



OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS PARA EL APRENDIZAJE DE LA EVOLUCIÓN POR SELECCIÓN NATURAL Y EPIGENÉTICA, EN PROFESORES EN FORMACIÓN DE BIOLOGÍA

Autores. Mileydi Guillín Ballena 1. Carlos Andrés Ortiz Vega 2. Irma Catherine Bernal Castro 3. Universidad Pedagógica Nacional, e-mail: mguillinb@upn.edu.co 1. Universidad Pedagógica Nacional, e-mail: caortizv@upn.edu.co 2. Universidad Pedagógica Nacional, e-mail: icbernalc@pedagogica.edu.co 3.

Tema: Eje temático 4. Formación de profesores y su relación con: historia, epistemología y sociología de las ciencias.

Modalidad 1. Nivel educativo universitario.

Resumen. Esta ponencia presenta los resultados de la investigación encaminada a caracterizar los obstáculos epistemológicos en el aprendizaje de la evolución por Selección Natural y Epigenética en profesores en formación del Proyecto Curricular de Licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional. La investigación se realizó bajo el paradigma interpretativo-hermenéutico y la metodología cualitativa, se diseñó, validó y aplicó un instrumento virtual tipo Escala Likert, y una entrevista semiestructurada. A partir de este trabajo, se logró la caracterización de varios Obstáculos Epistemológicos, en los que destacamos para esta ponencia los tres más representativos: Teleología de Sentido Común, Razonamiento Causal Lineal y Progresividad de Sentido Común.

Palabras claves: Obstáculos epistemológicos, Biología Evolutiva, Profesores en formación,

Introducción

La identificación de los Obstáculos Epistemológicos (de aquí en adelante OE) es fundamental en los procesos de enseñanza y aprendizaje, generalmente los profesores al enfrentarse a situaciones en que los estudiantes se les dificulta aprender un tema en ciencias, desconocen la existencia de obstáculos vinculados con los procesos mentales y suelen pasar por desapercibidos, a raíz de que no son visibles directamente (Martá, 2008), este aspecto ha generado que las investigaciones relacionadas con este problema, se enfoquen en los niveles de educación secundaria, en los que se ha cuestionado por el fracaso de los cursos y programas de enseñanza de las ciencias, particularmente los de Biología Evolutiva (de aquí en adelante B.E), debido a que desde los modelos de enseñanza tradicionalistas el "error" ocurre en el estudiante, considerando que tras la enseñanza debe haber un aprendizaje, idea que en la didáctica general y la didáctica de las ciencias se ha reconfigurando en los últimos años (Mellado y Carracedo, 1993), reconociendo que el proceso de aprendizaje no es causal (causa-efecto), pues, según Kampourakis (2014), se da por sentado que los sujetos entienden la evolución fácilmente, pero no tienen en cuenta que hay distintos factores a considerar en el proceso de enseñanza y aprendizaje, entre estos la complejidad del objeto de conocimiento, las limitaciones didácticas, restricciones pedagógicas y sobre todo el rol del profesor.

Si bien, se ha indagado sobre obstáculos epistemológicos en educación secundaria alrededor de la BE, son pocos los antecedentes que hacen referencia a investigaciones en la educación superior (González-Galli y Meinardi, 2017), específicamente en la formación profesoral (Martá, 2008). Pues, aun no se analiza si los futuros profesores poseen unos obstáculos epistemológicos durante su formación académica, que puedan reflejarse en su práctica pedagógica y estar

determinando una acción cíclica en la que su aprendizaje se transmite deficientemente alrededor de una explicación reiterativa que perdura con el tiempo, desde la escuela a incluso la formación universitaria; obstáculos que presentan complicaciones para los sujetos por la aparición de “conceptos alternativos” que se alejan de la realidad o explicación científica de las teorías (Clark y Peterson, 1986; citados por Mellado y Carracedo, 1993).

Esta dificultad en el dominio disciplinar y didáctico por parte del profesor, es producto de la visión de conocimiento bajo la que lo construye y que a su vez influye en su formación profesional (Mellado y Carracedo, 1993), por tanto, se hace necesario como, sugiere Hernández, *et al.* (2009), identificar los *obstáculos epistemológicos se asientan las concepciones alternativas de los actores del proceso de enseñanza-aprendizaje (alumnos y profesores) relacionadas con contenidos de biología evolutiva*, para así, construir propuestas que permitan precisar los conceptos evolutivos, lograr una mejor comprensión de la TE y trabajar en la superación o fisuración de los obstáculos epistemológicos que presentan.

En el marco del dominio o conocimiento disciplinar, nos acercamos a la biología como una ciencia autónoma, con unos objetos de estudios delimitados, métodos y teorías propias que la diferencian de otras ciencias (Mayr, 1997, citado por Wuketits, 2004), entre los que se sitúa la evolución como uno de los problemas de estudio centrales, el cual se ha desarrollado en el marco de la Teoría Evolutiva (TE), como un proceso de carácter histórico que explica los fenómenos evolutivos y las dinámicas poblacionales a través del tiempo. Como lo menciona Mayr (1998) en *Así es la Biología*, sitúa la Biología Evolutiva (BE) junto con la Biodiversidad, Taxonomía, Genética y Ecología como conceptos estructurantes que permiten explicar científicamente los fenómenos y procesos biológicos relacionados con lo vivo (Castro y Valbuena, 2007). Por tanto, pensar la BE como disciplina integradora y constitutiva (Ruíz, *et al.*, 2012) en la enseñanza de la Biología, emerge como un reto por la complejidad de sus relaciones conceptuales, que intentan responder a preguntas acerca del “¿Cómo?” y “¿Por qué?” tuvieron lugar algunos procesos particulares, irreversibles y remotos en la historia de la Tierra, respuestas que son encontradas en las reconstrucciones históricas (Tidon y Lewontin, 2004; Wuketits, 2004), que posibilitan al sujeto construir nuevas y amplias perspectivas sobre la naturaleza de las ciencias y el mundo natural.

Actualmente la BE es considerada como un problema contemporáneo de la Biología, asimismo su aprendizaje y enseñanza (González-Galli y Meinardi, 2017; Herrera, 2014; Hernández, *et al.*, 2009; Berovides, 1993, entre otros.), esto ha revelado la necesidad de desarrollar diferentes trabajos investigativos desde el campo de la didáctica de la Biología (Araujo y Roa, 2011), debido a que se han identificado dificultades en la comprensión de sus conceptos que suelen ser abstractos y poco demostrables para los sujetos; la raíz de este problema es asociado por algunos autores (Pérez, *et al.*, 2018; González Galli y Meinardi, 2015; Araujo y Ramírez, 2013; Álvarez, *et al.*, 2017) como obstáculos epistemológicos, entendidos como “*formas de razonar que subyacen a diversas concepciones alternativas que sostienen los estudiantes y...funcionan como el «núcleo duro» de las concepciones, por lo que influyen fuertemente en la resistencia al aprendizaje y en los razonamientos científicos*” (Pérez, *et al.*, 2018. p.4). como, por ejemplo, concepciones teleológicas, causales, deterministas, antropomorfitas o esencialistas que persisten y se resisten con el tiempo en los sujetos, y se consolidan como obstáculos que impiden entender las bases teórico-conceptuales planteadas en la BE, como en la Selección Natural (de aquí en adelante SN) y la Epigenética (de aquí en adelante EP), contenidos que son enseñados en la educación básica y superior.

Por tanto, el objetivo de esta propuesta es caracterizar los obstáculos epistemológicos en el aprendizaje de la evolución por SN y EP en los profesores en formación en tres semestres del Proyecto de Licenciatura en Biología de la UPN, para ello se validó e implementó un instrumento tipo Escala Likert y una entrevista semiestructurada que permitieran identificar los OE.

Referentes conceptuales.

En primera instancia, referente a los obstáculos epistemológicos, Bachelard (1938) en su libro *La formación del espíritu científico*, fue el primero desde el psicoanálisis, en introducir el término de “obstáculos epistemológicos”, como factores que interfieren en el conocimiento no formulado, que impiden el crecimiento del espíritu intelectual produciendo confusión y conservación de verdades, este concepto se ha extrapolado a otros campos, como la pedagogía y didáctica, de ahí que Astolfi (1994) retoma sus aportes para identificar de qué manera estos interfieren con los procesos de aprendizaje en los estudiantes, es por ello que propone la noción “núcleos duros” los cuales se representan como una red de diferentes elementos (concepciones) que se entrelazan y refuerzan entre sí. Este sistema de ideas construidas a partir de concepciones alternativas tiene una estrecha relación con el contexto donde se desarrolla el sujeto y suelen perdurar a lo largo del tiempo, dado que tienen el estatuto “explicativo funcional” que le permiten al sujeto entender los fenómenos. De hecho, en la enseñanza de las ciencias en particular, se reconoce que estas concepciones se “resisten” al aprendizaje de modelos asociados al razonamiento científico, dificultando así su enseñanza (Pérez, et al. 2018).

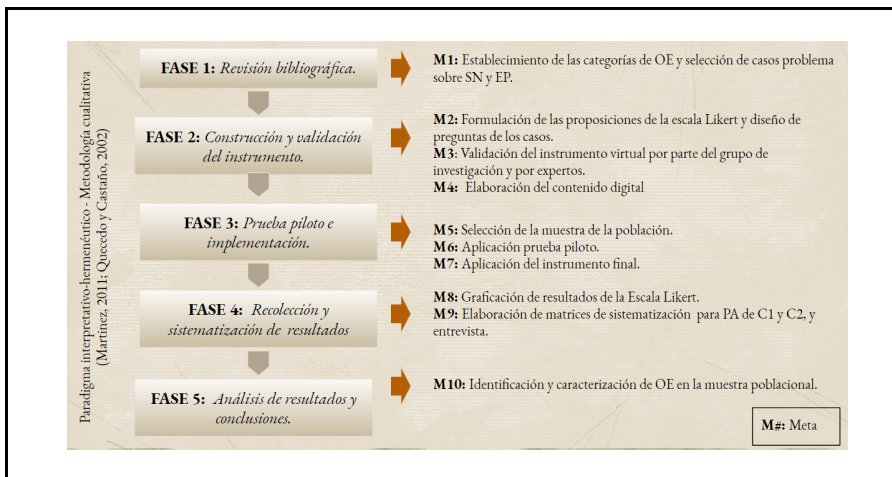
A lo anterior se debe agregar que, las concepciones alternativas tienen relación muchas veces con las dificultades del concepto, entre esto recae lo abstracto del mismo, como es el caso de temas relacionados con la BE. A pesar de ello, se resalta en la biología por su carácter integracionista u holística (Vargas, 2017), que ha generado discusiones alrededor de la comprensión de la vida y lo vivo; pues, es una ciencia que se está desarrollando dentro de una discusión científica rigurosa y de constante actualización, en la que confluyen e interactúan múltiples disciplinas, como la ecología, la paleontología, la genética, entre otras, y que tienen como aspecto en común, el cuestionamiento sobre la Teoría Evolutiva, que intenta entender el origen y mantenimiento de la diversidad biológica a través de tiempo, y los procesos físicos, químicos y biológicos que la han afectado, por tanto, se ha basado en estudios que permitan comprender esa diversidad fenotípica, funcional y genética de la vida (Muñoz, 2019). Es así, que se considera dentro de la enseñanza de la Biología, que la BE comprende una gran diversidad de procesos, teorías y modelos que en la actual propuesta investigativa se pretenden abordar algunos de estos como lo son la *Selección Natural* y *Epigenética*, ya que estos permiten al profesor en formación comprender la base de la BE y algunas de las discusiones actuales en este campo.

Finalmente, todo lo antes mencionado se integra bajo la premisa de cuáles pueden ser los OE que pueden presentar los profesores en formación de biología, pues, si se plantea que se enseñan unos contenidos específicos de la disciplina como la BE durante la formación, se espera que estos dispongan de un cuerpo de conocimientos base que abarcaran el manejo de los conceptos disciplinares, teorías y referentes epistemológicos que han establecido las estructuras sustantiva y sintáctica de ese conocimiento biológico (Bernal y Valbuena, 2011), que de alguna forma se relaciona con los procesos de enseñanza que llevará a cabo en la escuela, como la selección de contenidos o el uso de metodologías que permitan la comprensión de la disciplina y el fomento de actitudes hacia la enseñanza de las ciencias.

Referentes metodológicos.

La presente propuesta de investigación, desde un punto de vista epistemológico se enmarca en el paradigma interpretativo-hermenéutico, que permite al investigador poseer plena autonomía y flexibilidad durante el diseño metodológico, debido a que este puede ir transformándose durante la investigación; donde se evaluará el desarrollo natural de los sucesos, sin manipulación o estimulación de la realidad (Monje, 2011). De ahí que, se basa en una metodología cualitativa (Hernández, *et al.*, 2014); por otra parte, el método investigativo que se usó para la organización, categorización y análisis de los resultados obtenidos del instrumento y la entrevista semi estructurada para la triangulación de los resultados, fue la codificación axial de la teoría fundamentada que posibilita interpretar diversos tipos de textos (artículos, observaciones, entrevistas, etc.) para la configuración y análisis de categorías y subcategorías que emergen del trabajo investigativo (Hernández, *et al.*, 2014), Finalmente, la metodología se desarrollará en las siguientes fases y metas investigativas, como se observa en la imagen 1. Para la fase de implementación, se tomó una muestra de 51 estudiantes de la Licenciatura en Biología, dividido en los grupos de segundo semestre (*Crecimiento y desarrollo*), sexto semestre (*Interacción*) y Semestres VII- X (*Ciclo de profundización*).

Imagen 1: Fases y metas investigativas.



Fuente propia (2021).

Resultados y Discusión

El instrumento diseñado para la identificación de los OE consistió en una Escala Likert que constó de 2 casos problema, uno de SN titulado "*Resistencia bacteriana a antibióticos*" y para EP se trabajó "*¿El comportamiento es heredable? el caso del saltamontes del desierto*", para esto se construyó un total de 24 proposiciones, 12 para cada caso y una pregunta abierta con relación al caso. Para el desarrollo e interpretación del instrumento, la dirección que pueden tener las proposiciones (positiva o negativa), señala si la proposición se corresponde con explicaciones basadas en los procesos evolutivos es positiva, mientras que si se presenta como una Concepción Alternativa será negativa (Hernández, *et al.*, 2014). Para apoyar estos resultados, se realizó una pregunta abierta al finalizar la Escala Likert sobre el proceso de Selección Natural y Epigenética. A manera de triangulación se realizó una entrevista semiestructurada para profundizar en las respuestas que habían dado los

estudiantes en la Escala Likert. Finalmente la información obtenida se organizó en subcategorías que se corresponden con concepciones alternativas y a su vez, estas subcategorías se relacionaron con categorías que corresponden a los OE. A continuación, presentaremos de manera resumida los principales hallazgos para las categorías seleccionadas:

TSC: Teleología de Sentido Común

Los resultados en la Escala Likert indican que es posible concluir que para Selección Natural un 70% de la muestra poblacional, presenta concepciones alternativas que se asocian directamente con el OE - TSC. Mientras que para Epigenética se identifica la presencia del obstáculo en un 57% de los profesores en formación, posiblemente esto se debe a la alta selección de la opción "ni en desacuerdo ni de acuerdo" (44%), que no permite determinar la presencia o ausencia del OE en la población.

De forma general, se pudo identificar mediante la entrevista y la pregunta abierta del Caso de SN y Caso de EP, las concepciones alternativas recurrentes que posibilitaron la identificación del obstáculo para ambos casos problema, fueron: *necesidad*, *finalismo explícito*, *finalismo implícito* y *autodeterminismo*. Concepciones que se evidencian cuando los sujetos manifiestan que las variaciones en los organismos y/o poblaciones son producto de la necesidad, así mismo, que tienen una finalidad, refiriéndose específicamente a metas u objetivos como sobrevivir, reproducirse o camuflarse. Estas explicaciones como sugiere Barahona y Martínez (1998), se encuentran basadas en la existencia de una tendencia natural que apunta a un fin particular y que son producto de las distintas interacciones entre los organismos y el ambiente, no obstante, habría que entender, como lo expone Ayala (en Barahona y Martínez, 1998), que los procesos de evolución no son teleológicos, como la evolución por SN, debido a que no tiene un sentido intencional, por tanto, las variaciones o adaptaciones en los organismos deben ser explicados como procesos naturales indeterminados que no responden a una necesidad o a un fin que ha sido diseñado o buscado conscientemente por alguien o algo.

Las ideas o concepciones finalistas identificadas en los profesores en formación, se consideran como modos de pensar que los sujetos emplean transversalmente a contenidos en diferentes ámbitos, debido a que esta noción intuitiva les permite dar sentido a fenómenos como la adaptación (González y Meinardi, 2015) u otros procesos evolutivos; pues, para los sujetos las explicaciones teleológicas, permiten establecer de forma sencilla relaciones entre el cómo ciertas características han desempeñado una función importante en la supervivencia y éxito reproductivo de algunos organismos para responder de manera efectiva ante las presiones del entorno, y por tanto, han sido seleccionadas (Diéguez, 2012). Si bien, la SN planteada por Darwin, como expone Barahona y Martínez (1998), es una teoría que busca explicar procesos histórico-teleológicos a partir de procesos como la variación, herencia y selección. Ayala (en Barahona y Martínez, 1998) nos dice que los efectos de la SN se miden en "eficacia biológica" o "fitness biológico", en el que hay variantes hereditarias favorables que se acumulan a través de las generaciones, y desfavorables que aumentan o no la probabilidad de supervivencia y reproducción de los organismos, que son seleccionadas o eliminadas por la SN, de ahí existen genes "útiles" como adaptaciones al estado ambiental en el que se encuentre el organismo. Estos son algunos de los elementos que no pudieron ser identificados en las respuestas de los profesores en formación de los distintos semestres.

RCL: Razonamiento Causal Lineal

Para esta categoría los resultados obtenidos, en relación con SN, señalan que un 73% de la muestra poblacional no presentó el OE de RCL en la aplicación de la Escala Likert, no obstante, dicho resultado es contrarrestado con lo encontrado en la

pregunta abierta y la entrevista, en donde si identificaron concepciones alternativas que se correlacionan con el OE. Por el contrario, para EP, se reconoce que los datos se encontraron muy variables entre el índice “ni en desacuerdo ni de acuerdo” con un 36% y los índices “de acuerdo y totalmente de acuerdo” con un 39% de la muestra poblacional, este último porcentaje indica la presencia del OE; pero, dados los porcentajes no podríamos generalizar la presencia o ausencia del obstáculo en los estudiantes, sin embargo, en la sistematización de la PA y la ET vemos que se presentan algunas de concepciones alternas para EP.

Las concepciones alternativas que permitieron la identificación del obstáculo RCL para ambos casos problema, fueron las concepciones alternas de *causación espontánea*, *concepción creacionista del “puro azar”*, *negación variacional*, *negación de variabilidad previa y el aprendizaje*, concepciones asociadas directamente con el OE y a las que refieren los estudiantes al considerar que los procesos adaptativos y evolutivos en las poblaciones son producto de cambios causados por la presión de selección que ejerce una única causa, como lo es el ambiente u otro agente externo, sin considerar, otros aspectos multicausales.

En ese sentido, exponen González y Meinardi (2011; 2015; 2017), estas concepciones que se asocian con el RCL, son entendidas como explicaciones simples e intuitivas usadas por los sujetos al momento de dar una interpretación a procesos que requieren una alta complejidad como los procesos evolutivos, basándose principalmente en entenderlos desde la perspectiva unidireccional o lineal de causa-efecto, siendo como lo menciona Pozo y Gómez (2004), uno de los sesgos cognitivos transversales a distintas áreas del conocimiento científico, pues, es importante entender que las relaciones causa/efecto no solo funcionan en un solo sentido, sino que involucran relaciones de reciprocidad, por tanto, se debe comprender que no se trata de que un único agente actúe sobre un organismo o individuo alterándolo, sino por el contrario ambos sistemas interactúan modificándose mutuamente, postura que es discutida ampliamente desde la Síntesis Evolutiva Extendida como causalidad recíproca o causalidad multinivel por algunos autores (Laland, *et al.*, 2012; Martínez, 2013; Jablonka y Lamb, 2013).

Se identifico la presencia del obstáculo de RCL, ya que los profesores en formación en sus argumentos suponen frecuentemente que los agentes externos provocan o influyen directa e inmediatamente la aparición de un rasgo adaptativo en los organismos, en correspondencia a las características del medio o el agente, olvidando así explicar el entorno selectivo; de modo que, tienden más a referirse a un enfoque de causalidad que no reconoce la existencia de otros elementos causales más allá de estas relaciones unidireccionales, como por ejemplo en el caso de SN, la consideración de que la mutación aleatoria es la única causa de la variabilidad fenotípica adaptativa en la evolución (Laland, *et al.*, 2012), explicación frecuentemente identificada como *concepción creacionista del puro “azar”*, en la que se piensa que todos los casos de evolución son el resultado de una mutación y su posterior selección. Esta última concepción mencionada, evidencia que los profesores en formación aun refieren a posturas en las que existe un claro interés por explicar el origen de las adaptaciones, aspecto que es discutido ampliamente por el neodarwinismo; y en el caso de la EP, afirmar que los cambios transgeneracionales del comportamiento y la conducta en los organismos son producto de procesos de aprendizaje durante un estadio en particular de su ciclo de vida, así mismo, considerar que este se modifica consciente y voluntariamente en respuesta a situaciones a las que se expone (González-Galli y Meinardi, 2011; 2015; 2017; González-Galli, *et al.*, 2018).

PSC: Progresividad de Sentido Común

Para este OE, es posible decir que, para SN en promedio y con base a los resultados en la Escala Likert aproximadamente el 75% de los estudiantes de la muestra, presentan concepciones alternas que se asocian con el OE de PSC, un porcentaje mayormente asociado a los grupos de Segundo y Sexto semestre. En cuanto a EP, se identificó que aproximadamente el 37% de los estudiantes pueden presentar ideas asociadas al OE, un porcentaje bajo en comparación con el de SN, aspecto que se evidenció también en las respuestas de la pregunta sobre EP; Aspecto que permitió corroborar dichos resultados, de acuerdo con la identificaron en las expresiones de los estudiantes de algunas concepciones alternas, entre estas resaltan: *Rasgo ventajoso*, *Factor de tiempo* y *Rasgo etológico que no implica una ventaja*, que generalmente se pueden evidenciar en una misma expresión dos o más de ellas, por ejemplo aquellas donde los estudiantes pueden indicar que el factor de tiempo genera la adquisición o desarrollo de un rasgo ventajoso, o que un rasgo etológico implica un rasgo ventajoso que cuando puede ser innecesario tiende a desaparecer. También se identificaron otras en menor frecuencia como: *Finalismo explícito*, *Compensación* y *Cuanto más mejor*, que hacen más evidente en sus respuestas, expresiones progresistas. Aspecto que pueden manifestar los individuos, como dicen Gonzáles-Galli, et al. (2018) al considerar los cambios en los organismos en términos absolutos, como si la evolución fuese un proceso acumulativo de variantes ventajosas de manera lineal, cronológica o perfeccionista.

Esta ideas y explicaciones en los profesores en formación pueden estar asociado a las complicaciones didácticas de ideas arraigadas de la Síntesis Moderna y discusiones del siglo XVI-XIX, que como menciona Tamayo (2006) puede hacerse evidente en parte de los textos escolares que los maestros usan o incluso en referencias a algunos de sus mayores representantes como menciona Castro (2013). Es importante para reducir este tipo de explicaciones en la enseñanza y aprendizaje de la BE, empezar por distinguir que el progreso en los procesos evolutivos es imposible, pues no se puede considerar que todos los rasgos sean beneficiosos y acumulativos, dado que en las poblaciones se pueden presentar diferentes variantes que se relativizan en el éxito reproductivo que es lo único que cuenta (Johnson, et al., 2018), y evitar lenguajes descuidados como decía Darwin “Nunca uses la palabra [sic] más alta y más baja” (Johnson, et al. 2012, p.129) para dar explicación a los procesos adaptativos.

Conclusiones.

Este trabajo, hace posible resaltar la importancia de la identificación de obstáculos epistemológicos en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la biología, ya que la caracterización de estos, permite establecer las posibles relaciones de aquellas concepciones alternativas y los OE de los profesores en formación, para así construir propuestas que permitan precisar en aquellos conceptos, teorías y modelos en BE en los que más se presentaron dificultades, para lograr una mejor comprensión rigurosa, factible y actualizada de las discusiones contemporáneas alrededor del fenómeno evolutivo. Por otro lado, este tipo de apuestas investigativas en la didáctica de la biología, permiten que el profesor pueda proponer estrategias y/o secuencias didácticas que le permitan trabajar los OE desde procesos como la fisuración y superación, con fin de alcanzar una desestabilización de los mismos, para así apostarle a la vigilancia epistemológica donde tanto profesores como estudiantes sean conscientes de hacer seguimiento y autorregulación de su aprendizaje, con fin de reducir esa acción cíclica en sus prácticas pedagógicas, donde se podrían estar construyendo deficientemente la noción de modelos científicos explicativos de los procesos evolutivos por SN y EP, y así reducir la aparición de “conceptos alternativos” o el refuerzo de OE. Finalmente, esta investigación permitió identificar una dificultad en el dominio disciplinar en los profesores en formación para

entender algunos elementos relacionados con el proceso evolutivo en herencia EP, aspecto que se evidenció en los tres grupos que conformaron la muestra de la Licenciatura en Biología, esta dificultad posiblemente asociada con el poco abordaje de la temática y/o poco desarrollo en conjunto de otros procesos como la evolución por SN dentro del Proyecto Curricular de Licenciatura en Biología.

Referencias bibliográficas.

- Álvarez, E., Hernández, M., y Esparza, M. (2017). *Obstáculos Epistemológicos Y Núcleos Problemáticos: Dos Enfoques De Investigación En Didáctica De Biología Evolutiva*. Facultad de Ciencias, UNAM. Ciudad de México, México.
- Araujo, R. y Ramírez, L. (2013). *Obstáculos al aprendizaje del concepto estructurante evolución biológica*. Revista Bio-grafía: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, Colombia.
- Araujo, R. y Roa, R. (2011). *Enseñanza de la evolución biológica. una mirada al estado del conocimiento*. Revista Bio-grafía: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, Colombia.
- Astolfi J. P. (1994). *El trabajo didáctico de los obstáculos, en el corazón de los aprendizajes científicos*. Enseñanza de las Ciencias 12 (2), 206-216.
- Bachelard, G. (2000) *La formación del espíritu científico*. Vigésimotercera edición en español. siglo xxi editores, s.a. de c.v. isbn 968-23-1731-2. Delegación Coyoacán, México, D.F.
- Barahona, A., y Martínez, S. (1998) (compiladores) *Historia y explicación en biología*. Primera edición. Ed. Fondo de Cultura Económica, ISBN 968-16-5718-7. México, D.F
- Bernal, C. y Valbuena, E. (2011). *Estructura sustantiva y sintáctica del conocimiento biológico*. Revista Bio-grafía. Memorias del I Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología. VI Encuentro Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. ISSN 2027~1034. P. p. 297- 310.
- Berovides, V. (1993) *Problemas en la enseñanza de la teoría evolutiva en la educación superior*. Revista Biología. Vol. 7:2-3 Facultad de Biología, Universidad de la Habana. pp. 79-87. Habana, Cuba.
- Castro, A. y Valbuena, E. (2007) *¿Qué biología enseñar y cómo hacerlo? Hacia una resignificación de la Biología escolar*. Revista: TED Tecne, Episteme y Didaxis. Bogotá, Colombia.
- Castro, A. (2013). *¿Nada en Biología tiene sentido sino es a la luz de la Evolución?* *Ciência & Educação* (Bauru), 19(4), 971-994. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132013000400012>
- Diéguez, A.(2012). *La vida bajo el escrutinio*. Ed. Intervención Cultural/Biblioteca Buridán. ISBN: 978-84-15216-98-8. España.
- González-Galli, L. y Meinardi, E. (2011). *Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural. El problema de la teleología*.
- González-Galli, L. y Meinardi, E. (2015). *Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural, en estudiantes de escuela secundaria de Argentina*. *Ciência & Educação* (Bauru), vol. 21, núm. 1, enero-marzo, pp. 101-122. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. São Paulo, Brasil

Lema.

¿Cuál educación científica es deseable frente a los desafíos en
nuestros contextos latinoamericanos? Implicaciones para la
formación de profesores.

- González-Galli, L. y Meinardi, E. (2017) *Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural. El problema de la teleología*. Revista Bio-grafía: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza. Memorias del I Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología. VI Encuentro Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. pp. 533- 54. Bogotá, Colombia.
- González Galli, L., Meinardi, E., y Pérez, G. (2018). *Una tipología de casos para enseñar el modelo de evolución por selección natural*. Didáctica de las ciencias experimentales y sociales, 34, 77-90. DOI: 10.7203/DCES.34.12056.
- Hernández, M., Álvarez, E. y Ruiz, R. (2009). *La selección natural: aprendizaje de un paradigma*. Revista Teorema, Universidad de Oviedo. Vol. 28:2, pp.107-121. España.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. Editorial: McGraw-Hill / interamericana editores, S.A. de C.V. México D.F.
- Herrera, J (2014). Trabajo de grado: *Influencia de la enseñanza de la evolución biológica pensamiento especista y visión del mundo de lo vivo de las estudiantes de 9° del liceo femenino mercedes Nariño de Cundinamarca a través de la experiencia narrativa por medio del audiovisual*. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, Colombia.
- Johnson, N. Lahti, D. y Blumstein, D. (2012). Combating the Assumption of Evolutionary Progress: Lessons from the Decay and Loss of Traits. *Evolution: Education and Outreach*, 5, 128-138. DOI: 10.1007/s12052-011-0381:y
- Jablonka, E y Lamb, M. (2013). *Evolución en cuatro dimensiones: Genética epigenética, comportamientos y variación simbólica en la historia de la vida*. 1ra Edición. Buenos Aires, Argentina.
- Kampourakis, K. (2014). *Understanding evolution*. University of Geneva, Switzerland. Book Cambridge University Press.
- Martá, J. (2008). *Obstáculos epistemológicos en la formación pedagógica del docente universitario*. Revista: Educación y Desarrollo Social. Volumen II - No. 2. pp. 30 - 44. Bogotá, Colombia.
- Martínez, M. (2013) Causalidad y la Síntesis Extendida. Nuevos marcos conceptuales para la biología del siglo XXI. *Revista de Filosofía Aurora* 25 (36).
- Mayr, E. (1998). *Así es la Biología*. Ediciones Debate. Madrid, España.
- Monje, C. (2011). Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa. Guía didáctica. Universidad Surcolombiana del Quindío, Colombia.
- Muñoz, J. (2019). *La biología evolutiva contemporánea: ¿una revolución más en la ciencia?* Universidad Nacional Autónoma de México.
- Mellado, V. y Carracedo, D. (1993). *Contribuciones de la filosofía de la ciencia a la didáctica de las ciencias*. Revista: Historia y Epistemología de las ciencias; Enseñanza de las ciencias, 11 (3), pp. 331 - 339. México.
- Pérez, G., Gómez, A. y González Galli, L. (2018) *Tesis doctoral: Enseñanza de la evolución: fundamentos para el diseño de una propuesta didáctica basada en la modelización y la metacognición sobre los obstáculos epistemológicos*. Revista: Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, vol. XV, núm. 2, Universidad de Cádiz, España.



Bogotá, 13 a 15 de octubre de 2021
Modalidad On Line – Sincrónico

Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED. Año 2021. Número Extraordinario. ISSN impreso 0121-3814. E-ISSN 2323-0126.
Memorias del IX Congreso Internacional Sobre Formación de Profesores de Ciencias.

Lema.

¿Cuál educación científica es deseable frente a los desafíos en nuestros contextos latinoamericanos? Implicaciones para la formación de profesores.

-
- Ruiz, R., Álvarez, E., Noguera, R., y Esparza, M. (2012) Enseñar y aprender biología evolutiva en el siglo XXI. Bio-grafía: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza Vol. 5 No 9, p.p. 80-88. Monográfico de Evolución. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, Colombia.
- Tamayo, M. (2009). La Evolución Biológica ¿Proceso Ordenado y Progresivo? Boletín del Museo Nacional de Historia Natural. 58: 11 - 21. España.
- Tidon, R. y Lewontin, R. (2004) Enseñanza de biología evolutiva. *Revista Genética y Biología Molecular*. Vol.27, N.1. São Paulo, Brasil
- Vargas, O.(2017). La noción de vida en la biología contemporánea. Ciencia al Viento No.20. Colombia.
- Wuketits, F. (2004). *This is biology. Ernst Mayr and the autonomy of biology as a science*. Ludus Vitalis, vol. XII, num. 21, 2004, pp. 149-160.