocionales de los estudiantes, en un intento sistemático, con base empírica y teórica, para generar recomendaciones para las prácticas de aula de enseñanza de la EB, desde una intervención corta en una institución educativa escolar.

Sujetos

En el estudio participaron 100 estudiantes de 14 a 17 años, provenientes de 3 cursos de noveno grado de la Institución Educativa Distrital (IED) La Toscana (Suba-Bogotá D.C.). El contexto socio-económico y cultural en el que se enmarca la IED corresponde a una Unidad de Planeamiento Zonal conformada por población de estratos 1 y 2. La distribución de los alumnos para cada curso fue realizada por el colegio al inicio del año escolar. El curso 901 de la jornada de la mañana (JM) fue asignado al grupo sin estrategia de consolidación (grupo control), en el cual solo se desarrollaron tres clases magistrales, cada una de ellas dictada con el apoyo de una presentación en Power Point y con un protocolo igual al utilizado en los otros dos grupos. Los cursos 901 y 902 de la jornada de la tarde (JT) fueron asignados a las dos estrategias de consolidación o aprendizaje activo (taller y juego respectivamente).

Antes de iniciar la intervención didáctica, los estudiantes recibían clase de la docente de planta del área de ciencias de cada jornada académica. El grado noveno contaba con dos clases a la semana de biología de 130 minutos. El acercamiento con los alumnos de los grupos de tratamiento o actividad por parte del docente-investigador, fue durante la implementación de 6 intervenciones que corresponden a 3 clases magistrales y 3 de consolidación o de actividades de aprendizaje activo, junto a las intervenciones 7, 8 y 9 correspondientes a la aplicación de cuestionarios.

Materiales y procedimientos

Clases magistrales

El método de instrucción que se usó en las clases magistrales impartidas por el profesor-investigador en los grupos control y de actividad 1 (video talleres) y 2 (juegos), se basó en la Enseñanza por Experiencias Transformadoras en la Ciencia (EETC) de Heddy y Sinatra (2013).

El contenido de las clases magistrales cubrió tres temas generales: a) selección natural, b) cambios en la frecuencia alélica y c) tiempo geológico, que a su vez contienen conceptos relacionados con la EB: adaptación, variación, herencia y mutación, especiación, domesticación, extinción y radiación adaptativa, los cuales están en consonancia con el contenido evaluado. El profesor-investigador expuso y discutió los conceptos y proporciono ejemplos asociados al contexto. Por tanto, el mismo docente estuvo a cargo de todas las clases para mantener el estilo de instrucción y el conocimiento del contenido sobre EB. Para garantizar la comparación de los contenidos de las clases, se realizaron previamente las presentaciones de Power Point (PPT) (anexo 1), junto a los protocolos de intervención para todas las clases (anexo 2), de manera que el docente utilizo el mismo tiempo en cada sesión y los mismos ejemplos, en cada uno de los grupos. Además, el registro de la información complementaria y la toma de pruebas estaban incluidas dentro de los protocolos.

Actividades de consolidación

Como ya se mencionó, el objetivo central del presente proyecto fue determinar si la enseñanza de contenidos puntuales de EB mediante una metodología basada en el juego es equivalente en los resultados cognitivos y emocionales al uso de videos y talleres.

Actividad 1. Talleres: se desarrollaron tres talleres asociados a cada uno de los temas de las clases magistrales, a partir de tres videos y el material de trabajo tomados de la plataforma BioInteractive del HHMI:

- Video 1. Haciendo al más Apto: Selección Natural y Adaptación. 10:29 min.

Descripción: el ratón de bolsillo resulta un ejemplo viviente del proceso de selección natural de Darwin. La evolución ocurre en todo nuestro entorno y algunos cambios adaptativos suceden en una población a una velocidad extraordinaria. Se representa como las poblaciones de ratones de bolsillo que viven en el desierto en diferentes tipos de suelo, responden a la presión de selección rápidamente. Además, con datos desde el nivel ecológico hasta el genético, se muestra cómo cambios aleatorios en el genoma pueden tomar caminos alternativos hacia una misma adaptación: un pelaje cuyo color permite pasar desapercibidos ante sus depredadores visuales. (HHMI-BioInteractive, 2017a).

Taller: Los estudiantes deben analizar la evidencia de la evolución por selección natural que se presenta en la película *Selección natural y adaptación*, explicando los cambios de color en poblaciones de ratones de bolsillo, producto de la presión de selección. La actividad lúdica compuesta por tarjetas con dos fenotipos de ratones y dos ambientes (suelos amarillos y negros) del desierto, ayuda a los estudiantes a desarrollar habilidades científicas tales como construir explicaciones y argumentar a partir de las evidencias (HHMI-BioInteractive, 2017b).

- Video 2. Estalló el Secreto: El Misterioso Origen del Maíz. 17:51 min.

Descripción: El cortometraje se desenvuelve con base a la pregunta ¿De dónde vino el maíz? Mediante evidencias genéticas y arqueológicas que apuntan hacia lo que podría parecer un ancestro improbable: un pasto silvestre en México, llamado teosinte, que luego de cientos de años de selección artificial, terminó siendo lo que hoy conocemos como maíz, mediante la propagación a lo largo de generaciones de individuos con características deseables, tales como tamaño, color o la dulzura. En la actualidad este cultivo es consumido insaciablemente por los humanos y por gran parte de los animales domésticos, y es parte importante de una gran cantidad de alimentos procesados (HHMI-BioInteractive, 2017c).

Taller: El taller fue diseñado como una evaluación acumulativa que indaga la comprensión de los estudiantes sobre conceptos clave, como por ejemplo el cambio en la frecuencia alélica y su manifestación en el fenotipo, en un caso específico de

domesticación. Los alumnos deben identificar las evidencias colectadas por arqueólogos y genetistas para determinar cómo y dónde fue domesticado el maíz, hace casi 9000 años (HHMI-BioInteractive, 2015).

- Video 3. El día en que murió el Mesozoico. 33:44 min.

Descripción: Para los humanos ha sido difícil considerar la edad del planeta Tierra. Diferentes historias cuentan desde varias perspectivas el origen y la edad del planeta que alberga al *Homo sapiens*. La existencia y posterior desaparición de los dinosaurios al final del período Cretácico, planteó uno de los misterios científicos más grandes y perdurables. Esta película, organizada en tres actos, relata la historia del extraordinario trabajo detectivesco de los científicos, para resolver estos dos misterios (HHMI-BioInteractive, 2017d).

Taller: los estudiantes deben en esta actividad, identificar y explicar las evidencias presentadas en el cortometraje *El día que murió el Mesozoico* que ayudaron a determinar la edad la Tierra, junto al descubrimiento de que un asteroide se impactó contra el planeta hace cerca de 66 millones de años, provocando una extinción masiva. Al documentar las evidencias que apoyan la hipótesis del asteroide, para la extinción de parte de los dinosaurios, los alumnos modelan varios aspectos de la indagación científica: hacer preguntas, realizar observaciones, formular hipótesis y reunir y evaluar evidencias (HHMI-BioInteractive, 2016).

Actividad 2. Juegos: Esta metodología consistió en el desarrollarlo de tres juegos asociados cada uno a los temas presentados en las clases magistrales:

- Evolución. “Donde la carrera es sobrevivir y la meta es la reproducción”. (Ramírez, 2011, 2013, 2015, 2016). 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. Sus 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. 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 de lo siguiente: las instrucciones, 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, representando el tiempo y la contingencia. Junto con un tablero adicional, donde están las fichas que tomarán los jugadores según caigan en las casillas que les resulten favorables.

- El cuchador y los frijoles: tratando conceptos alternativos sobre la evolución (Burton y 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), que posee una buena cantidad de características que la hacen un excelente organismo modelo para explorar la selección natural y 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 tienen una naturaleza prolífica y son capaces de producir múltiples generaciones en cuestión de minutos. Esto posibilita la colecta de datos poblacionales para la especie dentro del espacio de la clase. La selección natural actúa en la variabilidad genética heredable de la población, incidiendo en el éxito reproductivo y adaptándola a las condiciones ambientales cambiantes, que corresponde 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 heredar sus genes. La necesidad de resultados a partir de una investigación experimental, para determinar el mejor competidor en un ambiente, se realiza por medio de la colecta de información en una tabla que puede estar dirigida de varias maneras, con una orientación moderada del profesor.

- Evolucionar o perecer (Smithsonian, 2014). Es un juego de mesa desarrollado por el Programa de ETE, del Instituto Smithsonian. En un tablero se representan las eras y 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 a la colonización de la tierra continental, junto a un glosario que explica los eventos importantes, como extinciones masivas y orígenes de acontecimientos biológicos.

En el nivel inicial (2-4 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 adelante o hacia atrás en el tiempo. Algunas plazas recompensan al jugador con un turno extra, por ejemplo, durante el desarrollo de las plantas en 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, siendo el más reconocible 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 el jugador que primero consigue que su ficha llegue a la casilla final. El jugador, sin embargo, debe tirar el número exacto para llegar a última casilla.

Secuencia didáctica

En la tabla 1 se muestra la secuencia didáctica para cada uno de los grupos:

Secuencia Didáctica	Control 901 JM	Actividad 1. 901 JT	Actividad 2. 902JT
Clase magistral 1 Selección natural	x	x	x
Video taller. Ratones de Bolsillo		x	
Juego. Evolución			x
Clase magistral 2 Frecuencia Alélica	x	x	x

Video taller. El origen del maíz		x	
Juego. El Cuchador			x
Clase magistral 3 Tiempo Geológico	x	x	x
Video taller. La muerte del mesozoico		x	
Juego. Evolucionar o perecer			x

Tabla 1: Descripción de la secuencia didáctica usada en los grupos control, actividad 1 y 2.

Sugerencias de requisitos conceptuales previos de los estudiantes:

- Nociones de genética básica: ADN, genes, alelos, herencia, genotipo y fenotipo, mutación, genética mendeliana. Estos contenidos según el currículo fueron abordados en octavo grado o al inicio de noveno, por las profesoras de planta de la IED.
- Nociones matemáticas: operaciones básicas (suma, resta, multiplicación, división), porcentaje y el diseño e interpretación de gráficos simples.

Objetivos de aprendizaje

Objetivos Conceptuales

Selección natural

- Identificar que los cambios en el ambiente influyen en la posibilidad de sobrevivir y reproducirse de los individuos de una especie.
- Comprender que los recursos; alimenticios, pareja (reproducción) y lugar para vivir, son limitantes para el crecimiento de una población.

Frecuencia alélica

- Comprender que las características heredadas están básicamente determinadas por los genes.
- Identificar la existencia del acervo genético en las poblaciones, su continua mutación y los cambios en la frecuencia de los alelos.

Tiempo geológico

- Identificar diferentes sucesos que han ocurrido en la escala de tiempo geológico y su relación con ciertas formas de vida.
- Comprender la cronología de las unidades de tiempo geológico y sucesos evolutivos importantes como la extinción.

Objetivos procedimentales

Selección natural

- Analizar cómo diferentes estrategias de consecución de recursos inciden en la dinámica de una población.

Frecuencia alélica

- Crear y analizar situaciones ambientales que inciden en la modificación de la frecuencia alélica por la reproducción diferencial.

Tiempo geológico

- Crear esquemas que representen el cambio evolutivo a través del tiempo geológico.

Objetivos Actitudinales

General

- Trabajar en grupo de forma colaborativa, estableciendo diálogo y desarrollando la capacidad de escucha de sus pares, mediante la empatía.

Selección natural

- Promover el uso adecuado de antibióticos y agro tóxicos desde una reflexión crítica.

Frecuencia alélica

- Analizar críticamente como la selección artificial o domesticación incide en las características de los organismos.

Tiempo geológico

- Prever que la extinción es un fenómeno natural común y que el *Homo sapiens* ha generado cambios ambientales que lo aproximan a esta.

Medidas comportamentales

Indicadores de nivel de desempeño

Al iniciar la primera clase magistral, fue aplicado el cuestionario 1: la Escala de Razonamiento Evolutivo modificada (EREm) (anexo 15), que evalúa el conocimiento conceptual de los participantes sobre el tema de la evolución biológica. Este instrumento fue elaborado por Heddy & Sinatra (2013) y traducido, ajustado e implementado en el V congreso de la Asociación Colombiana para la Investigación en Educación en Ciencias y Tecnología – EDUCyT - (Ramírez, Robles & Peñaloza, 2016). Este instrumento evalúa si los estudiantes entienden la evolución como un cambio transformacional (inconsistente) o variacional (consistente con la perspectiva científica). También evalúa el conocimiento sobre seis características de la evolución incluyendo adaptación, variación, herencia, especiación, domesticación y extinción. Estos aspectos son fundamentales para la comprensión de la evolución biológica porque subyacen al sesgo cognitivo del esencialismo, o la idea errónea de que las especies tienen una esencia inmutable (Shtulman & Calabi, 2012; Shtulman, 2006 en Heddy & Sinatra, 2013). La EREm contiene 10 preguntas de selección múltiple, con 3 opciones de respuesta, de las cuales solo una es correcta y recibirá un puntaje de 1, mientras que las incorrectas recibirán un puntaje de 0. Los resultados obtenidos en cada ítem se promediarán para obtener una puntuación global. En la octava intervención se aplicó nuevamente la Escala de Razonamiento Evolutivo modificada como post test.

Luego de la primera clase magistral (correspondiente al tema de selección natural) y de la primera actividad de consolidación (video y taller para la actividad 1 y juego para la actividad 2), se aplicó el cuestionario 2 (al iniciar la tercera intervención) (anexo 15) desarrollado a partir del trabajo de González, Adúriz, y Meinardi (2005). Este instrumento ha sido modificado y ajustado al contexto escolar. La prueba consta de diez preguntas cerradas de opción múltiple con única respuesta, y busca determinar la comprensión de los estudiantes acerca de la variabilidad intra-específica y la aparición casual de las variantes en las poblaciones o especies, junto a principios de la selección natural abordados en ejemplos que involucran la resistencia bacteriana a los antibióticos y de los insectos a los agro-tóxicos.

Tras la segunda clase magistral correspondiente al tema de frecuencia alélica y de la segunda clase de consolidación (video y taller para la actividad 1 y juego para la actividad 2), se aplicó el cuestionario 3 (anexo 15). Este instrumento fue creado por el autor de este proyecto y puesto a prueba en la escuela (Ramírez-Olaya, 2016). Contiene 10 preguntas cerradas de opción múltiple con única respuesta. El cuestionario aborda los conceptos de herencia, ancestro común, acervo genético, junto a los cambios en la frecuencia alélica y la presión de selección. El objetivo fue involucrar la selección natural en el transcurso de las generaciones, con la adaptación de las poblaciones o especies a condiciones ambientales, con ejemplos asociados a la evolución de las razas de perros y de la pérdida de los colmillos en los elefantes africanos.

Finalmente, tras la tercera clase magistral (correspondiente al tema de tiempo geológico) y de la tercera clase de consolidación (video y taller para la actividad 1 y juego para la actividad 2), se implementó el cuestionario 4 (anexo 15). Este instrumento fue modificado de Maroto (2004). Incluye siete preguntas cerradas de opción múltiple con única respuesta, dos preguntas que contienen en conjunto 8 afirmaciones que los estudiantes deben evaluar como falsas o verdaderas, además de una pregunta abierta. La temática está asociada al tiempo geológico, específicamente a eventos biológicos destacables y a su cronología, extinciones masivas, radiación adaptativa e interpretación de cladogramas.

Indicadores actitudinales

Experiencia transformadora.

En la séptima intervención, luego de la implementación del cuestionario 4, se aplicó el cuestionario 5 (anexo 15), que buscaba determinar el compromiso definido por Pekrun y Linnenbrink-Garcia (2012) como la persistencia y el esfuerzo, junto a el uso de la memoria y la atención para pensar conceptos, lo que corresponde a atribuciones conductuales y cognitivas de los estudiantes con base a la Experiencia Transformadora en la Enseñanza de las Ciencias (ETEC). El instrumento incluye 20 ítems de escala Likert y 3 preguntas abiertas. Fue traducido y ajustado del usado por Heddy & Sinatra (2013). El cuestionario contiene tres dimensiones que incluyen el Uso Activo (UA) del concepto, la Expansión de la Percepción (EP) y el Valor Experiencial (VE). Las puntuaciones de las tres dimensiones se suman para proporcionar una valoración de

la experiencia transformadora general. Las tres preguntas de respuesta abierta proporcionan una mayor comprensión de los tipos de experiencias de los participantes. La primera pregunta se dirige al UA y pide a los estudiantes que den un ejemplo de cómo utilizaron las ideas de evolución que aprendieron. La segunda pregunta evalúa la EP y pide a los participantes que den un ejemplo de cómo sus experiencias cambiaron debido al aprendizaje de las ideas sobre evolución. La pregunta final evalúa el VE y pide a los participantes que den un ejemplo de cómo valoran las ideas de evolución que aprendieron.

Las respuestas fueron codificadas de la siguiente manera: un "0" para cuando no respondan, o para una respuesta incoherente, o declaraciones que indiquen que los participantes no usaron UA, EP o VE. Un "1" para las declaraciones que indican que cada dimensión ocurrió solamente en clase. Un "2" para cuando los estudiantes afirmen que cada dimensión ocurrió fuera de la clase, pero no dan una explicación elaborada. Por último, un "3" para cuando los participantes declararon que cada dimensión ocurrió fuera de clase y describen cómo, con un ejemplo elaborado. Las puntuaciones se analizaron para las tres dimensiones y se sumaron para determinar el grado general de compromiso. Dos evaluadores independientes codificaron todas las afirmaciones para disminuir la posibilidad de sesgo y luego se discutieron las diferencias de calificación para llegar a un acuerdo sobre todos los ítems.

Aceptación

Se realizó 3 semanas después de la séptima intervención. El cuestionario 6 (anexo 15) fue el MATE -Medida de la Aceptación de la Teoría de la Evolución- (Rutledge, y Sadler, 2007), que ha sido traducido y ajustado para ser implementado en estudiantes de secundaria (Martínez-Hernández, Mendoza-Fernández, Salmerón-Sánchez, Mota-Poveda, & Garzón, 2017). Consta de 20 preguntas que utilizan una escala Likert, con opción de respuesta de 1 (muy en desacuerdo) a 5 (muy de acuerdo). Incluye temáticas asociadas al: proceso de evolución, validez científica de la teoría evolutiva, evolución humana, evidencias de la evolución, visión sobre la evolución de la comunidad científica y edad de la Tierra o tiempo geológico.

Todos los cuestionarios fueron revisados antes de su aplicación por dos expertos en enseñanza de las ciencias y se realizaron modificaciones menores según sus sugerencias, para obtener la versión final que fue implementada.

Indicadores de activación emocional

Al finalizar las clases de consolidación para cada una de las tres temáticas (selección natural, frecuencia alélica y tiempo geológico) de las actividades 1 y 2, se evaluó el estado emocional de los estudiantes asociado a las clases de EB. Para esto se usó una adaptación de la encuesta “Evolution Emotions” de Heddy & Sinatra (2013) la cual se tradujo y ajustó al contexto. La prueba está compuesta por 65 ítems y dividida en tres partes (anexo 15). El método de implementación consistió en instruir a los alumnos para que respondieran basándose en algunas emociones relacionadas con la clase, de manera que informaran cómo se sentían con el contenido visto y la dinámica de las sesiones. La encuesta tuvo por objetivo explorar la intensidad de las siguientes emociones sociales: disfrute, esperanza, orgullo, enfado, ansiedad, vergüenza, desesperación y aburrimiento. Los estudiantes calificaron las preguntas en una escala Likert de 5 puntos (1, muy en desacuerdo a 5, muy de acuerdo).

Por otro lado, se realizó el registro de las emociones primarias de los alumnos mediante el análisis de las expresiones faciales o gestos, por medio de fotografías capturadas en los momentos en los cuales los estudiantes desarrollaban el trabajo autónomo durante el desarrollo de las clases de consolidación o aprendizaje activo. Las fotografías resultan una herramienta importante para la investigación en educación (Augustowsky, 2007). Las emociones capturadas por las fotografías fueron analizadas mediante los servicios cognitivos de la API de Microsoft-Azure, Emotion (Face), que considera una expresión facial de una imagen como una entrada y devuelve la confianza (de 0 a 1) en una serie de emociones (ira, desprecio, asco, miedo, tristeza, alegría, sorpresa y “neutralidad”) para cada rostro identificado en la fotografía.

Cada estudiante fue identificado por un número asignado dispuesto en una escarapela que debía usar durante el desarrollo de las clases. El objetivo de esto, era que al observar las fotografías fuera posible la individualización de los participantes.

Medidas fisiológica y hormonal

Indicador vegetativo

Un poco después de iniciar, a la mitad (durante) y antes de finalizar cada una de las clases magistrales y de consolidación, a diez estudiantes seleccionados aleatoriamente se les realizó el registro de la frecuencia cardiaca y la saturación de oxígeno mediante el uso del pulso oxímetro. Este registro fue realizado por un asistente de investigación que acompañó el desarrollo de todas las clases. En el análisis fueron excluidos los estudiantes que faltaron a alguna de las clases magistrales o de consolidación.

Indicador hormonal

Adicionalmente el asistente de investigación realizó a 7 estudiantes de la asignación aleatoria, muestras de saliva con el dispositivo Salivette® al iniciar y antes de finalizar las actividades de consolidación, las cuales fueron posteriormente analizadas en un laboratorio de análisis hormonal para determinar los niveles de cortisol. Se debieron tomar precauciones para su recolección, como, por ejemplo, realizar un enjuague bucal con agua antes de tomar la muestra, no haber ingerido alimentos 30 minutos antes, no haber realizado actividades físicas exigentes 30 minutos antes y no estar tomando anticonceptivos. Lo anterior fue oportunamente informado a los participantes. En el análisis se excluyeron los estudiantes que faltaron por algún registro de cortisol.

Diseño

En la tabla 2 se realiza la descripción del diseño de investigación propuesto.

Inter. 1	Intervención 1			Intervención 2				Intervención 3		
Línea de Base Cuestionario 1. E.R.E.	SPO2 y PRBPM	Clase magistral 1 (selección natural)	SPO2 y PRBPM	SPO2 y PRBPM	Cortisol	Clase de consolidación 1 (selección natural)	SPO2 y PRBPM	Cortisol	CE 1	Recobro a corto Plazo
		Biopoblación, competencia por el recurso y hábitat y nicho				(Actividad 1) Video y taller				Cuestionario 2
		Biopoblación, competencia por el recurso y hábitat y nicho				(Actividad 2) Juego evolución				Cuestionario 2
	Intervención 3			Intervención 4				Intervención 5		

	SPO2 y PRBPM	Clase magistral 2 (frecuencia alélica)	SPO2 y PRBPM	SPO2 y PRBPM	Cortisol	Clase de consolidación 2 (Frecuencia alélica)	SPO2 y PRBPM	Cortisol	CE 2	Recobro a corto Plazo
		Herencia y Ancestro en común; acervo genético y cambios en la frecuencia alélica				(Actividad 1) Video y taller				Cuestionario 3
		Herencia y Ancestro en común; acervo genético y cambios en la frecuencia alélica				(Actividad 2) Juego cuchador				Cuestionario 3
	Intervención 5			Intervención 6					Intervención 7	
	SPO2 y PRBPM	Clase magistral 3 (tiempo geológico)	SPO2 y PRBPM	SPO2 y PRBPM	Cortisol	Clase de consolidación 3 (tiempo geológico)	SPO2 y PRBPM	Cortisol	CE 3	Recobro a corto Plazo
		Tiempos, extinciones masivas e innovaciones evolutivas				(Actividad 1) Video y taller				Cuestionario 4
		Tiempos, extinciones masivas e innovaciones evolutivas				(Actividad 2) Juego evolucionar o perecer				Cuestionario 4
Intervención 7. EVALUACIÓN DE LA EXPERIENCIA TRANSFORMADORA. Cuestionario 5										
Intervención 8. EVALUACIÓN A MEDIANO PLAZO: MATE Cuestionario 6										
Intervención 9. EVALUACIÓN A LARGO PLAZO: Escala de razonamiento evolutivo (ERE) - Cuestionario 1										

Tabla 2: Propuesta didáctica para el grupo control y actividades 1 y 2, donde se indica el orden de las temáticas, los cuestionarios a desarrollar y las muestras a realizar. ERE; Escala de Razonamiento Evolutivo. SPO2 y PRBPM: Oxígeno en sangre y frecuencia cardiaca

Consideraciones éticas

La totalidad de los procedimientos experimentales fueron realizados teniendo en cuenta las normativas nacionales pertinentes: Resolución n°008430 de 1993 del Ministerio de Salud y la Ley 1090 de 2006. Con relación a la aplicación de las normas anteriormente citadas cabe incluir las siguientes aclaraciones: (1) Los participantes fueron informados sobre los objetivos generales del estudio y firmaron un asentimiento. (2) Adicionalmente, sus padres o acudientes firmaron un consentimiento informado en el que autorizan la evaluación comportamental, así como la evaluación fisiológica y hormonal. (3) En cuanto a la temática de la investigación no se les informó a los participantes sobre los objetivos de la misma, pero sí se les informó de los resultados obtenidos al finalizar la toma de datos. (4) La investigación reúne características con riesgo mínimo, pues emplea el registro de datos a través de procedimientos ampliamente usados, el registro no invasivo de actividad

periférica y la obtención de muestras de saliva. A los estudiantes del grupo control se les realizó la intervención al final del trabajo.

Análisis estadísticos

Los datos obtenidos fueron analizados con la ayuda de pruebas paramétricas (pruebas t y ANOVA) siempre que los datos mostraran cumplir con parámetros de normalidad y homogeneidad de varianzas. En caso contrario, se hizo uso de pruebas no paramétricas correspondientes. El mínimo nivel de significancia estadística aceptado para todos los casos corresponde a probabilidades iguales o menores a 0.05. Los paquetes estadísticos usados fueron LERTAP 5 para establecer los puntajes de las pruebas analizadas, SIGMA STAT 3.5 para realizar ANOVA de una vía, de dos vías, de medidas repetidas de una y dos vías. Adicionalmente pruebas T planeadas, junto a hojas de cálculo de Microsoft EXCEL.

Resultados

Indicadores de desempeño

Los resultados obtenidos por los estudiantes en el pre (cuestionario 1) y post-test (cuestionario 7) de la Escala de Razonamiento Evolutivo (E.R.E.), se presentan en la figura 2. Al comparar mediante una ANOVA de 2 vías de medidas repetidas, donde fueron excluidos los inasistentes (anexo 3), la diferencia de valores entre los grupos control y actividades 1 (talleres) y 2 (juegos), no fue significativa ($F_{2,73} = 1,263$; $p = 0.289$). Además, no se observaron diferencias significativas entre el pre y post test ($F_{(2,73)}=0,373$; $p=0.690$) de cada grupo. El desempeño para todos los grupos estuvo entre el 28 y el 35%.

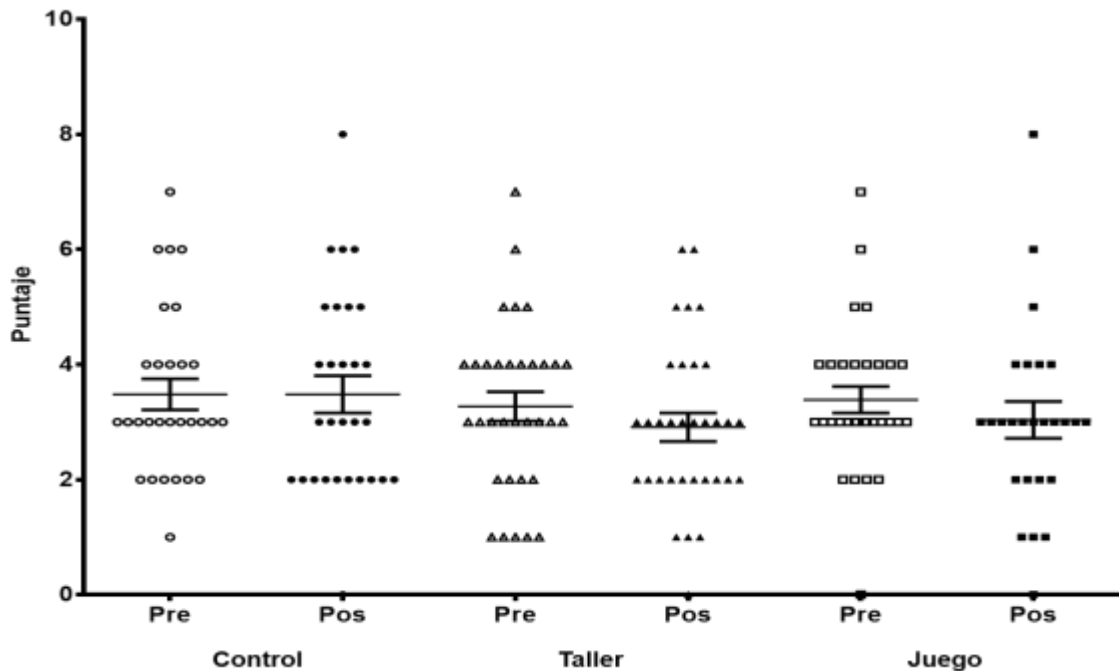


Figura 2: Resultados en el pre y pos test de la Escala de Razonamiento Evolutivo (E.R.E)

En cuanto a las pruebas realizadas para evidenciar el desempeño de los estudiantes luego de finalizar cada eje temático, fue posible identificar mediante pruebas ANOVA de 2 vías (anexo 4), que en el cuestionario 2 sobre selección natural la diferencia entre los puntajes de los grupos control (27,4%) y actividad 1-taller- (30,2%) y actividad 2-juego- (29,2%), no fue significativa ($F_{(2,87)} = 0,202$ $p = 0,817$) (Figura 3.A). En el cuestionario 3 asociado a los cambios en la frecuencia alélica se constató que no existen diferencias significativas entre el desempeño de los grupos ($F_{(2,91)} = 1,394$ $p = 0,253$) (control 47,27%, v. talleres 54,65% y juegos 54,55%) (Figura 3.B). Para el cuestionario 4 de tiempo geológico, se identificó que el puntaje del grupo de la actividad 1 (37,03%) fue significativamente más bajo ($F_{(2,86)} = 17,301$ $p < 0,001$) que en el control (45,08%) y el de la actividad 2 (48,29%) (Figura 3.C).

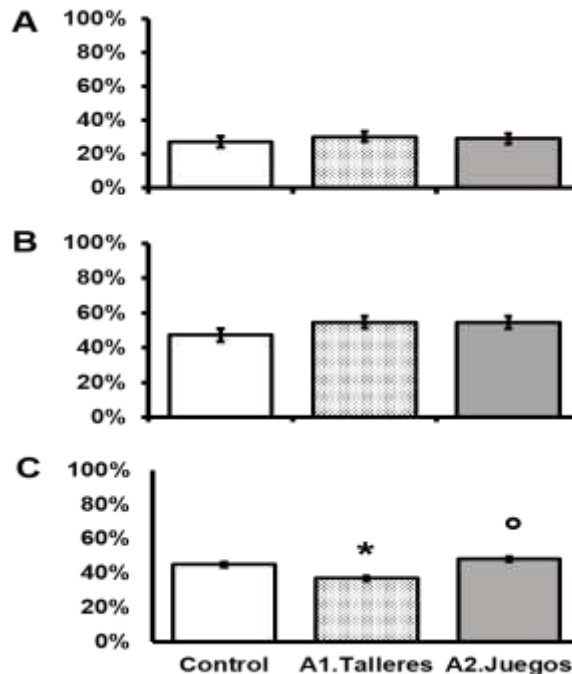


Figura 3: Desempeño de los estudiantes en los 3 grupos de intervención: A, cuestionario de selección natural. B, cuestionario de frecuencia alélica. C, cuestionario de tiempo geológico; * diferencia significativa respecto al grupo control, ° diferencia significativa con relación al grupo de la actividad 1.

Indicadores actitudinales

En cuanto al compromiso de los estudiantes con base a la experiencia transformadora en la enseñanza de las ciencias (cuestionario 5) se identificó con un ANOVA de 2 vías (anexo 5) que las diferencias entre el grupo control (76,01%) y el de actividad 1 (72,78%) y

actividad 2 (72,37%) no son significativas ($F_{(2,85)}=0,653$ $p=0,523$) (ver figura 4, A). Para ejemplificar en lo que consistió la experiencia transformadora se presenta en la tabla 3 algunas de las respuestas a las preguntas abiertas del cuestionario 5.

Grupo	Uso Activo (UA) del concepto	Expansión de la Percepción (EP)	Valor Experiencial (VE)
Ejemplo Control	<i>“pues cuando iba caminando y veía un asadero ahora no pensaba que eran solo pollos sino que eran dinosaurios asados”</i>	<i>“ahora veo a perritos como lobos atembados o que ahora sé que un cuerpo (cadáver) no es un fósil, si no raza no está extinta”</i>	<i>“entender lo que los científicos dicen sobre la evolución y sus evidencias, por medio de fósiles es posible entender a todo lo que ellos se referían”</i>
Ejemplo Actividad 1. Taller	<i>“cuando llegue a mi casa estaba hablando con mi mamá y le explique que las aves son muy parecidas a los dinosaurios”</i>	<i>“cuando como mazorca recuerdo de dónde provino y como ha cambiado por la selección artificial”</i>	<i>“pues aplicándolas cada vez que pueda en el diario vivir e incluso podría tener una carrera que se base en este ámbito de la ciencia pues es un tema que verdaderamente me llama la atención”</i>
Ejemplo Actividad 2. Juego	<i>“recordando que en la costa donde vivía en la orilla del rio se veían esas escalas de colores que tienen varios tiempos”</i>	<i>“ha cambiado mi manera de creer en un Dios, creo que esto lo encuentro con más sentido que solo decir que aprecio un ser a crear el mundo”</i>	<i>“de cómo hay que cuidar el planeta o llegaremos a una extinción”</i>

Tabla 3: Resultados actitudinales. Ejemplos de respuesta al cuestionario de experiencia transformadora en la enseñanza de las ciencias.

La prueba de mediano plazo que correspondió al cuestionario 6 sobre aceptación de la EB, evidencio mediante una ANOVA de dos vías (anexo 5) que las diferencias en los puntajes del grupo control (77,24%), actividad 1-taller- (71,24%) y actividad 2-juego- (75,89%) son marginalmente significativas ($F_{(2,86)}=2,702$ $p=0,073$). La aceptación fue más baja en los estudiantes de la actividad 1 (ver figura 4, B).

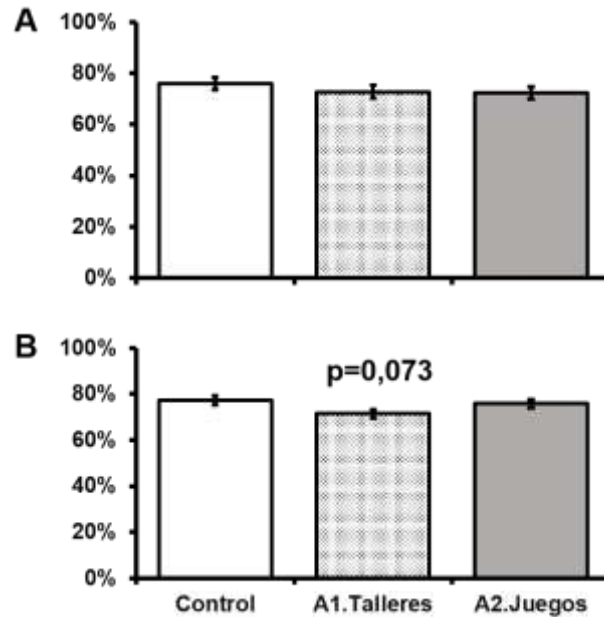


Figura 4: Resultados actitudinales. A, (C5) cuestionario de experiencia transformadora en la enseñanza de las ciencias. B, (C6) cuestionario de aceptación de la evolución biológica.

Indicadores de activación emocional

El auto reporte de las emociones sociales fue realizado por los estudiantes al responder el cuestionario de “Emociones de la evolución” luego de terminar cada actividad de consolidación (A1-talleres y A2-juegos-) de los 3 ejes temáticos. Al comparar los resultados de la activación emocional (puntaje del cuestionario) luego de las actividades, mediante pruebas ANOVA de 2 vías (anexo 6), se evidenció que no hay diferencias significativas entre los grupos de Actividad 1 y Actividad 2 (ver tabla 4) luego de los temas de selección natural ($F_{(1,58)}=2,518$ $p=0,118$), frecuencia alélica ($F_{(1,60)}=0,0160$ $p=0,900$) y tiempo geológico ($F_{(1,58)}=0,544$ $p=0,464$).

Tema	Selección Natural		Frecuencia Alélica		Tiempo Geológico	
	A1.V.T. Ratonés	A2.J. Evolución	A1.V.T. O. maíz	A2.J. Cuchador	A1.V.T. Mesozoico	A2.J. Evo. o Perecer
Activación Emocional	48,85%	45,48%	49,03%	49,29%	46,81%	45%

Tabla 4: Activación emocional luego de las actividades 1 y 2, luego de cada eje temático.

Al comparar la activación emocional de los 3 video talleres del HHMI-BioInteractive de la Actividad 1, con un ANOVA de medidas repetidas de una vía (para este análisis solo se tuvieron en cuenta los estudiantes que asistieron a las 3 actividades de consolidación)

(Anexo 7), fue posible verificar que no existen diferencias significativas ($F_{(2,52)}=1,203$ $p=0,308$). Pero al comparar la activación de los tres juegos de la actividad 2 con un ANOVA de medidas repetidas de una vía (Anexo 7), se evidenció que en el juego del cuchador, correspondiente al tema de frecuencia alélica hubo mayor activación emocional que en los otros dos ($F_{(2,48)}=10,381$ $p=<0,001$) (ver Figura 5).

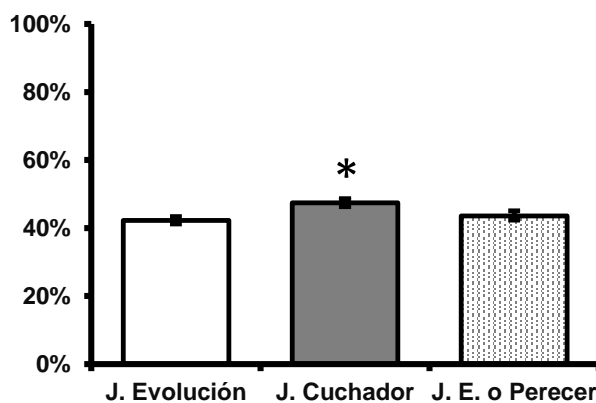


Figura 5: Comparación de la activación emocional de los juegos de la actividad 2. * Diferencias significativas respecto a los juegos *Evolución* y *Evolucionar o Perecer*.

Al desagregar las ocho emociones incluidas en los 3 cuestionarios que conformaban el instrumento “Emociones de la evolución”, fue posible caracterizar los resultados de cada una en los grupos de actividad 1 (talleres) y 2 (juegos). En el caso del disfrute se determinó mediante un ANOVA de 2 vías (Anexo 8) que hay diferencias marginalmente significativas ($F_{(1,64)}=3,374$ $p=0,071$) entre los puntajes de las actividades 1 (78,4%) y 2 (84,75%) (ver Figura 6). Para las siete emociones restantes se estableció por medio de un ANOVA de 2 vías para cada una (Anexo 8), que no hay diferencias significativas entre actividades: esperanza ($F_{(1,64)}=0,692$ $p=0,409$), orgullo ($F_{(1,64)}=1,151$ $p=0,287$), ansiedad ($F_{(1,64)}=1,981$ $p=0,164$), aburrimiento ($F_{(1,64)}=2,492$ $p=0,119$), desesperación ($F_{(1,64)}=1,348$ $p=0,250$), vergüenza ($F_{(1,64)}=0,454$ $p=0,503$) y enfado ($F_{(1,64)}=1,030$ $p=0,314$). Pero, en la actividad 1 (taller) las emociones de valencia negativa tuvieron una tendencia a mayor activación en comparación con la actividad 2 (juego). Por el contrario, las emociones de valencia positiva presentaron un mayor indicador en la actividad 2 (juego) en comparación con la 1 (taller) (ver tabla 5).

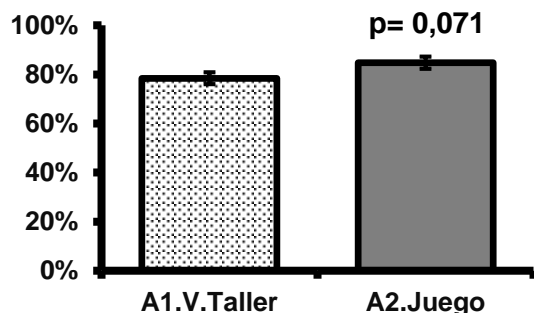


Figura 6: Disfrute en las actividades 1 y 2. P= Diferencia marginalmente significativa.

Emoción	Actividad	Activación
Esperanza	A1.V.Talleres	72,25%
	A2.Juegos	75,64%
Orgullo	A1.V.Talleres	69,23%
	A2.Juegos	73,63%
Ansiedad	A1.V.Talleres	64,66%
	A2.Juegos	57,04%
Aburrimiento	A1.V.Talleres	29,43%
	A2.Juegos	25,00%
Desesperación	A1.V.Talleres	29,65%
	A2.Juegos	26,17%
Vergüenza	A1.V.Talleres	33,76%
	A2.Juegos	31,47%
Enfado	A1.V.Talleres	27,81%
	A2.Juegos	24,29%

Tabla 5: Activación por emociones de las actividades 1 y 2.

Por otro lado, el registro de las emociones primarias de los estudiantes a través del análisis de 365 expresiones faciales o gestos, por medio de 172 fotografías tomadas durante el desarrollo de las clases de consolidación, evidenciaron en primera medida que no hay diferencias significativas en las emociones detectadas durante los 3 video talleres (Figura 7), según una prueba de Chi cuadrado ($\text{Chi}=6,99$ $p=0,32$) (Anexo 9). En el caso de la actividad 2, se evidencio una diferencia marginalmente significativa ($\text{Chi}=12,44$ $p=0,053$) (Anexo 9) en las emociones identificadas en los 3 juegos desarrollados por este grupo (Figura 8).

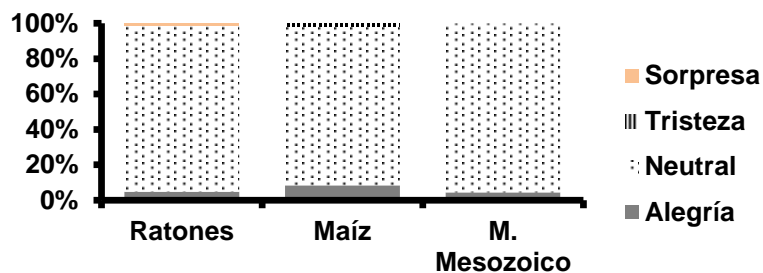


Figura 7: Emociones primarias detectadas durante los 3 video talleres de la Actividad 1.

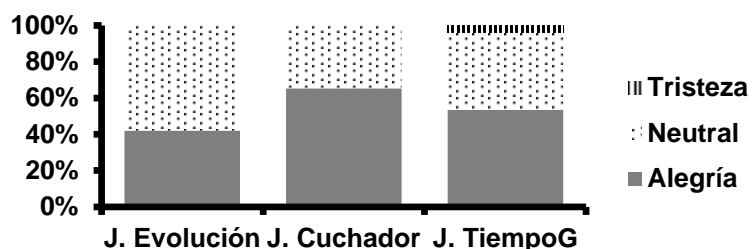


Figura 8: Emociones primarias detectadas durante los 3 juegos de la actividad 2.

Al comparar las emociones identificadas en las actividades de consolidación planteadas para cada eje temático, se evidencio mediante pruebas de Chi cuadrado (anexo 9) que existen diferencias significativas en los tres casos (figura 9): Selección natural (Chi:20,755 $p < 0,001$), frecuencia alélica (Chi:53,693 $p < 0,001$) y tiempo geológico (Chi:35,881 $p < 0,001$).

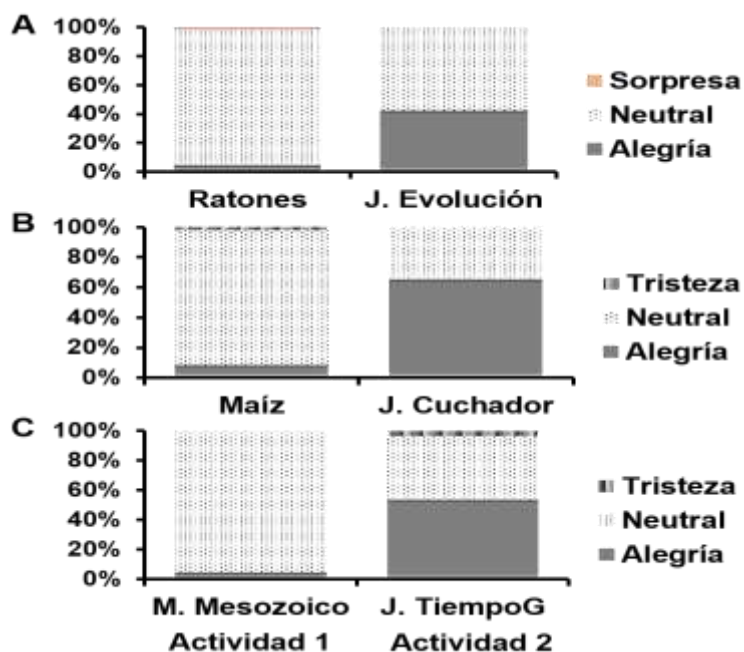


Figura 9: Comparación de las emociones primarias entre las actividades 1 y 2 de consolidación. A, V. Taller 1 y juego 1 (selección natural). B, V. Taller 2 y juego 2 (frecuencia alélica). C, V. Taller 3 y juego 3 (tiempo geológico).

Indicador vegetativo

En todas las intervenciones en el aula de clases se registró al iniciar, durante y al finalizar, la saturación de oxígeno en sangre (SPO2) y la frecuencia cardiaca (PRBPM) de los estudiantes de la muestra aleatoria con el pulso oxímetro de dedo. Se estableció el Delta de la PRBPM y SPO2 mediante la resta del resultado obtenido al finalizar la clase (post), con el registro inicial (pre). Con Anova de una vía (anexo 10) se estableció que no hay diferencias significativas entre los grupos control y actividades 1 y 2, en el delta de la SPO2 ($F_{(2,66)}=0,388$ $p=0,680$), ni en el delta de la PRBPM ($F_{(2,66)}=0,880$ $p=0,420$) de las clases magistrales. Entre las actividades de consolidación; actividad 1 (video talleres) y actividad 2 (juegos) usando Anova de una vía (Anexo 10), se observó que tampoco existen diferencias estadísticamente significativas en el delta de la SPO2 ($F_{(1,37)}=0,318$ $p=0,576$), ni en el delta de la PRBPM ($F_{(1,37)}=0,146$ $p=0,704$). Lo anterior sugiere que la muestra de los grupos control y actividad 1 y 2, son equivalentes en activación vegetativa. El aumento de la SPO2 y la disminución de la PRBPM al finalizar las intervenciones es menos evidente en el grupo de la actividad 2 (juegos) en comparación con el grupo de actividad 1 (taller) y el control (ver Figura 10).

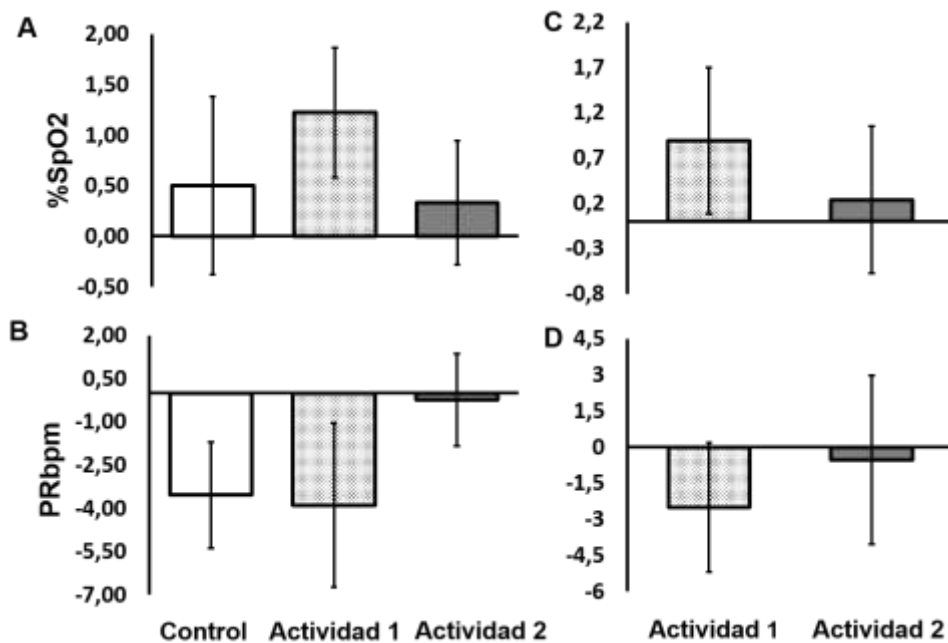


Figura 10: Resultados del registro vegetativo en los grupos control y actividad 1 y 2. A, delta de la SPO2 en las clases magistrales. B, delta de la PRBPM en las clases magistrales. C delta de la SPO2 en las actividades de consolidación (video taller y juego) D, delta de la PRBPM en las actividades de consolidación.

Al verificar la activación vegetativa en cada una de las clases magistrales de los tres grupos (control, actividades 1 y 2), mediante análisis de varianza de una vía para datos no paramétricos (Kruskal-Wallis) (Anexo 11) del delta de la SPO2 ($H=4,604$ $p=0,799$) y la PRBPM ($H=6,800$ $p=0,558$), se evidenció que no hay diferencias significativas. Respecto a las actividades de consolidación se demostró mediante Anovas de una vía (Anexo 11) que no existen diferencias significativas en el delta de la SPO2 ($F_{(5,33)}=0,0957$ $p=0,992$) y la PRBPM ($F_{(5,33)}=0,498$ $p=0,775$), entre los tres video talleres de la actividad 1 y los tres juegos de la actividad 2. Sin embargo, fue posible identificar que en el juego 2 (cuchador) la saturación de oxígeno de los estudiantes se mantuvo igual al finalizar la actividad, con relación a la medida inicial, a pesar que la frecuencia cardiaca aumento al finalizar el juego (Figura 11).

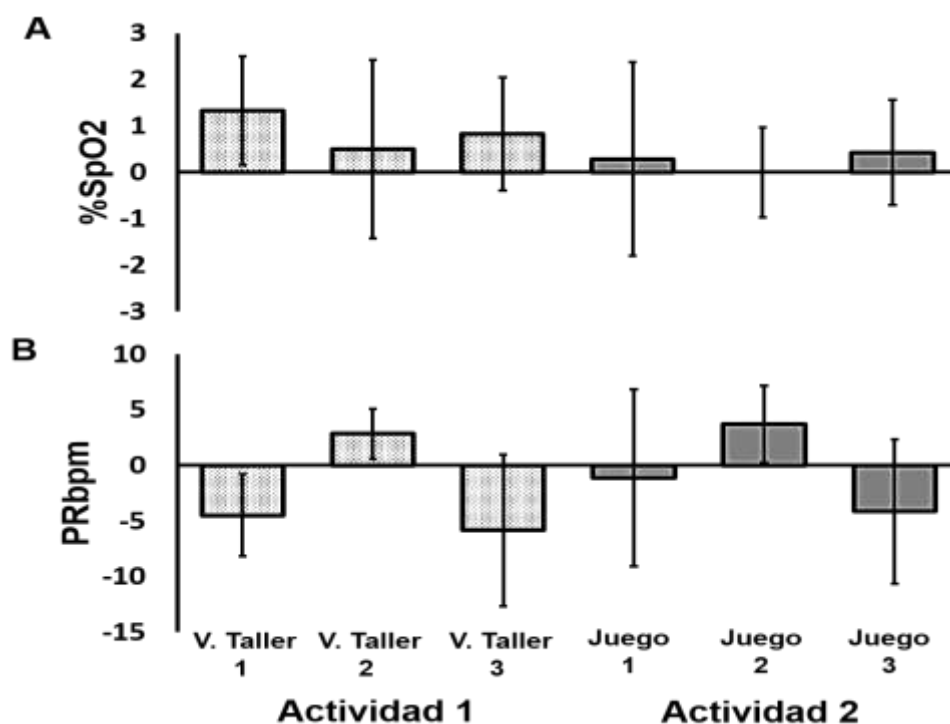


Figura 11: Resultados del delta de la SPO2 y la PRBPM en las todas las actividades de consolidación. A, delta de la SPO2 en las actividades de consolidación. B. delta de la PRBPM en las actividades 1 y 2.

En los registros tomados durante las clases magistrales de SPO2 ($H=5,023$ $p=0,755$) y PRBPM ($F_{(8,60)}=0,964$ $p=0,472$) no se identificaron diferencias significativas mediante la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis y Anova respectivamente (Anexo 12). En las medidas registradas durante las actividades de consolidación se constató con que las diferencias en SPO2 ($F_{(5,33)}=1,298$ $p=0,289$) y PRBPM ($F_{(5,33)}=0,373$ $p=0,864$) en los 3 talleres de la actividad 1 y los 3 juegos de la actividad 2 no son significativas (Anexo 12). Por otro lado, en la actividad 2 la SPO2 fue mayor y la PRBPM menor, en comparación con la actividad 1 (ver figura 12).

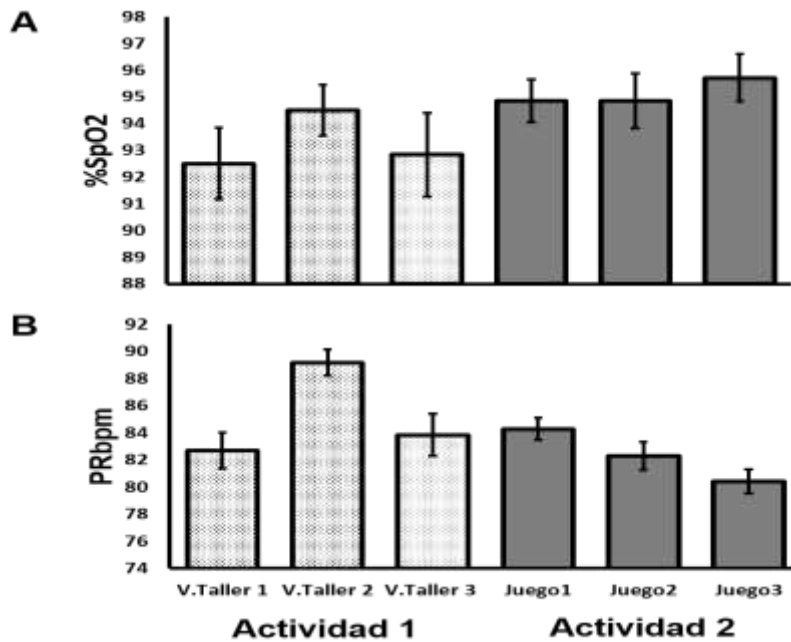


Figura 12: Saturación de oxígeno (SPO2) y frecuencia cardíaca (PRBPM) durante las actividades de consolidación. A, SPO2 de las actividades 1 y 2. B, PRBPM de las actividades 1 y 2.

Indicador hormonal

Al iniciar y al finalizar las clases de consolidación se tomaron 30 (15 pre y 15 post) pruebas de cortisol en saliva en el grupo de la actividad 1 y 38 (18 pre y 18 post) en el grupo de la actividad 2. Con el delta de este registro y una prueba T (Anexo 13) se determinó que no existen diferencias significativas ($t=1.031$ $p=0.311$) entre las actividades 1 y 2. Pero en la figura 13 se muestra que en los talleres (actividad 1) el cortisol aumentó y en los juegos (actividad 2) el cortisol disminuyó al finalizar las actividades de consolidación.

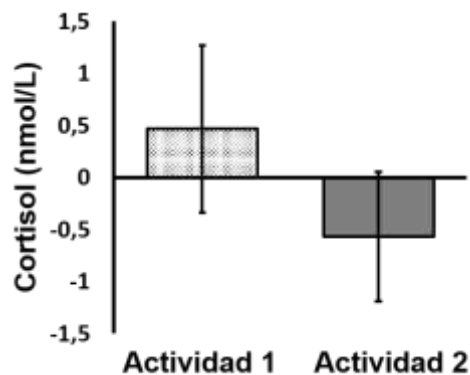


Figura 13: Delta del cortisol en saliva en los grupos de actividad 1 y 2.

Al discriminar y analizar mediante Anovas de medidas repetidas de una vía (Anexo 13), los video talleres de la actividad 1 ($F_{(2,8)}=0,104$ $p=0,902$) y los juegos de la actividad 2 ($F_{(5,10)}=0,707$ $p=0,516$) se identificó que no existen diferencias significativas en el cambio de nivel de cortisol al interior de las actividades 1 y 2. La figura 14 muestra que el nivel de cortisol aumenta en los video talleres 1 y 2, pero disminuye en el 3. Por el contrario, en los juegos 1 y 2 disminuye el cortisol y aumenta en el 3.

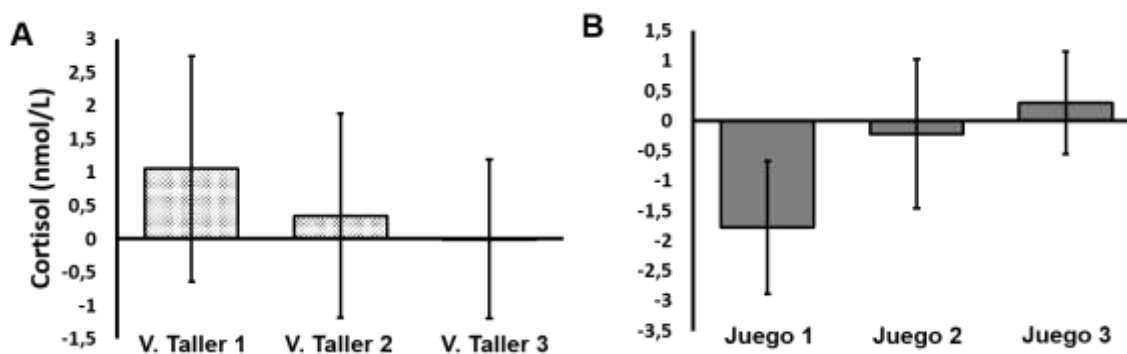


Figura 14: Delta del cortisol en saliva en las actividades de consolidación. A, delta del cortisol en los talleres de la actividad 1. B, delta del cortisol en los juegos de la actividad 2.

Resultados por género

Como resultados complementarios producto del análisis de los datos colectados, se mostrará parte de la información discriminada por sexo biológico de los estudiantes, en los casos que existieron diferencias significativas. Al realizar un Anova de dos vías (Anexo 4) de los resultados obtenidos en el cuestionario 3 (frecuencia alélica), muestran una diferencia marginalmente significativa entre sexo ($F_{(1,91)}=2,462$ $p=0,120$), por lo que se realizó una Anova planeada de una vía (Anexo 14) en la cual se evidencia que los hombres

(63%) puntúan significativamente mayor que las mujeres (46%) ($F_{(1,28)}=5,847$ $p=0,022$) en el grupo de la actividad 2 (A2. Juego) (Figura 15).

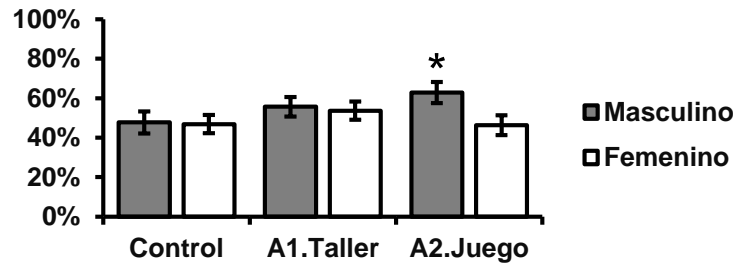


Figura 15: Discriminación por sexo de los puntajes obtenidos en el cuestionario 3 en los 3 grupos de intervención. * diferencia significativa entre sexos en el grupo A2.

Por otro lado, al agrupar los resultados del cuestionario 4 (tiempo geológico) de los participantes en los 3 grupos (control, actividad 1 y 2), es posible identificar que existen diferencias significativas ($F_{(1,86)}=7,253$ $p=0,009$) en el desempeño entre hombres y mujeres (Anexo 4). Al verificar las diferencias por sexo mediante una Anova dirigida de una vía de los resultados del grupo de la actividad 2 (Anexo 14), se identificó que los hombres (51,9%) tienen un desempeño significativamente ($F_{(1,28)}=11,747$ $p=0,002$) más alto que las mujeres (44,6%) (Figura 16).

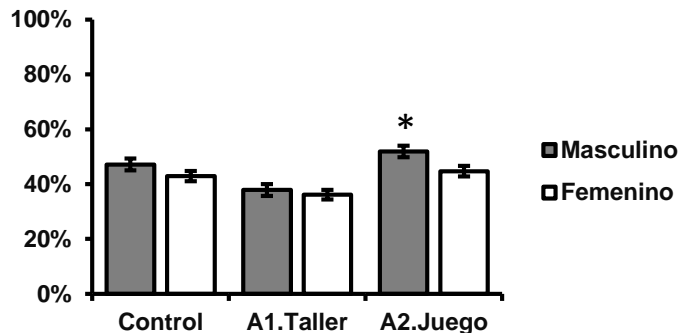


Figura 16: Discriminación por sexo de los puntajes obtenidos en el cuestionario 4 en los 3 grupos de intervención. * diferencia significativa entre sexos en el grupo A2.

Al indagar acerca de la activación emocional auto reportada por los estudiantes, fue posible identificar mediante Anovas de dos vías (Anexo 6) que al finalizar los ejes temáticos de frecuencia alélica ($F_{(1,60)}=3,415$ $p=0,070$) y tiempo geológico ($F_{(1,58)}=2,809$ $p=0,090$) existen diferencias marginalmente significativas en la interacción entre el sexo y el grupo (actividades 1 y 2). En vista de lo anterior se realizaron Anovas planeadas (Anexo 14) con los resultados de los participantes en la actividad 2 (juegos), en las cuales se evidenció

que las mujeres tienen significativamente ($F_{(1,29)}=4,799$ $p=0,037$) mayor activación emocional que los hombres luego del eje temático de frecuencia alélica. Además, que existe una diferencia marginalmente significativa ($F_{(1,27)}=3,469$ $p=0,073$) en la activación de mujeres y hombres, luego del eje temático de tiempo geológico (Figura 17).

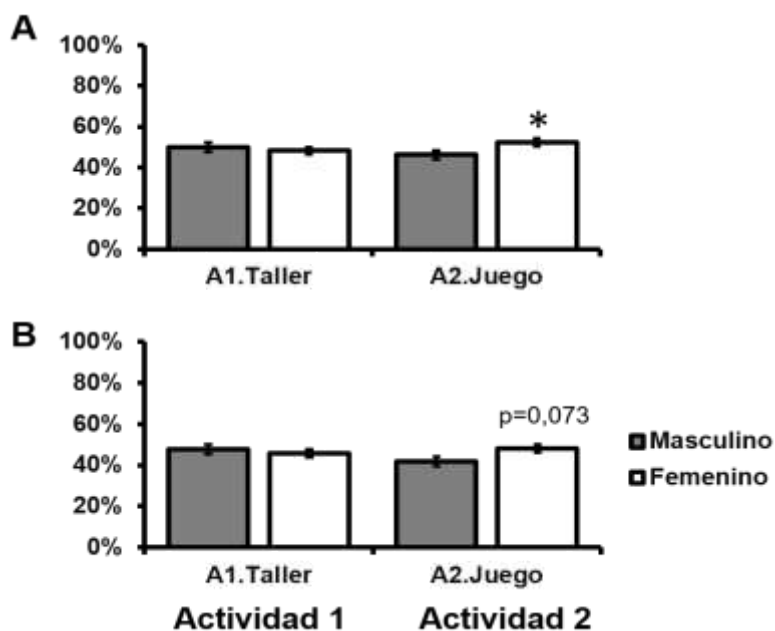


Figura 17: Activación emocional auto reportada por los estudiantes. A, activación emocional luego del eje temático de frecuencia alélica. B, activación emocional luego del eje temático de tiempo geológico.

Con relación a las emociones sociales auto reportadas fue posible identificar mediante un Anova de dos vías (Anexo 8) que existen diferencias significativas en la interacción entre sexo y grupos de actividad 1 (video talleres) y 2 (juegos) en el disfrute ($F_{(1,64)}=10,14$ $p=0,002$); las mujeres disfrutaron significativamente más la actividad 1 (v. talleres) que los hombres y ellos disfrutaron más la actividad 2 (juegos) que las mujeres. Asimismo, los hombres que participaron en la actividad 2 disfrutaron significativamente más que los participantes de la actividad 1 (Figura 18.A).

En la Figura 18 se muestra cómo en la emoción esperanza se identificó mediante un Anova de dos vías (Anexo 8) que hay interacción entre actividad (1 y 2) y el sexo de los estudiantes ($F_{(1,64)}=8,397$ $p=0,005$), en donde los hombres obtienen mayores puntajes en este indicador en comparación con las mujeres en la actividad 2 (juego). Además, los hombres de la actividad 1 (taller) obtienen menores puntajes en este indicador en

comparación con los jóvenes que participaron en la actividad 2. Para el caso del orgullo se determinó por un Anova de dos vías (Anexo 8) que existe interacción entre el sexo y la actividad ($F_{(1,64)}=8,984$ $p=0,004$); por lo que en los video talleres (actividad 1) las mujeres puntúan significativamente más alto que los hombres y estos obtienen significativamente menores puntajes que los que participaron en los juegos (actividad 2).

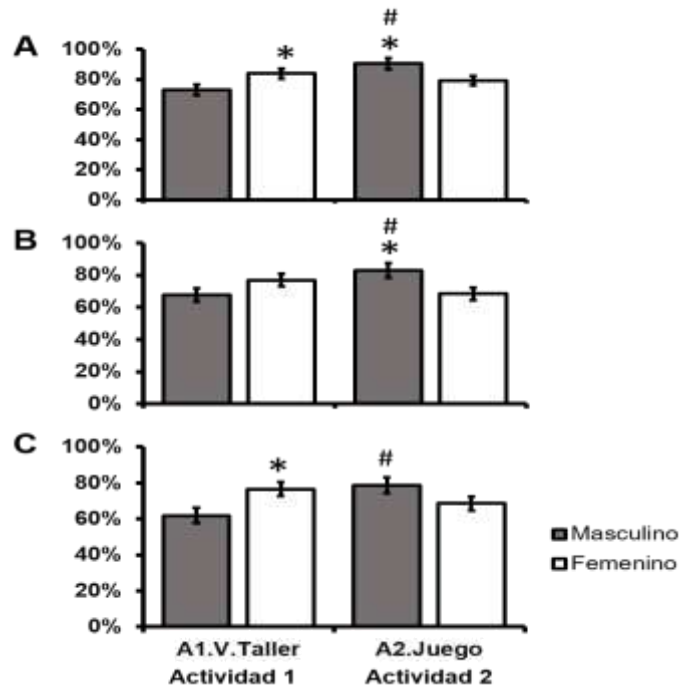


Figura 18: Activación emocional por sexo de los estudiantes. A, disfrute. B, esperanza. C, orgullo. * diferencias significativas entre la actividad. # diferencias significativas del sexo entre las actividades 1 y 2.

Discusión

La ciencia puede ser comprendida como una manera de conocer el mundo natural, que es sustentada por presupuestos *ontológicos* asociados al reconocimiento de la existencia de un mundo real, el cual consta un nivel de permanencia y orden subyacente, junto a los *epistemológicos* que afirman que ese mundo es cognoscible mediante la experiencia que ofrece una guía significativa y de la cual es posible desarrollar conocimiento o representaciones útiles independientes del punto de vista del observador particular. Además, de los presupuestos *axiológicos* donde la actividad científica tiene un valor positivo para los seres humanos (Peñaloza, 2017).

Un hecho y concepto particularmente importante para la ciencia y la biología contemporánea es el de evolución, por la posibilidad explicativa sobre los procesos de la ciencia y cómo se integra estrechamente dentro de la sociedad (Woodin, Carter, & Fletcher, 2010). Por esto, el proceso de investigación realizado tenía como foco su proceso de enseñanza, junto con los elementos cognitivos y afectivos asociados. Con respecto a su aprehensión por los estudiantes, los resultados de la Escala de Razonamiento Evolutivo (ERE) pre/post test, sugieren que no hubo un cambio en la comprensión de la EB en los tres grupos de intervención; control, actividad 1 (talleres) y 2 (juegos). Es probable que esto se relacione con el estatus ontológico de los conceptos y las explicaciones evolutivas hacen que algunos hechos relacionados con ellas, resulten contra-intuitivos para los estudiantes (Larreamendy-Joerns & Córdoba, 2011), que junto con las representaciones producto de su experiencia genera ciertas maneras de ver y pensar sobre el mundo, que regularmente son diferentes al concepto científico de evolución biológica que se les quiere enseñar y consiguen mantenerse luego del proceso de enseñanza (Gagliardi, 1986; Sinatra, Brem y Evans 2008).

Cabe resaltar que nos distanciamos de la concepción de cambio conceptual propuesto por Heddy y Sinatra, (2013) y creemos apropiado hablar de un proceso de ampliación del perfil conceptual de los estudiantes, porque resulta un modelo que contiene los diferentes modos de ver la realidad de los alumnos, que incluyen una manera particular de pensar sobre la EB, así como la forma de conceptualizar el mundo usada por ellos para representar su experiencia (El-Hani, Amaral, Sepulveda, & Mortimer, 2015).

Que los tres grupos de intervención tengan un desempeño similar en la ERE pre/post, puede ser explicado en parte por la psicología, que ha demostrado que los estudiantes desde la infancia confían en supuestos esencialistas y teleológicos que refuerzan formas de pensamiento para simplificar y encontrar explicaciones viables ante fenómenos naturales, que resultan útiles en algunos casos para aprender e interactuar en el mundo, pero tienen un costo al enfrentarse ante hechos y conceptos que no se ajustan a las suposiciones o representaciones de los alumnos, por lo que se cometen errores en la interpretación y hacen que el aprendizaje sobre la evolución sea muy desafiante (Coley & Tanner, 2012; Gregory, 2009; Sinatra, Brem y Evans 2008). Llama la atención que se ha prestado poca atención empírica a la línea de desarrollo de estas interpretaciones cognitivas a medida que los estudiantes avanzan en los ciclos escolares (Coley & Tanner, 2012).

En Colombia son muy escasos o inexistentes los estudios que demuestren si los estudiantes aprenden o no evolución, de manera que se sabe poco sobre ello. Además, no se han comparado formas de su enseñanza y dada la diversidad cultural del país esto debería hacerse en diferentes contextos para identificar retos y posibilidades. Tampoco se sabe si los profesores escolares tienen conocimientos claros sobre EB, que les permitan tener la auto-confianza necesaria para abordarlo en sus aulas.

A las restricciones cognitivas esencialistas (agrupar en categorías a las cosas porque tienen una naturaleza subyacente a su identidad básica) y teleológicas (la posición de que las cosas se hacen con un propósito) de los estudiantes (Coley & Tanner, 2012; Gregory, 2009; Sinatra, Brem y Evans 2008), se suma el currículo o estándares en ciencias naturales del Ministerio de Educación Nacional (2004) para los grados cuarto o quinto de primaria, que invita a los profesores abordar logros como “identificar adaptaciones de los seres vivos teniendo en cuenta las características de los ecosistemas en que viven e identificar fenómenos de camuflaje en el entorno y relacionarlos con las necesidades de

los seres vivos” (p.16), sin abordar nada de evolución o selección natural, por lo que se brinda la posibilidad desde la escuela primaria de afianzar la concepción teleológica de la evolución en la cual el cambio sucede porque es necesario y tiene un propósito. Como consecuencia, ampliar el perfil conceptual o modificar estas representaciones en pocas clases de evolución en noveno grado es más que un desafío, puesto que el concepto de adaptación varía a través de su desarrollo histórico y también en el contexto de diferentes subdisciplinas de la biología, como en el campo de la evolución (Sepulveda, Mortimer, & El-Hani, 2016). Por lo anterior se hace necesario que la enseñanza de la evolución se realice desde la infancia o la primaria, ya que puede promover en los niños y niñas la comprensión de los conceptos relacionados con el mundo biológico y en parte remediar el desarrollo de sentimientos negativos y conceptos erróneos sobre la teoría de la evolución, mediante actividades que simulan la evolución y que son presentadas como un juego enmarcado en historias cortas (Campos & Sá-Pinto, 2013).

En cuanto a las pruebas de corto plazo realizadas luego de finalizar cada eje temático, se identificó que el desempeño de los estudiantes en el cuestionario 2 sobre selección natural osciló entre el 27,4 % (control), 29,2% (actividad 2, juegos) y el 30,2% (actividad 1-talleres) y que no hay diferencias significativas entre los tres grupos. Para el cuestionario 3 asociado a los cambios en la frecuencia alélica (por selección natural) se constató que no existen diferencias significativas entre el desempeño de los grupos, pero este subió en el control al 47,27%, en la actividad 1 al 54,65% y en la actividad 2 (juegos) al 54,55%. Lo anterior evidencia que hubo aprendizaje con relación al primer eje temático, por lo que mejoraron los puntajes en los 2 grupos de intervención. A pesar de esto el desempeño está en un nivel medio, que puede ser explicado porque años de investigación revelan inequívocamente una prevalencia muy alta de conceptos erróneos o alternativos sobre la selección natural en estudiantes de secundaria (Gregory, 2009), por lo que jóvenes de 13 a 16 años piensan que los sistemas vivos u organismos cambian intencionalmente o por necesidad sus características fenotípicas, fisiológicas y comportamentales para adaptarse mejor a su entorno y luego heredarlos a las generaciones futuras, lo que corresponde a un malentendido bien conocido de lo que se ha denominado en biología como adaptación. Tanto es así que se estima que solo cerca del 10% de los alumnos comprende que la selección natural actúa sobre las poblaciones (Coley & Tanner, 2012; Grau, 1993).

En el cuestionario 4 sobre tiempo geológico, se identificó que el puntaje del grupo de la actividad 1 o video talleres (59,2%) fue significativamente más bajo que en el control

(72,1%) y en la actividad 2 o juegos (77,2%). Esto puede corresponder a que el video taller de consolidación “el día en que murió el Mesozoico” a pesar de tener en cuenta que para los humanos ha sido difícil considerar la edad del planeta Tierra, se centra en la existencia y posterior desaparición de los dinosaurios al final del período Cretácico, e invita a los estudiantes a identificar y explicar las evidencias presentadas en el cortometraje. De esta manera, dedica poco tiempo a la conversión de ideas abstractas sobre la magnitud del tiempo geológico, de modo que no basta para abordar un concepto que requiere trabajo y discusión en el aula. Por otro lado, el juego “evolucionar o perecer” acerca de forma concreta a los estudiantes mediante una analogía a la dimensión de tiempo en el que suceden diferentes eventos biológicos, de forma que lo pueden visualizar más fácilmente. Para muchos estudiantes el hecho de poder ver una representación gráfica o hacer una analogía que sea relevante para ellos, hace que el aprendizaje se facilite y reduce la ambigüedad de los conceptos abstractos (Lewis, Lampe & Lloyd, 2009).

Por otro lado, regularmente la relación entre los jóvenes y la ciencia no es la mejor, porque es apreciada como difícil, lo que genera poco interés y escaso compromiso por estudiarla. Ciertamente, una percepción como esta repercute directamente en la relación con las cuestiones sociocientíficas o presupuestos *axiológicos*, además en el clima emocional de las clases de ciencias (Ramírez, Peñaloza & Moreno, 2018). De manera que las actitudes resultan un componente imprescindible de la disposición o tendencia de los estudiantes para aprender sobre un tema en específico, e involucran comportamientos afectivos como el compromiso, los valores y la aceptación (Conrado & Nunes-Neto, 2018; Ramírez, Peñaloza & Moreno, 2018).

Respecto al compromiso de los estudiantes con base en la Experiencia Transformadora en la Enseñanza de las Ciencias (ETEC) (cuestionario 5), se identificó que las diferencias entre el grupo control (76,01%) y el de actividad 1 (72,78%) y 2 (72,37%) no son significativas, pero están en un rango que se puede considerar aceptable, por lo que estos resultados sugieren que la ETEC es un método que puede ser efectivo para comprometer a los alumnos de secundaria, ya que el objetivo es incentivar un alto nivel de participación en el exterior del colegio, de los conceptos aprendidos en clase al usarlos activamente y relacionarlos con su experiencia, porque según Immordino-Yang & Damasio (2007) no basta con tener el conocimiento, sino que implica que el estudiante sea competente para utilizarlo provechosamente fuera de la escuela. Cabe señalar que, aunque existe evidencia de que los juegos estimulan condiciones afectivas que aumentan el compromiso con las

tareas educativas (Howard-Jones, Jay, Mason, & Jones, 2016), en este caso la actividad 2 (juegos) no muestra diferencias significativas con el grupo control y la actividad 1 (video talleres).

La propuesta científica para explicar el origen de la biodiversidad ha suscitado debates por defensores y detractores de las teorías evolucionistas en todo el mundo. Las objeciones culturales que van desde lo político y filosófico, hasta lo religioso, han movilizad o emociones a favor y en contra de la evolución biológica, por lo que la aceptación de este hecho y teoría ha generado controversia (Rivas & García, 2016). La prueba de mediano plazo que correspondió al cuestionario 6 sobre aceptación de la EB, evidencio que las diferencias en los puntajes del grupo control (77,24%), actividad 1-taller- (71,24%) y actividad 2-juego- (75,89%) son marginalmente significativas, por lo que la aceptación fue más baja en los estudiantes de la actividad 1, hecho que llama la atención porque estos jóvenes desarrollaron los video talleres del HHMI-BioInteractive que tienen un fuerte componente en el análisis de las evidencias sobre la EB. Es destacable que la aceptación en general fue alta, es decir, no hay un rechazo a la evolución, pero esto no se explica, en este caso, porque haya una buena comprensión de ella, ya que los estudiantes obtuvieron puntajes relativamente bajos para conceptos específicos. Un estudio en alumnos de secundaria obligatoria con el mismo cuestionario (MATE) en España, reflejo resultados similares en los cursos de segundo (71,9016) y tercero (79,2727), además, evidencian que los estudiantes de los cursos superiores tienen significativamente mayor aceptación de la EB (Martínez-Hernández, et al, 2017).

Considerando que la investigación sobre las emociones permanece relegada en las publicaciones sobre educación científica a pesar de la reciente atención que ha suscitado la asociación entre los sistemas afectivos y cognitivos de los estudiantes en contextos educativos escolares, se están empujando los límites de la exploración y de lo que podemos saber sobre el aprendizaje y la enseñanza de la ciencia cuando tenemos en cuenta las emociones. Por lo que quizás exista una comprensión más completa de problemas como la desafección de los estudiantes con la ciencia escolar y el desgaste de los maestros (James & Bellocchi, 2018), en los cuales el pensamiento racional, la lógica y las emociones viabilizan la selección y modulación de procesos biológicos tales como comportamientos, procesos perceptivos y la atención (Koelsch et al., 2015). Este conocimiento invita cada vez más a los educadores a comprender la naturaleza de la relación entre la emoción y la cognición, que puede ser aprovechado para el diseño de

entornos de aprendizaje o intervenciones didácticas. Pero debe tenerse en cuenta que difícilmente puede haber una transferencia directa de conocimientos de la neurociencia a la práctica en el aula, por lo que es menester una mediación producto de la unión de experiencias educativas con la investigación (Fischer et al., 2007).

La exploración emocional realizada en esta investigación indago mediante el auto registro de algunas emociones, junto a la expresión facial en las actividades de consolidación y la fisiología de las emociones, las posibles repercusiones en la forma que influyen en la memoria y el acceso al conocimiento escolar. En el auto reporte de las emociones sociales por los estudiantes con el cuestionario de “Emociones de la evolución” luego de terminar cada actividad de consolidación de los 3 ejes temáticos, se evidencio que no hay diferencias significativas en la activación emocional entre los grupos de actividad 1 (video talleres) y 2 (juegos). También, al comparar la activación emocional de los 3 video talleres del HHMI-BioInteractive de la actividad 1, se verificó que no existen diferencias significativas, pero al comparar la activación de los tres juegos de la actividad 2 se evidenció que en el juego (2) del *cuchador* hubo significativamente más activación emocional que en los otros dos, posiblemente porque es una competencia directa entre dos sujetos que a su vez hacen parte de un grupo (cucharas o tenedores) y además es un juego con comida (maní y malvaviscos).

Al desagregar las emociones incluidas en los tres cuestionarios que conformaban el instrumento “Emociones de la evolución”, se determinó que en el disfrute hay diferencias marginalmente significativas entre los puntajes de las actividades 1 (78,4%) y 2 (84,75%), lo cual es esperable puesto que los juegos son infrecuentes en el desarrollo del currículo escolar y hacen parte activa del repertorio comportamental en la niñez y la juventud (Panksepp, Siviy, & Normansell, 1984). Para las 7 emociones (esperanza, orgullo, ansiedad, aburrimiento, desesperación, vergüenza y enfado) restantes se estableció que no hay diferencias significativas entre las actividades 1 y 2, pero en el grupo de los video talleres las emociones de valencia negativa tuvieron una mayor activación en comparación con el grupo que desarrollo los juegos. Por el contrario, las emociones de valencia positiva presentaron un mayor indicador en la actividad 2 (juegos) en comparación con la 1 (video talleres).

Además, se destaca que la emoción de valencia negativa con mayor activación en los estudiantes fue la ansiedad, que en el grupo de los video talleres fue 64,66% y en el de los

juegos 57,04%. Esta emoción presente en el contexto escolar puede incidir con la interacción apropiada de los jóvenes durante la dinámica de las clases, la ansiedad puede incrementarse al percibir la clase con cierto desagrado por las exigencias o condiciones de esta, además del hecho de la presión causada por las evaluaciones. En gran medida los estudios de la asociación entre emoción y el rendimiento se han centrado en la ansiedad (Valiente, Swanson, y Eisenberg, 2012).

Desde otra perspectiva, el registro de las emociones primarias de los estudiantes a través de fotografías tomadas durante el desarrollo de las clases de consolidación, evidenciaron que no hay diferencias significativas en las emociones detectadas durante los tres video talleres de la actividad 1 y el gesto predominante fue el neutral. En el caso de la actividad 2, se evidenció una diferencia marginalmente significativa en las emociones identificadas en los tres juegos, que para la alegría resultó en un 42% en el primer juego (*Evolución*), en 65,38% en el juego 2 (*Cuchador*) y 53,57% para el tercer juego (*Evolucionar o perecer*). Esto coincide con la activación emocional auto reportada por los estudiantes de la actividad 2, que durante el juego del *cuchador* (47,38%), fue significativamente más alta que en el juego 1 (42,25%) y el 3 (43,56%). Al comparar las emociones identificadas en los estudiantes de las actividades 1 y 2 de consolidación planteadas para cada eje temático (selección natural, frecuencia alélica y tiempo geológico), se evidenció que existen diferencias significativas en los tres casos, es decir que hubo significativamente más alegría durante los tres juegos en comparación con los tres video talleres (actividad 1). Este resultado concuerda con la diferencia marginalmente significativa entre el disfrute auto reportado por los alumnos de la actividad 1 (78,4%) y la 2 (84,75%).

Por lo anterior, la fotografía resulta una herramienta poderosa para la investigación en contextos educativos escolares, al involucrar la posibilidad de descubrimiento emocional con la construcción de conocimiento afectivo de las intervenciones didácticas. Las fotografías capturadas durante el trabajo en el aula ofrecen un cuerpo de información que luego puede ser analizado atendiendo al objeto y dimensiones elaboradas en el marco de la investigación. Desde este punto de vista, el análisis del registro fotográfico se incluyó en el cuerpo principal del informe de investigación y no en los anexos como puede ser realizado cuando se trata de fotos ilustrativas o registros auxiliares. A pesar de sus evidentes beneficios y aportes se trata de una estrategia que aún está atravesando su proceso de legitimación académica y su uso lleva a nuevos interrogantes, como los tipos de análisis a realizar con la información colectada, junto a los requerimientos legales y la

revisión de los criterios de anonimato de los datos (Augustowsky, 2007). Por este motivo, es preciso continuar experimentando y reflexionando acerca de los alcances, limitaciones y posibilidades del registro emocional mediante imágenes en ambientes educativos.

Clásicamente la expresión fisiológica de las emociones se estableció a fines del siglo XIX con el aporte William James (Calderón, 2016). Hoy se sabe que los componentes vegetativos facilitan conductas emocionales y aportan una rápida movilización de la energía necesaria para realizar movimientos (Carlson, 2014). El pulso oxímetro se ha usado en los campos médico y aeroespacial para monitorear las salidas fisiológicas, no obstante, su uso se ha expandido recientemente a otros campos donde hay interacción humana y los resultados fisiológicos reflejan fluctuaciones mediadas por emociones (Calderón, 2016). Estudios han utilizado el pulso oxímetro de dedo para identificar la activación o estado emocional experimentado por estudiantes de posgrado o profesores durante el desarrollo de actividades académicas, al obtener tres medidas por segundo de la frecuencia cardíaca y la saturación de oxígeno se examinaron patrones y las contradicciones en relación con las emociones de los participantes, puesto que se midieron en el momento junto con la expresión facial y la prosodia (Tobin, King, Henderson, Bellocchi, & Ritchie, 2016; Tobin, 2013).

Se ha descrito que la frecuencia cardíaca puede fluctuar según diferentes experiencias emocionales. Por ejemplo, en profesores se ha identificado una frecuencia cardíaca alta antes y durante la enseñanza, junto con una alta saturación de oxígeno en el transcurso de la clase. En eventos relacionados con una frecuencia cardíaca alta y una oxigenación sanguínea baja, el entorno fisiológico se asoció con patrones menos efectivos para la enseñanza, con dificultades en la prosodia, incluida la entonación, el ritmo de habla y la pausa. Cuando baja la oxigenación de la sangre, se ha asociado a el habla rápida y respiración superficial e irregular. Mientras que durante la saturación del 100% de la oxigenación de la sangre, se percibió una prosodia adecuada y el profesor expresó emociones positivas, como satisfacción. Además, el conocimiento de resultados inesperados o sorprendidos conduce a la fluctuación de la frecuencia cardíaca y los niveles de oxigenación pueden estar en niveles que se consideran aceptables (Tobin, King, Henderson, Bellocchi, & Ritchie, 2016; Tobin, 2013).

La frecuencia cardíaca y la saturación de oxígeno en sangre son una forma práctica y útil de evaluar el componente vegetativo de las emociones y activación de los estudiantes,

pero generalmente no se consideran en la investigación educativa y en los programas para maestros en ejercicio y futuros (Calderón, 2016). Los salones de clases escolares están embebidos en una gran cantidad de emociones tanto de los estudiantes como de los profesores, pero muy a menudo los participantes en este espacio son inconscientes de los sentimientos propios y de los demás, puesto que surgen como resultado de las interacciones y a las actividades desarrolladas en clase. En nuestra investigación los resultados indican que los estudiantes pueden tener una frecuencia cardíaca que varía entre un máximo de 120 y un mínimo de 57 latidos por minuto (LPM) (la frecuencia normal para jóvenes es de 100 a 60 LPM) y los niveles de oxígeno en la sangre fluctúan desde un nivel de saturación del 99% hasta el 85%, que está por debajo del porcentaje considerado seguro (es decir, <92%).

Tras obtener tres medidas en cada grupo al iniciar, durante y al finalizar para la frecuencia cardíaca y la saturación de oxígeno en sangre, se analizó el delta producto de la medida final restada con la inicial, que fue una forma de obtener una comparación entre diferentes momentos de la clase, a falta del registro continuo para identificar posibles patrones o indicadores relacionados con activación emocional de los participantes, que proporcionan una aproximación de la manera en que las actividades o ambientes de enseñanza/aprendizaje y el componente vegetativo de las emociones están relacionados. Se estableció que no hay diferencias significativas entre los grupos control y actividades 1 y 2 durante de las clases magistrales, en el delta de la SPO2, ni en el delta de la PRBPM, ni en las actividades de consolidación; actividad 1 (video talleres) y actividad 2 (juegos). Lo anterior sugiere que la muestra aleatoria de los grupos control y actividad 1 y 2, puede ser equivalente en activación vegetativa, pero llama la atención que el aumento de la SPO2 y la disminución de la PRBPM al finalizar las intervenciones (clases magistrales y de consolidación) son más reducidas en el grupo de la actividad 2 (juegos) en comparación con el grupo de actividad 1 (taller) y el control.

Al verificar la activación vegetativa en cada una de las clases magistrales y todas las actividades de consolidación (tres video talleres de la actividad 1 y tres juegos de la actividad 2), se evidenció que no hay diferencias significativas en el delta de la SPO2 y la PRBPM entre los grupos y actividades. Sin embargo, fue posible identificar que en el segundo juego (cuchador), la saturación de oxígeno de los estudiantes se mantuvo igual al finalizar la clase con relación a la medida inicial y la frecuencia cardíaca aumento al finalizar el juego. Esta actividad es la que tiene significativamente mayor activación

emocional auto reportada, junto a un porcentaje de alegría estadísticamente más alto que el primer y el tercer juego. En los registros de SPO2 y PRBPM tomados durante o a la mitad del desarrollo de las clases magistrales y las actividades de consolidación, no se identificaron diferencias significativas. Pero es posible determinar que en la actividad 2 la SPO2 fue mayor y la PRBPM menor, en comparación con la actividad 1.

Junto a las anteriores medidas fisiológicas/conductuales usadas para evaluar el posible efecto de la intervención educativa o actividades, en los dominios afectivo y cognitivo de los estudiantes, se usó la cuantificación del cortisol en saliva como un marcador para identificar la respuesta biológica en los jóvenes durante los video talleres y juegos. Es importante tener en cuenta que se sabe poco sobre el funcionamiento esperado del eje HPA en adolescentes en entornos naturalistas como el colegio (Kelly, Young, Sweeting, Fischer, & West, 2008). El patrón diurno del cortisol tiende a mostrar un aumento en la mañana, seguido de una disminución a lo largo del día, pero esto puede diferir entre los sujetos puesto que está influenciado por factores externos e internos, como los eventos agudos de la cotidianidad, el estado socioeconómico, el ambiente escolar o las actividades a desarrollar y condiciones como la hiperactividad y déficit de atención (Dimolareva et al., 2018). De esta forma, en el contexto escolar el estrés académico producto de los estímulos de diferente valencia emocional, requiere del afrontamiento por parte de los sujetos para realizar un ajuste con el propósito de conservar el equilibrio del estado emocional, cognitivo y social (Maturana & Vargas, 2015; Román & Hernández, 2011). Se sabe que situaciones consideradas estresantes tienen efectos fuertes y diversos (mejorador o deletéreo) en la memoria humana y son más pronunciados para el material emocionalmente excitante (Vogel & Schwabe, 2016), por lo que medir el cortisol en saliva ha sido propuesto como un indicador de los cambios fisiológicos relacionados con la activación emocional en adolescentes (Dimolareva et al., 2018).

La revisión de Dimolareva et al. (2018) sobre la práctica de recolección de cortisol salival en niños y jóvenes dentro de entornos educativos, indica que puede medirse con éxito en la investigación escolar y es deseable que se acompañe de mediciones indirectas y directas como cuestionarios y otra información fisiológica objetiva, para obtener una aproximación más completa sobre el comportamiento de los alumnos. Las medidas usadas para el establecimiento del cortisol estuvieron asociadas a determinar los cambios diurnos de cortisol que ocurren a lo largo del día, utilizar el cortisol como medida de referencia y

comparación, la aproximación de las respuestas al estrés y medir si una intervención tiene efecto sobre los niveles de cortisol de los participantes, que fue la adoptada en esta investigación.

Al iniciar y al finalizar las actividades de consolidación se tomaron muestras de saliva en el grupo de la actividad 1 y 2, con lo cual se estableció el delta de este registro y se determinó que no existen diferencias significativas entre los tipos de actividad. Sin embargo, fue posible identificar que en los talleres (actividad 1) el cortisol aumento y en los juegos (actividad 2) disminuyo al finalizar las clases. Esto concuerda con los resultados del grupo de la actividad 2 en el cual hubo marginalmente más disfrute y significativamente más alegría en comparación con el grupo de la actividad 1, en el cual las emociones de valencia negativa tuvieron levemente mayor activación. En este sentido la evidencia indica que los recursos psicológicos positivos, como el optimismo o la expectativa de resultado positivo, ejercen efectos que pueden ser significativos en diferentes componentes del ritmo diurno de cortisol. Así, los sujetos con puntuaciones de optimismo más altas tienden a tener una secreción de cortisol atenuada (Lai et al., 2005). Además, las clases de baja calidad se han asociado con patrones atípicos y con niveles elevados de cortisol (Sajaniemi et al., 2011).

La exploración de las emociones académicas realizada en el contexto de la educación pública en la periferia de Bogotá D.C. se ha centrado en las actitudes y la enseñanza de la evolución biológica. Centrarse en entornos de aprendizaje formal, especialmente en el logro académico ha significado para la investigación ignorar que las experiencias emocionales no solo ocurren en las aulas durante la enseñanza y el aprendizaje formal, sino también en las interacciones sociales entre las clases del colegio. La exploración en esta área, junto a la formación de profesores debe reconocer el significado de las emociones de los alumnos para el aprendizaje y tener en cuenta que los docentes han de ser capaces de identificar su estado emocional y el de sus estudiantes para saber cómo utilizar las emociones positivas para apoyar los procesos de enseñanza, así como identificar las situaciones en las que estímulos internos y externos desencadenantes de las experiencias emocionales negativas de los sujetos deben procesarse juntas (Anttila, Pyhälä, Piertarinen, & Soini, 2018).

Como resultados complementarios producto del análisis se expuso parte de la información discriminada por sexo biológico de los estudiantes en los casos que existieron diferencias significativas. Esto, porque se ha venido manifestando que existe cierta restricción en la participación femenina en la cultura científica con efectos negativos para ellas, por razones que van desde lo económico hasta lo ideológico y que mantienen las desigualdades. El androcentrismo cultural en diferentes niveles por sesgos sexistas cotidianos, pueden ser poco manifiestos o invisibilizados (Rubio, 2014). De allí que esfuerzos a nivel mundial analicen esta situación, con el objetivo de visibilizar y dar un viraje en dirección a la incorporación político e institucional de la perspectiva de género en ciencia y tecnología. Por esto, se considera indispensable aumentar la recolección de datos asociados a la ciencia, la tecnología y el género, junto a la promoción de su investigación rigurosa (UNESCO, 2017; 2007).

En los resultados obtenidos en el grupo de la actividad 2 (A2. Juego) para los cuestionarios 3 (frecuencia alélica) y 4 (tiempo geológico), se evidencio respectivamente que los hombres (63%) (51,9%) puntúan significativamente mayor que las mujeres (46%) (44,6%). En la activación emocional auto reportada por los estudiantes, se identificó que las mujeres participes en la actividad 2 (juegos) tienen significativamente mayor activación emocional que los hombres luego del eje temático de frecuencia alélica y que después de la actividad sobre tiempo geológico ellas tienen una activación marginalmente más alta que los hombres. Esto puede ser explicado en parte por los resultados en las emociones sociales, en los cuales las mujeres disfrutaban significativamente más la actividad 1 (v. talleres) que los hombres y ellos disfrutaban más la actividad 2 (juegos) que las mujeres. Además, los hombres que participaron en la actividad 2 disfrutaron significativamente más que los participantes de la actividad 1. En la emoción esperanza se identificó que los hombres obtienen significativamente mayores puntajes en este indicador en comparación con las mujeres en la actividad 2 (juego) y que los hombres de la actividad 1 (taller) obtienen menores puntajes en comparación con los jóvenes que participaron en la actividad 2. Para el caso del orgullo se determinó que en los video talleres (actividad 1) las mujeres puntúan significativamente más alto que los hombres y estos obtienen significativamente menores puntajes que los que participaron en los juegos (actividad 2).

Según lo anterior las mujeres disfrutaban y tiene más orgullo al desarrollar los video talleres del HHMI-BioInteractive, por lo que es probable que las diferencias en el desempeño en

las temáticas de frecuencia alélica y tiempo geológico en el grupo de actividad 2 correspondan a una mayor activación emocional en ellas de valencia negativa. En este sentido existe evidencia de diferencias de género en la percepción de los juegos, por lo que para los hombres competir con otros parece ser una característica importante y el descubrimiento, junto a la exploración podrían ser más trascendentes para las mujeres (Admiraal et al., 2014). Indagar como los juegos pueden afectar los resultados cognitivos según el género, abren una línea de investigación para el desarrollo de recursos educativos alternativos que sean igualmente atractivos para las niñas y los niños.

Conclusiones

La exploración comportamental, fisiológica y hormonal de la activación emocional realizada en el ambiente escolar fue innovadora, puesto que existe la necesidad de evaluar más profundamente la eficacia afectiva de herramientas lúdicas o actividades de aprendizaje activo elaboradas para la enseñanza de evolución. Para muchas personas el colegio será posiblemente la primera y última oportunidad para aprender sobre evolución. Este contenido resulta fundamental para la integración de conceptos en biología, con múltiples aplicaciones en la actualidad que involucran la toma de decisiones y la acción ciudadana crítica en cuestiones socio científicas. Por esto es necesario seguir investigando en el contexto escolar sobre las diferentes estrategias que puedan mejorar su enseñanza (Vargas & El-Hani, 2011).

En general se estableció que las actividades de consolidación (video talleres y juegos) son equiparables, pero existen algunas diferencias significativas (o próximas) en el resultado conceptual y emocional de los estudiantes. La evaluación de conocimientos, antes y después de la intervención didáctica se realizó con la Escala de Razonamiento Evolutivo (ERE). No hubo diferencias significativas en el pre y post test, ni entre los dos grupos de intervención; actividad 1 (talleres) y 2 (juegos), ni en el grupo control. En este sentido, las representaciones producto de la experiencia de los estudiantes pueden generar supuestos esencialistas y teleológicos que determinan la manera de ver y pensar el mundo, que son diferentes al concepto científico de evolución biológica abordado que habitualmente resulta contra-intuitivo para ellos, de manera que estas concepciones consiguen mantenerse luego del proceso de enseñanza, dando lugar a errores en la interpretación y hacen que el aprendizaje sobre la evolución sea todo un desafío (Coley & Tanner, 2012; Gagliardi, 1986; Gregory, 2009; Larreamendy-Joerns & Córdoba, 2011; Sinatra, Brem y Evans 2008). A las restricciones cognitivas esencialistas y teleológicas de los estudiantes se suma el currículo

de ciencias naturales del Ministerio de Educación Nacional (2004) para los grados cuarto o quinto de primaria, en los cuales se abordan temas como adaptación y camuflaje asociados a las necesidades de los sistemas vivos, sin abordar nada de evolución o selección natural, lo que fomenta que en la escuela primaria se afiance la representación teleológica de la evolución. Además de los factores inherentes al contexto de enseñanza de los colegios públicos, como el tiempo dedicado a los contenidos de evolución biológica.

En las pruebas de corto plazo realizadas luego de finalizar los ejes temáticos de selección natural y cambios en la frecuencia alélica, se identificó que no hay diferencias significativas entre los tres grupos (control y actividades 1 y 2) en las dos temáticas, pero en el desempeño del cuestionario de frecuencia alélica se evidenció un aumento en las respuestas correctas con relación al de selección natural. A pesar de esto el desempeño estuvo en un nivel medio, por la alta prevalencia de conceptos alternativos sobre la selección natural en estudiantes de secundaria asociados a malentendidos sobre la adaptación biológica (Gregory, 2009). En la temática de tiempo geológico (cuestionario 4), el puntaje del grupo de la actividad 1 (video talleres) fue significativamente más bajo que en los grupos de la actividad 2 (juegos) y el control. El video taller de consolidación “el día en que murió el Mesozoico” dedica poco tiempo a la conversión de ideas abstractas sobre la magnitud del tiempo geológico y el juego “evolucionar o perecer” acerca de forma concreta a los estudiantes mediante una analogía a la dimensión de tiempo en el que suceden diferentes eventos biológicos. El hecho de poder ver una representación gráfica o hacer una analogía que sea relevante para los estudiantes, hace que el aprendizaje se facilite y reduce la ambigüedad de los conceptos que involucran diferentes procesos mentales (Lewis, Lampe & Lloyd, 2009).

El compromiso de los estudiantes determinado con el cuestionario 5 sobre la Experiencia Transformadora en la Enseñanza de las Ciencias (ETEC) fue aceptable para los tres grupos y las diferencias entre ellos no fueron significativas. Los resultados sugieren que la ETEC es un método que puede ser efectivo para comprometer a los alumnos de secundaria, al incentivar un alto nivel de participación en el exterior del colegio, de los conceptos aprendidos en clase al usarlos activamente y relacionarlos con su experiencia. Aunque es conocido que los juegos estimulan condiciones afectivas que aumentan el compromiso con las tareas educativas (Howard-Jones, Jay, Mason, & Jones, 2016), en este caso la actividad 2 (juegos) no muestra diferencias significativas con el grupo control

y la actividad 1 (video talleres). La indagación de la aceptación de la EB evidenció diferencias marginalmente significativas entre los grupos control y el de la actividad 1. La aceptación fue más baja en los estudiantes que desarrollaron los video talleres del HHMI-BioInteractive a pesar que tienen un fuerte componente en el análisis de las evidencias de la EB. El grupo de la actividad 1 tuvo marginalmente menos disfrute en comparación con el de la actividad 2, aspecto que podría estar asociado con la aceptación y amerita enfocar futuros esfuerzos en la indagación de una posible relación.

Al considerar que la investigación sobre las emociones en la formación escolar en ciencias continúa relegada tanto en publicaciones académicas, como en el quehacer de los docentes, a pesar de la asociación entre los sistemas afectivos y cognitivos de los estudiantes en el aprendizaje, la exploración realizada empuja los límites del núcleo duro de la investigación en educación científica y amplía las evidencias, junto a lo que podemos saber sobre el aprendizaje y la enseñanza de la ciencia cuando tenemos en cuenta las emociones (James & Bellocchi, 2018). La exploración emocional realizada en esta investigación uso inicialmente el auto reporte de los estudiantes, en el cual no hay diferencias significativas en la activación emocional entre los grupos de actividad 1 y 2, ni entre los tres video talleres, pero en el juego del cuchador de la actividad 2 hubo significativamente mayor activación emocional que en los otros dos. Al desagregar las emociones se determinó que hay marginalmente mayor disfrute en el grupo de la actividad 2 (juegos) en comparación con el de la actividad 1 (video talleres), puesto que esta conducta hace parte activa del repertorio comportamental en la niñez y la juventud (Panksepp, Siviy, & Normansell, 1984). En las otras 7 emociones (esperanza, orgullo, ansiedad, aburrimiento, desesperación, vergüenza y enfado) no hay diferencias significativas entre las actividades 1 y 2, pero en el grupo de los video talleres las emociones de valencia negativa presentaron una mayor activación en comparación con el grupo que desarrollo los juegos. Por el contrario, las emociones de valencia positiva mostraron un mayor indicador en la actividad 2 (juegos) en comparación con la 1 (video talleres).

El registro de las emociones primarias de los estudiantes a través de fotografías tomadas durante el desarrollo de las clases de consolidación, mostró que no hay diferencias significativas en las emociones detectadas durante los tres video talleres de la actividad 1 y el gesto predominante fue el neutral. En la actividad 2 la emoción predominante fue la

alegría y hay marginalmente más en el segundo juego (Cuchador) en comparación con el primer (Evolución) y el tercer juego (Evolucionar o perecer). Al comparar las emociones identificadas en los estudiantes de las actividades 1 y 2 de consolidación planteadas para cada eje temático (selección natural, frecuencia alélica y tiempo geológico), se evidenció que hubo significativamente más alegría durante los tres juegos en comparación con los tres video talleres (actividad 1), lo que concuerda con el disfrute marginalmente superior auto reportado por los alumnos de la actividad 2. De modo que, la fotografía resulta una herramienta poderosa para la investigación en contextos educativos escolares, al involucrar la posibilidad de descubrimiento emocional con la construcción de conocimiento afectivo de las intervenciones didácticas (Augustowsky, 2007).

Tras una aproximación de la manera en que las actividades escolares y el componente vegetativo de las emociones están relacionados, se estableció mediante el análisis del delta de la frecuencia cardiaca (PRBPM) y de la saturación de oxígeno en sangre (SPO2) que no hay diferencias significativas entre los grupos control y de actividades 1 y 2 en las clases magistrales, ni en los video talleres (A1) y juegos (A2). Esto sugiere que la muestra aleatoria de los grupos control y de actividad 1 y 2 puede ser equivalente en activación vegetativa, pero se destaca que el aumento de la SPO2 y la disminución de la PRBPM al finalizar las intervenciones (clases magistrales y de consolidación) son más reducidas en el grupo de la actividad 2 (juegos) en comparación con el grupo de actividad 1 (taller) y el control. Además, en la activación vegetativa en cada una de las clases magistrales y en las actividades de consolidación (tres video talleres de la actividad 1 y tres juegos de la actividad 2), no hay diferencias significativas en el delta de la SPO2 y la PRBPM entre los grupos y actividades. Sin embargo, en el segundo juego (cuchador) del grupo de actividad 2, la saturación de oxígeno de los estudiantes se mantuvo igual al finalizar la clase con relación a la medida inicial y la frecuencia cardiaca aumento al finalizar el juego. Este juego obtuvo significativamente mayor activación emocional auto reportada, junto a un porcentaje de alegría estadísticamente más alto que el primer y el tercer juego. En los registros de SPO2 y PRBPM tomados durante o a la mitad del desarrollo de las clases magistrales y las actividades de consolidación, no se identificaron diferencias significativas. Pero es posible identificar que en la actividad 2 la SPO2 fue mayor y la PRBPM menor, en comparación con la actividad 1.

También se usó la cuantificación del cortisol en saliva como un marcador para identificar la respuesta biológica en los estudiantes durante los video talleres y juegos. Se determinó

que en el delta no existen diferencias significativas entre los tipos de actividad. Sin embargo, se identificó que en los video talleres (actividad 1) el cortisol aumento y en los juegos (actividad 2) disminuyo al finalizar las clases. Esto concuerda con los resultados del grupo de la actividad 2 en el cual hubo marginalmente más disfrute y significativamente más alegría en comparación con el grupo de la actividad 1. En este sentido la evidencia indica que los recursos psicológicos positivos, pueden ejercer efectos en diferentes componentes del ritmo diurno de cortisol. Por lo que los sujetos con puntuaciones de optimismo más altas tienden a tener una secreción de cortisol atenuada (Lai et al., 2005) y las clases de baja calidad se han asociado con patrones atípicos y con niveles elevados de cortisol (Sajaniemi et al., 2011).

En los resultados complementarios asociados a la recolección de datos que involucran a la ciencia y el género, se determinó que en el grupo de la actividad 2 (juegos) en las temáticas de frecuencia alélica y tiempo geológico los hombres puntúan significativamente más alto que las mujeres. Además, al finalizar estas temáticas la activación emocional auto reportada por las mujeres participes en la actividad 2 presenta un mayor puntaje, posiblemente porque las mujeres disfrutaban significativamente más la actividad 1 (v. talleres) que los hombres y ellos disfrutaban más la actividad 2 (juegos) que las mujeres. Por lo que los hombres que participaron en los juegos disfrutaron significativamente más que los participantes en los video talleres. También, los hombres tienen significativamente más esperanza en comparación con las mujeres en la actividad 2 y que los hombres de la actividad 1. Asimismo, en el grupo de los video talleres las mujeres tienen significativamente más orgullo que los hombres y estos obtienen significativamente menores puntajes que los que participaron en los juegos. En general las mujeres disfrutaban y tiene más orgullo al desarrollar los video talleres del HHMI-BioInteractive, por lo que es probable que las diferencias en el desempeño en las temáticas de frecuencia alélica y tiempo geológico en el grupo de actividad 2 correspondan a una mayor activación emocional de valencia negativa en ellas. Las diferencias de género en la percepción de los juegos, indican que para los hombres competir con otros parece ser una característica importante y el descubrimiento, junto a la exploración podrían ser más trascendentes para las mujeres (Admiraal et al., 2014).

Es deseable que la indagación realizada pueda favorecer la implementación de actividades de aprendizaje activo en el contexto escolar por parte de los docentes, considerando el

potencial educativo y la activación emocional, junto la importancia de continuar la investigación mediante la aplicación de métodos que permitan identificar y mediar con las dificultades en el aprendizaje y la enseñanza de la evolución biológica.

Limitaciones y recomendaciones

En el progresivo desarrollo de juegos o actividades educativas para uso escolar, pocos examinan rigurosamente su efectividad. La evaluación habitual empleada es subjetiva y escasos trabajos tienen en cuenta la significancia de sus resultados establecida mediante métodos cuali-cuantitativos o despliegan alguna prueba estadística. Esa más, los estudios que evalúan la eficacia de las actividades de aprendizaje activo con adolescentes son escasos (Vargas & El-Hani, 2011). En consecuencia, la exploración amplia de la respuesta emocional de los estudiantes en su contexto natural involucro aspectos comportamentales, fisiológicos y hormonales. Estos incluyeron respectivamente el desempeño conceptual, el auto registro emocional y captura de la expresión facial, junto al reconocimiento de la frecuencia cardíaca y la saturación de oxígeno en sangre, además del cortisol en saliva. Por ende, la información colectada fue abundante y su sistematización y análisis estadístico requirió bastante tiempo y esfuerzo. Estas características fueron producto de la aproximación inicial del laboratorio de neurociencias, al indagar de manera integral la respuesta emocional ante actividades de aprendizaje activo en el contexto escolar de la educación pública de Bogotá D.C.

La transferencia de conocimientos de la neurociencia a la práctica en el aula debe estar mediada por la unión de experiencias educativas con la investigación (Fischer et al., 2007). Vargas & El-Hani (2011) reconocen que los contextos experimentales en el laboratorio o en escuelas modelo son necesarios, pero si esperamos que el conocimiento o las herramientas desarrolladas contribuyan al cambio positivo de la enseñanza de la biología en la educación escolar, deben estar inmersas en la realidad que viven día a día los estudiantes y docentes, para que la investigación educativa persuada o tenga efectos sobre el que hacer de los profesores, es inevitable que sea conducida a las condiciones reales de las instituciones educativas distritales, con todas las dificultades que ello conlleva. Establecer el colegio donde fue desarrollada la investigación estuvo supeditado al aval de la rectora y el visto bueno de las orientadoras de la institución, porque la toma de las muestras o la información a ser registrada inquieto tanto a las directivas como a los

padres de familia y los estudiantes. Por este motivo se realizaron el consentimiento y el asentimiento informado para padres y estudiantes respectivamente. Para su diligenciamiento es recomendable aprovechar las entregas de boletines u otros eventos en los cuales los acudientes deban asistir a la institución.

Es importante discutir los impedimentos encontrados en la condición escolar naturalista, para mejorar los diseños de próximos estudios. Entre más conocimiento se acumule sobre las condiciones de los colegios, es más probable que la organización de la investigación funcione satisfactoriamente en el contexto de las escuelas (Vargas & El-Hani, 2011). Nuestra investigación se desarrolló según el currículo en ciencias naturales y las intervenciones se realizaron dentro del horario de las clases de biología establecidas por el colegio. Los grupos de intervención o de actividad 1 y 2, tenían dos clases a la semana en horarios contra balanceados. Una dificultad identificada se refiere a la realidad de funcionamiento de los colegios públicos, junto a la inasistencia de los estudiantes. A pesar de que el primer contacto con la profesora se realizó con antelación y se planeó un cronograma de intervención para las clases y aplicación de los cuestionarios, las fechas fueron modificadas por diferentes actividades en la institución educativa, como paralizaciones o paros, simulacros de evacuación, días de interés cultural o izadas de bandera, entrega del refrigerio y días festivos, que dificultaron el cumplimiento del cronograma previsto.

Es recomendable que esta propuesta de investigación sea implementada en otros contextos escolares similares, con el objetivo de comparar los resultados obtenidos. En trabajos futuros los profesores de planta del colegio pueden ser quienes desarrollen las clases y apliquen las actividades de los video talleres o juegos en los cursos a los que asisten habitualmente, con el objeto de controlar la novedad o el error de predicción de los estudiantes ante un nuevo profesor (investigador) en la intervención. En consecuencia, los docentes deberán ser capacitados en el desarrollo de las actividades, como en los contenidos a ser abordados, sin dejar de lado que al involucrar diferentes profesores existe la posibilidad de un sesgo, por lo que vale la pena caracterizar sus actitudes hacia la evolución biológica.

Los estudiantes participes en esta investigación presentaron dificultades para la construcción de conocimiento concurrentes con otros trabajos de enseñanza de la

evolución. Esto sugiere la necesidad de profundizar en las representaciones relativas al pensamiento evolutivo de los alumnos, lo que representó una limitante para nuestra investigación por las características y el objetivo de la misma. También, en la captura de las fotografías de los estudiantes durante las actividades de consolidación fueron realizadas con un celular, lo que inicialmente en algunos casos generaba una predisposición y modificaba la manifestación de los gestos, por lo que correspondió a una limitante y es recomendable usar una cámara que no sea evidente para los participantes.

La exploración de las emociones académicas realizada en el contexto de la educación pública ha significado para la investigación ignorar que las experiencias emocionales no solo ocurren en las aulas durante la enseñanza y el aprendizaje formal, sino también en las interacciones sociales entre las clases del colegio, lo que se convierte en una posibilidad de investigación para el futuro. En cuanto a la manifestación vegetativa de las emociones percibida mediante el uso del pulso oxímetro, presento la limitante de la novedad, es decir, no se reportan estudios de este tipo en la población escolar y aun no es suficientemente claro lo que significa la fluctuación de la saturación de oxígeno en sangre y de la frecuencia cardíaca en la activación emocional de estudiantes escolares.

Referencias

Admiraal, W., Huizenga, J., Heemskerk, I., Kuiper, E., Volman, M., & Dam, G. ten. (2014). Gender-inclusive game-based learning in secondary education. *International Journal of Inclusive Education*, 18(11), 1208-1218. <https://doi.org/10.1080/13603116.2014.885592>

Aleixandre, M. P. J. (1991). Cambiando las ideas sobre el cambio biológico. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 9(3), 248-256-256.

Almaguer-Melián, W. y Bergado-Rosado J.A. (2002) Interacciones entre el hipocampo y la amígdala en proceso de plasticidad sináptica. Una clave para entender las relaciones entre motivación y memoria. *Revista de Neurología*, 35(6), 586-593

Anttila, H., Pyhältö, K., Piertarinen, J., & Soini, T. (2018). Socially Embedded Academic Emotions in School. *Journal of Education and Learning*, 7(3), 87-101.

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 Ramírez L. C. J. (2013) Obstáculos al aprendizaje del concepto estructurante evolución biológica. *Bio-grafía*, 6. Edición Extra-Ordinaria, 231-244.

Asencio, J. (1987). Biología y educación. *Educar*, (12), 7-26.

Assis, S., & Carvalho, S. (2012). Evolutionism and the Teaching of Science: How Portugal Has Been “Playing with the Big Tree of Evolution”. *Evolution: Education and Outreach*, 5(3), 445. <https://doi.org/10.1007/s12052-012-0437-7>

Aubusson, P., Fogwill, S., Barr, R., & Perkovic, L. (1997). What happens when students do simulation-role-play in science? *Research in Science Education*. 27(4), 565-579. <https://doi.org/10.1007/BF02461481>

Augustowsky, G. (2007) El registro fotográfico en la investigación educativa. En I. Sverdlick (Ed.) *La investigación educativa: Una herramienta de conocimiento y de acción*. Buenos Aires: Noveduc.

Bellocchi, A., & Ritchie, S. M. (2015). «I Was Proud of Myself That I Didn't Give Up and I Did It': Experiences of Pride and Triumph in Learning Science. *Science Education*, 99(4), 638-668. <http://doi.org/10.1002/sce.21159>

Bland, M. W., & Morrison, E. (2015). The Experimental Detection of an Emotional Response to the Idea of Evolution. *The American Biology Teacher*, 77(6), 413-420. <http://doi.org/10.1525/abt.2015.77.6.413>

BouJaoude, S., Asghar, A., Wiles, J. R., Jaber, L., Saredidine, D. & Alters, B. (2011). Biology professors' and teachers' positions regarding biological evolution and evolution education in a middle eastern society. *International Journal of Science Education*, 33(7): 979–1000.

Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated Cognition and the Culture of Learning. *Educational Researcher*, 18(1), 32-42. <https://doi.org/10.3102/0013189X018001032>

Burton, S. & Dobson, C. (2009) Spork & beans: Addressing evolutionary misconceptions. *The American Biology Teacher*, 71 (2): 89-93.

Calderón, O. (2016). Oximetry: a reflective tool for the detection of physiological expression of emotions in a science education classroom. *Cultural Studies of Science Education*, 11(3), 653-667. <https://doi.org/10.1007/s11422-016-9731-y>

Campos, R., & Sá-Pinto, A. (2013). Early evolution of evolutionary thinking: teaching biological evolution in elementary schools. *Evolution: Education and Outreach*, 6(1), 25. <https://doi.org/10.1186/1936-6434-6-25>

Carlson, N. (2014). *Fisiología de la conducta*. Madrid: Pearson Educación, S.A.

Christensen-Dalsgaard, J., & Kannevorff, M. (2009). Evolution in Lego ® : A Physical Simulation of Adaptation by Natural Selection. *Evolution: Education and Outreach*, 2(3), 518. <https://doi.org/10.1007/s12052-008-0099-7>

Cobern, W. W. (1996). Worldview theory and conceptual change in science education. *Science Education*, 80(5), 579-610.

Coley, J. D., & Tanner, K. D. (2012). Common Origins of Diverse Misconceptions: Cognitive Principles and the Development of Biology Thinking. *CBE Life Sciences Education*, 11(3), 209-215. <https://doi.org/10.1187/cbe.12-06-0074>

Conrado, D., Nunes-Neto, N. (2018) Questões sociocientíficas e dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais dos conteúdos no ensino de ciências. Em Conrado, D., Nunes-Neto, N. *Questões sociocientíficas. Fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas*. Salvador: Edufba

Colombia. Ministerio de Salud. (4 de octubre de 1993) Resolución 008430 de 1993, por la cual se establecen las normas académicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud.

Craciun, D. (2010). Role – Playing as a creative method in science education. *Journal of Science and Arts*. 1(12), pp. 175-182

Damasio, A. (2005) *En busca de Spinoza. Neurobiología de la emoción y los sentimientos*. Barcelona: Crítica.

de Quervain, D. J. F., Roozendaal, B., Nitsch, R. M., McGaugh, J. L. & Hock, C. (2000) Acute cortisone administration impairs retrieval of long-term declarative memory in humans. *Nat. Neurosci.* 3, 313–314

Deniz, H., Donnelly, L. A. & Yilmaz, I. (2008). Exploring the factors related to acceptance of evolutionary theory among Turkish preservice biology teachers: Toward a more informative conceptual ecology for biological evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 45 (4): 420–443.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2015) Población total nacional según sexo edad. Tomado de:

<https://geoportal.dane.gov.co/midaneapp/pob.html>

Dewey, J. (1986). Experience and Education. *The Educational Forum*, 50(3), 241-252. <https://doi.org/10.1080/00131728609335764>

Díaz Barriga, F. (2003). Cognición situada y estrategias para el aprendizaje significativo. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 5(2). Recuperado de <https://redie.uabc.mx/redie/article/view/85>

Dimolareva, M., Gee, N. R., Pfeffer, K., Maréchal, L., Pennington, K., & Meints, K. (2018). Measuring Cortisol in the Classroom with School-Aged Children—A Systematic Review and Recommendations. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(5). <https://doi.org/10.3390/ijerph15051025>

Domjan, M. (2010) *Principios de aprendizaje y conducta*. Sexta edición. Mexico: Cengage Learning Editores, S. A. de C. V.

El-Hani, C. N., Amaral, E. M. R. do, Sepulveda, C., & Mortimer, E. F. (2015). Conceptual Profiles: Theoretical-methodological Grounds and Empirical Studies. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 167, 15-22. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.12.636>

Emotion API: Detección de expresiones emocionales | Microsoft Azure. (s. f.). Recuperado 4 de agosto de 2017, a partir de <https://azure.microsoft.com/es-es/services/cognitive-services/emotion/>

Eterovic, A., & Santos, C. M. D. (2013). Teaching the role of mutation in evolution by means of a board game. *Evolution: Education and Outreach*, 6(1), 22. <https://doi.org/10.1186/1936-6434-6-22>

Fabre, B., Mesch, V., Oneto, A., Macalini, G. Grosman, H., Aranda, C., & Berg G. (2009) La saliva y su utilidad en la evaluación de la función endocrinológica. *Revista SAEGRÉ - Volumen XVI - Nº 3 – noviembre*, 26 – 43.

Fischer, K. W., Daniel, D. B., Immordino-Yang, M. H., Stern, E., Battro, A., & Koizumi, H. (2007). Why Mind, Brain, and Education? Why Now? *Mind, Brain, and Education*, 1(1), 1-2. <http://doi.org/10.1111/j.1751-228X.2007.00006.x>

Folkman, S. (2008). The case for positive emotions in the stress process. *Anxiety, Stress, and Coping*, 21(1), 3-14. <https://doi.org/10.1080/10615800701740457>

Frey, F. M., Lively, C. M., & Brodie, E. D. (2010). Selection and Evolution with a Deck of Cards. *Evolution: Education and Outreach*, 3(1), 114. <https://doi.org/10.1007/s12052-009-0201-9>

Gagliardi, R. (1986). Los conceptos estructurales en el aprendizaje por investigación. *Enseñanza De Las Ciencias*. 4 (I) pp. 30-35.

Gagliardi, R. (1994). *Obstáculos al aprendizaje - obstáculos a la enseñanza en contextos multiculturales*. Ginebra - Suiza: UNESCO.

Gerdes, L., Tegeler, C. H., & Lee, S. W. (2015). A groundwork for allostatic neuro-education. *Frontiers in Psychology*, 6. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01224>

Gibson, A. K., Drown, D. M., & Lively, C. M. (2015). The Red Queen's Race: An Experimental Card Game to Teach Coevolution. *Evolution: Education and Outreach*, 8(1), 10. <https://doi.org/10.1186/s12052-015-0039-2>

Gibson, J. P., & Cooper, J. T. (2017). Botanical Phylo-Cards: A Tree-Thinking Game to Teach Plant Evolution. *The American Biology Teacher*, 79(3), 241-244. <https://doi.org/10.1525/abt.2017.79.3.241>

Gómez, J. (1999) Un estudio observacional de la conducta de juego social en un grupo de gorilas jóvenes cautivos. Anguera, M. (coord.) *Observación en etología (animal-humana) Aplicaciones*. Barcelona: Edicions Universitat de Barcelona.

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.

González-Galli, L. M. (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-Galli, 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.

Gordon, N. S., Burke, S., Akil, H., Watson, S. J., & Panksepp, J. (2003). Socially-induced brain «fertilization»: play promotes brain derived neurotrophic factor transcription in the amygdala and dorsolateral frontal cortex in juvenile rats. *Neuroscience Letters*, 341(1), 17-20.

Gould, S. J. (1999). *La vida maravillosa*. Barcelona: Crítica.

Grau, R. (1993): Revisión de concepciones en el área de la evolución. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (1): 87-89.

Gregory, T. R. (2009). Understanding Natural Selection: Essential Concepts and Common Misconceptions. *Evolution: Education and Outreach*, 2(2), 156-175. <https://doi.org/10.1007/s12052-009-0128-1>

Guillen, J. C., Pardo, F., Miravalles, A. F. i, Hernández, T., & Trinidad, C. (2015). Principis neurodidàctics per a l'aprenentatge. *Temps d'Educació*, 0(49), 49-67.

Hawley, P. H., Short, S. D., McCune, L. A., Osman, M. R., & Little, T. D. (2011). What's the Matter with Kansas?: The Development and Confirmation of the Evolutionary Attitudes and Literacy Survey (EALS). *Evolution: Education and Outreach*, 4(1), 117. <https://doi.org/10.1007/s12052-010-0294-1>

Heddy, B. C., & Sinatra, G. M. (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.

HHMI BioInteractive. (2015). Guía para el cortometraje: El misterioso origen del maíz | Recuperado 11 de abril de 2019, de <https://www.hhmi.org/es/biointeractive/guia-para-el-cortometraje-el-misterioso-origen-del-maiz>

HHMI BioInteractive. (2016). Siguiendo el rastro de la evidencia | Recuperado 11 de abril de 2019, de <https://www.hhmi.org/es/biointeractive/siguiendo-el-rastro-de-la-evidencia>

HHMI BioInteractive. (2017a). Explicando los cambios de color del pelaje en poblaciones de ratones de bolsillo | Recuperado 11 de abril de 2019, de <https://www.hhmi.org/es/biointeractive/explicando-los-cambios-de-color-del-pelaje-en-poblaciones-de-ratones-de-bolsillo>

HHMI BioInteractive. (2017b). Cambios de color del pelaje en poblaciones de ratones de bolsillo | Recuperado 11 de abril de 2019, de <https://www.hhmi.org/es/biointeractive/cambios-de-color-del-pelaje-en-poblaciones-de-ratones-de-bolsillo>

HHMI BioInteractive. (2017c). Estalló el secreto: el misterioso origen del maíz | Recuperado 11 de abril de 2019, de <https://www.hhmi.org/es/biointeractive/estallo-el-secreto-el-misterioso-origen-del-maiz>

HHMI BioInteractive. (2017d). El día que murió el Mesozoico | Recuperado 11 de abril de 2019, de <https://www.hhmi.org/es/biointeractive/el-dia-que-murio-el-mesozoico>

Howard-Jones, P. A., Jay, T., Mason, A., & Jones, H. (2016). Gamification of Learning Deactivates the Default Mode Network. *Frontiers in Psychology*, 6.

Howes, E. V., & Cruz, B. C. (2009). Role-Playing in Science Education: An Effective Strategy for Developing Multiple Perspectives. *Journal of Elementary Science Education*. 21(3), 33-46.

Huizinga, J. (2007). *Homo Ludens*. Madrid: Emecé / Alianza editorial.

Immordino-Yang, M. H., & Damasio, A. (2007). We Feel, Therefore We Learn: The Relevance of Affective and Social Neuroscience to Education. *Mind, Brain, and Education*, 1(1), 3-10. <http://doi.org/10.1111/j.1751-228X.2007.00004.x>

Insel, T. R. (2003). Is social attachment an addictive disorder? *Physiology & Behavior*, 79(3), 351-357. [http://doi.org/10.1016/S0031-9384\(03\)00148-3](http://doi.org/10.1016/S0031-9384(03)00148-3)

James, P., & Bellocchi, A., (2018) Emotions in learning science. In Ritchie, Stephen M. & Tobin, Kenneth (Eds.) *Eventful learning: Learner emotions*. Brill, Leiden, The Netherlands, pp. 9-30.

Joëls, M., Pu, Z., Wiegert, O., Oitzl, M. S., & Krugers, H. J. (2006). Learning under stress: how does it work? *Trends in Cognitive Sciences*, 10(4), 152-158. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2006.02.002>

Justel, N., Psyrdellis, M., & Ruetti, E. (2014). Modulación de la memoria emocional: una revisión de los principales factores que afectan los recuerdos. *Suma Psicológica*. 20(2), 163-174. <http://dx.doi.org/10.14349/sumapsi2013.1276>

Keil, M. F. (2012). Salivary cortisol: a tool for biobehavioral research in children. *Journal of Pediatric Nursing*, 27(3), 287-289. <https://doi.org/10.1016/j.pedn.2012.02.003>

Kelly, S. J., Young, R., Sweeting, H., Fischer, J. E., & West, P. (2008). Levels and confounders of morning cortisol collected from adolescents in a naturalistic (school) setting. *Psychoneuroendocrinology*, 33(9), 1257-1268. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2008.06.010>

Kiili, K., de Freitas, S., Arnab, S., & Lainema, T. (2012). The Design Principles for Flow Experience in Educational Games. *Procedia Computer Science*, 15, 78-91. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2012.10.060>

Koelsch, S., Jacobs, A. M., Menninghaus, W., Liebal, K., Klann-Delius, G., von Scheve, C., & Gebauer, G. (2015). The quartet theory of human emotions: An integrative and neurofunctional model. *Physics of Life Reviews*, 13(Supplement C), 1-27. <https://doi.org/10.1016/j.plrev.2015.03.001>

Larreamendy-Joerns, J. & Córdoba, M. (2011). Pensar la evolución: desafíos cognitivos en el aprendizaje y la enseñanza de conceptos biológicos. En: G. Gutiérrez, y M.R. Papini. (eds.) *Darwin y las ciencias del comportamiento*. Bogotá, D. C.: Universidad Nacional de Colombia. (pp. 245 – 269)

Lai, J. C. L., Evans, P. D., Ng, S. H., Chong, A. M. L., Siu, O. T., Chan, C. L. W., ... Chan, C. C. (2005). Optimism, positive affectivity, and salivary cortisol. *British Journal of Health Psychology*, 10(Pt 4), 467-484. <https://doi.org/10.1348/135910705X26083>

Lavados, J. (2012) *El cerebro y la educación: neurobiología del aprendizaje*. Santiago de Chile: Aguilar Chilena de Ediciones.

LeDoux, J. (2012a). Rethinking the Emotional Brain. *Neuron*, 73(4), 653-676. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2012.02.004>

- LeDoux, J. E. (2012b). Evolution of Human Emotion. *Progress in brain research*, 195, 431-442. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53860-4.00021-0>
- Lee, T. W., Grogan, K. E., & Liepkalns, J. S. (2017). Making evolution stick: using sticky notes to teach the mechanisms of evolutionary change. *Evolution: Education and Outreach*, 10(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s12052-017-0074-2>
- 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
- Llinás, R., & Roy, S. (2009). The 'prediction imperative' as the basis for self-awareness. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 364(1521), 1301-1307. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0309>
- López, L., Martínez, M., & Zuluaga, J. (2001). Neurodesarrollo y educación. En Zuluaga, J. *Neurodesarrollo y estimulación*. Bogotá D.C.: Editorial Medica Panamericana.
- Loubon, C. O., & Franco, J. C. (2015). Neurofisiología del aprendizaje y la memoria. Plasticidad Neuronal. *Archivos de Medicina*, 6(1). Recuperado a partir de <http://www.archivosdemedicina.com/abstract/neurofisiologa-del-aprendizaje-y-la-memoria-plasticidad-neuronal-837.html>
- Maidana, P., Bruno, O. D., & Mesch, V. (2013). Medición de cortisol y sus fracciones: Una puesta al día. *Medicina (Buenos Aires)*, 73(6), 579-584.
- 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*. Vol. 1, Nº 2, pp. 122-135
- Martin, R. E., & Ochsner, K. N. (2016). The neuroscience of emotion regulation development: implications for education. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 10, 142-148. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2016.06.006>
- Martínez, M. (2001). Neurodesarrollo, juego y función ejecutiva. En Zuluaga, J. *Neurodesarrollo y estimulación*. Bogotá D.C.: Editorial Medica Panamericana.
- Martínez-Hernández, F., Mendoza-Fernández, A. J., Salmerón-Sánchez, E., Mota-Poveda, J. F., & Garzón, A. (2017). Sobre el grado de aceptación de la teoría evolutiva de los alumnos de Enseñanza Secundaria Obligatoria. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 0(Extra), 1281-1288.
- Marx, G. (1984). Simulation games in science education. *European Journal of Science Education*, 6(1), 31-45. <https://doi.org/10.1080/0140528840060106>
- Maté, C. (2004) El juego en los antropoides y los niños. *Estudios de Psicología*. 25(2):149-167.

- Maturana, H. A., & Vargas, S. A. (2015). El estrés escolar. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 26(1), 34-41. <https://doi.org/10.1016/j.rmclc.2015.02.003>
- Mayer, R. (2004) *Psicología de la Educación*. Volumen II. Madrid: Pearson Education, S.A.
- McEwen, B. S., & Gianaros, P. J. (2011). Stress- and Allostasis-Induced Brain Plasticity. *Annual review of medicine*, 62, 431-445. <https://doi.org/10.1146/annurev-med-052209-100430>
- McGaugh, J. L. (2015). Consolidating memories. *Annual review of psychology*, 66, 1-24.
- Mengascini, A., & Menegaz, A. (2005). “El juego de las mariposas”. Propuesta didáctica para el tratamiento del cambio biológico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 403-415.
- Mora, F. (2013) *Neuroeducación*. Madrid: Alianza editorial.
- Morgado, I. (2005). Psicobiología del aprendizaje y la memoria. *CIC Cuadernos De Información Y Comunicación*, 0(10), 221 - 233.
- Niedenthal, P. (2007) Embodying Emotion. *Science*. Vol 316. May 18.
- Ostachuk, A. (2013). El UMWELT de Uexküll y Merleau-Ponty. *Ludus Vitalis*, vol. XXI (39), 45-65.
- Ostrosky, F., & Vélez, A. (2013). Neurobiología De Las Emociones. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*. Vol.13, Nº1, pp. 1-13
- Panksepp, J. (2007). Can PLAY Diminish ADHD and Facilitate the Construction of the Social Brain? *Journal of the Canadian Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 16(2), 57-66.
- Panksepp, J., Siviy, S., & Normansell, L. (1984). The psychobiology of play: theoretical and methodological perspectives. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 8(4), 465-492.
- Pekrun, R., Goetz, T., Titz, W., & Perry, R. P. (2002). Positive Emotions in Education. En E. Frydenberg (Ed.), *Beyond Coping* (pp. 149-174). Oxford University Press. Recuperado a partir de <http://www.oxfordclinicalpsych.com/view/10.1093/med:psych/9780198508144.001.0001/med-9780198508144-chapter-8>
- Pekrun, R., y Linnenbrink-Garcia, L. (2012). Academic emotions and student engagement. En S. L. Christenson, A. L. Reschly, y C. Wylie (Eds.), *Handbook of research on student engagement* 259-282. New York: Springer.
- Peñaloza, G. (2016). El papel de la relación ciencia-religión en la circulación del darwinismo en la enseñanza de la biología en Colombia. *Filosofía e História da Biologia*, 11(1), 69-92.

- Peñaloza, G. (2017). *Relaciones ciencia – religión y enseñanza de la evolución. Estudio de casos con profesores de biología de educación básica secundaria*. (Tesis Doctoral). Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Universidade Federal da Bahia.
- Price, R. M. (2011). Performing Evolution: Role-Play Simulations. *Evolution: Education and Outreach*, 4(1), 83. <https://doi.org/10.1007/s12052-010-0300-7>
- Rajmohan, V., & Mohandas, E. (2007). The limbic system. *Indian Journal of Psychiatry*, 49(2), 132-139. <https://doi.org/10.4103/0019-5545.33264>
- Ramírez, L. C. J. (2011). Juego de simulación como propuesta didáctica para abordar el concepto evolución biológica. *Bio-grafía*. Edición Extra-Ordinaria. Mayo. p. 83- 92.
- Ramírez, L. C. J. (2012). Iconografía de la evolución biológica en los textos escolares de ciencias naturales. *Bio-grafía*. Vol. 5 (9). Monográfico de Evolución. p. 38-50.
- Ramírez, L. C. J. (2013). Juego de simulación para enseñar evolución por selección natural con insectos. *Revista EDUCyT*, Vol. Extraordinario. Diciembre, p. 251-277.
- Ramírez, L. C. J. (2015). Juego de simulación para enseñar evolución por selección natural a estudiantes de noveno grado. *Revista Perspectivas Educativas*. Vol. 7. No 1. pp. 115-133.
- Ramírez, L. C. J., Robles, J., & Peñaloza, G. (2016). El juego como estrategia para enseñar y aprender evolución biológica. Taller. V Congreso de la Asociación Colombiana para la Investigación en Educación en Ciencias y Tecnología (EDUCyT). Universidad Sur Colombiana (USCO).
- Ramírez-Olaya, L. C. J. (2016). El juego de aprender y enseñar el concepto estructurante Evolución Biológica. *Bio-grafía*, 9(17). Recuperado a partir de <http://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/4694>
- Ramírez, L., Peñaloza, G., & Moreno, P. (2018). *Actitudes, emociones y naturaleza de la ciencia en la educación científica*. Bogotá: Idartes
- Rivas, M. L., & García, F. G. (2016). ¿Comprenden y aceptan los estudiantes la evolución? Un estudio en bachillerato y universidad. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(2), 248-263.
- Román, C. A., & Hernández, Y. (2011). El estrés académico: una revisión crítica del concepto desde las ciencias de la educación. *Revista Electrónica de Psicología Iztacala*, 14(2). Recuperado de <http://www.revistas.unam.mx/index.php/rep/article/view/26023>
- Roosendaal, B., Barsegyan, A., & Lee, S. (2008). Adrenal stress hormones, amygdala activation, and memory for emotionally arousing experiences. *Progress in Brain Research*, 167, 79-97. [https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(07\)67006-X](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(07)67006-X)
- Rubio, E. (2014). Las mujeres en la ciencia de hoy. Todavía limitadas por un sistema basado en desigualdades estructurales. *Investigación y Ciencia*. 459.

- Rutledge, M. L., & Sadler, K. C. (2007). Reliability of the Measure of Acceptance of the Theory of Evolution (MATE) Instrument with University Students. *The American Biology Teacher*, 69(6), 332-335. [https://doi.org/10.1662/0002-7685\(2007\)69\[332:ROTMOA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1662/0002-7685(2007)69[332:ROTMOA]2.0.CO;2)
- Sajaniemi, N., Suhonen, E., Kontu, E., Rantanen, P., Lindholm, H., Hyttinen, S., & Hirvonen, A. (2011). Children's Cortisol Patterns and the Quality of the Early Learning Environment. *European Early Childhood Education Research Journal*, 19(1), 45-62.
- Sepulveda, C., Mortimer, E. F., & El-Hani, C. N. (2016). Construção de um perfil conceitual de adaptação: implicações metodológicas para o programa de pesquisa sobre perfis conceituais e o ensino de evolução. *Investigações em Ensino de Ciências*, 18(2), 439-479.
- Schaefer, Ch. y O'Connor, K. (1988) *Manual de terapia de juego*. México, D.F.: Manual Moderno.
- Schwartz, B., Wasserman, E., & Robbins, S. (2002) *Psychology of Learning and Behavior*. Fifth Edition. United States of America: Norton & Company, Inc.
- Shors, T. J. (2004). Learning During Stressful Times. *Learning & memory* (Cold Spring Harbor, N.Y.), 11(2), 137-144. <https://doi.org/10.1101/lm.66604>
- Sigman, M., Peña, M., Goldin, A. P., & Ribeiro, S. (2014). Neuroscience and education: prime time to build the bridge. *Nature Neuroscience*, 17(4), 497-502. <http://doi.org/10.1038/nn.3672>
- Sinatra, G. M., Brem, S. K., & Evans, E. M. (2008). Changing Minds? Implications of Conceptual Change for Teaching and Learning about Biological Evolution. *Evolution: Education and Outreach*, 1(2), 189-195. <http://doi.org/10.1007/s12052-008-0037-8>
- Smithsonian (2014). ETE Game: Evolve or Perish. [en línea]. Education&Outreach. Consultado el 20 de marzo de 2015, en: https://naturalhistory2.si.edu/ete/ETE_Education&Outreach_Game.html
- Stenhouse, D. (1977) Human Ethology, Education, and Learning. *Interchange*. Vol. 8, No. 3
- Stern, E. (2005). Pedagogy Meets Neuroscience. *Science*, 310 (5749), 745-745. <http://doi.org/10.1126/science.1121139>
- Tirapu-Ustárroz J., Pérez-Sayes, G., Erekatxo-Bilbao, M. y Pelegrín-Valero, C. (2007) ¿Qué es la teoría de la mente? *Revista De Neurología* 44 (8): 479-489.
- Tobin, K., King, D., Henderson, S., Bellocchi, A., & Ritchie, S. M. (2016). Expression of emotions and physiological changes during teaching. *Cultural Studies of Science Education*, 11(3), 669-692. <https://doi.org/10.1007/s11422-016-9778-9>
- Tobin, K. (2013). A Sociocultural Approach to Science Education. *Magis, Revista Internacional de Investigación en Educación*, 6(12), 19-35.

- Tommasi, L., Nadel, L., & Peterson, M. A. (2009). *Cognitive Biology: The New Cognitive Sciences*. MIT Press Scholarship Online Recuperado de <http://mitpress.universitypressscholarship.com/view/10.7551/mitpress/9780262012935.001.0001/upso-9780262012935-chapter-1>
- Toro Arévalo, S. (2010). NEUROCIENCIAS Y APRENDIZAJE... TEXTO EN CONSTRUCCION. *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, 36(2), 313-331. <https://doi.org/10.4067/S0718-07052010000200018>
- Trammell, J. P., & Clore, G. L. (2014). Does Stress Enhance or Impair Memory Consolidation? *Cognition & emotion*, 28(2), 361-374. <https://doi.org/10.1080/02699931.2013.822346>
- Treasure, J. (2013). Transcripción de «Cómo hablar de forma que la gente te quiera oír». TED. Recuperado 16 de marzo de 2017, a partir de https://www.ted.com/talks/julian_treasure_how_to_speak_so_that_people_want_to_listen/transcript
- Tripp, D. (2005). Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. *Educação e Pesquisa*, 31(3), 443-466. <https://doi.org/10.1590/S1517-97022005000300009>
- Tyler, W. J., Alonso, M., Bramham, C. R., & Pozzo-Miller, L. D. (2002). From Acquisition to Consolidation: On the Role of Brain-Derived Neurotrophic Factor Signaling in Hippocampal-Dependent Learning. *Learning & memory (Cold Spring Harbor, N.Y.)*, 9(5), 224-237. <https://doi.org/10.1101/lm.51202>
- UNESCO. (2007). *Ciencia, tecnología y género: Informe internacional*. Uruguay: UNESCO.
- UNESCO. (2017). Un nuevo informe de la UNESCO pone de relieve las desigualdades de género en la enseñanza de las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas (STEM). Recuperado de <https://es.unesco.org/news/nuevo-informe-unesco-pone-relieve-desigualdades-genero-ensenanza-ciencias-tecnologia-ingenieria>
- Valbuena, E. (2007). *El Conocimiento Didáctico del Contenido Biológico: estudio de las concepciones disciplinares y didácticas de futuros docentes de la Universidad Pedagógica Nacional (Colombia)*. (Tesis Doctoral). Facultad de Educación. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad Complutense de Madrid.
- Valiente, C., Swanson, J., & Eisenberg, N. (2012). Linking Students' Emotions and Academic Achievement: When and Why Emotions Matter. *Child development perspectives*, 6(2), 129-135. <https://doi.org/10.1111/j.1750-8606.2011.00192.x>
- Van Ast, V. A., Cornelisse, S., Marin, M.-F., Ackermann, S., Garfinkel, S., & Abercrombie, H. C. (2013). Modulatory mechanisms of cortisol effects on emotional learning and memory: Novel perspectives. *Psychoneuroendocrinology*, 38(9), 1874-1882. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2013.06.012>

- Vargas, M., y El-Hani, N.C. (2011). Análisis de los efectos del juego Clipsitacídeos (Clipbirds) sobre el aprendizaje de estudiantes de la enseñanza media acerca de la evolución. *Revista Internacional de Investigación en Ciencias de la Educación*, 11 (1), 143-168. Recuperado de <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4131>
- Vogel, S., & Schwabe, L. (2016). Learning and memory under stress: implications for the classroom. *Npj Science of Learning*, 1, 16011. <https://doi.org/10.1038/npjscilearn.2016.11>
- Westbrook, R. (1993). JOHN DEWEY. *Perspectivas: revista trimestral de educación comparada* (París, UNESCO: Oficina Internacional de Educación), vol. XXIII, (1-2), 289-305.
- Wiles, J. (2010). Overwhelming Scientific Confidence in Evolution and its Centrality in Science Education—And the Public Disconnect. *Science Education Review*, 9 (1): 18 – 27.
- Wolf, O. T. (2009). Stress and memory in humans: twelve years of progress? *Brain Research*, 1293, 142-154. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2009.04.013>
- Woodin, T., Carter, V. C., & Fletcher, L. (2010). Vision and Change in Biology Undergraduate Education, A Call for Action—Initial Responses. *CBE Life Sciences Education*, 9(2), 71-73. <http://doi.org/10.1187/cbe.10-03-0044>
- Woodin, T., Smith, D., & Allen, D. (2009). Transforming Undergraduate Biology Education for All Students: An Action Plan for the Twenty-First Century. *CBE Life Sciences Education*, 8(4), 271-273. <http://doi.org/10.1187/cbe.09-09-0063>
- Woolfolk, A. (2010) *Psicología educativa*. 11a. edición. México: Pearson Educación
- Zadina, J. N. (2015). The emerging role of educational neuroscience in education reform. *Psicología Educativa*, 21(2), 71-77. <http://doi.org/10.1016/j.pse.2015.08.005>
- Yetişir, M. İ., & Kahyaoğlu, M. (2010). Pre-service teachers' attitudes towards teaching of evolution theory. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 1720-1724. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.972>
- Zembylas, M. (2016). Making sense of the complex entanglement between emotion and pedagogy: contributions of the affective turn. *Cultural Studies of Science Education*, 11(3), 539-550. <http://doi.org/10.1007/s11422-014-9623-y>
- Zoladz, P. R. et al. (2011). Pre-learning stress differentially affects long-term memory for emotional words, depending on temporal proximity to the learning experience. *Physiol. Behav.* 103, 467–476.

Anexos

Anexo 1. Diapositivas de PPT usadas en las tres Clases Magistrales

Evolución biológica y selección natural

Clase Uno

Luis C. J. Ramírez Olaya.

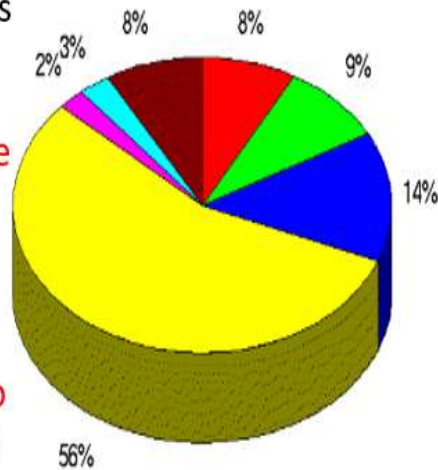
Licenciado en Biología. U.P.N.

Estudiante de Maestría en Neurociencias. U.N.

¿Cuántos organismos hay en el planeta
Tierra?



La **cantidad de organismos** que viven en los ecosistemas del **planeta Tierra** o la biodiversidad se cifra en alrededor de **8,7 millones de especies** presentes en los ecosistemas acuáticos y terrestres. Los **biólogos** y naturalistas han **puesto nombre científico o descrito** alrededor de **2 millones** de especies, que viven en los **ecosistemas** del mundo.

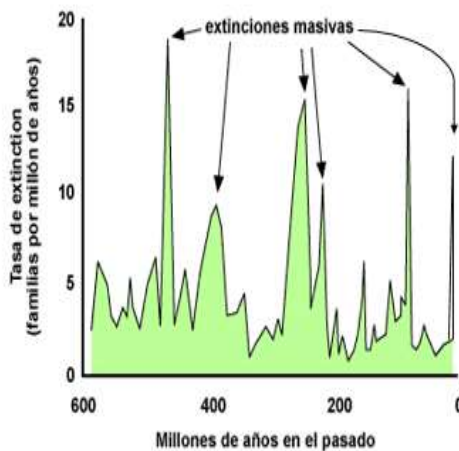


¿Por qué hay tantas especies?

Proporción del número de especies de los principales grupos taxonómicos.
Tomado de: <http://www4.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/12EcosPeI/121Esp.htm>

“De **todas las especies** que han **existido** alguna vez, el **99,99%** se han **extinguido** y todas las **especies** que **existen actualmente** podrán algún día **extinguirse**” Richard Lewontin. *La **extinción** es **más común** que la **adaptación**.*

¿Cuáles son las evidencias de la extinción de las especies? ¿Por qué no se han extinguido todos los organismos?



Evolución biológica

Es una cuestión de **cambio** con el **paso del tiempo**, mediante la **descendencia** con **modificación** de una **población** de organismos.

Las hojas de los árboles cambian de color y caen a lo largo de varias semanas.

Las cordilleras son erosionadas durante millones de años.

Una genealogía ilustra el cambio con herencia durante unos pocos años.

Con el paso de una gran cantidad de años, la evolución da lugar a una enorme diversidad de formas de vida.

El antepasado o ancestro común de la vida de la Tierra dio lugar a la gran diversidad que conocemos hoy. ADN-Filogenia-Linaje.

DEUTEROSTOMA

- Equinodermos
- Tunicados
- Vertebrados
- Cnidarios
- Poríferos
- Plateelmintos

ECDYSOZOA

- Artrópodos
- Tardígrados
- Nematodos
- Anélidos
- Braquiópodos
- Briozoos
- Moluscos

LOPHOTROCHOZOA

- Moluscos
- Braquiópodos

SAUROPSIDA

- Lampreas
- Placodermos
- Peces cartilaginosos
- Peces óseos
- Celacantos
- Peces pulmonados
- Salamandras
- Ranas
- Mamíferos monotremas
- Mamíferos marsupiales
- Mamíferos placentarios
- Tortugas
- Serpientes
- Lagartos
- Cocodrilos
- Aves
- Dinosaurios no aviares
- Dinosaurios ornitiscuos

SYNAPSIDA

- Mamíferos monotremas
- Mamíferos marsupiales
- Mamíferos placentarios

Los organismos evolucionan constantemente a lo largo del tiempo. Hecho y Teoría.



- Es uno de los **fósiles más nombrados en TV**, por ser un claro **candidato** como forma de **transición** entre los **dinosaurios** y las **aves**.
- **Cambió** mi forma de **ver** las **aves**, pues resultan ser **descendientes directos** de los **dinosaurios**.
- Me hizo **valorar** más al **cóndor** de los **Andes**, porque es una **especie** en **amenaza** de **extinción** y es nuestra **ave emblemática** nacional.

¿Cómo y por qué ocurre el cambio en las especies?



JEAN LAMARCK

LAMARCKISMO

Los **individuos cambian** durante su vida por la **necesidad** de **adaptarse** al **ambiente**. El proceso de **herencia** de los **caracteres adquiridos**, era su explicación.



CHARLES DARWIN

DARWINISMO

Todos los **individuos** de una **especie** poseen características que los hacen **únicos**. En cada **generación** van a **sobrevivir** y a **reproducirse** los que cuentan con el **equipamiento** más **adecuado** para su **entorno** y los otros individuos **morirán**; por tanto hay un proceso de **Selección Natural**.



ALFRED WALLACE

Variabilidad intraespecífica o Bio-población.

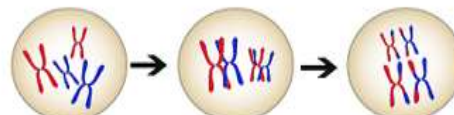
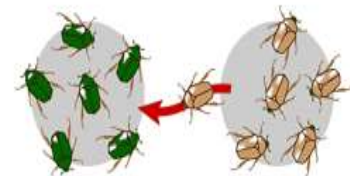
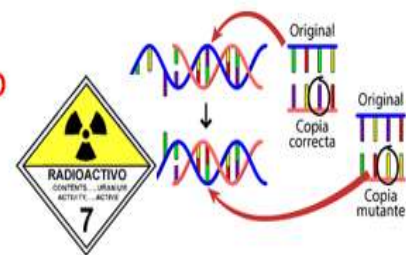


- Todos los **individuos** de una **especie** son **diferentes**. Ningún árbol de mango o zancudo es exacto a otro de su especie, así como ningún humano es igual a otro; **¿Qué pasa con los gemelos - conocen algunos?**
- **Genotipo**: son las características genéticas de un individuo, o la información que esta en sus genes
- **Fenotipo**: son las características físicas u observables de un organismo

Procesos que aumentan la variabilidad genética de una especie.

Sin variabilidad genética, no podrían actuar algunos de los **mecanismos** básicos del **cambio** evolutivo.

1. Las **mutaciones** son **cambios** en el **ADN**.
2. El **flujo génico o migración** es cualquier **traslado** de **genes** de una **población** a otra.
3. La **sexualidad** puede **originar nuevas combinaciones genéticas** en una **población**.
Ejemplo: **Hermanos diferentes**.



La recombinación genética es una fuente de variabilidad.

Selección natural

Es uno de los **procesos básicos** de la **evolución**, junto con la **mutación** y la **migración**.

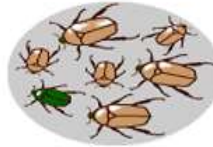
1. Hay **diversidad de caracteres**, en los individuos de una sp.



2. Hay **reproducción diferencial**. Unos individuos viven y otros mueren.



3. Hay **herencia** de los padres a los hijos.



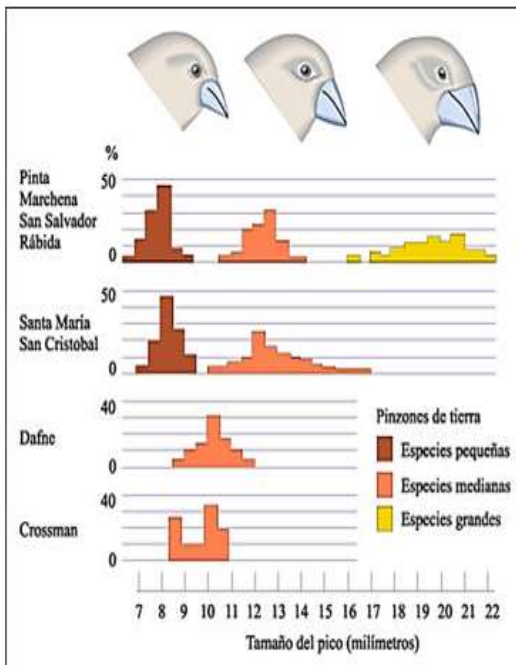
4. **Resultado final**: El **carácter** más **ventajoso**, el **color marrón**, que **permite** al escarabajo **tener** más **descendientes**, se **vuelve** más **frecuente** en la **población**.



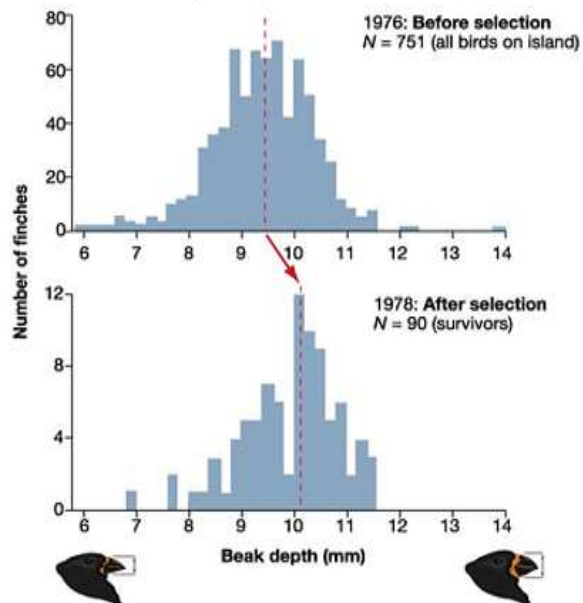
SI HAY **VARIACIÓN**, **REPRODUCCIÓN DIFERENCIAL** Y **HERENCIA**, EL **RESULTADO SERÁ**
LA **EVOLUCIÓN POR SELECCIÓN NATURAL**.

Pregunta Clones/ambiente.


Pinzones de Darwin - Peter y Rosemary Grant



Natural selection during a drought

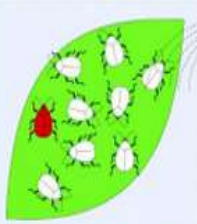
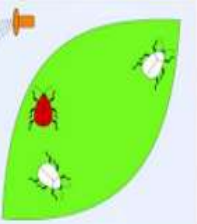
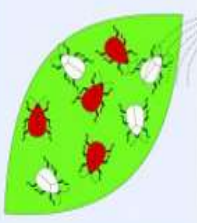
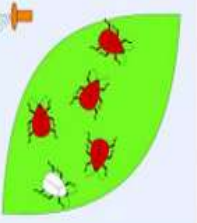


Han escuchado algo sobre la ¿resistencia de las bacterias a los antibióticos?



- Es uno de los **casos** más **controversiales** del mundo, por su incidencia en la **salud pública**.
- **Cambió** mi forma de **ver** los **antibióticos**, pues **entiendo** la **importancia** de tomarlos según la indicación **medica**.
- Me hizo **valorar** los **diagnósticos** médicos y **cumplirlos**. Porque tras varias inyecciones de **penicilina** para tratar casos **frecuentes** **amigdalitis**, llego el momento en el cual me **cambiaron** el **medicamento** a **estreptomicina**, pues el primero ya no hacia efecto.

Han escuchado algo sobre la ¿resistencia de los insectos a los pesticidas o insecticidas?

	Antes de la aplicación del plaguicida	Después de la aplicación del plaguicida
Primera Generación		
Generación posterior		

- El **uso** indiscriminado de **insecticidas** y la **resistencia** de las **plagas**, es un tema **frecuente** en un país agrícola como **Colombia**.
- **Comprendo** que de seguir así, necesitaremos **dosis** de **pesticidas** cada vez más **grandes** para tener **efectos similares**, contaminando el ambiente.
- Es **valioso** **conocer** el **efecto** y funcionamiento de los **pesticidas**, para **mejorar** las **condiciones** del **ambiente**, de quienes cultivan los alimentos y la calidad de los mismos.

¿Por qué la mayoría de aves nadadoras tienen una membrana entre los dedos de las patas?

- Las **aves nadadoras** tienen una **membrana** interdigital con un grado elevado de desarrollo, que **funciona** como un **remo**.

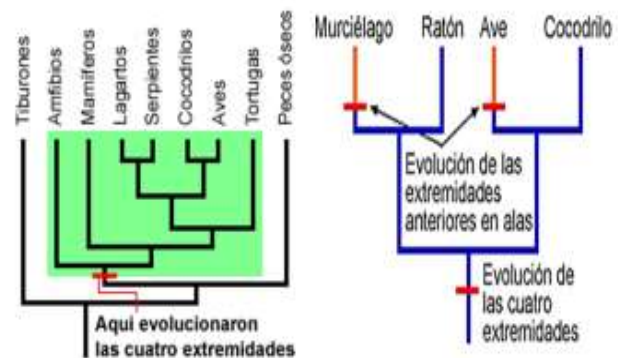
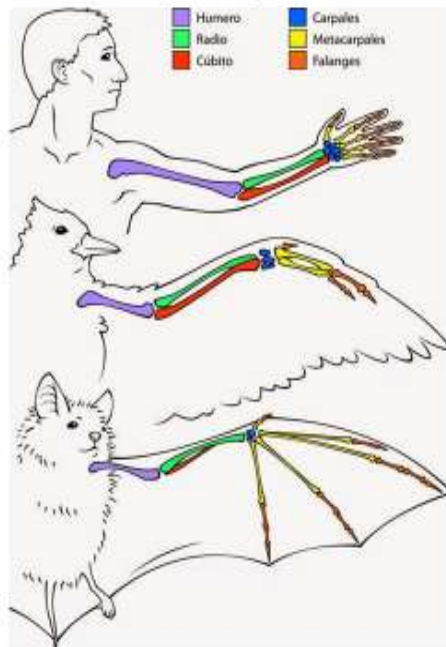
Pero ¿cómo evoluciono esta característica?



¿Por qué los topos que viven en cuevas son ciegos o su visión es muy reducida?



Aves y murciélagos: cursando el aire.



Es interesante comprender que mientras las alas de las aves y de los murciélagos son **análogas** (evolucionaron de forma independiente en dos linajes, pero tienen una función similar) como alas, como miembros anteriores son **homólogos** (heredado de un antepasado común).

Pool o acervo genético y cambios de frecuencia de los alelos

Clase Dos

Luis C. J. Ramírez Olaya.

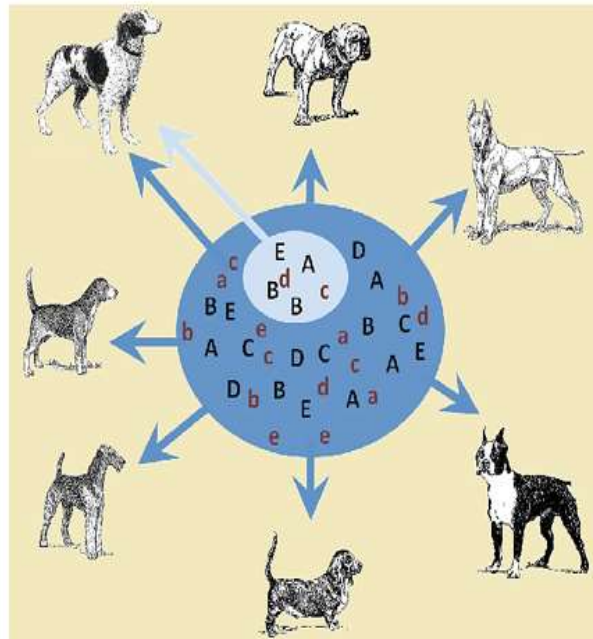
Licenciado en Biología. U.P.N.

Estudiante de Maestría en Neurociencias. U.N.

¿De dónde vienen los perros?

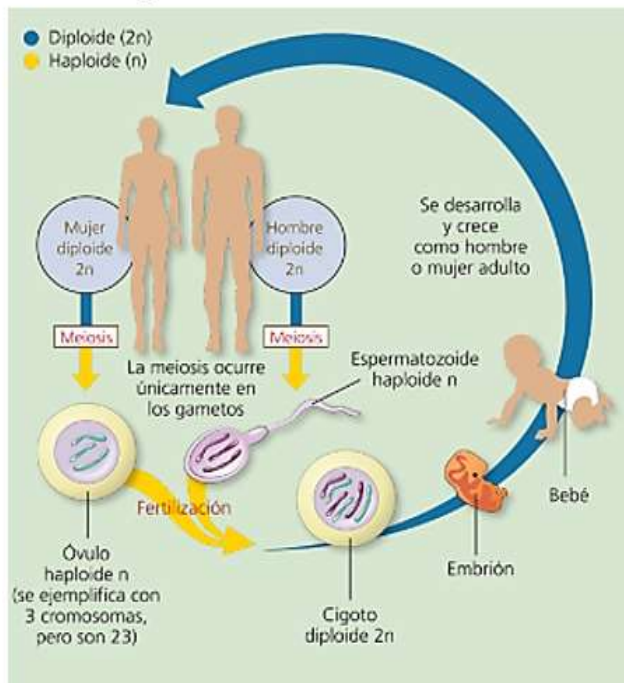


El **ACERVO o POOL GÉNICO**, de una *población* o *especie* es el **conjunto** completo de **alelos** que se puede encontrar en el material genético (**genotipo**) de cada uno de los **individuos**, o una **reserva genética** que contiene la totalidad de los **genes** de la *sp.*

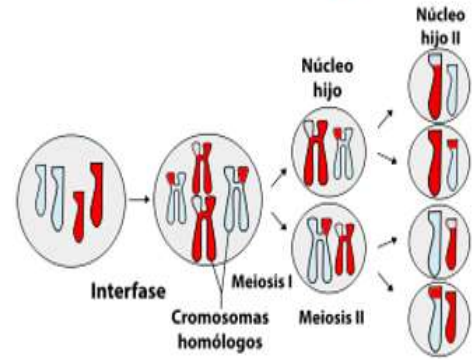


La amplia **variabilidad genética** de la especie *Canis lupus* (lobo), **posibilita** que actualmente **existan** más de 450 **razas** de **perros**. **Criollo vs raza pura.**

Reproducción sexual



- Células **somáticas** son las que componen la totalidad del **cuerpo** y son **diploides**.
- Células **reproductivas** están solamente en órganos reproductores y son **haploides**.



Recombinación celular

Célula

Núcleo

Cromosoma

ADN

Cromosomas

El acervo genético del *Homo sapiens* contiene entre 20.000 y 30.000 genes, según el PGH.

Cromosomas homólogos

Par de alelos dominantes homocigoto: P P

Par de alelos recesivos homocigoto: a a

Par de alelos heterocigoto: b B

locus de un gen

Alelo recesivo Alelo dominante

Canis lupus tiene 78 cromosomas

¿Cómo y por qué surgieron los perros de los lobos?

Posiblemente **evolucionaron** a partir de un **grupo** de **lobos** que entraron en **contacto** con los **humanos** europeos cazadores-recolectores entre aproximadamente 18.000 y 32.000 años atrás. Inicialmente un **grupo fundador** de lobos **menos temerosos** habría sido **encaminados** hacia los **campamentos** nómadas (durante el Paleolítico) para **recoger** las **sobras** o restos de cadáveres o alimento.



- Los **lobos** pueden haber sido **útiles** como **centinelas** ladrando, **advirtiendo** de los **invasores** humanos y animales se acercan por la noche.
- **Gradualmente**, la **selección natural** asociada a las **actividades humanas** **diferenciaron** a estos **lobos** de la **población** autónoma más grande.
- El **proceso temprano**, probablemente **inconsciente**, se denominó **proto-domesticación** para **distinguirlo** del proceso de **domesticación real** que se ha fechado **alrededor** del **14,000** antes de Cristo.



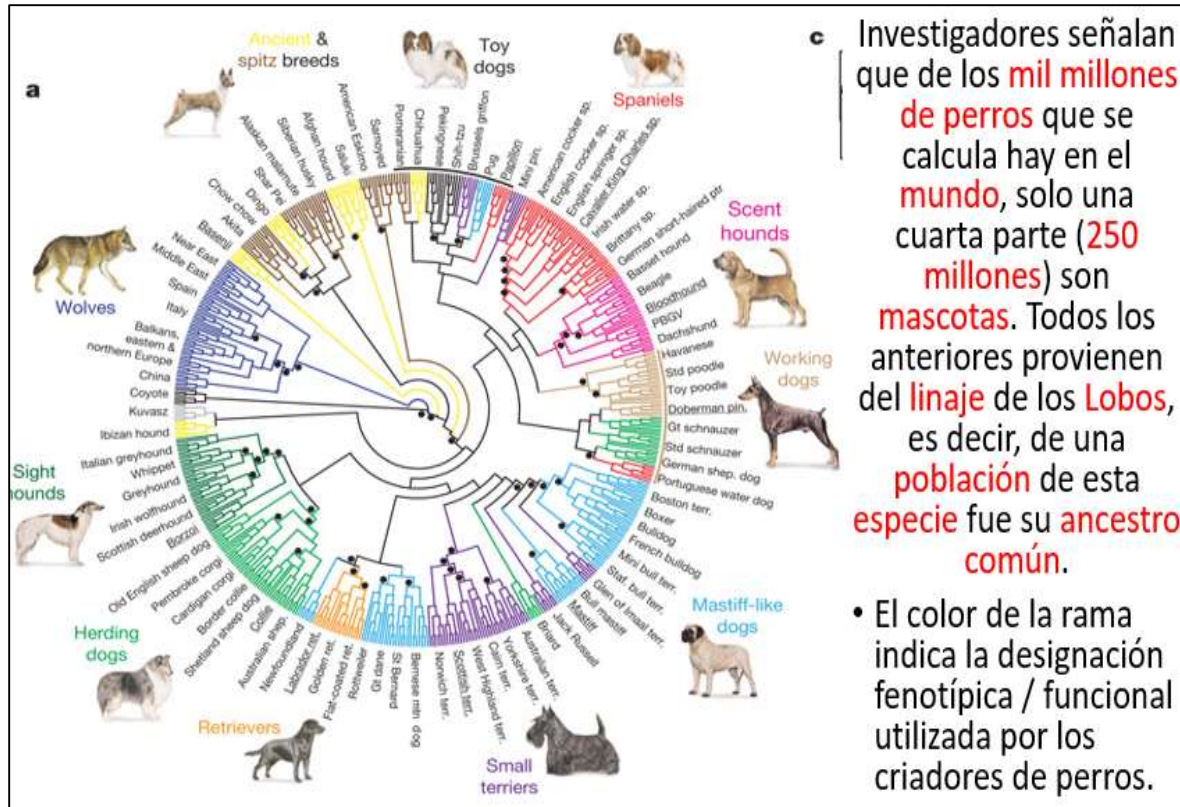
Domesticación y Selección artificial

- Un **organismo doméstico** es aquel cuya **elección de pareja o reproducción** está **influenciada** por los **humanos** y cuya **mansedumbre** y **tolerancia** hacia los **humanos** está **genéticamente determinada**.



- El **control** sobre el **apareamiento** del **proto-perro**, permitió convertir una **población** de lobos en perros, bajo constante **observación** y una fuerte **selección artificial** para los **rasgos** deseados.
- El **análisis** de **ADN** ha demostrado que la **domesticación** comenzó en el **Medio Oriente** y parte de **Europa Central**, durante el desarrollo de la **agricultura**, expandiéndose rápidamente a todas las poblaciones humanas. **Hoy** en día, hay cientos de **razas** bien caracterizadas por sus **fenotipos** que ofrecen un **espectro** único de **polimorfismo**.





La amilasa y los perros

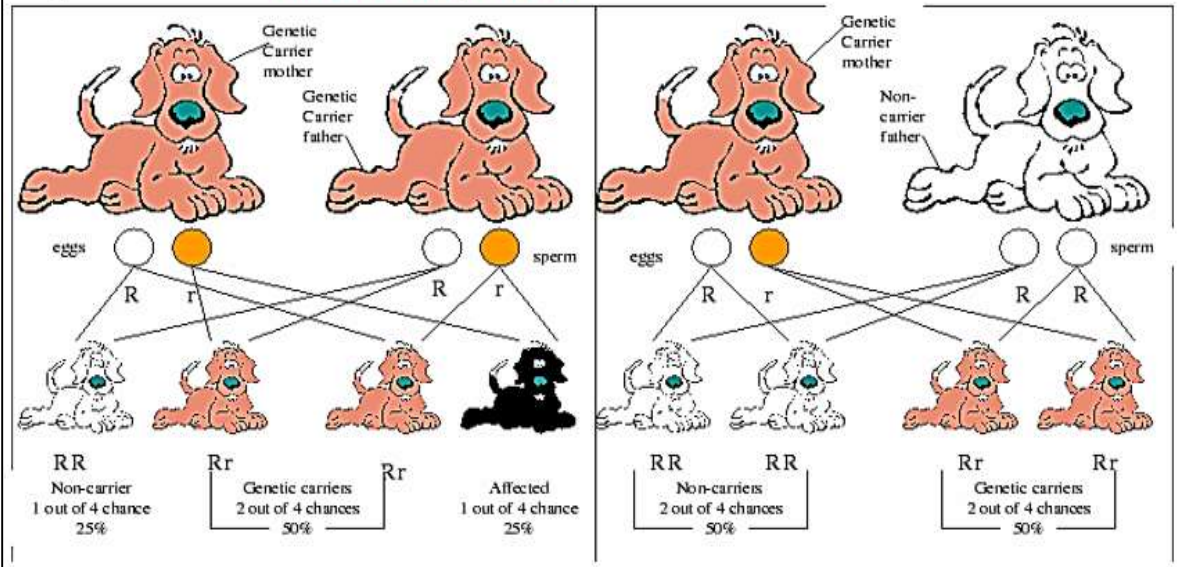
- El **gen** de la **amilasa**, una **enzima** responsable de la **descomposición** del **almidón** en el **intestino**, es **cinco veces más activo** en los **perros** que en los **lobos**.
- De la **población** inicial **sobrevivieron** los perros que podían **digerir** este **nutriente** principal de los **alimentos** de origen **rural** como el trigo y el arroz.
- Investigadores **identificaron** **mutaciones** candidatas en **genes** clave para una **mayor digestión** de **almidón** en perros en comparación con lobos.

¿Cómo se hizo más frecuente el gen de la amilasa en perros?



“Síndrome del padre popular”

- Debido al **uso excesivo** en la **reproducción** de algunos **campeones** masculinos, la **heredabilidad** y la **frecuencia** de algunos **alelos** que generan **discapacidad** se han **incrementado** dramáticamente. **Hoy en día todos los perros de pura raza** sufren de una gran cantidad de **enfermedades genéticas**.



Los elefantes del Parque Nacional Gorongosa en Mozambique-África

En este parque el **90%** de los **elefantes** fueron **sacrificados** entre **1977** y **1992**, durante la **guerra civil** del país. Los **cazadores** furtivos durante **décadas** han tenido en su **mira** a estos animales para **obtener** el **marfil** que poseen sus **colmillos**. Pero **hoy** un número cada vez mayor de **elefantes** africanos nacen **sin colmillos**.

- Hoy** en algunas áreas el **98%** de las **elefantas** ahora **no** tienen **colmillos**, en **comparación** con el **2%** y el **6%** del **pasado**, que nacían en promedio sin colmillos. Los **elefantes** africanos son **sexualmente maduros** entre los **10 y 14 años**. Regularmente **producen colmillos** entre los **6 y 12 meses**, que pueden crecer hasta 17 cm por año.

¿Cómo explicas este cambio en la población de elefantes?



Tiempo geológico y evolución biológica

Clase Tres

Luis C. J. Ramírez Olaya.

Licenciado en Biología. U.P.N.

Estudiante de Maestría en Neurociencias. U.N.

¿Científicamente cuál es la historia de nuestro planeta y los seres vivos?

¿Cuál es la unidad de tiempo más grande?

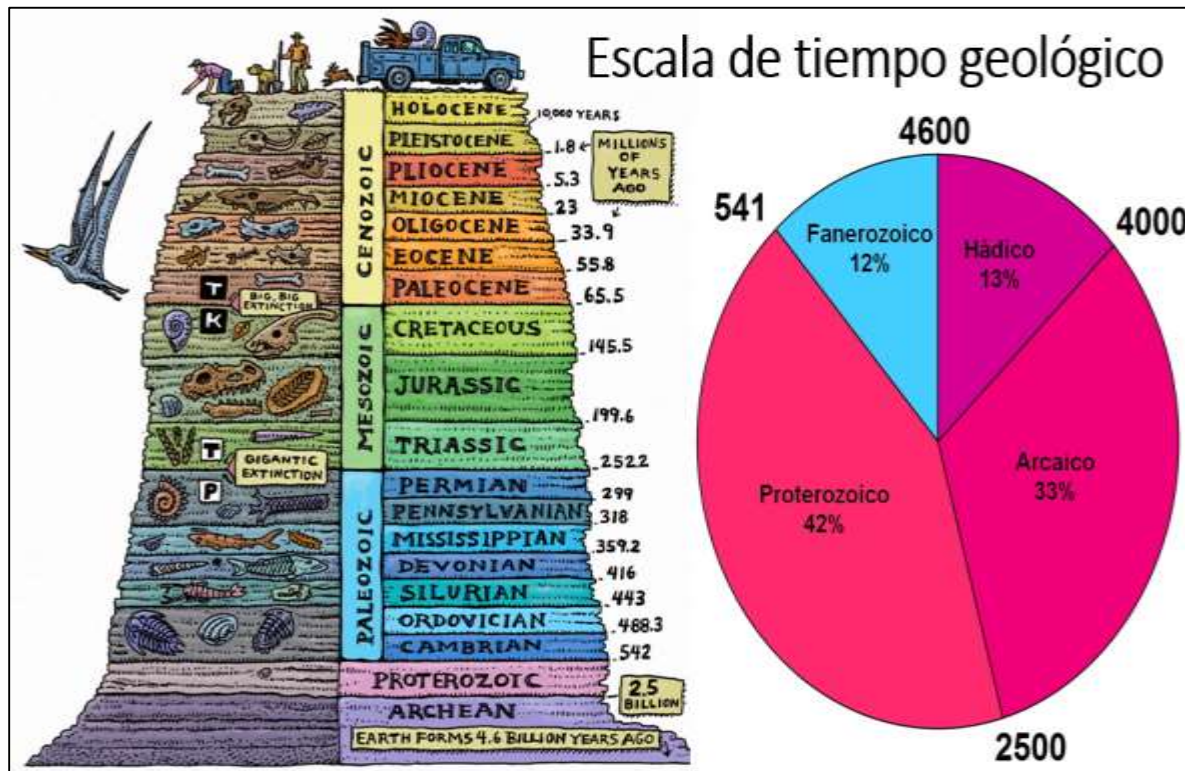
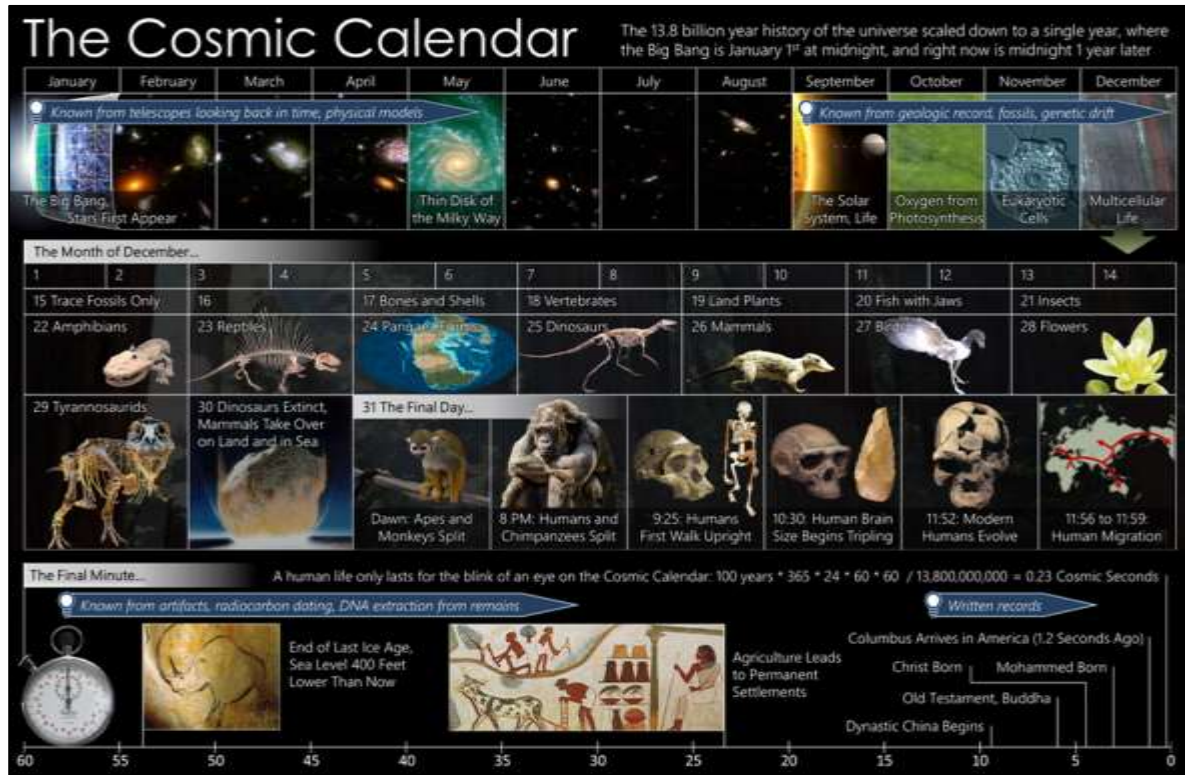


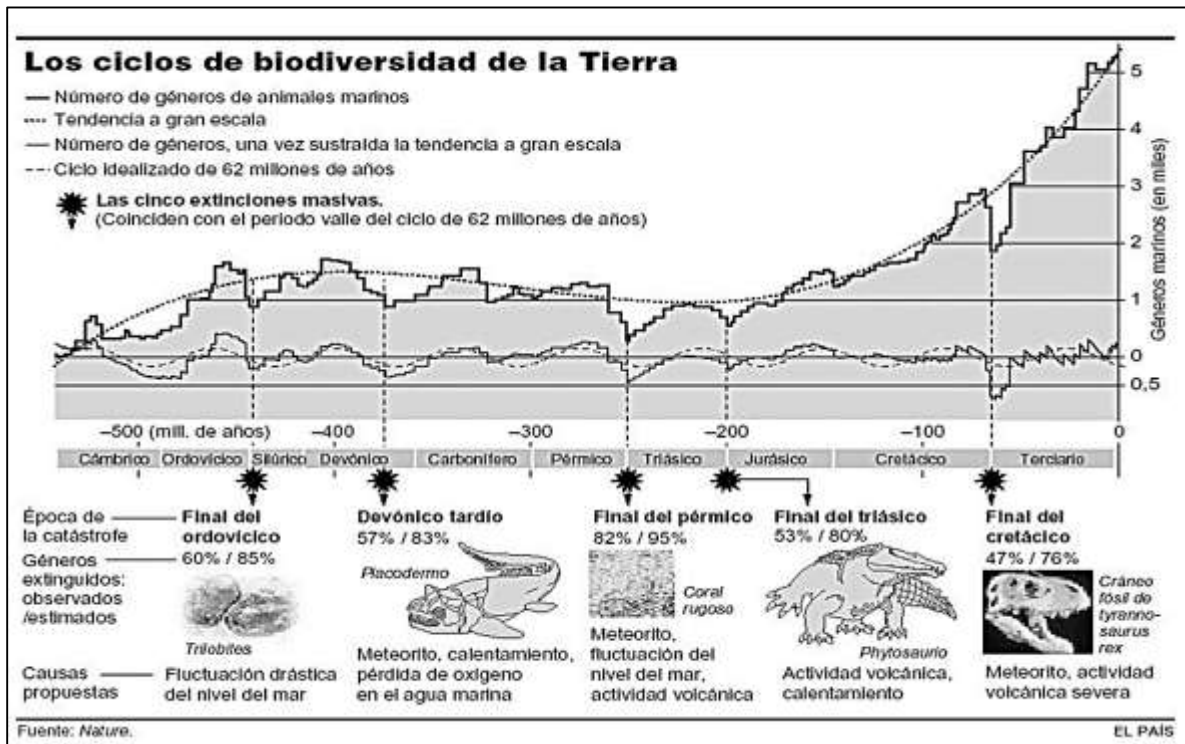
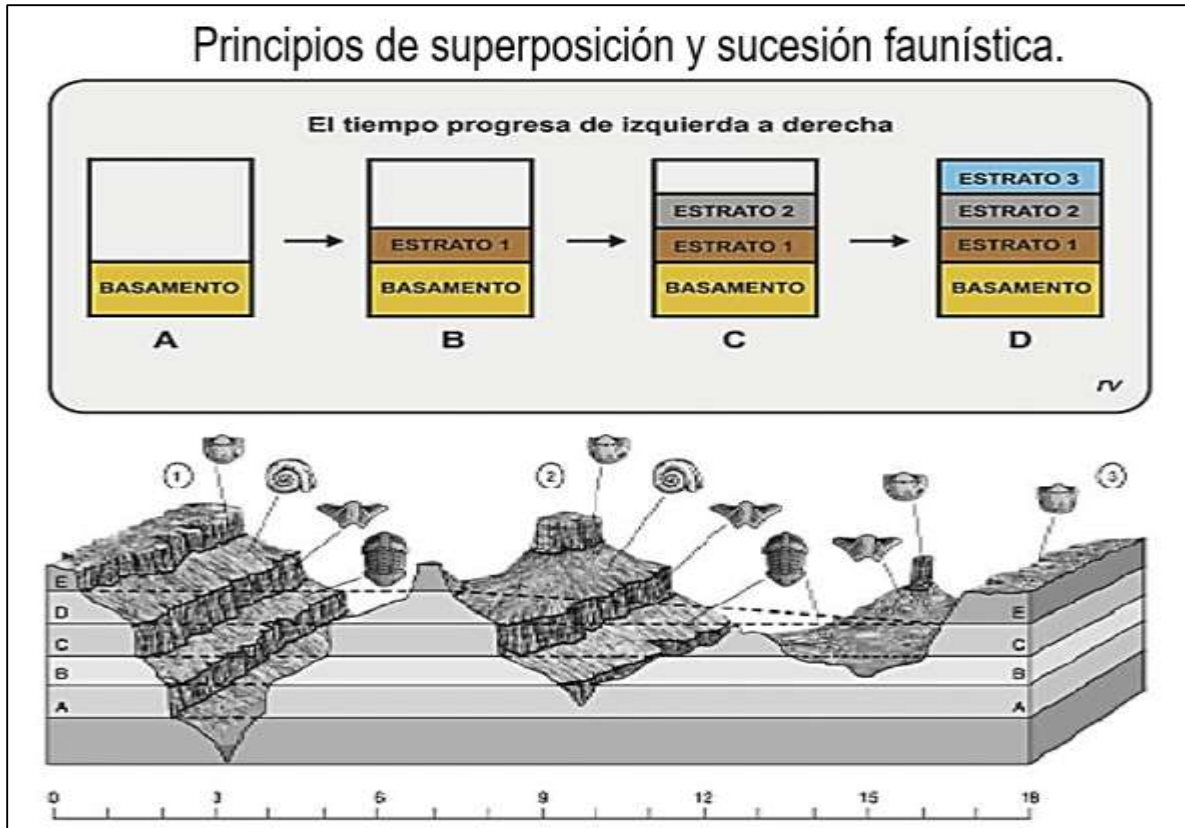
- La **percepción temporal** y la corta duración de la **vida humana** **afectan** la **comprensión del tiempo** a gran escala.
- Los **Eones, Eras y Periodos** resultan **unidades de tiempo geológico** que son **enormes** en comparación a la **brevedad** de la **vida cotidiana**.

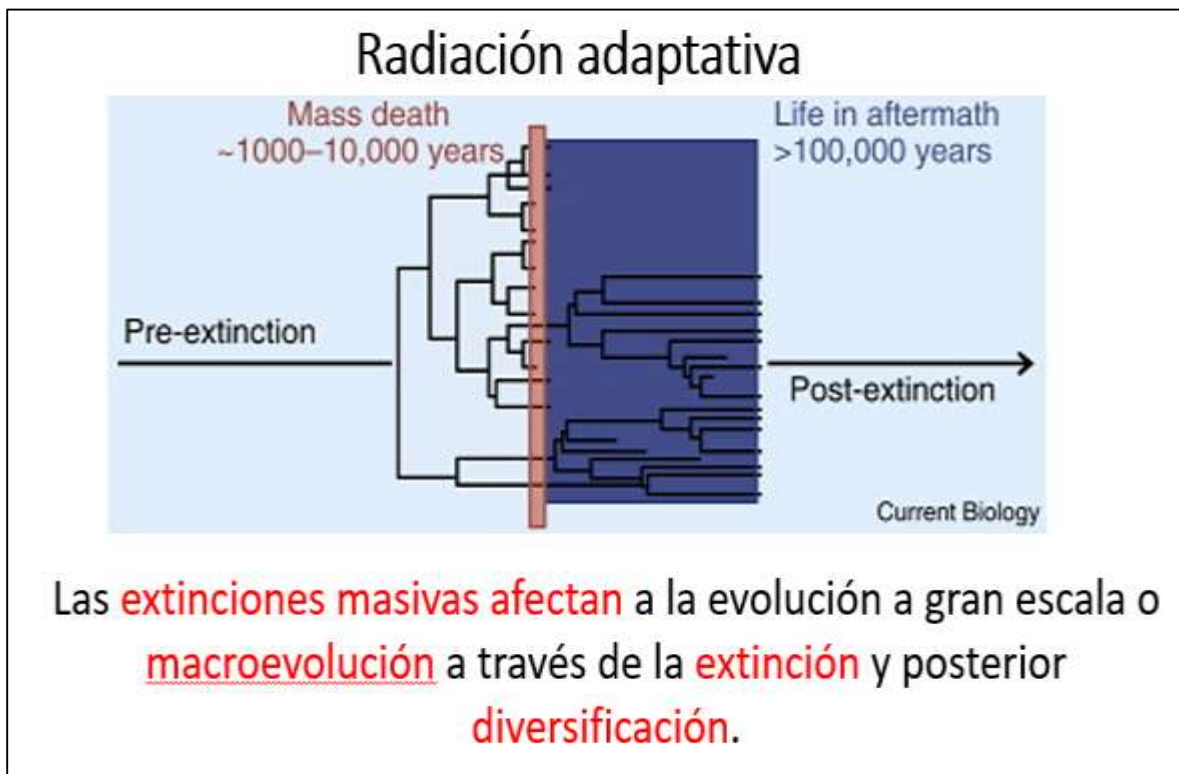
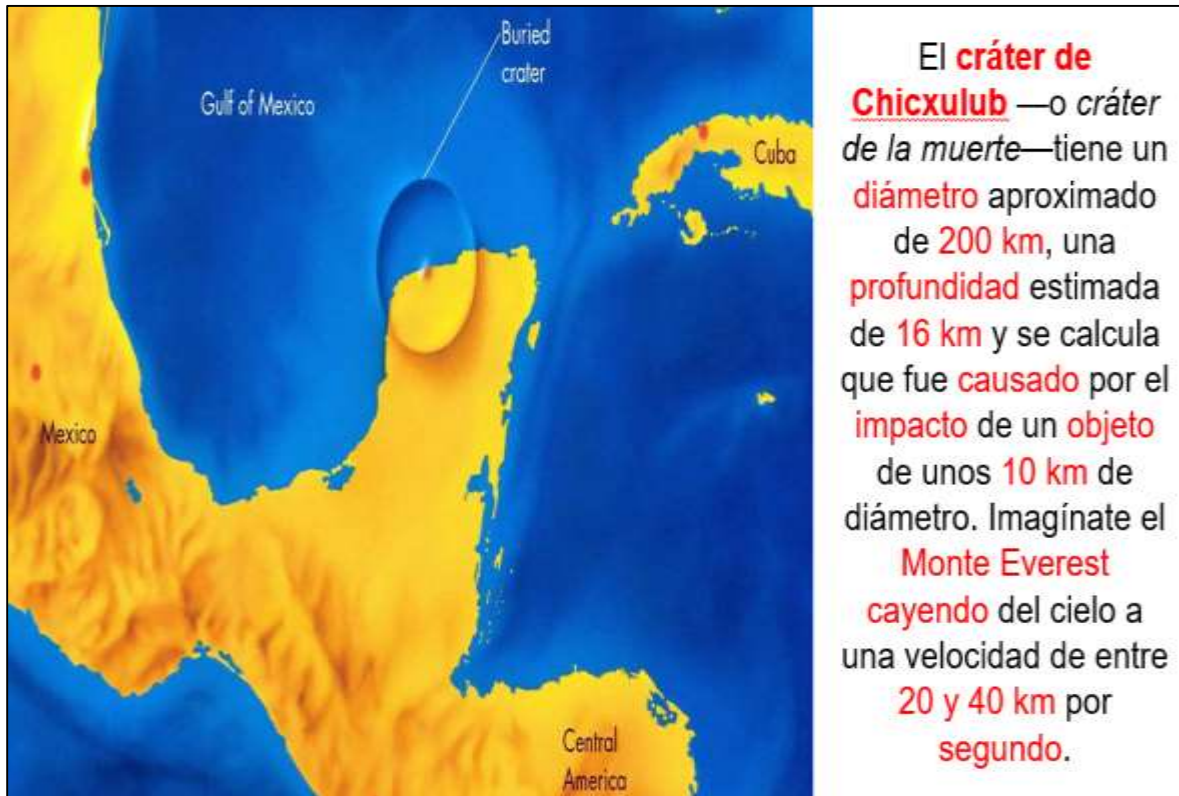












El **tiempo** es para el **biólogo** más que un simple parámetro físico por ser **indisociable** a la **génesis** del **mundo vivo** y su evolución.



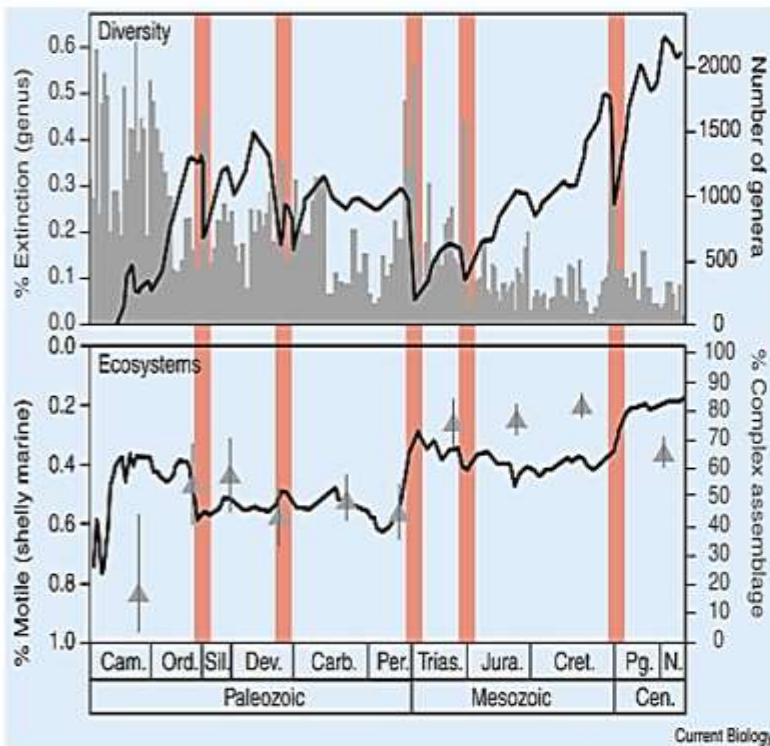






Evento	Desencadenante	Perdedores		Ganadores	
Ordovician-Silurian (OS)	Glaciación	Braquiópodos, nautiloideos, trilobites, crinoideos y conodontos.		Esponjas silíceas, corales tabulados	
Devónico tardío (F / F)	Glaciación	Estromatoporoides, los corales, trilobites, Braquiópodos, ammonoides, peces agnathos y placodermos.		Condriictios o peces cartilaginosos, peces oseos con aletas radiadas.	
Pérmico-Triásico (PT)	Vulcanismo	Braquiópodos, crinoideos, ammonoides, trilobites, y tetrapodos		Bivalvos, malacostráceos, equinoides, corales escleractinios, arcosaurios	
Triásico-Jurásico (TJ)	Vulcanismo	Esponjas calcáreas, corales escleractinios, braquiópodos, nautiloideos, amonites		Esponjas de silicio, dinosaurios	
Cretáceo-Paleógeno (KPE)	Impacto	Dinosaurios no aviares, amonites, plancton calcáreo, mosasaurios, pterosaurios, bivalvos		Aves, mamíferos, peces espinosos	

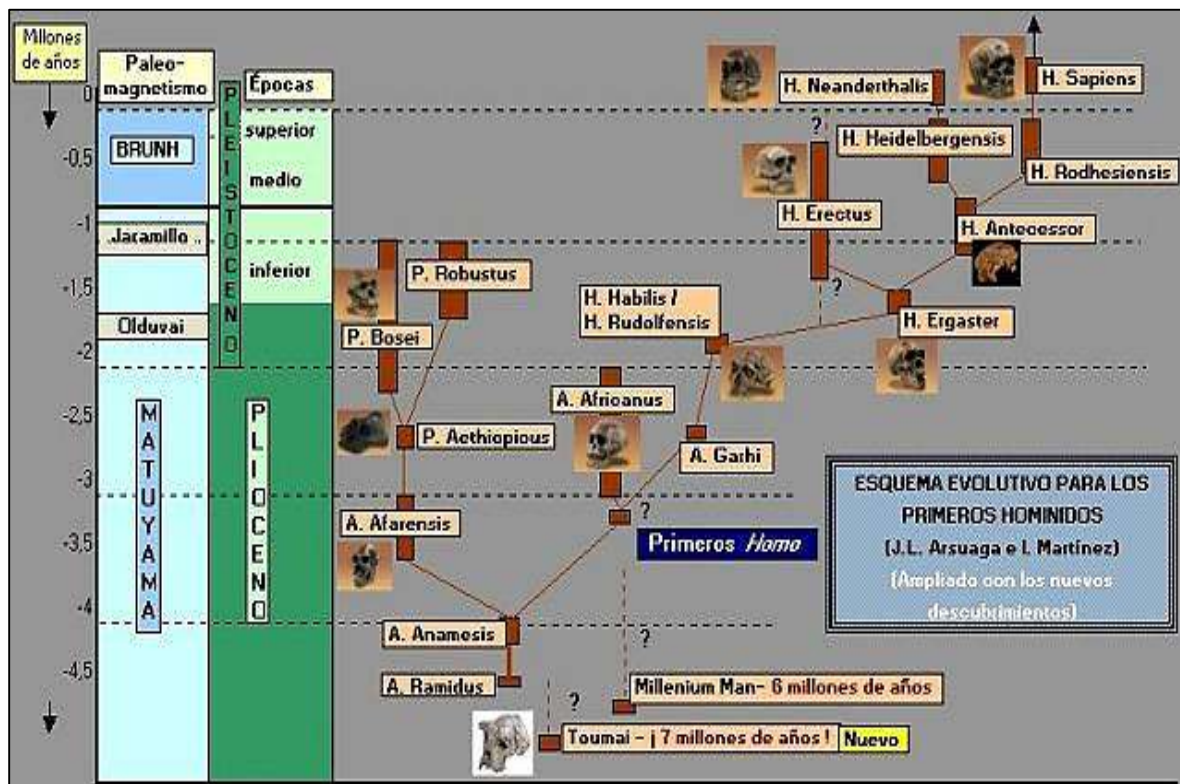
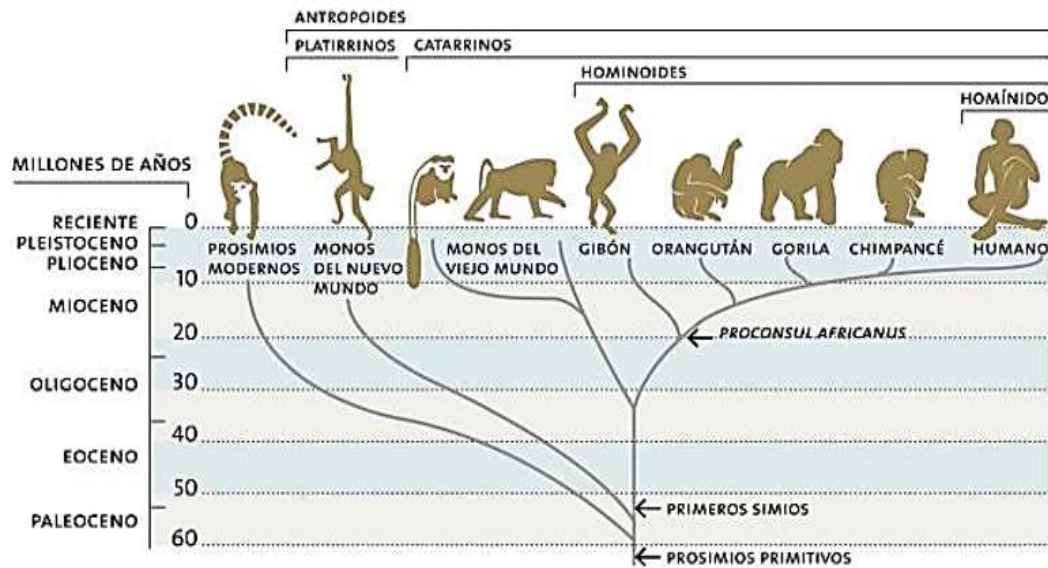
Extinciones y cambio ecológico



Las **extinciones masivas** se **caracterizan** por tasas de **perdida de diversidad** elevadas (panel superior) y el **cambio** de larga duración de los **ecosistemas** (panel inferior).

Aproximación a la evolución humana

A lo largo de la **Historia** de la **Tierra** han vivido más de **6.000 especies** de **primates**, de los cuales, la gran mayoría se ha extinguido y en **nuestros días** existen alrededor de **120 especies** con antepasados comunes.



El descubrimiento de útiles o herramientas fosilizadas y esqueletos de grandes mamíferos cerca de los fósiles de *Homo erectus* (hombre erguido) sugiere que estos ancestros humanos llevaron una existencia más compleja que las especies anteriores.



Los genomas humanos modernos revelan nuestro Neandertal interno, por el cruce que impulsó la capacidad del *Homo sapiens* para hacer frente a los climas fríos, pero los híbridos pueden haber tenido problemas para reproducirse.



Anexo 2: Protocolos de intervención en aula. Proyección de clases de 100 a 120 minutos de duración en promedio.

Intervención 1. Clase magistral 1. Fecha _____ IED La Toscana. Grupo _____

1. Llegada: dar la bienvenida a los estudiantes e informarlos sobre los procedimientos de la sesión y toma de medidas fisiológicas que serán útiles para el estudio__
2. Identificación de los estudiantes mediante las escarapelas entregadas durante el llamado a lista__
3. Toma de frecuencia cardiaca y saturación de oxígeno en sangre, llevando el pulso oxímetro al puesto de **diez** estudiantes seleccionados y luego se registra en la planilla__
4. Aplicación de la Escala de Razonamiento Evolutivo (cuestionario 1)____
5. Presentación con diapositivas:

Diapositiva 1: Dos minutos ____

Diapositiva 2: Tres minutos ____

Diapositiva 3: Seis minutos ____

Diapositiva 4: Seis minutos ____

Diapositiva 5: Seis minutos ____

Diapositiva 6: Dos minutos ____

Diapositiva 7: Seis minutos ____

Diapositiva 8: Seis minutos ____

Diapositiva 9: Seis minutos ____

6. Toma de frecuencia cardiaca y saturación de oxígeno en sangre, llevando el pulso oxímetro al puesto de diez estudiantes seleccionados y luego se registra en la planilla__

Diapositiva 10: Siete minutos ____

Diapositiva 11: Siete minutos ____

Diapositiva 12: Cinco minutos ____

Diapositiva 13: Siete minutos ____

Diapositiva 14: Seis minutos ____

Diapositiva 15: Cinco minutos ____

Diapositiva 16: Cinco minutos ____

7. Toma de frecuencia cardiaca y saturación de oxígeno en sangre, llevando el pulso oxímetro al puesto de diez estudiantes seleccionados y luego se registra en la planilla__

Diapositiva 17: Siete minutos ____

Total: 92 minutos

8. Recoger las escarapelas__

Intervención 2. Actividad de consolidación. Tratamiento 1. Fecha: _____ Grupo: _____

1. Llegada: dar la bienvenida a los estudiantes e informarlos sobre la actividad de la sesión.
2. Identificación de los estudiantes mediante las escarapelas entregadas durante el llamado a lista____
3. Toma de fotografías de cada estudiante con la escarapela –identificación- ____
4. Toma de frecuencia cardiaca y saturación de oxígeno en sangre, llevando el pulso oxímetro al puesto de **diez** estudiantes seleccionados y luego se registra en la planilla____
5. Se solicita a **siete** de ellos la realización de un enjuague bucal solo con agua ____
6. Toma de muestra de saliva. Se solicita a los **mismos siete** estudiantes seleccionados que se lleven a la boca el dispositivo Salivette® (previamente marcado) y lo muevan por encima y por debajo de la lengua por un periodo de un minuto. Una vez obtenidas las muestras, éstas serán almacenadas en una nevera que las mantendrá a una temperatura menor a los 5 grados centígrados____
7. Actividad: Video Ratones de bolsillo de 10 minutos 25 segundos____
8. Aplicación del taller____
9. A la mitad del desarrollo del taller, toma de frecuencia cardiaca y saturación de oxígeno en sangre, llevando el pulso oxímetro al puesto de **diez** estudiantes seleccionados y luego se registra en la planilla____
10. Toma de frecuencia cardiaca y saturación de oxígeno en sangre antes de finalizar la clase, llevando el pulso oxímetro al puesto de **diez** estudiantes seleccionados y luego se registra en la planilla____
11. Toma de muestra de saliva. Se solicita a los **mismos siete** estudiantes seleccionados que se lleven a la boca el dispositivo Salivette® (previamente marcado) y lo muevan por encima y por debajo de la lengua por un periodo de un minuto. Una vez obtenidas las muestras, éstas serán almacenadas en una nevera que las mantendrá a una temperatura menor a los 5 grados centígrados____
12. Aplicación Encuesta de Exploración Emocional (parte 1) EEE1____
13. Recoger las escarapelas____

Intervención 2. Actividad de consolidación. Tratamiento 2. Fecha: _____ Grupo: _____

1. Llegada: dar la bienvenida a los estudiantes e informarlos sobre la actividad de la sesión.
2. Identificación de los estudiantes mediante las escarapelas entregadas durante el llamado a lista____
3. Toma de fotografías de cada estudiante con la escarapela –identificación- ____
4. Toma de frecuencia cardiaca y saturación de oxígeno en sangre, llevando el pulso oxímetro al puesto de **diez** estudiantes seleccionados y luego se registra en la planilla____
5. Se solicita a **siete** de ellos la realización de un enjuague bucal solo con agua ____
6. Toma de muestra de saliva. Se solicita a los **mismos siete** estudiantes seleccionados que se lleven a la boca el dispositivo Salivette® (previamente marcado) y lo muevan por encima y por debajo de la lengua por un periodo de un minuto. Una vez obtenidas las muestras, éstas serán almacenadas en una nevera que las mantendrá a una temperatura menor a los 5 grados centígrados____

7. Actividad: Juego Evolución 50 minutos____
8. A la mitad del desarrollo del juego, toma de frecuencia cardiaca y saturación de oxígeno en sangre, llevando el pulso oxímetro al puesto de los **diez** estudiantes seleccionados y luego se registra en la planilla____
9. Toma de frecuencia cardiaca y saturación de oxígeno en sangre antes de finalizar la clase, llevando el pulso oxímetro al puesto de los **diez** estudiantes seleccionados y luego se registra en la planilla____
10. Toma de muestra de saliva. Se solicita a los **mismos siete** estudiantes seleccionados que se lleven a la boca el dispositivo Salivette® (previamente marcado) y lo muevan por encima y por debajo de la lengua por un periodo de un minuto. Una vez obtenidas las muestras, éstas serán almacenadas en una nevera que las mantendrá a una temperatura menor a los 5 grados centígrados____
11. Aplicación Encuesta de Exploración Emocional (parte 1) EEE1____
12. Recoger las escarapelas____

Intervención 3. Clase magistral 2. Fecha _____ IED La Toscana. Grupo_____

1. Llegada: dar la bienvenida a los estudiantes e infórmalos sobre los procedimientos de la sesión____
2. Identificación de los estudiantes mediante las escarapelas entregadas durante el llamado a lista____
3. Toma de frecuencia cardiaca y saturación de oxígeno en sangre, llevando el pulso oxímetro al puesto de diez estudiantes seleccionados y luego se registra en la planilla____
4. Aplicación del cuestionario número 2____
5. Presentación con diapositivas:

Diapositiva 1: Un minuto ____

Diapositiva 2: Cuatro minutos ____

Diapositiva 3: Diez minutos ____

Diapositiva 4: Seis minutos ____

Diapositiva 5: Once minutos ____

Diapositiva 6: Cuatro minutos ____

Diapositiva 7: Seis minutos ____

6. Toma de frecuencia cardiaca y saturación de oxígeno en sangre, llevando el pulso oxímetro al puesto de diez estudiantes seleccionados y luego se registra en la planilla____

Diapositiva 8: Seis minutos ____

Diapositiva 9: Seis minutos ____

Diapositiva 10: Seis minutos ____

Diapositiva 11: Seis minutos ____

Diapositiva 12: Diez minutos ____

7. Toma de frecuencia cardiaca y saturación de oxígeno en sangre, llevando el pulso oxímetro al puesto de seis estudiantes seleccionados y luego se registra en la planilla____

Diapositiva 13: Diez minutos ____
Total: minutos: 86

8. Recoger las escarapelas____

Intervención 4. Actividad de consolidación. Tratamiento 1. Fecha: _____ Grupo: _____

1. Llegada: dar la bienvenida a los estudiantes e informarlos sobre la actividad de la sesión.
2. Identificación de los estudiantes mediante las escarapelas entregadas durante el llamado a lista____
3. Toma de frecuencia cardíaca y saturación de oxígeno en sangre, llevando el pulso oxímetro al puesto de **diez** estudiantes seleccionados y luego se registra en la planilla____
4. Se solicita a **siete** de ellos la realización de un enjuague bucal solo con agua ____
5. Toma de muestra de saliva. Se solicita a los **mismos siete** estudiantes seleccionados que se lleven a la boca el dispositivo Salivette® (previamente marcado) y lo muevan por encima y por debajo de la lengua por un periodo de un minuto. Una vez obtenidas las muestras, éstas serán almacenadas en una nevera que las mantendrá a una temperatura menor a los 5 grados centígrados____
6. Actividad: Video Estalló el secreto: el misterioso origen del maíz de 17 minutos 51 segundos____
7. Aplicación del taller____
8. A la mitad del desarrollo del taller, toma de frecuencia cardíaca y saturación de oxígeno en sangre, llevando el pulso oxímetro al puesto de **diez** estudiantes seleccionados y luego se registra en la planilla____
9. Toma de frecuencia cardíaca y saturación de oxígeno en sangre antes de finalizar la clase, llevando el pulso oxímetro al puesto de los **diez** estudiantes seleccionados y luego se registra en la planilla____
10. Toma de muestra de saliva. Se solicita a los **mismos siete** estudiantes seleccionados que se lleven a la boca el dispositivo Salivette® (previamente marcado) y lo muevan por encima y por debajo de la lengua por un periodo de un minuto. Una vez obtenidas las muestras, éstas serán almacenadas en una nevera que las mantendrá a una temperatura menor a los 5 grados centígrados____
11. Aplicación Encuesta de Exploración Emocional (parte 2) EEE2____
12. Recoger las escarapelas____

Intervención 4. Actividad de consolidación. Tratamiento 2. Fecha: _____ Grupo: _____

1. Llegada: dar la bienvenida a los estudiantes e informarlos sobre la actividad de la sesión.
2. Identificación de los estudiantes mediante las escarapelas entregadas durante el llamado a lista____
3. Toma de frecuencia cardíaca y saturación de oxígeno en sangre, llevando el pulso oxímetro al puesto de **diez** estudiantes seleccionados y luego se registra en la planilla____
4. Se solicita a **siete** de ellos la realización de un enjuague bucal solo con agua ____

5. Toma de muestra de saliva. Se solicita a los mismos **siete** estudiantes seleccionados que se lleven a la boca el dispositivo Salivette® (previamente marcado) y lo muevan por encima y por debajo de la lengua por un periodo de un minuto. Una vez obtenidas las muestras, éstas serán almacenadas en una nevera que las mantendrá a una temperatura menor a los 5 grados centígrados____
6. Actividad: Juego El cuchador y los malvaviscos/maní. 50 minutos____
7. A la mitad del desarrollo del juego, toma de frecuencia cardiaca y saturación de oxígeno en sangre, llevando el pulso oxímetro al puesto de **diez** estudiantes seleccionados y luego se registra en la planilla____
8. Toma de frecuencia cardiaca y saturación de oxígeno en sangre antes de finalizar la clase, llevando el pulso oxímetro al puesto de **diez** estudiantes seleccionados y luego se registra en la planilla____
9. Toma de muestra de saliva. Se solicita a los mismos **siete** estudiantes seleccionados que se lleven a la boca el dispositivo Salivette® (previamente marcado) y lo muevan por encima y por debajo de la lengua por un periodo de un minuto. Una vez obtenidas las muestras, éstas serán almacenadas en una nevera que las mantendrá a una temperatura menor a los 5 grados centígrados____
10. Aplicación Encuesta de Exploración Emocional (parte 2) EEE2____
11. Recoger las escarapelas____

Intervención 5. Clase magistral 3. Fecha _____ IED La Toscana. Grupo_____

1. Llegada: dar la bienvenida a los estudiantes e infórmalos sobre los procedimientos de la sesión. Toma de medidas fisiológicas que serán útiles para el estudio____
2. Identificación de los estudiantes mediante las escarapelas entregadas durante el llamado a lista____
3. Toma de frecuencia cardiaca y saturación de oxígeno en sangre, llevando el pulso oxímetro al puesto de **diez** estudiantes seleccionados y luego se registra en la planilla____
4. Aplicación del cuestionario número 3____
5. Presentación con diapositivas:

Diapositiva 1: Un minuto ____

Diapositiva 2: Cuatro minutos ____

Diapositiva 3: Cinco minutos ____

Diapositiva 4: Siete minutos ____

Diapositiva 5: Diez minutos ____

Diapositiva 6: Trece minutos ____

Diapositiva 7: Tres minutos ____

Diapositiva 8: Cuatro minutos ____

6. Toma de frecuencia cardiaca y saturación de oxígeno en sangre, llevando el pulso oxímetro al puesto de **diez** estudiantes seleccionados y luego se registra en la planilla____

Diapositiva 9: Cuatro minutos ____

Diapositiva 10: Siete minutos ____

Diapositiva 11: Seis minutos ____

Diapositiva 12: Ocho minutos ____

Diapositiva 13: Cinco minutos ____

Diapositiva 14: Cinco minutos ____

7. Toma de frecuencia cardiaca y saturación de oxígeno en sangre, llevando el pulso oxímetro al puesto de **diez** estudiantes seleccionados y luego se registra en la planilla____

Diapositiva 15: Tres minutos ____

Diapositiva 16: Tres minutos ____

Total: 88 minutos

8. Recoger las escarapelas____

Intervención 6. Actividad de consolidación. Tratamiento 1. Fecha: _____ Grupo: _____

1. Llegada: dar la bienvenida a los estudiantes e informarlos sobre la actividad de la sesión.
2. Identificación de los estudiantes mediante las escarapelas entregadas durante el llamado a lista____
3. Toma de frecuencia cardiaca y saturación de oxígeno en sangre, llevando el pulso oxímetro al puesto de **diez** estudiantes seleccionados y luego se registra en la planilla____
4. Se solicita a **siete** de ellos la realización de un enjuague bucal solo con agua ____
5. Toma de muestra de saliva. Se solicita a los **mismos siete** estudiantes seleccionados que se lleven a la boca el dispositivo Salivette® (previamente marcado) y lo muevan por encima y por debajo de la lengua por un periodo de un minuto. Una vez obtenidas las muestras, éstas serán almacenadas en una nevera que las mantendrá a una temperatura menor a los 5 grados centígrados____
6. Actividad: Video El día que murió el mesozoico de 33 minutos 43 segundos____
7. Aplicación del taller____
8. A la mitad del desarrollo del taller, toma de frecuencia cardiaca y saturación de oxígeno en sangre, llevando el pulso oxímetro al puesto de **diez** estudiantes seleccionados y luego se registra en la planilla____
9. Toma de frecuencia cardiaca y saturación de oxígeno en sangre antes de finalizar la clase, llevando el pulso oxímetro al puesto de **diez** estudiantes seleccionados y luego se registra en la planilla____
10. Toma de muestra de saliva. Se solicita a los mismos **siete** estudiantes seleccionados que se lleven a la boca el dispositivo Salivette® (previamente marcado) y lo muevan por encima y por debajo de la lengua por un periodo de un minuto. Una vez obtenidas las muestras, éstas serán almacenadas en una nevera que las mantendrá a una temperatura menor a los 5 grados centígrados____
11. Aplicación Encuesta de Exploración Emocional (parte 3) EEE3____
12. Recoger las escarapelas____

Intervención 6. Actividad de consolidación. Tratamiento 2. Fecha: _____ Grupo: _____

1. Llegada: dar la bienvenida a los estudiantes e informarlos sobre la actividad de la sesión.
2. Identificación de los estudiantes mediante las escarapelas entregadas durante el llamado a lista____
3. Toma de frecuencia cardiaca y saturación de oxígeno en sangre, llevando el pulso oxímetro al puesto de **diez** estudiantes seleccionados y luego se registra en la planilla____
4. Se solicita a **siete** de ellos la realización de un enjuague bucal solo con agua ____
5. Toma de muestra de saliva. Se solicita a los mismos **siete** estudiantes seleccionados que se lleven a la boca el dispositivo Salivette® (previamente marcado) y lo muevan por encima y por debajo de la lengua por un periodo de un minuto. Una vez obtenidas las muestras, éstas serán almacenadas en una nevera que las mantendrá a una temperatura menor a los 5 grados centígrados____
6. Actividad: Juego Evolucionar o perecer 50 minutos____
7. A la mitad del desarrollo del juego, toma de frecuencia cardiaca y saturación de oxígeno en sangre, llevando el pulso oxímetro al puesto de **diez** estudiantes seleccionados y luego se registra en la planilla____
8. Toma de frecuencia cardiaca y saturación de oxígeno en sangre antes de finalizar la clase, llevando el pulso oxímetro al puesto de **diez** estudiantes seleccionados y luego se registra en la planilla____
9. Toma de muestra de saliva. Se solicita a los mismos **siete** estudiantes seleccionados que se lleven a la boca el dispositivo Salivette® (previamente marcado) y lo muevan por encima y por debajo de la lengua por un periodo de un minuto. Una vez obtenidas las muestras, éstas serán almacenadas en una nevera que las mantendrá a una temperatura menor a los 5 grados centígrados____
10. Aplicación Encuesta de Exploración Emocional (parte 3) EEE3____
11. Recoger las escarapelas____

Anexo 3: Comparación entre el Pre y Post de la E.R.E. de los grupos control, actividad 1 (taller) y actividad 2 (juegos).

Two Way Repeated Measures ANOVA (One Factor Repetition)viernes, febrero 08, 2019, 2:03:00 p. m.

Data source: in Notebook 1 ERE.PRE.POST.SB
General Linear Model

Dependent Variable: Puntaje

Normality Test: Failed (P < 0,050)

Equal Variance Test: Passed (P = 0,506)

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Grupo	2	6,434	3,217	1,263	0,289
Sujeto(Grupo)	73	185,901	2,547		

Momento	1	3,147	3,147	1,777	0,187
Grupo x Momento	2	1,321	0,661	0,373	0,690
Residual	73	129,277	1,771		
Total	151	325,836	2,158		

The difference in the mean values among the different levels of Grupo is not great enough to exclude the possibility that the difference is just due to random sampling variability after allowing for the effects of differences in Momento. There is not a statistically significant difference ($P = 0,289$).

The difference in the mean values among the different levels of Momento is not great enough to exclude the possibility that the difference is just due to random sampling variability after allowing for the effects of differences in Grupo. There is not a statistically significant difference ($P = 0,187$).

The effect of different levels of Grupo does not depend on what level of Momento is present. There is not a statistically significant interaction between Grupo and Momento. ($P = 0,690$)

Power of performed test with alpha = 0,0500: for Grupo : 0,0872

Power of performed test with alpha = 0,0500: for Momento : 0,131

Power of performed test with alpha = 0,0500: for Grupo x Momento : 0,0500

Expected Mean Squares:

Approximate DF Residual for Grupo = 73,000

Expected MS(Grupo) = $\text{var}(\text{res}) + 2,000 \text{ var}(\text{Sujeto}(\text{Grupo})) + \text{var}(\text{Grupo})$

Expected MS(Sujeto(Grupo)) = $\text{var}(\text{res}) + 2,000 \text{ var}(\text{Sujeto}(\text{Grupo}))$

Expected MS(Momento) = $\text{var}(\text{res}) + \text{var}(\text{Momento})$

Expected MS(Grupo x Momento) = $\text{var}(\text{res}) + \text{var}(\text{Grupo x Momento})$

Expected MS(Residual) = $\text{var}(\text{res})$

Least square means for Grupo :

Group	Mean	SEM
Taller	3,097	0,203
Juego	3,000	0,274
Control	3,482	0,213

Least square means for Momento :

Group Mean

Pre 3,342

Post 3,044

Std Err of LS Mean = 0,158

Least square means for Grupo x Momento :

Group	Mean	SEM
Taller x Pre	3,290	0,239
Taller x Post	2,903	0,239

Juego x Pre	3,235	0,323
Juego x Post	2,765	0,323
Control x Pre	3,500	0,251
Control x Post	3,464	0,251

Anexo 4: Análisis de varianza de los resultados obtenidos en los cuestionarios 2, 3 y 4.

- **Anova de los resultados del cuestionario 2, sobre selección natural**

Two Way Analysis of Variance ANOVA jueves, febrero 14, 2019, 2:59:43 p. m.

Data source: Data 1 in Notebook 1.

General Linear Model

Dependent Variable: C2.Sel.N.

Normality Test: Passed (P = 0,200)

Equal Variance Test: Passed (P = 0,160)

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Sexo	1	0,0733	0,0733	0,0246	0,876
Grupo	2	1,208	0,604	0,202	0,817
Sexo x Grupo	2	1,630	0,815	0,273	0,762
Residual	87	259,793	2,986		
Total	92	262,925	2,858		

The difference in the mean values among the different levels of Sexo is not great enough to exclude the possibility that the difference is just due to random sampling variability after allowing for the effects of differences in Grupo. There is not a statistically significant difference (P = 0,876).

The difference in the mean values among the different levels of Grupo is not great enough to exclude the possibility that the difference is just due to random sampling variability after allowing for the effects of differences in Sexo. There is not a statistically significant difference (P = 0,817).

The effect of different levels of Sexo does not depend on what level of Grupo is present. There is not a statistically significant interaction between Sexo and Grupo. (P = 0,762)

Power of performed test with alpha = 0,0500: for Sexo : 0,0500

Power of performed test with alpha = 0,0500: for Grupo : 0,0500

Power of performed test with alpha = 0,0500: for Sexo x Grupo : 0,0500

Least square means for Sexo :

	Group Mean	SEM
M	2,924	0,271
F	2,867	0,240

Least square means for Grupo :

	Group Mean	SEM
Taller	3,022	0,306
Juego	2,925	0,308
Control	2,740	0,326

Least square means for Sexo x Grupo :

Group	Mean	SEM
M x Taller	2,867	0,446
M x Juego	3,071	0,462
M x Control	2,833	0,499
F x Taller	3,176	0,419
F x Juego	2,778	0,407
F x Control	2,647	0,419

- **Anova. Análisis de varianza de los resultados obtenidos en el cuestionario 3, sobre frecuencia alélica**

Two Way Analysis of Variance

jueves, febrero 14, 2019, 3:03:25 p. m.

Data source: T1,T2,C in Notebook 1.

General Linear Model

Dependent Variable: C3. Fren.A.

Normality Test: Passed (P = 0,273)

Equal Variance Test: Passed (P = 0,321)

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Sexo	1	9,939	9,939	2,462	0,120
Grupo	2	11,259	5,630	1,394	0,253
Sexo x Grupo	2	11,872	5,936	1,470	0,235
Residual	91	367,379	4,037		
Total	96	399,278	4,159		

The difference in the mean values among the different levels of Sexo is not great enough to exclude the possibility that the difference is just due to random sampling variability after allowing for the effects of differences in Grupo. There is not a statistically significant difference (P = 0,120).

The difference in the mean values among the different levels of Grupo is not great enough to exclude the possibility that the difference is just due to random sampling variability after allowing for the effects of differences in Sexo. There is not a statistically significant difference ($P = 0,253$).

The effect of different levels of Sexo does not depend on what level of Grupo is present. There is not a statistically significant interaction between Sexo and Grupo. ($P = 0,235$)

Power of performed test with $\alpha = 0,0500$: for Sexo : 0,209
 Power of performed test with $\alpha = 0,0500$: for Grupo : 0,108
 Power of performed test with $\alpha = 0,0500$: for Sexo x Grupo : 0,120

Least square means for Sexo :

Group	Mean	SEM
M	5,539	0,308
F	4,893	0,274

Least square means for Grupo :

Group	Mean	SEM
Taller	5,465	0,341
Juego	5,455	0,368
Control	4,727	0,362

Least square means for Sexo x Grupo :

Group	Mean	SEM
M x Taller	5,563	0,502
M x Juego	6,286	0,537
M x Control	4,769	0,557
F x Taller	5,368	0,461
F x Juego	4,625	0,502
F x Control	4,684	0,461

- **Anexo. Análisis de varianza de los resultados obtenidos en el cuestionario 4, sobre tiempo geológico.**

Two Way Analysis of Variance

jueves, febrero 14, 2019, 3:05:22 p. m.

Data source: T1,T2,C in Notebook 1.
 General Linear Model

Dependent Variable: C4. Tiem.G.10

Normality Test: Passed ($P = 0,055$)

Equal Variance Test: Failed ($P < 0,050$)

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
---------------------	----	----	----	---	---

Sexo	1	11,009	11,009	7,253	0,009
Grupo	2	52,521	26,261	17,301	<0,001
Sexo x Grupo	2	2,990	1,495	0,985	0,378
Residual	86	130,536	1,518		
Total	91	197,227	2,167		

The difference in the mean values among the different levels of Sexo is greater than would be expected by chance after allowing for effects of differences in Grupo. There is a statistically significant difference ($P = 0,009$). To isolate which group(s) differ from the others use a multiple comparison procedure.

The difference in the mean values among the different levels of Grupo is greater than would be expected by chance after allowing for effects of differences in Sexo. There is a statistically significant difference ($P = <0,001$). To isolate which group(s) differ from the others use a multiple comparison procedure.

The effect of different levels of Sexo does not depend on what level of Grupo is present. There is not a statistically significant interaction between Sexo and Grupo. ($P = 0,378$)

Power of performed test with alpha = 0,0500: for Sexo : 0,702

Power of performed test with alpha = 0,0500: for Grupo : 1,000

Power of performed test with alpha = 0,0500: for Sexo x Grupo : 0,0500

Least square means for Sexo :

	Group Mean	SEM
M	7,303	0,195
F	6,604	0,171

Least square means for Grupo :

	Group Mean	SEM
Taller	5,924	0,222
Juego	7,726	0,225
Control	7,212	0,227

Least square means for Sexo x Grupo :

Group	Mean	SEM
M x Taller	6,058	0,342
M x Juego	8,304	0,329
M x Control	7,548	0,342
F x Taller	5,789	0,283
F x Juego	7,148	0,308
F x Control	6,875	0,299

All Pairwise Multiple Comparison Procedures (Holm-Sidak method):

Overall significance level = 0,05

Comparisons for factor: **Sexo**

Comparison	Diff of Means	t	Unadjusted P	Critical Level	Significant?
M vs. F	0,699	2,693	0,00851	0,050	Yes

Comparisons for factor: **Grupo**

Comparison	Diff of Means	t	Unadjusted P	Critical Level	Significant?
Juego vs. Taller	1,802	5,700	0,000000165	0,017	Yes
Control vs. Taller	1,288	4,059	0,000108	0,025	Yes
Juego vs. Control	0,514	1,608	0,111	0,050	No

Anexo 5: Análisis de varianza de los resultados actitudinales obtenidos en los cuestionarios 5 y 6.

- **Anova. Análisis de varianza de los resultados obtenidos en el cuestionario 5 (compromiso o experiencia transformadora en la enseñanza de la ciencia).**

Two Way Analysis of Variance

jueves, febrero 14, 2019, 3:08:09 p. m.

Data source: T1,T2,C in Notebook 1

General Linear Model

Dependent Variable: C5.EET.Comp.

Normality Test: Passed (P = 0,847)

Equal Variance Test: Passed (P = 0,739)

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Sexo	1	105,229	105,229	0,587	0,446
Grupo	2	234,088	117,044	0,653	0,523
Sexo x Grupo	2	168,178	84,089	0,469	0,627
Residual	85	15241,979	179,317		
Total	90	15788,154	175,424		

The difference in the mean values among the different levels of Sexo is not great enough to exclude the possibility that the difference is just due to random sampling variability after allowing for the effects of differences in Grupo. There is not a statistically significant difference (P = 0,446).

The difference in the mean values among the different levels of Grupo is not great enough to exclude the possibility that the difference is just due to random sampling variability after allowing for the effects of differences in Sexo. There is not a statistically significant difference (P = 0,523).

The effect of different levels of Sexo does not depend on what level of Grupo is present. There is not a statistically significant interaction between Sexo and Grupo. (P = 0,627)

Power of performed test with alpha = 0,0500: for Sexo : 0,0500
 Power of performed test with alpha = 0,0500: for Grupo : 0,0500
 Power of performed test with alpha = 0,0500: for Sexo x Grupo : 0,0500

Least square means for Sexo :

Group	Mean	SEM
M	72,636	2,119
F	74,807	1,884

Least square means for Grupo :

Group	Mean	SEM
Taller	72,781	2,410
Juego	72,374	2,488
Control	76,009	2,467

Least square means for Sexo x Grupo :

Group	Mean	SEM
M x Taller	73,615	3,714
M x Juego	70,214	3,579
M x Control	74,077	3,714
F x Taller	71,947	3,072
F x Juego	74,533	3,458
F x Control	77,941	3,248

- **Anova. Análisis de varianza de los resultados obtenidos en el cuestionario 6 (aceptación de la evolución biológica)**

Two Way Analysis of Variance

jueves, febrero 14, 2019, 3:11:13 p. m.

Data source: T1,T2,C in Notebook 1

General Linear Model

Dependent Variable: C6.MATE.Acep.

Normality Test: Passed (P = 0,886)

Equal Variance Test: Passed (P = 0,387)

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Sexo	1	8,391	8,391	0,0812	0,776
Grupo	2	558,776	279,388	2,702	0,073
Sexo x Grupo	2	65,179	32,590	0,315	0,730
Residual	86	8892,182	103,397		
Total	91	9485,076	104,232		

The difference in the mean values among the different levels of Sexo is not great enough to exclude the possibility that the difference is just due to random sampling variability after allowing for the effects of differences in Grupo. There is not a statistically significant difference ($P = 0,776$).

The difference in the mean values among the different levels of Grupo is not great enough to exclude the possibility that the difference is just due to random sampling variability after allowing for the effects of differences in Sexo. There is not a statistically significant difference ($P = 0,073$).

The effect of different levels of Sexo does not depend on what level of Grupo is present. There is not a statistically significant interaction between Sexo and Grupo. ($P = 0,730$)

Power of performed test with alpha = 0,0500: for Sexo : 0,0500

Power of performed test with alpha = 0,0500: for Grupo : 0,337

Power of performed test with alpha = 0,0500: for Sexo x Grupo : 0,0500

Least square means for Sexo :

	Group Mean	SEM
M	75,155	1,631
F	74,542	1,400

Least square means for Grupo :

	Group Mean	SEM
Taller	71,421	1,830
Juego	75,888	1,861
Control	77,236	1,895

Least square means for Sexo x Grupo :

	Group Mean	SEM
M x Taller	71,000	2,820
M x Juego	75,714	2,718
M x Control	78,750	2,935
F x Taller	71,842	2,333
F x Juego	76,062	2,542
F x Control	75,722	2,397

Anexo 6: Resultados de la exploración emocional luego de cada eje temático.

- **Anova. Exploración emocional luego del tema de selección natural.**

Two Way Analysis of Variance

martes, febrero 19, 2019, 12:35:46 p.m.

Data source: Data 1 in Notebook 1 Anova, sexo, grupo, momento 1 EMO

General Linear Model

Dependent Variable: EMO.M1

Normality Test: Failed (P < 0.050)

Equal Variance Test: Passed (P = 0.868)

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Sexo	1	2.900	2.900	0.0378	0.847
Grupo	1193.176	193.176	2.518	0.118	
Sexo x Grupo	1107.967	107.967	1.407	0.240	
Residual	584449.924	76.723			
Total	614735.097	77.625			

The difference in the mean values among the different levels of Sexo is not great enough to exclude the possibility that the difference is just due to random sampling variability after allowing for the effects of differences in Grupo. There is not a statistically significant difference (P = 0.847).

The difference in the mean values among the different levels of Grupo is not great enough to exclude the possibility that the difference is just due to random sampling variability after allowing for the effects of differences in Sexo. There is not a statistically significant difference (P = 0.118).

The effect of different levels of Sexo does not depend on what level of Grupo is present. There is not a statistically significant interaction between Sexo and Grupo. (P = 0.240)

Power of performed test with alpha = 0.0500: for Sexo : 0.0500

Power of performed test with alpha = 0.0500: for Grupo : 0.213

Power of performed test with alpha = 0.0500: for Sexo x Grupo : 0.0903

Least square means for Sexo :

Group Mean SEM

M 49.307 1.628

F 49.741 1.525

Least square means for Grupo :

Group Mean SEM

Taller 51.294 1.574

Juego 47.754 1.581

Least square means for Sexo x Grupo :

Group Mean SEM

M x Taller 52.400 2.262

M x Juego 46.214 2.341

F x Taller 50.188 2.190

F x Juego 49.294 2.124

- **Anova. Exploración emocional luego del tema de frecuencia alélica.**

Two Way Analysis of Variance

martes, febrero 19, 2019, 12:48:38 p.m.

Data source: Data 1 in Notebook 1

General Linear Model

Dependent Variable: EMO.M2

Normality Test: Passed (P = 0.090)**Equal Variance Test:** Passed (P = 0.719)

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Sexo	1	93.410	93.410	1.100	0.298
Grupo	1	1.361	1.361	0.0160	0.900
Sexo x Grupo	1	1290.028	290.028	3.415	0.070
Residual		605095.546	84.926		
Total		635480.438	86.991		

The difference in the mean values among the different levels of Sexo is not great enough to exclude the possibility that the difference is just due to random sampling variability after allowing for the effects of differences in Grupo. There is not a statistically significant difference (P = 0.298).

The difference in the mean values among the different levels of Grupo is not great enough to exclude the possibility that the difference is just due to random sampling variability after allowing for the effects of differences in Sexo. There is not a statistically significant difference (P = 0.900).

The effect of different levels of Sexo does not depend on what level of Grupo is present. There is not a statistically significant interaction between Sexo and Grupo. (P = 0.070)

Power of performed test with alpha = 0.0500: for Sexo : 0.0579

Power of performed test with alpha = 0.0500: for Grupo : 0.0500

Power of performed test with alpha = 0.0500: for Sexo x Grupo : 0.317

Least square means for Sexo :

Group Mean SEM

M 52.857 1.742

F 55.294 1.538

Least square means for Grupo :

Group Mean SEM

Taller53.929 1.623

Juego54.223 1.663

Least square means for Sexo x Grupo :

Group	Mean	SEM
M x Taller	54.8572	4.63
M x Juego	50.8572	4.63
F x Taller	53.000	2.114
F x Juego	57.5882	2.35

- **Anova. Exploración emocional luego del tema de tiempo geológico.**

Two Way Analysis of Variance

martes, febrero 19, 2019, 12:50:53 p.m.

Data source: Data 1 in Notebook 1

General Linear Model

Dependent Variable: EMO.M3

Normality Test: Failed (P < 0.050)

Equal Variance Test: Passed (P = 0.504)

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Sexo	1	94.362	94.362	0.853	0.360
Grupo	1	60.232	60.232	0.544	0.464
Sexo x Grupo	1	310.787	310.787	2.809	0.099
Residual	586	416.237	110.625		
Total	616	849.435	112.286		

The difference in the mean values among the different levels of Sexo is not great enough to exclude the possibility that the difference is just due to random sampling variability after allowing for the effects of differences in Grupo. There is not a statistically significant difference (P = 0.360).

The difference in the mean values among the different levels of Grupo is not great enough to exclude the possibility that the difference is just due to random sampling variability after allowing for the effects of differences in Sexo. There is not a statistically significant difference (P = 0.464).

The effect of different levels of Sexo does not depend on what level of Grupo is present. There is not a statistically significant interaction between Sexo and Grupo. (P = 0.099)

Power of performed test with alpha = 0.0500: for Sexo : 0.0500

Power of performed test with alpha = 0.0500: for Grupo : 0.0500

Power of performed test with alpha = 0.0500: for Sexo x Grupo : 0.247

Least square means for Sexo :

Group Mean SEM

M 49.250 1.988

F 51.737 1.816

Least square means for Grupo :

Group Mean SEM

Taller 51.487 1.852

Juego 49.500 1.954

Least square means for Sexo x Grupo :

Group Mean SEM

M x Taller 52.500 2.811

M x Juego 46.000 2.811

F x Taller 50.474 2.413

F x Juego 53.000 2.716

Anexo 7: Activación emocional auto reportada en las actividades 1 y 2.

- **Anova. Activación emocional auto reportada en la actividad 1.**

One Way Repeated Measures Analysis of Variance martes, febrero 19, 2019, 02:49:38 p.m.

Data source: Data 7 in Notebook 1

Dependent Variable: Puntaje

Normality Test: Failed (P < 0.050)

Equal Variance Test: Passed (P = 0.114)

Treatment Name	N	Missing	Mean	Std Dev	SEM
EMO.M1	27	0	51.000	10.579	2.036
EMO.M2	27	0	53.741	9.440	1.817
EMO.M3	27	0	51.333	10.866	2.091

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Between Subjects	265687.951	218.767			
Between Treatments	2120.765	60.383	1.203	0.308	
Residual	522609.235	50.178			
Total	808417.951				

The differences in the mean values among the treatment groups are not great enough to exclude the possibility that the difference is due to random sampling variability; there is not a statistically significant difference (P = 0.308).

Power of performed test with alpha = 0.050: 0.078

The power of the performed test (0.078) is below the desired power of 0.800.

Less than desired power indicates you are less likely to detect a difference when one actually exists. Negative results should be interpreted cautiously.

- **Anova. Activación emocional auto reportada en la actividad 2.**

One Way Repeated Measures Analysis of Variance martes, febrero 19, 2019, 02:52:34 p.m.

Data source: Data 8 in Notebook 1
Dependent Variable: Puntaje

Normality Test: Passed (P = 0.153)

Equal Variance Test: Passed (P = 0.130)

Treatment Name	N	Missing	Mean	Std Dev	SEM
EMO.M1	25	0	46.480	5.882	1.176
EMO.M2	25	0	52.120	6.704	1.341
EMO.M3	25	0	47.920	8.088	1.618

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Between Subjects	242486.080	103.587			
Between Treatments	2429.360	214.680	10.381	<0.001	
Residual	48992.640	20.680			
Total	743908.080				

The differences in the mean values among the treatment groups are greater than would be expected by chance; there is a statistically significant difference (P = <0.001). To isolate the group or groups that differ from the others use a multiple comparison procedure.

Power of performed test with alpha = 0.050: 0.980

All Pairwise Multiple Comparison Procedures (Tukey Test):

Comparisons for factor: **Momento**

Comparison	Diff of Means	p	q	P	P<0.050
EMO.M2 vs. EMO.M1	15.640	36.201	<0.001		Yes
EMO.M2 vs. EMO.M3	34.200	34.618	0.006		Yes
EMO.M3 vs. EMO.M1	11.440	31.583	0.507		No

Anexo 8: Análisis de varianza de las emociones individuales en las actividades 1 y 2.

- **Anova. Disfrute**

Two Way Analysis of Variance

jueves, febrero 14, 2019, 3:25:59 p. m.

Data source: T1.T2.EMO. in Notebook 1
General Linear Model

Dependent Variable: 1.Disfrute

Normality Test: Failed (P < 0,050)

Equal Variance Test: Failed (P < 0,050)

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Sexo	1	0,176	0,176	0,00719	0,933
Grupo	1	82,744	82,744	3,374	0,071
Sexo x Grupo	1	248,646	248,646	10,140	0,002
Residual	64	1569,362	24,521		
Total	67	1870,868	27,923		

Main effects cannot be properly interpreted if significant interaction is determined. This is because the size of a factor's effect depends upon the level of the other factor.

The effect of different levels of Sexo depends on what level of Grupo is present. There is a statistically significant interaction between Sexo and Grupo. (P = 0,002)

Power of performed test with alpha = 0,0500: for Sexo : 0,0500

Power of performed test with alpha = 0,0500: for Grupo : 0,313

Power of performed test with alpha = 0,0500: for Sexo x Grupo : 0,863

Least square means for Sexo :

Group	Mean	SEM
M	28,603	0,906
F	28,500	0,803

Least square means for Grupo :

Group	Mean	SEM
Taller	27,439	0,840
Juego	29,664	0,872

Least square means for Sexo x Grupo :

Group	Mean	SEM
M x Taller	25,563	1,238
M x Juego	31,643	1,323
F x Taller	29,316	1,136
F x Juego	27,684	1,136

All Pairwise Multiple Comparison Procedures (Holm-Sidak method):

Overall significance level = 0,05

Comparisons for factor: **Grupo within M**

Comparison	Diff of Means	t	Unadjusted P	Critical Level	Significant?
Juego vs. Taller	6,080	3,355	0,001	0,050	Yes

Comparisons for factor: **Grupo within F**

Comparison	Diff of Means	t	Unadjusted P	Critical Level	Significant?
Taller vs. Juego	1,632	1,016	0,314	0,050	No

Comparisons for factor: **Sexo within Taller**

Comparison	Diff of Means	t	Unadjusted P	Critical Level	Significant?
F vs. M	3,753	2,234	0,029	0,050	Yes

Comparisons for factor: **Sexo within Juego**

Comparison	Diff of Means	t	Unadjusted P	Critical Level	Significant?
M vs. F	3,959	2,270	0,027	0,050	Yes

- **Anova. Esperanza**

Two Way Analysis of Variance

jueves, febrero 14, 2019, 3:40:37 p. m.

Data source: T1.T2.EMO. in Notebook 1

General Linear Model

Dependent Variable: 4. Esperanza

Normality Test: Passed (P = 0,572)

Equal Variance Test: Passed (P = 0,224)

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Sexo	1	18,439	18,439	0,415	0,522
Grupo	1	30,748	30,748	0,692	0,409
Sexo x Grupo	1	373,255	373,255	8,397	0,005
Residual	64	2844,757	44,449		
Total	67	3240,632	48,368		

Main effects cannot be properly interpreted if significant interaction is determined. This is because the size of a factor's effect depends upon the level of the other factor.

The effect of different levels of Sexo depends on what level of Grupo is present. There is a statistically significant interaction between Sexo and Grupo. ($P = 0,005$)

Power of performed test with $\alpha = 0,0500$: for Sexo : 0,0500

Power of performed test with $\alpha = 0,0500$: for Grupo : 0,0500

Power of performed test with $\alpha = 0,0500$: for Sexo x Grupo : 0,776

Least square means for Sexo :

Group	Mean	SEM
M	30,103	1,220
F	29,053	1,082

Least square means for Grupo :

Group	Mean	SEM
Taller	28,900	1,131
Juego	30,256	1,174

Least square means for Sexo x Grupo :

Group	Mean	SEM
M x Taller	27,062	1,667
M x Juego	33,143	1,782
F x Taller	30,737	1,530
F x Juego	27,368	1,530

All Pairwise Multiple Comparison Procedures (Holm-Sidak method):

Overall significance level = 0,05

Comparisons for factor: **Grupo within M**

Comparison	Diff of Means	t	Unadjusted P	Critical Level	Significant?
Juego vs. Taller	6,080	2,492	0,015	0,050	Yes

Comparisons for factor: **Grupo within F**

Comparison	Diff of Means	t	Unadjusted P	Critical Level	Significant?
Taller vs. Juego	3,368	1,557	0,124	0,050	No

Comparisons for factor: **Sexo within Taller**

Comparison	Diff of Means	t	Unadjusted P	Critical Level	Significant?
F vs. M	3,674	1,624	0,109	0,050	No

Comparisons for factor: **Sexo within Juego**

Comparison	Diff of Means	t	Unadjusted P	Critical Level	Significant?
------------	---------------	---	--------------	----------------	--------------

M vs. F	5,774	2,459	0,017	0,050	Yes
---------	-------	-------	-------	-------	-----

- **Anova. Orgullo**

Two Way Analysis of Variance

jueves, febrero 14, 2019, 3:42:28 p. m.

Data source: T1.T2.EMO. in Notebook 1

General Linear Model

Dependent Variable: 5.Orgullo

Normality Test: Passed (P = 0,062)

Equal Variance Test: Passed (P = 0,707)

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Sexo	1	3,880	3,880	0,345	0,559
Grupo	1	12,955	12,955	1,151	0,287
Sexo x Grupo	1	101,128	101,128	8,984	0,004
Residual	64	720,397	11,256		
Total	67	833,235	12,436		

Main effects cannot be properly interpreted if significant interaction is determined. This is because the size of a factor's effect depends upon the level of the other factor.

The effect of different levels of Sexo depends on what level of Grupo is present. There is a statistically significant interaction between Sexo and Grupo. (P = 0,004)

Power of performed test with alpha = 0,0500: for Sexo : 0,0500

Power of performed test with alpha = 0,0500: for Grupo : 0,0633

Power of performed test with alpha = 0,0500: for Sexo x Grupo : 0,809

Least square means for Sexo :

Group	Mean	SEM
M	14,045	0,614
F	14,526	0,544

Least square means for Grupo :

Group	Mean	SEM
Taller	13,845	0,569
Juego	14,726	0,591

Least square means for Sexo x Grupo :

Group	Mean	SEM
M x Taller	12,375	0,839
M x Juego	15,714	0,897
F x Taller	15,316	0,770
F x Juego	13,737	0,770

All Pairwise Multiple Comparison Procedures (Holm-Sidak method):
Overall significance level = 0,05

Comparisons for factor: **Grupo within M**

Comparison	Diff of Means	t	Unadjusted P	Critical Level	Significant?
Juego vs. Taller	3,339	2,720	0,008	0,050	Yes

Comparisons for factor: **Grupo within F**

Comparison	Diff of Means	t	Unadjusted P	Critical Level	Significant?
Taller vs. Juego	1,579	1,451	0,152	0,050	No

Comparisons for factor: **Sexo within Taller**

Comparison	Diff of Means	t	Unadjusted P	Critical Level	Significant?
F vs. M	2,941	2,583	0,012	0,050	Yes

Comparisons for factor: **Sexo within Juego**

Comparison	Diff of Means	t	Unadjusted P	Critical Level	Significant?
M vs. F	1,977	1,673	0,099	0,050	No

- **Anova. Ansiedad**

Two Way Analysis of Variance

martes, febrero 19, 2019, 12:22:24 p.m.

Data source: Data 1 in Notebook 1

General Linear Model

Dependent Variable: 2. Ansiedad

Normality Test: Passed (P = 0.204)

Equal Variance Test: Passed (P = 0.222)

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Sexo	1	46.488	46.488	0.774	0.382

Grupo	1118.975	118.975	1.981	0.164
Sexo x Grupo	1 96.657	96.657	1.609	0.209
Residual	643844.613	60.072		
Total	674074.941	60.820		

The difference in the mean values among the different levels of Sexo is not great enough to exclude the possibility that the difference is just due to random sampling variability after allowing for the effects of differences in Grupo. There is not a statistically significant difference ($P = 0.382$).

The difference in the mean values among the different levels of Grupo is not great enough to exclude the possibility that the difference is just due to random sampling variability after allowing for the effects of differences in Sexo. There is not a statistically significant difference ($P = 0.164$).

The effect of different levels of Sexo does not depend on what level of Grupo is present. There is not a statistically significant interaction between Sexo and Grupo. ($P = 0.209$)

Power of performed test with alpha = 0.0500: for Sexo : 0.0500

Power of performed test with alpha = 0.0500: for Grupo : 0.153

Power of performed test with alpha = 0.0500: for Sexo x Grupo : 0.112

Least square means for Sexo :

Group Mean SEM

M 20.464 1.418

F 22.132 1.257

Least square means for Grupo :

Group Mean SEM

Taller 22.632 1.315

Juego 19.964 1.365

Least square means for Sexo x Grupo :

Group Mean SEM

M x Taller 23.000 1.938

M x Juego 17.929 2.071

F x Taller 22.263 1.778

F x Juego 22.000 1.778

- **Anova. Aburrimento**

Two Way Analysis of Variance

martes, febrero 19, 2019, 12:24:14 p.m.

Data source: Data 1 in Notebook 1

General Linear Model

Dependent Variable: 3. Aburrimento.

Normality Test: Failed (P < 0.050)

Equal Variance Test: Passed (P = 0.137)

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Sexo	1	11.681	11.681	0.293	0.590
Grupo	1	99.339	99.339	2.492	0.119
Sexo x Grupo	1	13.877	13.877	0.348	0.557
Residual		642551.058	39.860		
Total		672671.941	39.880		

The difference in the mean values among the different levels of Sexo is not great enough to exclude the possibility that the difference is just due to random sampling variability after allowing for the effects of differences in Grupo. There is not a statistically significant difference (P = 0.590).

The difference in the mean values among the different levels of Grupo is not great enough to exclude the possibility that the difference is just due to random sampling variability after allowing for the effects of differences in Sexo. There is not a statistically significant difference (P = 0.119).

The effect of different levels of Sexo does not depend on what level of Grupo is present. There is not a statistically significant interaction between Sexo and Grupo. (P = 0.557)

Power of performed test with alpha = 0.0500: for Sexo : 0.0500

Power of performed test with alpha = 0.0500: for Grupo : 0.211

Power of performed test with alpha = 0.0500: for Sexo x Grupo : 0.0500

Least square means for Sexo :

Group Mean SEM

M 15.388 1.155

F 14.553 1.024

Least square means for Grupo :

Group Mean SEM

Taller 16.189 1.071

Juego 13.752 1.112

Least square means for Sexo x Grupo :

Group Mean SEM

M x Taller 17.063 1.578

M x Juego 13.714 1.687

F x Taller 15.316 1.448

F x Juego 13.789 1.448

- **Anova. Desesperación**

Two Way Analysis of Variance

martes, febrero 19, 2019, 12:26:43 p.m.

Data source: Data 1 in Notebook 1

General Linear Model

Dependent Variable: 6. Desesperación

Normality Test: Failed ($P < 0.050$)**Equal Variance Test:** Failed ($P < 0.050$)

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Sexo	1	8.034	8.034	0.334	0.565
Grupo	1	32.422	32.422	1.348	0.250
Sexo x Grupo	1	30.017	30.017	1.248	0.268
Residual		641539.148	24.049		
Total		671605.221	23.959		

The difference in the mean values among the different levels of Sexo is not great enough to exclude the possibility that the difference is just due to random sampling variability after allowing for the effects of differences in Grupo. There is not a statistically significant difference ($P = 0.565$).

The difference in the mean values among the different levels of Grupo is not great enough to exclude the possibility that the difference is just due to random sampling variability after allowing for the effects of differences in Sexo. There is not a statistically significant difference ($P = 0.250$).

The effect of different levels of Sexo does not depend on what level of Grupo is present. There is not a statistically significant interaction between Sexo and Grupo. ($P = 0.268$)

Power of performed test with alpha = 0.0500: for Sexo : 0.0500

Power of performed test with alpha = 0.0500: for Grupo : 0.0841

Power of performed test with alpha = 0.0500: for Sexo x Grupo : 0.0735

Least square means for Sexo :

Group Mean SEM

M 11.509 0.897

F 10.816 0.796

Least square means for Grupo :

Group Mean SEM

Taller11.8590.832

Juego10.4660.864

Least square means for Sexo x Grupo :

Group	Mean	SEM
M x Taller	12.875	1.226
M x Juego	10.143	1.311
F x Taller	10.842	1.125
F x Juego	10.789	1.125

- **Anova. Vergüenza**

Two Way Analysis of Variance

martes, febrero 19, 2019, 12:28:01 p.m.

Data source: Data 1 in Notebook 1

General Linear Model

Dependent Variable: 7. Vergüenza

Normality Test: Failed (P < 0.050)

Equal Variance Test: Passed (P = 0.535)

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Sexo	1	0.00355	0.00355	0.000900	0.992
Grupo	1	17.890	17.890	0.454	0.503
Sexo x Grupo	1	58.880	58.880	1.493	0.226
Residual	64	2523.581	39.431		
Total	67	2593.691	38.712		

The difference in the mean values among the different levels of Sexo is not great enough to exclude the possibility that the difference is just due to random sampling variability after allowing for the effects of differences in Grupo. There is not a statistically significant difference (P = 0.992).

The difference in the mean values among the different levels of Grupo is not great enough to exclude the possibility that the difference is just due to random sampling variability after allowing for the effects of differences in Sexo. There is not a statistically significant difference (P = 0.503).

The effect of different levels of Sexo does not depend on what level of Grupo is present. There is not a statistically significant interaction between Sexo and Grupo. (P = 0.226)

Power of performed test with alpha = 0.0500: for Sexo : 0.0500

Power of performed test with alpha = 0.0500: for Grupo : 0.0500

Power of performed test with alpha = 0.0500: for Sexo x Grupo : 0.0996

Least square means for Sexo :

Group	Mean	SEM
-------	------	-----

M 14.670 1.149
 F 14.684 1.019

Least square means for Grupo :

Group Mean SEM
 Taller15.194 1.065
 Juego14.1601.106

Least square means for Sexo x Grupo :

Group Mean SEM
 M x Taller16.1251.570
 M x Juego13.2141.678
 F x Taller14.263 1.441
 F x Juego 15.105 1.441

- **Anova. Enfado**

Two Way Analysis of Variance

martes, febrero 19, 2019, 12:29:58 p.m.

Data source: Data 1 in Notebook 1
 General Linear Model

Dependent Variable: 8. Enfado

Normality Test: Failed (P < 0.050)

Equal Variance Test: Passed (P = 0.164)

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Sexo	1	14.890	14.890	0.822	0.368
Grupo	1	18.662	18.662	1.030	0.314
Sexo x Grupo	1	2.316	2.316	0.128	0.722
Residual	64	1159.534	18.118		
Total	67	1195.691	17.846		

The difference in the mean values among the different levels of Sexo is not great enough to exclude the possibility that the difference is just due to random sampling variability after allowing for the effects of differences in Grupo. There is not a statistically significant difference (P = 0.368).

The difference in the mean values among the different levels of Grupo is not great enough to exclude the possibility that the difference is just due to random sampling variability after allowing for the effects of differences in Sexo. There is not a statistically significant difference (P = 0.314).

The effect of different levels of Sexo does not depend on what level of Grupo is present. There is not a statistically significant interaction between Sexo and Grupo. (P = 0.722)

Power of performed test with alpha = 0.0500: for Sexo : 0.0500
 Power of performed test with alpha = 0.0500: for Grupo : 0.0506

ESPERADO										
	Ira o enfado	Desprecio	Asco	Miedo	Alegría	Neutra l	Tristeza	Sorpresa		
Ratones	0	0	0	0	3,8684 2105	58,302 6316	0,5526 3158	0,2763 1579		
Maíz	0	0	0	0	5,8333 3333	87,916 6667	0,8333 3333	0,4166 6667		
M. Mesozoico	0	0	0	0	4,2982 4561	64,780 7018	0,6140 3509	0,3070 1754		
	0	0	0	0	14	211	2	1		
NORMALIZADO										
	Ira o enfado	Desprecio	Asco	Miedo	Alegría	Neutra l	Tristeza	Sorpresa		
Ratones	0	0	0	0	4,7619 0476	93,650 7937	0	1,5873 0159		
Maíz	0	0	0	0	8,4210 5263	89,473 6842	2,1052 6316	0		
M. Mesozoico	0	0	0	0	4,2857 1429	95,714 2857	0	0		
Actividad 2									Chi	12,439 9253

	Ira o enfado	Desprecio	Asco	Miedo	Alegría	Neutra l	Tristeza	Sorpresa		
Ratones	0	0	0	0	13,380 531	49,061 9469	0	0,5575 2212	63	
J. Evolución	0	0	0	0	10,619 469	38,938 0531	0	0,4424 7788	50	
	0	0	0	0	24	88		1		
Normalizados										
	Ira o enfado	Desprecio	Asco	Miedo	Alegría	Neutra l	Tristeza	Sorpresa		
Ratones	0	0	0	0	4,7619 0476	93,650 7937	0	1,5873 0159		
J. Evolución	0	0	0	0	42	58	0	0		
Comparación de las actividades de consolidación 2. Frecuencia Alélica									Chi	53,693 9153
Observados									p	2,1904 E-12
	Ira o enfado	Desprecio	Asco	Miedo	Alegría	Neutra l	Tristeza	Sorpresa		%
Maíz	0	0	0	0	8	85	2	0	95	0,6462 585

J. Cuchador	0	0	0	0	34	18	0	0	52	0,3537415
	0	0	0	0	42	103	2	0	147	
Esperados										
	Ira o enfado	Desprecio	Asco	Miedo	Alegría	Neutra l	Tristeza	Sorpresa		
Maíz	0	0	0	0	27,1428571	66,5646259	1,29251701	0	95	
J. Cuchador	0	0	0	0	14,8571429	36,4353741	0,70748299	0	52	
	0	0	0	0	42	103	2	0		
Normalizados										
	Ira o enfado	Desprecio	Asco	Miedo	Alegría	Neutra l	Tristeza	Sorpresa		
Maíz	0	0	0	0	8,42105263	89,4736842	2,10526316	0		
J. Cuchador	0	0	0	0	65,3846154	34,6153846	0	0		
Comparación de las actividades de consolidación 3. Tiempo Geológico									Chi	35,8816456

Observados									p	1,6158 E-08
	Ira o enfado	Desprecio	Asco	Miedo	Alegría	Neutra l	Tristeza	Sorpresa		%
M. Mesozoico	0	0	0	0	3	67	0	0	70	0,71428571
J. TiempoG	0	0	0	0	15	12	1	0	28	0,28571429
	0	0	0	0	18	79	1	0	98	
Esperados										
	Ira o enfado	Desprecio	Asco	Miedo	Alegría	Neutra l	Tristeza	Sorpresa		
M. Mesozoico	0	0	0	0	12,8571429	56,4285714	0,71428571	0	70	
J. TiempoG	0	0	0	0	5,14285714	22,5714286	0,28571429	0	28	
	0	0	0	0	18	79	1	0		
Normalizados	Ira o enfado	Desprecio	Asco	Miedo	Alegría	Neutra l	Tristeza	Sorpresa		
M. Mesozoico	0	0	0	0	4,28571429	95,7142857	0	0		

J. TiempoG	0	0	0	0	53,571 4286	42,857 1429	3,5714 2857	0		
---------------	---	---	---	---	----------------	----------------	----------------	---	--	--

Anexo 10: Análisis de varianza del delta de la saturación de oxígeno (O2) y la frecuencia cardiaca (FC) en las clases magistrales y de consolidación.

- **Anova. Delta O2 de las clases magistrales.**

One Way Analysis of Variance

jueves, mayo 09, 2019, 5:11:41 p. m.

Data source: Data 1 in Notebook 1

Normality Test: Failed (P < 0,050)

Equal Variance Test: Passed (P = 0,621)

Group Name	N	Missing	Mean	Std Dev	SEM
Talleres	18	0	1,222	3,735	0,880
Juegos	21	0	0,333	2,938	0,641
Control	30	0	0,500	3,361	0,614

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Between Groups	2	8,664	4,332	0,388	0,680
Residual	66	737,278	11,171		
Total	68	745,942			

The differences in the mean values among the treatment groups are not great enough to exclude the possibility that the difference is due to random sampling variability; there is not a statistically significant difference (P = 0,680).

Power of performed test with alpha = 0,050: 0,049

The power of the performed test (0,049) is below the desired power of 0,800. Less than desired power indicates you are less likely to detect a difference when one actually exists. Negative results should be interpreted cautiously.

- **Anova. Delta FC de las clases magistrales.**

One Way Analysis of Variance

jueves, mayo 09, 2019, 5:28:53 p. m.

Data source: Data 1 in Notebook 1

Normality Test: Passed (P = 0,084)

Equal Variance Test: Passed (P = 0,434)

Group Name	N	Missing	Mean	Std Dev	SEM
------------	---	---------	------	---------	-----

TallerFC	18	0	-3,889	12,058	2,842
JuegoFC	21	0	-0,238	7,307	1,594
Control	30	0	-3,533	10,092	1,842

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Between Groups	2	173,149	86,574	0,880	0,420
Residual	66	6493,054	98,380		
Total	68	6666,203			

The differences in the mean values among the treatment groups are not great enough to exclude the possibility that the difference is due to random sampling variability; there is not a statistically significant difference ($P = 0,420$).

Power of performed test with $\alpha = 0,050$: 0,049

The power of the performed test (0,049) is below the desired power of 0,800. Less than desired power indicates you are less likely to detect a difference when one actually exists. Negative results should be interpreted cautiously.

- **Anova. Delta O2 de las clases de consolidación.**

One Way Analysis of Variance

jueves, mayo 09, 2019, 5:43:28 p. m.

Data source: Actividades 1y2 in Notebook 1.

Normality Test: Passed ($P = 0,051$)

Equal Variance Test: Passed ($P = 0,935$)

Group Name	N	Missing	Mean	Std Dev	SEM
Taller.O2	18	0	0,889	3,428	0,808
Juego.O2	21	0	0,238	3,727	0,813

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Between Groups	1	4,105	4,105	0,318	0,576
Residual	37	477,587	12,908		
Total	38	481,692			

The differences in the mean values among the treatment groups are not great enough to exclude the possibility that the difference is due to random sampling variability; there is not a statistically significant difference ($P = 0,576$).

Power of performed test with $\alpha = 0,050$: 0,048

The power of the performed test (0,048) is below the desired power of 0,800. Less than desired power indicates you are less likely to detect a difference when one actually exists. Negative results should be interpreted cautiously.

- **Anova. Delta FC de las clases de consolidación**

One Way Analysis of Variance

jueves, mayo 09, 2019, 5:44:26 p. m.

Data source: Actividades 1y2 in Notebook 1**Normality Test:** Passed (P = 0,085)**Equal Variance Test:** Passed (P = 0,235)

Group Name	N	Missing	Mean	Std Dev	SEM
Taller.FC	18	0	-2,500	11,419	2,691
Juego.FC	19	0	-0,684	16,783	3,850

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Between Groups	1	30,476	30,476	0,146	0,704
Residual	35	7286,605	208,189		
Total	36	7317,081			

The differences in the mean values among the treatment groups are not great enough to exclude the possibility that the difference is due to random sampling variability; there is not a statistically significant difference (P = 0,704).

Power of performed test with alpha = 0,050: 0,048

The power of the performed test (0,048) is below the desired power of 0,800. Less than desired power indicates you are less likely to detect a difference when one actually exists. Negative results should be interpreted cautiously.

Anexo 11: Delta de la saturación de oxígeno (O2) y de la frecuencia cardiaca (FC) en las clases magistrales de los 3 grupos (control, actividad 1 y 2) y en las clases de consolidación por separado.

- **Análisis de varianza del delta de la O2 en las clases magistrales de los tres grupos.**

One Way Analysis of Variance

jueves, mayo 09, 2019, 4:45:55 p. m.

Data source: Delta Post/pre. Delta o2

Dependent Variable: Delta O2

Normality Test: Failed (P < 0,050)

Test execution ended by user request, ANOVA on Ranks begun

Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks

jueves, mayo 09, 2019, 4:45:55 p. m.

Data source: Delta Post/pre.Clases in Post.Pre FC.O2

Group	N	Missing	Median	25%	75%
ClaseM1.S.N.Taller	6	0	-0,500	-2,000	1,000
ClaseM2.F.A.Taller	6	0	1,000	1,000	2,000
ClaseM3.T.G.Taller	6	0	1,000	0,000	1,000
ClaseM1.SN.Juego	7	0	0,000	-0,750	2,250
ClaseM2.FC.Juego	7	0	1,000	0,000	3,250
ClaseM3.TG.Juego	7	0	-1,000	-2,500	0,000
ClaseM1.S.N.Control	10	0	0,500	-1,000	2,000
ClaseM2.F.A.Control	10	0	0,500	-3,000	4,000
ClaseM3.T.G.Control	10	0	1,000	-1,000	5,000

H = 4,604 with 8 degrees of freedom. (P = 0,799)

The differences in the median values among the treatment groups are not great enough to exclude the possibility that the difference is due to random sampling variability; there is not a statistically significant difference (P = 0,799)

- **Análisis de varianza del delta de la FC en las clases magistrales de los tres grupos.**

One Way Analysis of Variance

jueves, mayo 09, 2019, 4:47:41 p. m.

Data source: Delta Post/pre. FC

Dependent Variable: Delta FC

Normality Test: Failed (P < 0,050)

Test execution ended by user request, ANOVA on Ranks begun

Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks

jueves, mayo 09, 2019,

4:47:41 p. m.

Data source: Delta Post/pre.Clases in Post.Pre FC.O2

Group	N	Missing	Median	25%	75%
ClaseM1.S.N.Taller	6	0	-4,500	-9,000	4,000
ClaseM2.F.A.Taller	6	0	-13,000	-18,000	-6,000
ClaseM3.T.G.Taller	6	0	-5,000	-9,000	-1,000
ClaseM1.SN.Juego	7	0	1,000	-2,750	3,000
ClaseM2.FC.Juego	7	0	2,000	-7,250	9,000
ClaseM3.TG.Juego	7	0	-4,000	-5,000	1,000
ClaseM1.S.N.Control	10	0	-3,500	-8,000	-1,000
ClaseM2.F.A.Control	10	0	-1,500	-8,000	9,000

ClaseM3.T.G.Control10 0 -4,000 -10,000 4,000

H = 6,800 with 8 degrees of freedom. (P = 0,558)

The differences in the median values among the treatment groups are not great enough to exclude the possibility that the difference is due to random sampling variability; there is not a statistically significant difference (P = 0,558)

- **Anova. Análisis de varianza del delta de la saturación de oxígeno (O2) en las clases de consolidación por separado.**

One Way Analysis of Variance

jueves, mayo 09, 2019, 4:02:58 p. m.

Data source: DeltaPost-pre. in Notebook 1

Dependent Variable: Delta O2

Normality Test: Passed (P = 0,150)

Equal Variance Test: Passed (P = 0,365)

Group Name	N	Missing	Mean	Std Dev	SEM
V.T.Rat.B.	6	0	1,333	2,875	1,174
V.T.E.Secr.	6	0	0,500	4,722	1,928
V.T.M.Meso.	6	0	0,833	2,994	1,222
Juego1.Evo.	7	0	0,286	5,529	2,090
Juego2.Cuch.	7	0	0,000	2,582	0,976
Juego3.T.G.	7	0	0,429	2,992	1,131

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Between Groups	5	6,883	1,377	0,0957	0,992
Residual	33	474,810	14,388		
Total	38	481,692			

The differences in the mean values among the treatment groups are not great enough to exclude the possibility that the difference is due to random sampling variability; there is not a statistically significant difference (P = 0,992).

Power of performed test with alpha = 0,050: 0,050

The power of the performed test (0,050) is below the desired power of 0,800.

- **Anova. Análisis de varianza del delta de la frecuencia cardiaca (FC) en las clases de consolidación por separado.**

One Way Analysis of Variance

jueves, mayo 09, 2019, 4:05:04 p. m.

Data source: DeltaPost-pre. in Notebook 1

Dependent Variable: Delta FC

Normality Test: Passed (P = 0,188)

Equal Variance Test: Passed (P = 0,361)

Group Name	N	Missing	Mean	Std Dev	SEM
V.T.Rat.B.	6	0	-4,500	9,006	3,677
V.T.E.Secr.	6	0	2,833	5,565	2,272
V.T.M.Meso.	6	0	-5,833	16,702	6,819
Juego1.Evo.	7	0	-1,143	21,043	7,954
Juego2.Cuch.	7	0	3,714	9,087	3,435
Juego3.T.G.	7	0	-4,143	17,199	6,501

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Between Groups	5	519,280	103,856	0,498	0,775
Residual	33	6882,310	208,555		
Total	38	7401,590			

The differences in the mean values among the treatment groups are not great enough to exclude the possibility that the difference is due to random sampling variability; there is not a statistically significant difference (P = 0,775).

Power of performed test with alpha = 0,050: 0,050

The power of the performed test (0,050) is below the desired power of 0,800. Less than desired power indicates you are less likely to detect a difference when one actually exists. Negative results should be interpreted cautiously.

Anexo 12: Analisis de varianza de la saturación de oxígeno (O2) y la frecuencia cardiaca (FC) durante las clases magistrales y de consolidación.

- **Analisis de varianza de la O2 durante las clases magistrales de los 3 grupos.**

One Way Analysis of Variance

jueves, mayo 09, 2019, 7:20:20 p. m.

Data source: Data 4 in FC.O2.SNB durante o2. Clases magistrales

Dependent Variable: durante o2

Normality Test: Failed (P < 0.050)

Test execution ended by user request, ANOVA on Ranks begun

Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks

jueves, mayo 09, 2019,
7:20:20 p. m.

Data source: Data 4 in FC.O2.SNB

Group	N	Missing	Median	25%	75%
ClaseM1.S.N.Taller	6	0	94.500	93.000	97.000
ClaseM2.F.A.Taller	6	0	94.500	93.000	97.000
ClaseM3.T.G.Taller	6	0	94.500	93.000	97.000
ClaseM1.SN.Juego	7	0	97.000	93.750	97.000
ClaseM2.FC.Juego	7	0	93.000	92.000	96.250
ClaseM3.TG.Juego	7	0	93.000	91.000	95.250
ClaseM1.S.N.Control	10	0	95.000	94.000	96.000
ClaseM2.F.A.Control	10	0	93.500	93.000	97.000
ClaseM3.T.G.Control	10	0	94.000	93.000	97.000

H = 5.023 with 8 degrees of freedom. (P = 0.755)

The differences in the median values among the treatment groups are not great enough to exclude the possibility that the difference is due to random sampling variability; there is not a statistically significant difference (P = 0.755)

- **Anova. Analisis de varianza de la FC durante las clases magistrales de los 3 grupos**

One Way Analysis of Variance

jueves, mayo 09, 2019, 7:21:10 p. m.

Data source: Data 4 in FC.O2.SNB durante FC. Clases magistrales

Dependent Variable: durante FC

Normality Test: Passed (P = 0.416)

Equal Variance Test: Passed (P = 0.482)

Group Name	N	Missing	Mean	Std Dev	SEM
ClaseM1.S.N.Taller	6	0	83.667	17.523	7.154
ClaseM2.F.A.Taller	6	0	82.333	11.255	4.595
ClaseM3.T.G.Taller	6	0	87.833	19.712	8.047
ClaseM1.SN.Juego	7	0	80.286	6.626	2.504
ClaseM2.FC.Juego	7	0	79.143	10.684	4.038
ClaseM3.TG.Juego	7	0	78.286	9.322	3.523
ClaseM1.S.N.Control	10	0	90.500	14.409	4.556
ClaseM2.F.A.Control	10	0	82.500	12.430	3.931
ClaseM3.T.G.Control	10	0	88.900	11.110	3.513

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Between Groups	8	81279.436	159.930	0.964	0.472
Residual	60	9951.114	165.852		
Total	68	11230.551			

The differences in the mean values among the treatment groups are not great enough to exclude the possibility that the difference is due to random sampling variability; there is not a statistically significant difference (P = 0.472).

Power of performed test with alpha = 0.050: 0.050

The power of the performed test (0.050) is below the desired power of 0.800. Less than desired power indicates you are less likely to detect a difference when one actually exists. Negative results should be interpreted cautiously.

- **Anova. Analisis de varianza de la O2 durante las clases de consolidación de las actividades 1 y 2.**

One Way Analysis of Variance

jueves, mayo 09, 2019, 1:55:21 p. m.

Data source: Data 2 in Notebook 1 A DURANTE O2. ACTIVIDADES

Dependent Variable: Datos.O2

Normality Test: Passed (P = 0,165)

Equal Variance Test: Passed (P = 0,474)

Group Name	N	Missing	Mean	Std Dev	SEM
V.T.Rat.B.	6	0	92,500	3,271	1,335
V.T.E.Secr.	6	0	94,500	2,345	0,957
V.T.M.Meso.	6	0	92,833	3,817	1,558
Juego1.Evo.	7	0	94,857	2,116	0,800
Juego2.Cuch.	7	0	94,857	2,734	1,033
Juego3.T.G.	7	0	95,714	2,360	0,892

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Between Groups	5	50,921	10,184	1,298	0,289
Residual	33	258,976	7,848		
Total	38	309,897			

The differences in the mean values among the treatment groups are not great enough to exclude the possibility that the difference is due to random sampling variability; there is not a statistically significant difference (P = 0,289).

Power of performed test with alpha = 0,050: 0,112

The power of the performed test (0,112) is below the desired power of 0,800. Less than desired power indicates you are less likely to detect a difference when one actually exists. Negative results should be interpreted cautiously.

- **Anova. Analisis de varianza de la FC durante las clases de consolidación de las actividades 1 y 2.**

One Way Analysis of Variance

jueves, mayo 09, 2019, 2:23:21 p. m.

Data source: Data 2 in Notebook 1 DURANTE FC. ACTIVIDADES

Dependent Variable: Datos.FC

Normality Test: Passed (P = 0,800)

Equal Variance Test: Passed (P = 0,994)

Group Name	N	Missing	Mean	Std Dev	SEM
V.T.Rat.B.	6	0	82,667	13,337	5,445
V.T.E.Secr.	6	0	89,167	14,851	6,063
V.T.M.Meso.	6	0	83,833	13,906	5,677
Juego1.Evo.	7	0	84,286	9,411	3,557
Juego2.Cuch.	7	0	82,286	10,935	4,133
Juego3.T.G.	7	0	80,429	10,784	4,076

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Between Groups	5	277,095	55,419	0,373	0,864
Residual	33	4905,571	148,654		
Total	38	5182,667			

The differences in the mean values among the treatment groups are not great enough to exclude the possibility that the difference is due to random sampling variability; there is not a statistically significant difference (P = 0,864).

Power of performed test with alpha = 0,050: 0,050

The power of the performed test (0,050) is below the desired power of 0,800. Less than desired power indicates you are less likely to detect a difference when one actually exists. Negative results should be interpreted cautiously.

Anexo 13: Analisis de varianza del delta de los niveles de cortisol en saliva durante las actividades de consolidación.

- **Prueba T del delta del nivel de cortisol en sáliva entre los grupos de actividad 1 y 2.**

t-test miércoles, mayo 15, 2019, 04:44:45 p.m.

Data source: Data 1 in Notebook 1

Normality Test: Passed (P = 0.139)

Equal Variance Test: Passed (P = 0.696)

Group Name	N	Missing	Mean	Std Dev	SEM	
Talleres		15	0	0,465	3,108	0,802
Juegos		18	0	-0,566	2,641	0,623
Difference		1,031				

t = 1.031 with 31 degrees of freedom. (P = 0.311)

95 percent confidence interval for difference of means: -1.009 to 3.071

The difference in the mean values of the two groups is not great enough to reject the possibility that the difference is due to random sampling variability. There is not a statistically significant difference between the input groups (P = 0.311).

Power of performed test with alpha = 0.050: 0.054

The power of the performed test (0.054) is below the desired power of 0.800. Less than desired power indicates you are less likely to detect a difference when one actually exists. Negative results should be interpreted cautiously.

- **Anova. Comparación del delta del nivel de cortisol en saliva en los video talleres realizados por el grupo de la actividad 1.**

One Way Repeated Measures miércoles, mayo 15, 2019, 04:49:31
 Analysis of Variance p.m.
 Comparación talleres 1 2 y 3 delta cortisol
 Data source: Data 1 in Notebook 1

Normality Test: Failed (P < 0.050)

Equal Variance Test: Passed (P = 0.974)

Treatment Name	N	Missing	Mean	Std Dev	SEM
Taller 1	5	0	1,052	3,786	1,693
Taller 2	5	0	0,348	3,416	1,528
Taller 3	5	0	-0,004	2,661	1,19

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Between Subjects	4	21,629	5,407		
Between Treatments	2	2,891	1,446	0,104	0,902
Residual	8	110,702	13,838		
Total	14	135,222			

The differences in the mean values among the treatment groups are not great enough to exclude the possibility that the difference is due to random sampling variability; there is not a statistically significant difference ($P = 0.902$).

Power of performed test with $\alpha = 0.050$: 0.050

The power of the performed test (0.050) is below the desired power of 0.800. Less than desired power indicates you are less likely to detect a difference when one actually exists. Negative results should be interpreted cautiously.

- **Anova. Comparación del delta del nivel de cortisol en saliva en los juegos realizados por el grupo de la actividad 2.**

One Way Repeated Measures Analysis of Variance
miércoles, mayo 15, 2019, 04:50:35 p.m.
Comparación juegos 1 2 y 3 delta cortisol
Data source: Data 1 in Notebook 1

Normality Test: Passed ($P = 0.210$)

Equal Variance Test: Passed ($P = 0.190$)

Treatment Name	N	Missing	Mean	Std Dev	SEM
Juego 1	6	0	-1,773	2,715	1,108
Juego 2	6	0	-0,22	3,037	1,24
Juego 3	6	0	0,297	2,083	0,85

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Between Subjects	5	6,209	1,242		
Between Treatments	2	13,929	6,965	0,707	0,516
Residual	10	98,454	9,845		
Total	17	118,592			

The differences in the mean values among the treatment groups are not great enough to exclude the possibility that the difference is due to random sampling variability; there is not a statistically significant difference ($P = 0.516$).

Power of performed test with $\alpha = 0.050$: 0.049

The power of the performed test (0.049) is below the desired power of 0.800. Less than desired power indicates you are less likely to detect a difference when one actually exists. Negative results should be interpreted cautiously.

Anexo 14: Analisis de varianza de las diferencias por sexo biológico.

- **Anova. Diferencias por sexo en los resultados del cuestionario 3 (frecuencia alélica) del grupo de actividad 2 (juego).**

One Way Analysis of Variance

martes, abril 30, 2019, 2:16:09 p. m.

Data source: Data 1 in Notebook 1

Dependent Variable: C3. Fren.A.

Normality Test: Passed (P = 0,316)**Equal Variance Test:** Passed (P = 0,645)

Group Name	N	Missing	Mean	Std Dev	SEM
M	14	0	6,286	2,016	0,539
F	19	3	4,625	1,746	0,437

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Between Groups	1	20,593	20,593	5,847	0,022
Residual	28	98,607	3,522		
Total	29	119,200			

The differences in the mean values among the treatment groups are greater than would be expected by chance; there is a statistically significant difference (P = 0,022).

Power of performed test with alpha = 0,050: 0,561

All Pairwise Multiple Comparison Procedures (Holm-Sidak method):

Overall significance level = 0,05

Comparisons for factor: **Sexo**

Comparison	Diff of Means	t	Unadjusted P	Critical Level	Significant?
M vs. F	1,661	2,418	0,0224	0,050	Yes

- **Anova. Diferencias por sexo en los resultados del cuestionario 4 (tiempo geológico) del grupo de actividad 2 (juego).**

One Way Analysis of Variance

martes, abril 30, 2019, 2:17:26 p. m.

Data source: Data 1 in Notebook 1

Dependent Variable: C4. Tiem.G.10

Normality Test: Passed (P = 0,083)**Equal Variance Test:** Passed (P = 0,637)

Group Name	N	Missing	Mean	Std Dev	SEM
M	14	0	8,304	0,753	0,201
F	19	3	7,148	1,045	0,261

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Between Groups	1	9,963	9,963	11,747	0,002
Residual	28	23,748	0,848		
Total	29	33,711			

The differences in the mean values among the treatment groups are greater than would be expected by chance; there is a statistically significant difference ($P = 0,002$).

Power of performed test with $\alpha = 0,050$: 0,902

All Pairwise Multiple Comparison Procedures (Holm-Sidak method):
Overall significance level = 0,05

Comparisons for factor: **Sexo**

Comparison	Diff of Means	t	Unadjusted P	Critical Level	Significant?
M vs. F	1,155	3,427	0,00190	0,050	Yes

- **Anova. Diferencias por sexo en los resultados de activación emocional autoreportada del grupo de actividad 2 (juego), luego del eje temático de frecuencia alélica.**

One Way Analysis of Variance

martes, abril 30, 2019, 2:30:12 p. m.

Data source: Data 2 in Notebook 1

Dependent Variable: EMO.M2

Normality Test: Passed ($P = 0,119$)

Equal Variance Test: Passed ($P = 0,404$)

Group Name	N	Missing	Mean	Std Dev	SEM
M	14	0	50,857	7,199	1,924
F	19	2	57,588	9,448	2,291

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Between Groups	1	347,845	347,845	4,799	0,037
Residual	29	2101,832	72,477		
Total	30	2449,677			

The differences in the mean values among the treatment groups are greater than would be expected by chance; there is a statistically significant difference ($P = 0,037$).

Power of performed test with $\alpha = 0,050$: 0,459

All Pairwise Multiple Comparison Procedures (Holm-Sidak method):
Overall significance level = 0,05

Comparisons for factor: **Sexo**

Comparison	Diff of Means	t	Unadjusted P	Critical Level	Significant?
F vs. M	6,731	2,191	0,0367	0,050	Yes

- **Anova. Diferencias por sexo en los resultados de activación emocional autoreportada del grupo de actividad 2 (juego), luego del eje temático de tiempo geológico.**

One Way Analysis of Variance

martes, abril 30, 2019, 2:32:00 p. m.

Data source: Data 2 in Notebook 1

Dependent Variable: EMO.M3

Normality Test: Passed (P = 0,138)

Equal Variance Test: Passed (P = 0,206)

Group Name	N	Missing	Mean	Std Dev	SEM
M	14	0	46,000	7,756	2,073
F	19	4	53,000	11,892	3,071

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Between Groups	1	354,828	354,828	3,469	0,073
Residual	27	2762,000	102,296		
Total	28	3116,828			

The differences in the mean values among the treatment groups are not great enough to exclude the possibility that the difference is due to random sampling variability; there is not a statistically significant difference (P = 0,073).

Power of performed test with alpha = 0,050: 0,314

The power of the performed test (0,314) is below the desired power of 0,800. Less than desired power indicates you are less likely to detect a difference when one actually exists. Negative results should be interpreted cautiously.

Anexo 15: Instrumentos de recolección de información

Cuestionario N° 1. Escala de Razonamiento Evolutivo (E.R.E.)¹

Nombre _____ Edad ____ Fecha _____
Curso _____

Esta encuesta está diseñada para consultar la comprensión sobre el proceso por el cual las especies se adaptan a su entorno. A pesar de que algunas preguntas pueden ser un reto, tenga en cuenta que pueden tener respuestas "incorrectas" o "correctas". Diligencie la encuesta completa, así que por favor responda todas las preguntas.

1. Imagine que los biólogos descubren una nueva especie de pájaro carpintero que vive aislado en una isla remota. Estos pájaros carpinteros tienen, en promedio, un pico de 3 centímetros, y su única fuente de alimento es un insecto que vive al interior de un árbol, en promedio, 4 centímetros por debajo de la corteza o parte más externa del árbol. En comparación con sus padres, la descendencia de dos pájaros carpinteros tendrá:
 - a. un pico más largo.
 - b. un pico más corto.
 - c. ya sea un pico más largo o más corto: ninguno de los resultados es más probable.
2. Al estudiar las aves, los biólogos observan que solo un pequeño porcentaje se reproduce cada año. Por lo tanto, predicen que, en comparación con poblaciones en las que la mayoría de las aves se reproducen cada año, esta población se adapta a su entorno:
 - a. más rápido.
 - b. más lento.
 - c. ya sea más rápido o más lento; ningún resultado es más probable.
3. Los biólogos recortan las plumas de las alas de algunas de las aves, lo que les impide volar. En comparación con la descendencia de los otros pájaros carpinteros, la descendencia de aquellos con alas recortadas nacerá con:
 - a. plumas de las alas más largas.
 - b. plumas de las alas más cortas.
 - c. plumas de las alas más largas o más cortas; ninguno de los resultados es más probable.
4. Imagine que los biólogos vuelven a medir los picos de las aves en 2118 y descubren que la longitud promedio del pico ha aumentado de 3 centímetros a 4 centímetros durante los últimos cien años. Sin embargo, algunas de las aves aún tienen picos de menos de 3 centímetros. ¿Estas aves probablemente descienden de cuál de los siguientes grupos de aves vivas hace cien años?
 - a. Las aves con picos más cortos de lo normal.
 - b. Las aves con picos más largos de lo normal.

¹ Tomado y modificado de: Heddy, Benjamin C.; Sinatra, Gale M. (2013). Transforming Misconceptions: Using Transformative Experience to Promote Positive Affect and Conceptual Change in Students Learning About Biological Evolution. *Science Education*. Vol. 97, No. 5, pp. 723–744

- c. Aves con picos más cortos o más largos que el promedio; ninguna posibilidad es más probable.
5. Supongamos que el par de pájaros carpinteros migra a una isla diferente con menos árboles y más viento. Como consecuencia de volar en un entorno más cálido, ambos pájaros carpinteros desarrollan músculos de las alas más fuertes. En comparación con la descendencia de los pájaros carpinteros en la isla original, la descendencia de estos dos pájaros carpinteros nacerá con:
- músculos de las alas más fuertes.
 - músculos de ala más débiles.
 - los músculos de las alas no sería ni más fuertes ni más débiles. Ninguna de las dos opciones es más probable.
6. El maíz es un alimento totalmente artificial. Durante un período de miles de años, los nativos americanos transformaron el maíz a propósito mediante técnicas especiales de cultivo, modificando el maíz de la hierba silvestre (teosinte) que creció en Centroamérica hace 7.000 años. En contraste con el maíz moderno, que produce cientos de granos regordetes por mazorca, cada planta de Teosinte produjo un puñado de granos pequeños. ¿Sería posible cultivar maíz nuevamente a partir de una planta como el teosinte?
- Sí
 - No
 - Se necesita más información.
7. Seleccione la opción "extraña o inadecuada".
- El maíz es criado selectivamente para producir granos morados.
 - El maíz es genéticamente modificado para producir granos morados.
 - El maíz es cultivado en un suelo especial para producir granos morados.
8. Los humanos y los chimpancés comparten un ancestro común, que vivió hace unos 6 millones de años. ¿Crees que este primate antiguo era genéticamente más similar a los humanos modernos o los chimpancés modernos?
- Los seres humanos.
 - Chimpancés.
 - O humanos o chimpancés; ninguno es más probable.
9. ¿Cuál de los siguientes organismos también comparte un ancestro común con los humanos? (Encierra en un círculo todo lo que corresponda)
- Elefantes
 - Lémures
 - Salamandars
 - Gorriones
 - Abejas
 - Medusa
 - Algas
 - Rosa
 - Brontosaurio

10. A medida que los chimpancés continúan evolucionando, ¿crees que serán más o menos similares a los humanos de hoy en día?

- a. Más similares.
- b. Menos similares.
- c. O más o menos similares; ninguno de los resultados es más probable.

11. Realice un dibujo o esquema que represente lo que entiende por evolución biológica.

Cuestionario N° 2² Selección Natural

Nombre _____ Edad ____ Fecha _____
Curso _____

Lea atentamente los siguientes enunciados y escoja la respuesta correcta.

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; de esta manera pueden sobrevivir al insecticida por el cambio en la información genética;

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; son para desenvolverse mejor en los medios acuáticos;
 - b) la aparición casual de una mutación y la reproducción de los individuos que la tienen;
 - c) la necesidad de adaptarse a ciertas condiciones ambientales; le permite sobrevivir;
 - d) la creación en su forma actual; a partir de un diseñador que género ésta característica;

3. La ceguera de las salamandras que viven en cuevas se debe a que:
 - a) como no necesitan ver en zonas oscuras, al no usar los ojos se atrofian;
 - b) las salamandras evolucionaron para perder su vista, porque resultaba 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;

4. El cuello largo de las jirafas se debe a:
 - a) el esfuerzo por alcanzar las hojas más altas de los árboles; se alimentan mejor.
 - b) la necesidad de adaptarse a comer las hojas altas de los árboles se los permite.
 - c) la muerte de algunas y la reproducción de otras que tienen ésta característica.
 - d) una mutación producida por el ambiente y la reproducción de quien la posee.

² Tomado y modificado 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

5. Si el tamaño del pico de una población de aves aumenta durante la época seca, debido principalmente a la mortalidad selectiva, ¿podemos decir que esta selección natural fue impulsada por el entorno que favorece la supervivencia de las aves con los picos más grandes?³

- a) No. El tamaño del pico ha cambiado debido a las aves que mueren, no a las aves que sobreviven.
- b) Sí. Las aves con picos más grandes sobrevivieron a un ritmo mayor que las aves con los picos más pequeños.
- c) No. El tamaño del pico ha cambiado debido a las aves que viven, no a las aves que se reproducen.
- d) Sí. Las aves con picos más grandes se reprodujeron a un ritmo menor que las aves con los picos más pequeños.

6. El uso de antibióticos o productos para matar micro organismos es habitual, pero al usarlos, algunas bacterias no mueren. Esto se debe a que:

- a) las bacterias mutan para mejorar; de esta manera pueden sobrevivir por el cambio en la información genética contenida en la célula;
- b) el antibiótico o desinfectante cambia la información genética de la bacteria sobre la que se aplica; la hace mutar, haciéndola más resistente;
- c) las bacterias van recibiendo poco a poco varias dosis pequeñas de antibiótico; de esta forma pueden irse adaptando a él, volviéndose inmunes y así sobreviven;
- d) algunas bacterias sobreviven al tener información genética que las hace resistentes al antibiótico, aunque nunca hayan estado en contacto con él;

7. La presencia de las membranas entre los dedos (alas) en las extremidades superiores de los murciélagos, puede ser atribuida a:

- a) la creación en su forma actual; a partir de un diseñador que género ésta característica;
- b) la necesidad de volar mejor; son para desenvolverse mejor en los medios aéreos;
- c) la necesidad de adaptarse a ciertas condiciones ambientales; le permite sobrevivir;
- d) la aparición casual de una mutación y la reproducción de los individuos que la tienen;

8. La no utilidad del apéndice en los humanos se debe a que:

- a) un órgano no vital, como el apéndice en los humanos, puede perderse;
- b) como no se necesitaba recientemente y es inútil, al no usarla, se atrofio;
- c) los humanos evolucionaron para perder su apéndice, porque era innecesaria;
- d) el no uso del apéndice modifica la información genética y así pierde utilidad;

9. Un ganadero tiene alrededor de 100 vacas y toros en su finca. Para la venta de carne solo dispone de los terneros más delgados y pequeños antes de su edad reproductiva. Luego de 20 generaciones del ganado de la finca, ¿es posible que se genere un cambio en las características físicas de las vacas y los toros?

- a) Sí. Porque los toros más grandes sobrevivieron a un ritmo mayor que los toros más pequeños.
- b) No. Solo los toros serán más grandes, porque fueron ellos los seleccionados por el ganadero.

³ Tomada y modificada de: Cheryl Heinz, Dept. of Biological Sciences, Benedictine University, and Eric Ribbens, Dept. of Biological Sciences, Western Illinois University Tomado de: <http://sciencecases.lib.buffalo.edu/cs>

- c) No. El tamaño del ganado no cambia debido a los toros que viven, sino los que se reproducen.
- d) Sí. Los toros grandes se reprodujeron a un ritmo menor que los toros más pequeños y delgados.

10. Las alas de los murciélagos están formadas por expansiones de piel que se extienden entre los huesos de los dedos y del brazo. Las alas de las aves están formadas por plumas que se extienden por todo el brazo. Tanto murciélagos y aves tienen los mismos huesos en la extremidad, pero tienen forma diferente. Que tengan los mismos huesos se debe a que:

- a) es una característica necesaria para el vuelo, quienes no la tienen difícilmente serán aptos para volar;
- b) las condiciones para poder volar modifican las características de los huesos, durante generaciones;
- c) estos organismos tienen un ancestro en común que heredó las características de la extremidad;
- d) tanto aves como murciélagos tienen un ancestro en común volador que heredó esas características;

Cuestionario No. 3 Cambios en la frecuencia alélica.

Nombre _____ Edad ____ Fecha _____

Lea atentamente y seleccione la respuesta que considera 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, modificó su información genética; haciéndolos mansos;
- b) los lobos que se acostumbraron a los humanos, y poco a poco se hicieron más mansos;
- c) la selección de lobos mansos para su reproducción; pues se hereda esta característica;
- d) la necesidad de cazar de lobos y humanos, cambió los genes de los lobos; haciéndolos mansos;

2. Qué existan actualmente más de 450 razas de perros, puede ser atribuido a:

- a) las condiciones de trabajo que fueron sometidos los perros;
- b) la variabilidad de la información genética de los individuos;
- c) la necesidad de los perros por tener diferentes tamaños;
- d) mutaciones producidas por la necesidad de adaptarse;

3. Al analizar la información genética de perros y lobos, resultan contener genes similares por qué;

- a) viven en ambientes equivalentes y necesitan acostumbrarse;
- b) ambos cazan y tienen comportamientos que se lo permiten;
- c) el cazar modifica la información genética haciéndola similar;
- d) tienen un ancestro en común, y heredaron esa información;

4. Tras secuenciar y comparar la información genética o genoma de 60 perros de 14 razas diferentes y de 12 lobos de distintas zonas del planeta. Investigadores identificaron casi 4 millones de variantes en la información genética de esta población, a partir de las cuales aislaron 36 regiones de ADN que probablemente representaron objetivos para la selección durante la domesticación del perro. Estas regiones de ADN, son más frecuentes en los perros actuales porque:

- a) en cada generación de perros primitivos, se reproducían los que tenían esas regiones de ADN;
- b) en los ambientes que vivían, se presentaban circunstancias a las que necesitaban acostumbrarse;
- c) tanto lobos y perros cazan, lo que genera que tengan comportamientos y genes muy similares;
- d) en cada generación ellos se acostumbraron y así en su ADN se hicieron frecuentes las regiones;

5. Durante el tiempo de los humanos cazadores-recolectores, es posible que los lobos compartieran espacios con ellos y robaran restos de cadáveres o comida. En investigaciones se identificaron que 8 genes intervienen en el desarrollo del sistema nervioso, en particular, en los cambios etológicos o de comportamiento que permitieron a los perros convertirse en el mejor amigo del hombre⁴⁵. La domesticación de los lobos (*Canis lupus*) por cambios en el comportamiento, se puede atribuir a:

- a) el contacto de los lobos con los humanos, modificó su información genética por la costumbre, haciéndolos menos temerosos;
- b) que los lobos menos temerosos eran los que se acercaban a los humanos, y en cada generación heredaban esa característica;
- c) la necesidad de robar cuerpos de cadáveres, que cambió sus genes para acercarse a los humanos y así obtener el recurso alimenticio;
- d) las mutaciones que iban surgiendo producto del contacto de los lobos con los humanos, pues se hereda el comportamiento;

6. 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. El almidón está presente en los alimentos de origen rural como el trigo y el arroz. Qué actualmente este gen sea más frecuente en los perros, puede ser atribuido a:

- a) las condiciones en las que se desarrollaron los primeros ancestros de los perros modernos, puesto que tenían que consumir almidón;
- b) la necesidad de consumir productos con almidón de los primeros ancestros de los perros, para no morir de hambre y tener energía;
- c) los primeros ancestros de los perros modernos que prosperaron con una dieta rica en almidón, sobrevivieron y se reprodujeron;

⁴ Axelsson, E., Ratnakumar, A., Arendt, M.-L., Maqbool, K., Webster, M. T., Perloski, M., ... Lindblad-Toh, K. (2013). The genomic signature of dog domestication reveals adaptation to a starch-rich diet. *Nature*, 495(7441), 360-364. <https://doi.org/10.1038/nature11837>

⁵ Thalmann, O., Shapiro, B., Cui, P., Schuenemann, V. J., Sawyer, S. K., Greenfield, D. L., ... Wayne, R. K. (2013). Complete Mitochondrial Genomes of Ancient Canids Suggest a European Origin of Domestic Dogs. *Science*, 342(6160), 871-874. <https://doi.org/10.1126/science.1243650>

- d) mutaciones producidas por la necesidad de consumir alimentos con almidón, puesto que los que la tenían podrían sobrevivir;

7. El éxito de la domesticación puede parecer no tan evidente, desde el punto de vista de un perro, puesto que los de pura raza tienen que pagar un alto precio para disfrutar de su estado “envidiable”. Debido al uso excesivo en la reproducción de algunos campeones masculinos, la heredabilidad y la frecuencia de algunos alelos que generan discapacidad se han incrementado dramáticamente. Hoy en día todos los perros de pura raza sufren de una gran cantidad de enfermedades genéticas, por ejemplo, hasta el 30% de los dálmatas se vuelven sordos⁶.

Que los genes y los alelos que generan discapacidad o enfermedad sean más frecuentes en la población actual de perros de raza pura, puede ser atribuido a:

- a) las mutaciones que se producen en la vida de los perros, por las necesidades y condiciones del ambiente en el que viven;
- b) que los criadores evitan reproducir a los perros con las peores características y ellos tienen mejores alelos para sobrevivir;
- c) que los perros campeones en concursos por su fenotipo, son portadores de dichos alelos y al ser reproductores, los heredan;
- d) el ambiente donde se desarrollan los perros, ya que la insalubridad genera enfermedades que aumentan esos alelos;

8. En el Parque Nacional Gorongosa en Mozambique-África, el 90% de los elefantes fueron sacrificados entre 1977 y 1992, durante la guerra civil del país. Los cazadores furtivos durante décadas han tenido en su mira a estos animales para obtener el marfil que poseen sus colmillos. Un número cada vez mayor de elefantes africanos nacen sin colmillos⁷, esto puede ser posible:

- a) porque los cazadores los matan excesivamente y han generado la mutación en los elefantes sin colmillos;
- b) porque los elefantes prefieren no tener colmillos, porque así tienen una probabilidad mayor de sobrevivir;
- c) porque producto de la muerte de los elefantes con colmillos, otros tienen una mutación de no tener colmillos;
- d) porque en la población de elefantes naturalmente hay unos que portan el gen de colmillos y otros que no;

9. En algunas áreas del Parque Nacional Gorongosa, el 98% de las elefantas ahora no tienen colmillos, en comparación con el 2% y el 6% del pasado (hace 100 años), que nacían en promedio sin colmillos. Los elefantes africanos son sexualmente maduros entre los 10 y 14 años. Regularmente producen colmillos entre los 6 y 12 meses, que pueden crecer hasta 17 cm por año. La mayor frecuencia actual de elefantes sin colmillos puede ser atribuida a:

⁶ Tomado y modificado de: Galibert, F., Quignon, P., Hitte, C., & André, C. (2011). Toward understanding dog evolutionary and domestication history. *Comptes Rendus Biologies*, 334(3), 190-196. <https://doi.org/10.1016/j.crvi.2010.12.011>

⁷ Elephants are now being born without tusks because of poaching. (2016, noviembre 26). Recuperado 3 de junio de 2018, a partir de <http://www.independent.co.uk/news/elephants-africa-tusks-ivory-poaching-born-without-a7440706.html>

- a) los cazadores que matan en mayor número a los elefantes que tienen colmillos, y los otros elefantes prefieren no tener;
- b) que los elefantes sin colmillos sobrevivieron y reprodujeron a un mayor ritmo que los elefantes con colmillos;
- c) la muerte de los elefantes con colmillos, pues los otros han generado una mutación que les permite no tener colmillos;
- d) que los cazadores matan a los que tienen colmillos y han generado la mutación en los elefantes sin colmillos;

10. Tras la interpretación adecuada del siguiente cladograma **NO es adecuado** decir que:

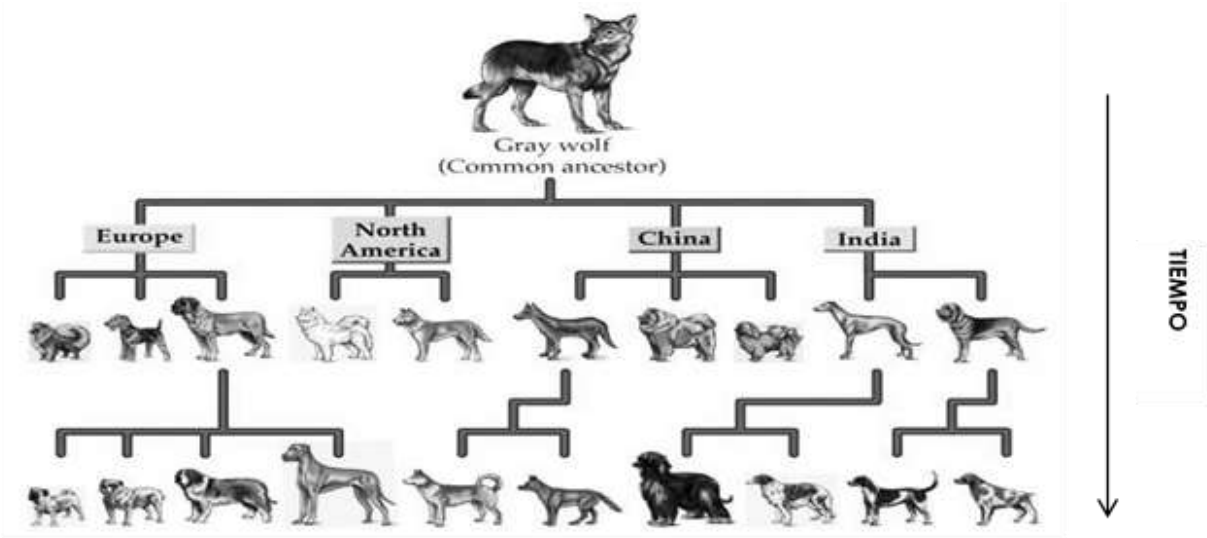


Ilustración 1. Cladograma que muestra la evolución de algunas especies de perros por continente. Tomado y adaptado de: <http://www.smalldogbreedsdb.com/dogs-origin.html>

- a) todas las razas de perros provienen de un ancestro común;
- b) la diversidad de perros corresponde a su variabilidad genética;
- c) en cada zona se han seleccionado diferentes características;
- d) todas las razas de perros provienen de un único individuo;

11. ¿Por qué el gen de la amilasa llegó a ser más activo en perros que en lobos y cómo logró ser más frecuente en dicha población?

Cuestionario No. 4⁸ Tiempo geológico

Nombre _____ Edad ____ Fecha _____

Curso _____

⁸ Tomado y modificado de: Maroto, J. (2004) 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*. Vol. 1, N° 2, pp. 122-135

Lea atentamente y marque con una X la respuesta correcta.

1. La Tierra es el tercer planeta en orden de distancia desde el Sol, que forma parte, junto con Mercurio, Venus y Marte, de los llamados planetas sólidos, y es el único en albergar, por lo que sabemos hasta hoy, formas evolucionadas de vida. ¿Cuántos años tiene nuestro planeta aproximadamente?
 - a) Aproximadamente 4500 años.
 - b) 4500 millones de años.
 - c) 10 millones de años.
 - d) 6000 años.

2. ¿Cómo empezó la vida en la Tierra? La más común de las hipótesis en la comunidad científica dice que la vida comenzó como resultado de una compleja secuencia de reacciones químicas, que resultó en moléculas que eran capaces de auto-replicarse. Ante la pregunta de cómo surgieron las primeras células a partir de los precursores primitivos, aún hay mucho por aclarar. La evidencia más antigua de la aparición de la vida en la Tierra cuenta con aproximadamente,
 - a) 200 millones de años.
 - b) 200.000 años.
 - c) 6000 años.
 - d) 3500 millones de años.

3. El ser humano es un recién llegado a la Tierra. Una forma de verlo es el calendario cósmico creado por el científico Carl Sagan. En él se compara la historia del universo con un año de nuestra existencia y se puede establecer que la aparición y desarrollo de nuestra especie en el planeta, correspondería sólo a la última hora y media del 31 de diciembre y que la invención de la escritura, se habría producido en realidad a únicamente 9 segundos del fin de año. Hace cuánto tiempo que apareció nuestra especie:
 - a) aproximadamente 2018 años.
 - b) aproximadamente 250.000 años
 - c) aproximadamente 40000 años.
 - d) 2 millones de años aproximados.

4. ¿Con cuál de estos animales crees que compartimos un antepasado común más cercano?
 - a) Gorila.
 - b) Orangután.
 - c) Lémur.
 - d) Chimpancé.

5. Coloca una "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 chimpancés adquirieron inteligencia.
 - d) Las especies que vemos en la Tierra siempre han sido las mismas.

6. Coloca una "V" si crees que la afirmación es verdad o una "F" si crees que es falsa:

- a) Las razas humanas son muy diferentes genéticamente.
 - b) El huevo fue primero que la gallina.
 - c) El comienzo de la vida fue bacteriano.
 - d) Gran parte de la vida del planeta esta extinta.
7. Las extinciones masivas son aumentos drásticos en las tasas de extinción, que afectan a un gran número de linajes. Ocurren en períodos geológicamente breves y producen una disminución apreciable de la biodiversidad. Señale dos momentos del tiempo geológico en el que se produjeron las mayores extinciones masivas conocidas:
- a) Principios del Devónico
 - b) Finales del Pérmico
 - c) Finales del Cámbrico
 - d) Finales del Cretácico
8. Hacia el final del período Cretácico e inicio de la era Cenozoica, en el registro fósil se observa un cambio repentino; en un lapso muy breve en la escala del tiempo geológico desaparecieron los reptiles gigantes, al mismo tiempo se producía una explosiva diversificación de los mamíferos, la que originó una variedad de marsupiales y líneas diferentes de mamíferos placentarios. ¿Cómo se conoce este fenómeno biológico?
- a) Radiación divergente
 - b) Radiación adaptativa
 - c) Radiación convergente
 - d) Radiación cámbrica
9. A lo largo de la Historia han vivido más de 6.000 especies de primates, de los cuales, la gran mayoría se ha extinguido y en nuestros días existen alrededor de 120 especies. Los seres humanos y los monos modernos tienen antepasados comunes. Algunas de esas especies ancestrales se desarrollaron y evolucionaron convirtiéndose en los monos de hoy en día, mientras que otro grupo siguió otra vía evolutiva diferente y se convirtieron en los seres humanos actuales. Saber qué sucedió y cómo es una tarea ardua y complicada. Sobre todo, porque lo que se conoce es a través de los restos fósiles que se encuentran en los yacimientos. Tomado de: <http://www.portalciencia.net/antroevo.htm>

Teniendo en cuenta la información anterior y la ilustración 1, podemos determinar que es **incorrecto** interpretar que:

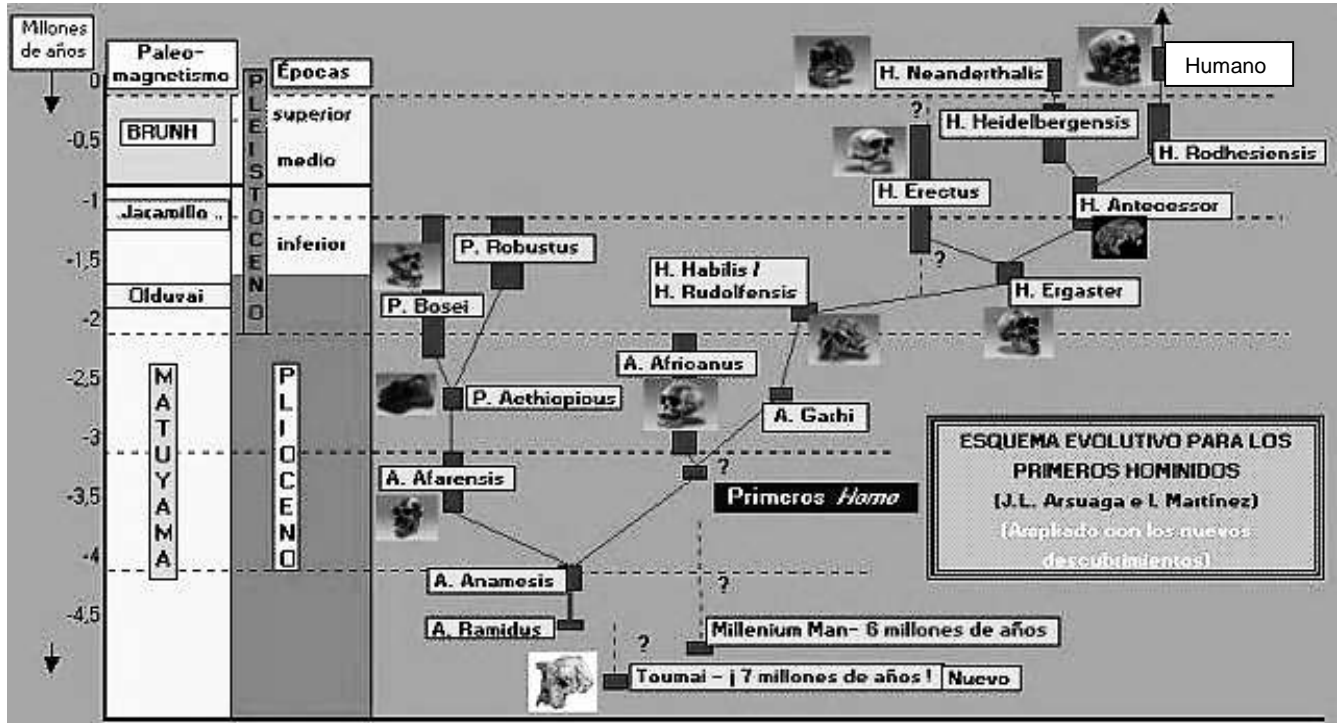


Ilustración 1. Esquema evolutivo para los primeros homínidos. Tomado de: <http://www.portalciencia.net/antroevo10um.html>

- a) *Homo erectus* y *Homo antecessor* comparten un antecesor común cercano.
- b) Los primeros *Homo* surgen durante el Plioceno.
- c) La especie *Australopitecos afarensis* se extinguió hace 3 millones de años.
- d) *P. Robustus* comparte un ancestro común cercano con *H. Ergaster*.

10. ¿Cuál es el nombre científico de nuestra especie y cómo se escribe correctamente?

11. Realice un dibujo o esquema que represente lo que entiende por evolución biológica.

Cuestionario N° 5. Encuesta de Experiencia Transformadora

Nombre _____ Edad ____ Fecha _____
 Curso _____

Piense en las clases de evolución biológica y por favor indique qué tan de acuerdo o en desacuerdo está con las siguientes afirmaciones. Lea cada pregunta y marque la opción que represente su opinión. *Recuerde que no hay respuestas correctas o*

Totalmente de acuerdo	5
Un poco de acuerdo	4
Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	3
Un poco en desacuerdo	2
Totalmente en desacuerdo	1

incorrectas. La escala es la siguiente.

N°	Valore en una escala de estimación de 1 a 5 los siguientes enunciados.	1	2	3	4	5
1	Durante las clases hablé de las ideas de evolución que he aprendido.	1	2	3	4	5
2	Hablé fuera de esta clase sobre las ideas de evolución que aprendí.	1	2	3	4	5
3	Hablé solo por diversión sobre las ideas de evolución que aprendí.	1	2	3	4	5
4	Durante las clases pensé en las ideas de evolución.	1	2	3	4	5
5	Pensé en las ideas de evolución fuera de las clases.	1	2	3	4	5
6	Utilicé las ideas de evolución que aprendí en mi experiencia cotidiana.	1	2	3	4	5
7	Usé las ideas de evolución incluso cuando no era necesario.	1	2	3	4	5
8	Busqué oportunidades para usar las ideas de evolución que aprendí.	1	2	3	4	5
9	Busqué ejemplos de las ideas de evolución en programas de televisión, películas o libros.	1	2	3	4	5
10	Durante clases, pensé en la investigación de las ideas de evolución de manera diferente.	1	2	3	4	5
11	Las ideas de evolución cambiaron la forma en que veo algunas situaciones.	1	2	3	4	5
12	Pienso en las experiencias de manera diferente ahora que aprendí estas ideas de evolución.	1	2	3	4	5
13	No puedo evitar pensar en las ideas de evolución que aprendí.	1	2	3	4	5
14	Las ideas de evolución que aprendí cambiaron la manera en que pienso sobre situaciones que ocurren en programas de televisión, películas o libros.	1	2	3	4	5
15	Me pareció interesante aprender sobre las ideas de evolución.	1	2	3	4	5
16	Me pareció interesante pensar en las ideas de evolución fuera de clase.	1	2	3	4	5
17	Las ideas de evolución que aprendí son valiosas en mi vida cotidiana.	1	2	3	4	5
18	Las ideas de evolución que aprendí hacen que mi experiencia fuera de clase sea más significativa.	1	2	3	4	5
19	Las ideas de evolución hacen que mi vida sea más interesante.	1	2	3	4	5
20	Las ideas de evolución hacen que los programas de televisión, películas o libros sean más interesantes.	1	2	3	4	5

21. De un ejemplo de cómo usaste o pensaste las ideas de evolución que aprendiste.

22. De un ejemplo de cómo han cambiado sus experiencias debido al aprendizaje de las ideas de evolución.

23. De un ejemplo de cómo puedes valorar las ideas de evolución que has aprendido.

Cuestionario N° 6⁹ Aceptación de la Evolución Biológica

Nombre _____ Edad _____ Fecha _____

Curso _____

Lea atentamente las afirmaciones y marque con una X la respuesta que represente su opinión.

PREGUNTAS	1	2	3	4	5
1. Los organismos existentes en la actualidad son el resultado de procesos evolutivos que han ocurrido durante millones de años.	1	2	3	4	5
2. No es posible comprobar científicamente la Teoría de la Evolución.	1	2	3	4	5
3. Los seres humanos modernos son el producto de procesos evolutivos que han ocurrido durante millones de años.	1	2	3	4	5
4. La Teoría de la Evolución se basa en la especulación y no en la observación y la experimentación científicamente válidas.	1	2	3	4	5
5. La mayoría de los científicos aceptan que la Teoría de la Evolución es una teoría científica válida.	1	2	3	4	5
6. Los datos disponibles son contradictorios en cuanto a si la evolución se produce realmente.	1	2	3	4	5
7. La edad de la Tierra es inferior a 20.000 años.	1	2	3	4	5
8. Existe un importante conjunto de datos que apoya la Teoría de la Evolución.	1	2	3	4	5
9. Los organismos que existen en la actualidad presentan esencialmente la misma forma que siempre han tenido.	1	2	3	4	5
10. La evolución no es una teoría científicamente válida.	1	2	3	4	5
11. La edad de la Tierra es de 4 mil millones de años, por lo menos.	1	2	3	4	5
12. La Teoría de la Evolución actual es el resultado de una sólida investigación y metodología científicas.	1	2	3	4	5
13. La teoría evolutiva genera predicciones comprobables con respecto a las características de la vida.	1	2	3	4	5
14. La Teoría de la Evolución no puede ser correcta, ya que está en desacuerdo con el relato bíblico de la creación.	1	2	3	4	5
15. Los seres humanos que existen en la actualidad tienen, esencialmente, el mismo aspecto que siempre han tenido.	1	2	3	4	5
16. La Teoría de la Evolución se apoya en hechos, así como en datos históricos y de laboratorio.	1	2	3	4	5
17. Gran parte de la comunidad científica duda de si la evolución ocurre.	1	2	3	4	5
18. La Teoría de la Evolución da sentido a las diversas características y comportamientos observados en los seres vivos.	1	2	3	4	5
19. Con pocas excepciones, los organismos de la Tierra comenzaron su existencia al mismo tiempo.	1	2	3	4	5
20. La evolución es una teoría científicamente válida.	1	2	3	4	5

⁹ Tomada y traducida de: Rutledge, M. L., & Sadler, K. C. (2007). Reliability of the Measure of Acceptance of the Theory of Evolution (MATE) Instrument with University Students. *The American Biology Teacher*, 69(6), 332-335. [https://doi.org/10.1662/0002-7685\(2007\)69\[332:ROTMOA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1662/0002-7685(2007)69[332:ROTMOA]2.0.CO;2)

ENCUESTA DE EXPLORACIÓN EMOCIONAL¹⁰ (Parte 1)

Nombre: _____ Edad: _____ Fecha: _____
 Colegio: _____ Curso _____

Por favor piense en las clases de evolución biológica y los conceptos que ha aprendido. *Recuerde que no hay respuestas correctas o incorrectas.* Lea cada pregunta y marque la respuesta que representa su opinión o sentimiento. La escala es la siguiente:

Totalmente de acuerdo	5
Un poco de acuerdo	4
Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	3
Un poco en desacuerdo	2
Totalmente en desacuerdo	1

Ítem	Respuesta				
	1	2	3	4	5
1.1.1 Me emociono al asistir a las clases relacionadas con la evolución					
2.1.2 Disfruto estar en las clases de evolución biológica					
3.2.1 Pensar en la clase de evolución me hace sentir incomodo					
4.2.2 Me siento asustado en las clases de evolución					
5.2.3. Me siento nervioso en clase					
6.2.4. Incluso antes de la clase de evolución, estoy preocupado si voy a ser capaz de entender el material					
7.3.1 Me aburro					
8.3.2. Encuentro las clases de evolución bastante aburridas					
9.3.3 Las actividades relacionadas con la evolución me aburren					
10.4.1 Me siento seguro cuando voy a clase de evolución biológica					
11.4.2 Me siento lleno de esperanza					
12.4.3 Soy optimista de que voy a ser capaz de mantenerme al día con el material y las actividades de esta clase					
13.5.1. Me enorgullezco de ser capaz de mantenerme al día con el material suministrado para las clases de evolución					
14.6.1 Pensar en la clase de evolución me hace sentir sin esperanza					
15.6.2 Me siento desesperanzado					
16.6.3 Incluso antes de la clase, me resigno al hecho de que no voy a entender el material					
17.7.1. Me siento cohibido o tímido en clase de evolución					
18.7.2 Me siento avergonzado					
19.7.3. Si los demás supieran que yo no entiendo el material de la clase, me daría vergüenza					

¹⁰ Tomado y modificado de: Heddy, Benjamin C.; Sinatra, Gale M. (2013). Transforming Misconceptions: Using Transformative Experience to Promote Positive Affect and Conceptual Change in Students Learning About Biological Evolution. *Science Education*. Vol. 97, No. 5, pp. 723–744

20.8.1. Me siento frustrado en las clases de evolución biológica	1	2	3	4	5
21.8.2. Pensar en la mala calidad de la clase me da rabia	1	2	3	4	5

ENCUESTA DE EXPLORACIÓN EMOCIONAL¹¹ (Parte 2)

Nombre: _____ Edad: ____ Fecha: _____
 Colegio: _____ Curso _____

Por favor piense en las clases de evolución biológica y los conceptos que ha aprendido. *Recuerde que no hay respuestas correctas o incorrectas.* Lea cada pregunta y marque la respuesta que representa su opinión o sentimiento. La escala es la siguiente:

Totalmente de acuerdo	5
Un poco de acuerdo	4
Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	3
Un poco en desacuerdo	2
Totalmente en desacuerdo	1

Ítem	Respuesta				
1.1.3 Tengo ganas de aprender mucho en las clases de evolución biológica	1	2	3	4	5
2.1.4 Estoy motivado para asistir a esta clase porque es emocionante	1	2	3	4	5
3.1.5 Disfrutar de esta clase hace que quiera participar	1	2	3	4	5
4.2.5. Me preocupa si estoy suficientemente preparado para la clase de evolución	1	2	3	4	5
5.2.6. Estoy preocupado por si las exigencias podrían ser demasiado grandes	1	2	3	4	5
6.2.7. Me preocupa que los demás entiendan más que yo	1	2	3	4	5
7.2.8. Estoy tan nervioso, que preferiría evadir la clase de evolución	1	2	3	4	5
8.3.4 Mi mente comienza a divagar o mariposear porque me aburro	1	2	3	4	5
9.3.5 Estoy tentado a salirme de la clase de evolución biológica porque es muy aburrida	1	2	3	4	5
10.3.6 Pienso en qué otra cosa podría estar haciendo en lugar de sentarme en esta clase aburridora	1	2	3	4	5
11.3.7 Debido a que el tiempo pasa muy despacio, miro mi reloj con frecuencia	1	2	3	4	5
12.4.4 Tengo la esperanza que voy a hacer buenos aportes en esta clase	1	2	3	4	5
13.4.5 Tengo confianza porque entiendo el material de las clases de evolución	1	2	3	4	5
14.5.2. Estoy orgulloso de que me va mejor que a los otros en esta clase	1	2	3	4	5
15.5.3. Cuando hago buenas contribuciones en clase, me siento aún más motivado	1	2	3	4	5
16.6.4 He perdido toda esperanza de entender en esta clase	1	2	3	4	5
17.6.5 Debido a que me he rendido, no tengo energía, ni ganas de ir a clase de evolución	1	2	3	4	5
18.7.4. Cuando no hablo en clase siento como que estoy pasando por tonto	1	2	3	4	5

¹¹ Tomado y modificado de: Heddy, Benjamin C.; Sinatra, Gale M. (2013). Transforming Misconceptions: Using Transformative Experience to Promote Positive Affect and Conceptual Change in Students Learning About Biological Evolution. *Science Education*. Vol. 97, No. 5, pp. 723–744

19.7.5. Me avergüenza no poder expresarme bien	1	2	3	4	5
20.7.6. Después de que he dicho algo en clase me gustaría poder meterme en un agujero y esconderme	1	2	3	4	5
21.8.3. Pensar en todas las cosas inútiles que tengo que aprender me irrita	1	2	3	4	5
22.8.4. Me gustaría no tener que asistir a las clases de evolución biológica, porque me da rabia	1	2	3	4	5

ENCUESTA DE EXPLORACIÓN EMOCIONAL¹² (Parte 3)

Nombre: _____ Edad: ____ Fecha: _____
Colegio: _____ Curso _____

Por favor piense en las clases de evolución biológica y los conceptos que ha aprendido. *Recuerde que no hay respuestas correctas o incorrectas.* Lea cada pregunta y marque la respuesta que representa su opinión o sentimiento. La escala es la siguiente:

Totalmente de acuerdo	5
Un poco de acuerdo	4
Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	3
Un poco en desacuerdo	2
Totalmente en desacuerdo	1

Ítem	Respuesta				
	1	2	3	4	5
1.1.6 Esta clase es tan emocionante, que podría sentarme durante horas escuchando al profesor					
2.1.7 Me gusta participar tanto en las clases, que me llena de alegría					
3.2.9. Tengo miedo de que pudiera decir algo mal en clase, por lo que prefiero no decir nada					
4.2.10. Cuando pienso en las clases de evolución, me siento indispuesto					
5.2.11. Me pongo tenso (sentir angustia o impaciencia) en clase de evolución					
6.2.12. Cuando no entiendo algo importante en la clase, mi corazón se acelera					
7.3.8 Me aburro tanto que tengo problemas para mantenerme atento					
8.3.9 Me pongo inquieto porque no puedo esperar a que la clase se termine					
9.3.10 Durante las clases siento que podría dormirme en el puesto					
10.3.11 Comienzo a bostezar en clase de evolución porque estoy muy aburrido					
11.4.6 La confianza de que voy a entender el material de esta clase me motiva					
12.4.7 Mi confianza me motiva a prepararme para la clase de evolución biológica					
13.4.8 Las esperanzas de que voy a tener éxito, me motivan a invertir una gran cantidad de esfuerzo					

¹² Tomado y modificado de: Heddy, Benjamin C.; Sinatra, Gale M. (2013). Transforming Misconceptions: Using Transformative Experience to Promote Positive Affect and Conceptual Change in Students Learning About Biological Evolution. *Science Education*. Vol. 97, No. 5, pp. 723–744

14.5.4. Cuando lo hago bien en la clase de evolución, me siento orgulloso	1	2	3	4	5
15.6.6. Prefiero no ir a clase, ya que no hay esperanza de comprender el material de todos modos	1	2	3	4	5
16.6.7 No tiene sentido prepararme para la clase de evolución, ya que, de todos modos, no entiendo el material	1	2	3	4	5
17.6.8 Debido a que no entiendo el material de la clase, me siento desconectado y resignado	1	2	3	4	5
18.7.7. Cuando digo algo en la clase siento que me sonrojo	1	2	3	4	5
19.7.8. Por la vergüenza, llego a estar tenso e inhibido (abstenerse o dejar de actuar)	1	2	3	4	5
20.7.9. Cuando hablo en clase empiezo a tartamudear	1	2	3	4	5
21.8.5. Siento que me lleno de rabia en las clases de evolución biológica	1	2	3	4	5
22.8.6. Debido a que estoy enfadado me inquieto en clase	1	2	3	4	5