



RECIBIDO EL 29 DE OCTUBRE DE 2023 - ACEPTADO EL 30 DE ENERO DE 2024

# LOS ESTÁNDARES DE CIENCIAS NATURALES EN EL AULA. UNA REFLEXIÓN DESDE EL CONCEPTO EVOLUCIÓN BIOLÓGICA

## NATURAL SCIENCE STANDARDS IN THE CLASS-ROOM. A REFLECTION FROM THE CONCEPT OF BIOLOGICAL EVOLUTION

**Víctor Alonso Riaño Garcés<sup>1</sup>.**

Facultad de Educación y Pedagogía,  
Universidad del Valle, Cali, Colombia.

### Resumen

Este artículo tiene como objetivo reflexionar sobre la implementación en el aula del concepto Evolución Biológica y los estándares de Ciencias Naturales en la asignatura de Biología de grado 11 en la IEO Jorge Isaacs INEM de Cali. A través de un estudio de caso que involucra a un profesor en ejercicio, se recopilaron datos, notas y comentarios para interpretar y reflexionar sobre la dinámica de su

trabajo, desde la perspectiva del observador. También, se analizaron los pasos necesarios para que los estudiantes alcancen el estándar. La reflexión pedagógica, que se posiciona como una prioridad para cada profesor en las instituciones educativas, se manifiesta en la constante búsqueda de métodos que acerquen a los estudiantes, reconociendo su importancia para el mejoramiento continuo, dando forma a propuestas educativas con un carácter innovador. Los resultados ofrecen una visión detallada del trabajo en el aula, contribuyendo significativamente a la comprensión de cómo el enfoque en Ciencia, Tecnología y Sociedad

<sup>1</sup> *Magister en Educación en Ciencias Naturales. Licenciado en Educación Biología y Química. Estudiante del Doctorado Interinstitucional en Educación Universidad del Valle. [victoralonsorianogarcés@gmail.com](mailto:victoralonsorianogarcés@gmail.com) <https://orcid.org/0009-0005-9945-011X>*



puede implementarse de manera efectiva para elevar la calidad de la enseñanza. En conclusión, se destaca la importancia crucial de la adaptabilidad y la innovación por parte de los educadores. Profesionales que desempeñan un papel fundamental en la formación de los estudiantes, no solo proporcionando conocimientos biológicos, sino también cultivando habilidades de pensamiento crítico, fomentando la participación en el proceso educativo.

### Abstract

This article aims to reflect on the classroom implementation of the Biological Evolution concept and the Natural Sciences standards in the 11th grade Biology subject at the IEO Jorge Isaacs INEM in Cali. Through a case study involving a practicing teacher, data, notes and comments were collected to interpret and reflect on the dynamics of his work, from the perspective of the observer. Also, the steps necessary for students to reach the standard were analyzed. Pedagogical reflection, which is positioned as a priority for each teacher in educational institutions, is manifested in the constant search for methods that bring students together, recognizing its importance for continuous improvement, shaping educational proposals with an innovative character. The results offer a detailed view of classroom work, contributing significantly to the understanding of how the Science, Technology and Society approach can be implemented effectively to raise the quality of teaching. In conclusion, the crucial importance of adaptability and innovation on the part of educators is highlighted. Professionals who play a fundamental role in the training of students, not only providing biological knowledge, but also cultivating critical thinking skills, encouraging participation in the educational process.

### Palabras clave

CTS, Evolución Biológica, Estándares, Reflexión Pedagógica.

### Keywords

STS, Biological Evolution, Standards, Pedagogical Reflection.

### Introducción

Abordar Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) en los procesos de Enseñanza-Aprendizaje-Evaluación es esencial, pero ¿cuál es el papel específico de las CTS en estos procesos? En primer lugar, es crucial destacar su vínculo indisoluble con los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales (MEN, 2004). Por ejemplo, el estándar: explico la diversidad biológica como consecuencia de cambios ambientales, genéticos y de relaciones dinámicas dentro de los ecosistemas, específicamente para el grado 11, implica aspectos relacionados con CTS de manera implícita. Los estudiantes deben alcanzar estos aspectos a través de la planificación y el desarrollo curricular propuestos por el profesor.

Ahora bien, es necesario pasar por las acciones de pensamiento y de producción concretas (MEN, 2004), las cuales, integran componentes propios de las Ciencias Naturales, como el de aproximarse al conocimiento como científico-natural. Manejar conocimientos propios de las ciencias naturales: del entorno vivo, procesos biológicos, del entorno físico, procesos físicos y químicos y por supuesto las CTS. Lo anterior, se complementa con el desarrollo de compromisos personales y sociales.

En consecuencia, en el aula viva, para aproximarse al conocimiento como científico-natural se trabaja la experimentación. En el manejo de conocimientos propios de las Ciencias Naturales es necesario conceptualizarlas por medio de actividades que expliquen fenómenos



o conceptos, del entorno vivo, físico, químico y CTS. Para el desarrollo de compromisos personales y sociales es necesario que el estudiante se apropie del conocimiento científico, lo comprenda, lo explique y lo comunique efectivamente a sus compañeros.

### **Metodología**

Se enmarca en un enfoque cualitativo, estudio de caso (Anderson & Taner, 2023). Adecuado para explorar en profundidad las interacciones y experiencias del profesor en el contexto de la enseñanza de la Evolución Biológica. Permite una comprensión detallada y contextualizada de sus prácticas en el aula y la integración de conocimientos tecnológicos, pedagógicos y de contenido. Busca no solo analizar un caso único en detalle, sino también comprender cómo ese caso se inserta y se relaciona con su contexto social y cultural más amplio (Hernández Sampieri et al., 2014; López, 2013).

### **Resultados**

#### **Planeación, un portal al aula**

Concebida, organizada y construida por el profesor (Stenhouse, 1985); equiparable al currículo oficial o escrito explicado por Posner (2005), se documenta en formatos, programas de estudios, planes de área y aula, según el modelo pedagógico de la institución (constructivismo).

Para construirla se tiene en cuenta la normativa estatal, integrando los siguientes componentes: Constitución Política de Colombia (1991), Ley General de Educación (1994), Lineamientos Curriculares de Ciencias Naturales y Educación Ambiental (MEN, 1998), Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales (MEN, 2004), Derechos Básicos de Aprendizaje (MEN, 2015) y las directrices institucionales.

Además, se tiene en cuenta el conocimiento tecnológico, pedagógico y de contenido del profesor (Koehler et al., 2015; Koehler & Mishra,

2007), su autonomía según experiencia, ideas previas de los estudiantes y el conocimiento construido en el ámbito escolar, así como el diálogo con estudiantes y profesores (Stenhouse, 1985; Zambrano, 2003).

Por ende, permite pensar, actuar, planificar y construir propuestas curriculares, acorde con el contexto y los avances tecnológico-pedagógicos del Siglo XXI (MEN, 1998). En la planeación se tienen en cuenta los procesos de Enseñanza-Aprendizaje-Evaluación desarrollados anteriormente, estableciendo un diálogo reflexivo. El profesor parte de situaciones teórico-prácticas para llevarlas al aula, teniendo en cuenta las ideas previas y el conocimiento construido escolarmente en el aula según su experiencia e historia propia en el campo de la educación (Zambrano, 2003).

Existe una construcción colectiva, crítico-constructivista, donde se abordan, proponen y discuten estrategias, conceptos, metodologías y modelos (Zambrano, 2003). Se recoge siempre la comprensión de la experiencia pedagógica anterior, tiene en cuenta las fortalezas, debilidades, vacíos conceptuales y posibles necesidades e intereses expresados por los estudiantes (Shulman, 1987; Shulman., 2005).

De manera natural se toman las ideas previas o preconcepciones de los estudiantes para diseñar en equipo, la planeación para el nuevo año lectivo. No solo interviene el profesor a cargo de una asignatura, está permeado por las concepciones de la comunidad académica de su contexto, intervienen profesores de otras disciplinas que a partir de su discurso puede afectar las reflexiones, para la planeación y la puesta en escena de los procesos de Enseñanza-Aprendizaje-Evaluación.

Por otra parte, se realiza gracias a la selección de Estándares en Ciencias Naturales (MEN, 2004), competencias ciudadanas, laborales y del Siglo XXI, con el fin de consolidar el edificio



pedagógico-conceptual de la asignatura Biología de grado 11, según la visión e interpretación del equipo, integrando proyectos transversales como el Proyecto Ambiental Escolar (PRAE), para construir ciudadanía como pilar fundamental de la sociedad, contribuyendo al desarrollo del pensamiento crítico y científico, por medio de los cuales, los estudiantes tienen una alternativa y otro punto de vista para comprender el mundo de la vida (MEN, 1998).

Además, se entregan archivos digitales a otros profesores que desarrollan la asignatura para que tengan algunos recursos tecnológico-pedagógicos como vídeos, textos, enlaces, presentaciones, artículos, infografías, etc., relacionados con el concepto Evolución Biológica. Gracias a lo anterior, se integran Tecnologías Digitales (Koehler et al., 2015; Koehler. & Mishra., 2007) como mediadoras del conocimiento científico.

La planeación transforma significativamente la práctica, ofreciendo al profesor recursos tecnológico-pedagógicos para ser aplicados en el aula. Tanto **ésta** como los procesos de Enseñanza-Aprendizaje-Evaluación, están entrelazados en un ciclo continuo, permeados por actividades y recursos que complementan y realimentan la práctica dependiendo de la perspectiva de cada profesor.

En consecuencia, para lograr el estándar, integrar y articular cada componente de los procesos de Enseñanza-Aprendizaje-Evaluación y observarlos como un todo se parte de la pregunta problematizadora **¿Cuáles han sido los aportes de la Teoría Evolutiva para el desarrollo de la Biología, la tecnología y la sociedad?** Como eje estructurador.

### **Planeación según la experiencia del profesor**

La planeación es un proceso complejo que necesita de una continua comprensión y reflexión metacientífica, va más allá de la disciplina, la

pedagogía y la práctica, de los procesos de Enseñanza-Aprendizaje-Evaluación (Astudillo et al., 2018; Shulman, 1987; Shulman, 2005; Stenhouse, 1987).

Por ende, en la intimidad de sus pensamientos, el profesor es consciente que los textos escolares tanto análogos como digitales tienen vestigios de la historia y filosofía de las ciencias que pueden ser utilizados para obtener un cambio de visión que tradicionalmente ofrecen las ciencias y un cambio de concepciones provenientes de la cultura popular (Muñoz et al., 2017).

Además, permiten tener una visión amplia de las Tecnologías Digitales, la pedagogía, los contenidos y las interacciones entre estos componentes; con los cuales, conceptualiza las clases para manejar conocimientos propios de las ciencias naturales: entorno vivo (procesos biológicos), físico (procesos físicos y químicos), CTS (MEN, 2004). Y así, mejorar los procesos de Enseñanza-Aprendizaje-Evaluación teniendo en cuenta competencias propias de la Ciencia Escolar como las de formular preguntas, plantear hipótesis y someterlas a prueba como lo han hecho los científicos en el devenir de la historia (Candela, 1999).

También, usarlas según su saber, interpretación, perspectiva, necesidades desde su experiencia y formación continua (Candela, 1999). Por lo tanto, puede valerse de estos saberes para trabajar en el aula y dinamizar dichos procesos, generando reflexión, análisis crítico y ajustes progresivos para iniciar un cambio profundo hacia nuevas realidades tanto en la Ciencia Escolar como en la sociedad en general (MEN, 1998).

La experiencia y las ideas de cada año lectivo se encuentran almacenadas en su cerebro, saliendo a flote según el contenido que desee trabajar junto a los parámetros establecidos, políticas educativas nacionales, regionales e institucionales y situaciones que se presentan



en el aula, para tenerlas en cuenta al comenzar un nuevo ciclo de planificación.

Las ideas pueden surgir sentado frente a un computador en la mesa de trabajo, en una charla informal, en un desplazamiento a través del tiempo y la distancia o en un momento de “iluminación” antes de comenzar una nueva clase.

Entonces, surge la pregunta ¿Cómo el profesor planea las clases de Biología utilizando su experiencia, práctica y conocimientos? A medida que los profesores adquieren experiencia en su práctica, también adquieren conocimientos, competencias, destreza y seguridad a partir de la comprensión y reflexión metacientífica de los procesos de Enseñanza-Aprendizaje-Evaluación (Astudillo et al., 2018; Shulman, 2005), especialmente, de la observación e investigación en el aula –laboratorio natural– contrastándola con investigaciones y publicaciones propias del área del saber que manejan, generando madurez intelectual que se refleja en la práctica pedagógica (Stenhouse, 1985).

### Los estándares en la clase de Biología

En la clase de Biología de dos horas semanales, el profesor toma el contexto, la historia particular, la habilidad y la creatividad a partir de las ideas previas, preconcepciones o errores conceptuales de los estudiantes, para llegar al estándar Explico la diversidad biológica como consecuencia de cambios ambientales, genéticos y de relaciones dinámicas dentro de los ecosistemas (MEN, 2004).

Además, el trabajo en valores con la comunidad educativa, para ello, se tiene en cuenta el manual de convivencia y llegar a acuerdos con los estudiantes ofreciendo un buen ambiente de aprendizaje. Se proponen actividades (lecturas, mensajes, reflexiones, videos), con las cuales, los estudiantes desarrollan competencias

ciudadanas, precisamente, para construir ciudadanía (Ley General de Educación, 1994; Decreto 1290, 2009; MEN, 1998, 2004):

1. El Proyecto Ambiental Escolar es fundamental para sensibilizar y concienciar a la comunidad educativa en aspectos relacionados con el Medioambiente, especialmente, para este caso, el manejo adecuado de residuos sólidos, pérdida de la biodiversidad y cambio climático, entre otros. De allí que, se proponen actividades como salidas de campo para que el estudiante observe, explore, tome notas y así se aproxime al conocimiento como científico-a natural (MEN, 2004). También, a partir de textos, videos y discusiones en clase puede conceptualizar y manejar conocimientos propios de las ciencias naturales: entorno vivo (procesos biológicos), físico (procesos físicos y químicos), CTS (MEN, 2004). Se dan a conocer posibles soluciones, consejos e información, respecto al problema ambiental detectado, los estudiantes exponen sus conclusiones, hay discusiones, plantean que desconocen asuntos sobre el reciclaje como una alternativa para mitigar el impacto ambiental en la institución, en la ciudad y a nivel global. Además, conocer estas problemáticas los hace mejores personas para su entorno y así llegar al desarrollo de compromisos personales y sociales (MEN, 2004).

2. Se da paso a las actividades que estructuran el concepto Evolución Biológica a partir de ideas previas. Por ejemplo, la de realizar un dibujo, gráfico o esquema donde explican este concepto. Cabe aclarar que, el concepto Evolución lo asocian con cambio, como progreso y mejoramiento, a una escala de tiempo humano, mas no tiempo geológico (Araujo & Ramírez, 2014).

3. Luego, socializan los resultados de las actividades, sustentan sus ideas; una de las características es el de relacionarlo de manera lineal, similar a la marcha del progreso, mas no como un proceso lento,



continuo y gradual que surgió de moléculas inorgánicas que generaron un organismo primigenio, del cual surge la biodiversidad, como consecuencia de adaptaciones que las especies han sufrido por los cambios y presiones ambientales sobre los organismos, lo cual, ha conllevado a una amplia ramificación de la vida, incluyendo a todos los seres desde las bacterias hasta los humanos (Araujo & Ramírez, 2014; Curtis et al., 2008; Pérez, 2015); aclaraciones que el profesor hace y se complementan por medio de textos, vídeos, imágenes, propuestas en la planificación, donde se recuerdan conceptos fundamentales como célula procariota, eucariota, estructura y función celular.

4. Posteriormente, gracias al acceso a internet, los estudiantes consultaron los conceptos Selección Natural y Selección Artificial (Darwin, 1921) con sus dispositivos electrónicos; el profesor da la instrucción de conformar equipos con los estudiantes que tienen datos, lideran grupos de trabajo para realizar la consulta, generalmente en Wikipedia, dan definiciones y ejemplos de cada uno de los casos. Algunos socializan los conceptos trabajados, formulan preguntas, plantean hipótesis y exponen sus ideas de manera crítica.
5. Con el fin de brindar una mejor explicación del concepto Evolución Biológica, se utilizaron documentales, cuyas direcciones electrónicas están sugeridas en el Plan de Aula, que afianzan el concepto. Estos documentales presentan de manera clara y sencilla conceptos básicos de biología, permitiendo comprender que la biodiversidad proviene de un organismo primigenio común a todos (Curtis et al., 2008). Durante la proyección los estudiantes tomaron apuntes, para luego llegar a conclusiones y socializarlas
6. Se propuso a los estudiantes un aprendizaje activo a partir de tareas, problemas, descubrimiento y retos –Aprendizaje basado en proyectos (ABP)– al desarrollar el Objeto de Aprendizaje (OA) **¿Qué impacto tuvo la evolución del pulgar oponible sobre el desarrollo de la civilización?** (Colombia aprende, 2015), para apropiarse de los conceptos propios de las Ciencias Naturales y competencias del Siglo XXI con posibles respuestas a problemas del mundo de la vida.
7. Los estudiantes con sus equipos de trabajo colaborativo tienen el reto de fabricar una mano robótica (análoga a una prótesis biónica, para conocer las partes de la mano y su funcionamiento) según las instrucciones del documento en PDF (Colombia aprende, 2015) o el vídeo dispuesto en la página de contenidos para aprender <https://www.colombiaaprende.edu.co/contenidos-para-aprender/que-impacto-tuvo-la-evolucion-del-pulgar-ponible-sobre-el-desarrollo-de> . El profesor desde su computador presenta el material imprimible del OA, lo envía por medio de WhatsApp, para que lo tengan disponible en sus dispositivos electrónicos. A partir del material imprimible, consiguen los materiales y construyen la mano robótica.
8. La consigna del profesor es: documentar el proceso de construcción de la mano robótica (textos, diagrama de flujo, fotografías, vídeos, dibujos, historietas). Además, se reflexiona en torno al concepto bioética con el ejercicio planteado, los equipos terminan la actividad, mostrando el producto.
9. Desde sus hogares complementan la actividad o tarea propuesta según instrucciones de la lectura, presentan sus informes digitales en Word, Power Point o vídeos, enviándolos al correo electrónico o WhatsApp del profesor.



10. En la socialización de la actividad comentan: *“Haciendo uso de material reciclable, se pretende elaborar una mano robótica de forma sencilla y económica.” “La relación que existe entre la creación de una mano “robótica” con la Selección Artificial es que, debido a factores externos o genéticos, el hombre vio la necesidad de solucionar su problema, de tal manera que facilite el trabajo de las personas que tengan esta discapacidad”* (sic). Además, hablan de las partes y funciones que constituyen una mano humana.
11. Utilizando las bondades de la virtualidad y las redes sociales, el profesor envió por WhatsApp un archivo en PDF con el cual, desarrollan las actividades propuestas, discuten, sintetizan y exponen conceptos tales como: el origen de la mano humana, evolución del pulgar oponible, la tecnología y la fabricación de prótesis, como una mano robótica, valiéndose de la Selección artificial; evolución del cráneo debido a la mutación del músculo de la mandíbula, ADN mitocondrial, material genético de las mitocondrias, que generan energía para la célula; migración del hombre a América, influencia de la dieta en la evolución, evolución cultural del hombre, posibles ancestros del *Homo Sapiens*. ¿En qué momento habitaron nuestros antepasados? (Colombia aprende, 2015)
12. Para complementar el desarrollo del OA, al culminar las lecturas en sus dispositivos, llegan a conclusiones del concepto trabajado según las actividades propuestas.

### **Reflexiones frente a la estructura del OA para llegar al estándar**

Para integrar el OA y lograr el estándar propuesto (MEN, 2004), es necesario conocer un poco el origen, el significado y la esencia de este recurso tecnológico, como componente del

universo de las Tecnologías Digitales (Koehler. et al., 2015; Koehler. & Mishra., 2007), también denominadas Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC).

A partir, de la reflexión concienzuda los OA pueden promover un aprendizaje significativo y la dinamización de los procesos de Enseñanza-Aprendizaje-Evaluación dependiendo de la apropiación de cada profesor y su aplicación en el aula. El concepto OA según Callejas et al., (2011) surge por primera vez en 1992 gracias a la reflexión de Wayne Hodgins, quien asocia el juego de ensamblaje LEGO con bloques de aprendizaje normalizados, con fines de reutilización en procesos educativos. En la actualidad se carece de un consenso en su definición, es un recurso digital que puede ser reutilizado en diferentes contextos educativos. Pueden ser cursos, cuadros, fotografías, películas, vídeos y documentos que posean claros objetivos educacionales, entre otros. Para Callejas et al (2011) es todo material estructurado de una forma significativa, asociado a un propósito educativo, que corresponda a un recurso de carácter digital que pueda ser distribuido y consultado a través de Internet. Debe contar con una ficha de registro o metadato, consistente en un listado de atributos que además de describir el uso posible del objeto, permiten la catalogación y el intercambio de este.

El OA se ubica en un apartado ¿Dónde estamos ubicados en el tiempo y en el espacio? Con el nombre ¿Qué impacto tuvo la evolución del pulgar oponible sobre el desarrollo de la civilización? (Colombia aprende, 2015) se destaca la granularidad, flexibilidad y modularidad con siete componentes: Guía del docente, introducción, objetivos, desarrollo, resumen, tarea y actividades imprimibles.

La Guía del docente plantea competencias que los estudiantes deben tener al interactuar con el OA, traza el objetivo al cual deben



llegar al finalizar su desarrollo. Respecto a la estructura retórica maneja un conocimiento científico actualizado, desconociendo la parte histórica de cómo se llegó al concepto Evolución Biológica, el lenguaje es narrativo problémico, a partir de preguntas introduce el concepto, posiblemente para proponerlas en clase, descubriendo preconceptos para articularlos con la problemática planteada; es descriptivo cuando narra las competencias y la forma cómo debe trabajar el profesor desde una perspectiva pedagógica positivista desconociendo su perspectiva y cosmovisión; en lo concerniente al lenguaje simbólico se enfatiza en el gráfico, explicando varios conceptos que se entretajan e interactúan para llegar al concepto de mayor jerarquía, Evolución Biológica; el lenguaje simbólico matemático está ausente en la estructura retórica; la experiencia se percibe desde lo real al proponer prácticas de laboratorio con elementos de la cotidianidad.

Es descriptiva, da recomendaciones y orientaciones de cómo trabajar y evaluar las actividades propuestas. Se interpreta que la intencionalidad del autor, asesores y diseñadores está representada en la dependencia de afirmaciones teóricas sin una confrontación con fenomenologías que las determinan, ya que el fenómeno Evolución Biológica tiene una alta complejidad para ser desarrollado como una práctica de laboratorio, pero compensada con videos, textos e interacciones digitales (García et al., 2017).

Formula preguntas que también, se encuentran en el desarrollo del OA y las actividades imprimibles, con la tendencia de un modelo pedagógico conductista, limitado para reflexionar críticamente. Se destaca que las orientaciones están diseñadas para que los estudiantes trabajen competencias propias de las Ciencias Naturales a partir de fenómenos, análisis e interpretación de textos. Por ejemplo, *“El estudiante analizará las diferentes teorías*

*de la aparición del Homo sapiens, además, relacionará la evolución de la mano del Homo sapiens con su desarrollo evolutivo y conceptualizará la fuerte influencia que tuvo la evolución del pulgar oponible en el desarrollo sociocultural y económico del ser humano”* (Colombia aprende, 2015).

Traduciendo lo anterior en interacciones y procesos desarrollados en el aula, según la perspectiva del profesor. Las preconcepciones, obstáculos epistemológicos, ideas previas o errores conceptuales son planteados a partir de preguntas, para descubrir qué saben los estudiantes desde una perspectiva memorística, mas no desde la percepción, como lo expuesto por Piaget y Vygotsky, para construir desde el fenómeno o experiencia, donde el profesor acompaña al estudiante para ayudarlo a comprender, interpretar y cuestionar su mundo de la vida (MEN, 1998), formulando sus propias preguntas, planteando hipótesis que pueden darle luz a la solución de sus interrogantes y lo motiven a realizar un trabajo científico donde prime la observación, el método hipotético-deductivo, el análisis y competencias propias de las ciencias que lo lleven a pensar científicamente.

La introducción es un texto con recuadros de color similares a cualquier libro de texto (Básica Primaria, Básica Secundaria o incluso universitarios), destacándose la virtualidad con una interfaz agradable a la vista, en la que se interactúa pasando de una imagen a otra con el ratón o la pantalla táctil, da una visión rápida de la tecnología lograda hasta el momento por el ser humano, haciendo reflexionar acerca de la “evolución” tecnológica. Formula el interrogante *¿Llegará el día en que la evolución tecnológica logre emular a la perfección las características adquiridas evolutivamente por la mano humana? Con el cual, los estudiantes plantean sus propias hipótesis, dependiendo de cómo sean dinamizadas en el aula (discusiones,*



socialización, puesta en común); se considera que, si la interacción con el OA es solamente del estudiante, sin la mediación del profesor, tiene una intención transmisionista de ciencia verdadera objetiva y autoritaria (García et al., 2017).

El conocimiento que se trabaja brinda información a partir de textos cortos, es cotidiano, con un lenguaje descriptivo al mencionar las características de una prótesis y la tecnología para producirla. En el último fragmento del texto hace alusión histórica, vestigios históricos de las ciencias, “*Todas estas características de la mano humana actual han sido objeto de estudio desde ya hace varios siglos, y algunas de las preguntas que se planteaban los científicos en ese entonces, siguen siendo las mismas*”, pero sin aportes significativos desde la historia y filosofía de las ciencias —labor que le corresponde al profesor según su formación—

Los objetivos planteados son: Sintetizar el impacto sociocultural y económico de la evolución del pulgar oponible en humanos. Analizar las diferentes teorías de la aparición del *Homo sapiens*. Articulados con el contenido, tienen una estructura retórica que motiva a los estudiantes en el desarrollo de las actividades propuestas, a los cuales, deben llegar al finalizar su desarrollo, lo que indica una visión curricular clásica y positivista (Tyler, 1986). Sin desconocer las tendencias y potencialidades constructivistas que se ofrecen a partir de la mediación del profesor en los procesos de *Enseñanza-Aprendizaje-Evaluación*. Cuando en el OA se plantean objetivos desde las competencias propias de las ciencias, están coadyuvando a desarrollar el pensamiento científico. Sin embargo, lo ideal sería dar instrucciones de cómo plantear un objetivo y qué valor tiene en la resolución de un problema en el contexto de la investigación, para que sea el estudiante quien lo descubra e infiera a través de la información. Dentro del OA el área para escribir los objetivos

es inoficiosa ya que al hacerlo la información se pierde, se destaca que se pueden contrastar con los objetivos propuestos.

Respecto al desarrollo del OA el lenguaje que maneja es narrativo problémico, a partir de preguntas introduce dicho concepto, posiblemente, para hacerlas en clase, descubriendo preconceptos para articularlos con la problemática planteada; en lo concerniente al lenguaje simbólico, enfatiza en el gráfico, explicando varios conceptos que se entretienen e interactúan para llegar al concepto Evolución Biológica.

El lenguaje simbólico matemático está ausente en la estructura retórica; la experiencia se percibe desde lo real al proponer prácticas de laboratorio con elementos de la cotidianidad como pitillos, lana, guantes de látex, bisturí, libreta, etc., haciendo énfasis en problemáticas actuales.

También, se encuentra una estructura conceptual y retórica del concepto Evolución Biológica, coexistiendo representaciones mentales a partir de la problematización por medio de preguntas, complementadas por medio de experiencias visuales mediadas por la virtualidad y prácticas de laboratorio con elementos de la cotidianidad, expresadas con un lenguaje narrativo descriptivo que lleva al profesor a complementar cada concepto recurriendo a otras fuentes de información como vídeos y textos que lo explican mejor. Se desconoce por completo la historicidad —a-histórico— en esa trama conceptual de la Evolución Biológica. El significado de a-histórico en este contexto hace parte de las diferentes visiones deformadas de la ciencia, por ejemplo, la visión acumulativa, la visión rígida y la visión a-histórica, esta última se aleja de las tendencias contemporáneas de la Educación en Ciencias, presenta una serie de hechos que no son problematizados (García et al., 2017).



En consecuencia, el OA no aborda el origen del conocimiento tratado, los hechos que generaron este conocimiento, es una visión lineal, deformada de los hechos ocurridos alrededor de la misma, no se muestra los avances y retrocesos de ellos. Respecto a la estructura retórica maneja un conocimiento científico actualizado, para que el profesor lo tenga en cuenta y dinamice sus clases proponiendo situaciones problema.

La actividad dos se ocupan de una historia geológica que muestra los cambios y adaptaciones de la mano y su pulgar oponible en el devenir de los tiempos, sin percatarse del pensamiento de Buffon, Lamarck, Darwin, Wallace y otros biólogos post-darwinistas que harían reflexionar al profesor en torno al pensamiento evolutivo y cómo éste ha servido para la construcción e interpretación de la Teoría Evolutiva aplicada en un contexto científico y por supuesto educativo. La actividad tres, constituida por una serie de textos insertos en un planisferio, explican conceptos propios de las ciencias como la aparición del *Homo Sapiens* en África y las migraciones a Eurasia y América, mostrando una visión rígida del método científico, reduciendo así el proceso de generación del conocimiento científico, distanciándose de la forma en que realmente los científicos hacen ciencia (Muñoz et al., 2017).

Se destaca que los textos tienen en cuenta hipótesis propuestas por arqueólogos, reconociendo una historia geológica mas no, histórica y filosófica. La actividad cuatro, con un esquema similar al de la actividad tres, advierte que la Evolución del ser humano no es lineal, enfatizando en la siguiente explicación “*La imagen no representa el verdadero pensamiento evolutivo divergente y ramificador aceptado por la comunidad científica, sino que representa una idea fijista y lineal de la evolución, y a pesar de ser un ícono de la teoría de la evolución, hoy se sabe que la mayoría de géneros u órdenes*

*allí descritos, presentan errores debido a que sus descubrimientos se han basado más en supuestos fácticos que en datos reales de verdaderos hallazgos”* (Colombia aprende, 2015).

El OA propone herramientas pedagógicas como ilustraciones, textos, datos históricos, conceptos y procesos, para que los estudiantes comprendan que la biodiversidad es producto de un ancestro común, surgido hace más de tres mil millones de años aproximadamente y no como sinónimo de perfección y progreso (MEN, 1998). Menciona fechas con los hallazgos de fósiles de homínidos según su aparición cronológica, junto al nombre del arqueólogo descubridor y la ubicación geográfica, fechas y procesos que el profesor puede considerar como vestigios de la historia, para que los estudiantes desarrollen competencias propias de las Ciencias Naturales, donde observen, pregunten, planteen hipótesis, analicen la información y resuelvan problemas planteados desde la Historia de las Ciencias como complemento para los procesos de Enseñanza-Aprendizaje-Evaluación.

El resumen del OA es simple, a partir de dos frases cortas (aspectos que se han tenido en cuenta en los planteamientos de la teoría de la evolución del hombre y posibles ancestros del *Homo Sapiens*). Respecto a la tarea, da instrucciones claras de lo que deben hacer los estudiantes, motivándolos a que piensen de manera crítica al socializar los resultados encontrados con las conclusiones. Para finalizar, las actividades imprimibles cumplen el rol del desarrollo, con un texto escrito, sin interactividad digital, propone actividades como las de construir una mano robótica, con explicaciones netamente científicas, que potencian el pensamiento crítico y competencias científicas.

Una característica común de los componentes del OA es la escasez de conceptos que retomen la historia y epistemología de la ciencia, para comprender la construcción del conocimiento



científico a través de los tiempos. De allí que, sería adecuado presentarlo en la guía del profesor, para que dinamice sus clases desde la perspectiva del constructivismo, guiando a sus estudiantes a la apropiación del conocimiento científico actual.

### **Los OA desde la perspectiva de los vestigios de la historia y la filosofía de la ciencia**

Gracias a la aparición y desarrollo de las Tecnologías Digitales, se ha transformado la forma de presentar, leer, comprender e interpretar textos, desde la impresión en papel hasta el diseño en línea, virtual, interactivo; en procesadores de texto como Word o extensiones como el Formato de Documento Portátil (PDF), sin variación en la esencia de los contenidos.

De hecho, la visión con la que se diseñan y abordan continúa siendo transmisionista, como si la ciencia fuese un producto terminado, sin procesos, sin diálogos, sin discusiones, sin acuerdos y sin construcciones que se modifican en el trasegar del tiempo (García et al., 2017; MEN, 1998). Además, cuando no se tienen en cuenta resultados de investigaciones relacionadas con la historia y la filosofía de las ciencias, se muestra una ciencia rígida y estática, diferente a una ciencia flexible producto de la conciliación, el diálogo y la construcción histórica del mundo fenomenológico que los científicos han percibido, un mismo fenómeno con diferentes interpretaciones (García et al., 2017).

Entonces, ¿Cómo integrar la historia y la filosofía de las ciencias al aula teniendo en cuenta los OA en el Diseño y Desarrollo Curricular desde la perspectiva del profesor? El Diseño Curricular o planeación es un acto autónomo a partir de la normativa estatal, las directrices institucionales, la experiencia y el trabajo construido por el profesor con los estudiantes en los procesos de Enseñanza-Aprendizaje-Evaluación, llevando un registro, documentando e investigando

situaciones propias del aula con los diferentes grupos que la componen, para lograr un mejoramiento continuo (Stenhouse, 1985).

En consecuencia, la perspectiva del profesor puede enfocarse más allá de los conceptos científicos terminados (producto final) como verdad absoluta (García et al., 2017), indagando a partir de sus dudas, interrogantes, formación profesional y académica; reflexionando frente a qué herramientas o recursos pedagógicos teóricos sirven para ser integrados a las clases, por ejemplo, la historia y la filosofía de las ciencias, aplicadas en el quehacer diario, ofreciendo una visión amplia de la forma de trabajar, del lenguaje, de las preguntas, de los propósitos, de los instrumentos y de los problemas que afrontan los científicos en una época determinada (Muñoz et al., 2017). Dando pie para investigar y mejorar su práctica a la luz de las innovaciones, descubrimientos e investigaciones de la Educación en Ciencias y su propia práctica como investigador (Stenhouse, 1985). Motivándolo a encontrar vestigios de la historia y la filosofía de las ciencias en imágenes, anécdotas, comentarios, textos impresos o digitales en los OA u otros documentos que los complementen.

Los cuales, son de gran utilidad para conocer eventos que vivieron hombres y mujeres de ciencia, o posteriores interpretaciones, que conllevan a una mejor comprensión de fenómenos en diversos contextos, en especial en el aula, para construir con los estudiantes procesos y conceptos propios de la Ciencia Escolar (Candela, 1999).

Los vestigios que el profesor encuentra en textos, imágenes, OA y otras documentaciones, gracias a su formación profesional y visión del mundo de la vida (MEN, 1998) coadyuvan a la construcción de la Ciencia Escolar como la denomina Candela (1999). La cual, se da a partir de las interacciones entre estudiante-profesor, especialmente teniendo en cuenta las



apreciaciones del primero como protagonista de los procesos de *Enseñanza-Aprendizaje-Evaluación* a partir de la comunicación y realimentación de las interpretaciones de un fenómeno (Stenhouse, 1985).

Entendiéndose estas últimas como actividades humanas que se han manifestado en sucesivas y variadas formas: oral, escrita, impresa, radiofónica, televisiva; hoy día en todas aquellas representaciones que involucran las Tecnologías Digitales, incluyendo los OA. Destacando la imagen como un elemento dinamizador que hace parte de la comunicación constante; acompañando, complementando y a veces sustituyendo, la verbalidad, o en ocasiones distorsionando la realidad (Grilli et al., 2015).

Por ejemplo, la imagen de la “marcha del progreso” ha generado comentarios contrarios a las ideas expuestas por Darwin, (1921), especialmente, en los estudiantes de Educación Básica y Media que han sido constantemente bombardeados por diferentes medios de comunicación. Para Pérez (2015) esta imagen por su aparente claridad y sencillez ha sido una de las formas más comunes y populares para representar la evolución de la humanidad. Asimismo, la manera en que muestra el proceso evolutivo ha servido como resumen gráfico del devenir biológico de las especies e incluso se ha utilizado como forma de ironizar acerca del éxito evolutivo de nuestra especie. En todos estos casos, la idea de la “marcha” parte de una condición: que la evolución sea entendida como sinónimo de progreso inevitable con un fin, que tiene una dirección clara y definida – teleológica–. Así, esta imagen-concepto trata más de cómo se ve el ser humano a sí mismo y del lugar que se asigna entre los seres vivos, que de la forma en la cual realmente ocurre el proceso de evolución de las especies.

Tal es el impacto que ha causado la interpretación de esta representación en el imaginario colectivo, especialmente en los

estudiantes, que se han descontextualizado de manera significativa los planteamientos que realizó en su momento Darwin (1921); en pocas palabras sostiene: todos los organismos extintos y actuales –biodiversidad– provienen de un ancestro común de la época cuando aparece la vida en la Tierra. En consecuencia, dicho impacto ha generado que muchos consideren el concepto de Evolución Biológica como sinónimo de progreso y fenómeno lineal, en el cual, los humanos provienen de los simios. Para ahondar más en el problema, los medios de comunicación han ayudado a difundir masivamente esta interpretación distorsionada de los conceptos construidos por parámetros científicos.

### **Evolución Biológica en el aula**

En artículos de divulgación científica en revistas y diarios reconocidos de consumo cotidiano, en el cine comercial, en videos musicales y en programas de televisión populares como los Simpson replican dichas concepciones –a partir de imágenes–, que a pesar de haber sido explicadas en detalle por el antropólogo Clark Howell, en un volumen de la revista *TIME LIFE* de 1965, indicando que no deben interpretarse como el progreso de una especie a otra de manera literal. Estas concepciones erróneas se ven reflejadas en los procesos de Enseñanza-Aprendizaje-Evaluación, especialmente, como parte del saber popular.

Para cambiar estas ideas popularizadas, es pertinente utilizar ideas previas, la integración de un OA, el discurso, preguntas y otras estrategias pedagógicas, que ayudan en gran medida a construir el concepto en el aula, para llegar a un cambio conceptual, aproximándose al conocimiento científico o saber sabio y utilizarlas en un nuevo bucle continuo para una nueva planeación, reconociendo las dificultades detectadas en el aula, como estrategia fundamental de mejoramiento pedagógico (Stenhouse, 1985). De allí, la importancia de tener en cuenta las ideas previas, errores



conceptuales o preconcepciones del saber popular que van en contravía del concepto Evolución Biológica construido por la comunidad científica, el cual, no significa mejoramiento, avance, progreso o proceso dirigido a un fin, como se interpreta en el diálogo con los estudiantes.

A grandes rasgos se trata de un proceso de transformación de las especies por medio de Selección Natural (como mecanismo principal), a lo largo de millones de años, del cual, resulta la enorme biodiversidad que habita o ha habitado la Tierra; así la concibe Darwin (1921), quien, emplea el concepto descendencia con modificación para referirse a lo que posteriormente y de forma sintética se denomina Evolución. Incluso, él no estaba convencido de que fuera posible detectar alguna forma de perfección absoluta de las especies como resultado del proceso evolutivo (Pérez, 2015).

Ahora bien, gracias a la pregunta ¿Qué entiende por el concepto Evolución? se observan diferentes respuestas en un grupo de 38 estudiantes con edades que oscilan entre los 16 y 18 años, pertenecientes a la Educación Media, la cual, es contestada con representaciones, gráficos, dibujos o esquemas.

Aproximadamente el 25% lo representa según la interpretación del concepto difundido masivamente, visto como solo una pequeña rama o fracción lineal continua del árbol evolutivo, de forma similar a la ilustración realizada por Rudolph F. Zallinger en 1965, encumbrando al ser humano como superior.

Un 70% lo explica como metamorfosis, desarrollo embrionario, reproducción; que si bien, hacen parte del concepto estructurante (omitidos en la imagen de la marcha del progreso), no recogen la idea expresada por Darwin (1921) y la comunidad científica. También, la explican con conceptos extraídos desde la tecnología como

la “evolución de un teléfono celular, la radio o la música”.

El 5% restante lo asume como aproximaciones a ramificaciones divergentes de un ancestro común. Estas preconcepciones permiten integrar las representaciones más aproximadas al conocimiento científico, los textos, imágenes y actividades propuestas en el OA que más convengan para un cambio conceptual (gracias a la granularidad y flexibilidad). Aparte de las representaciones, se descubre que en sus diálogos replican con enorme seguridad la concepción mal interpretada “venimos y evolucionamos de los monos”.

Por lo tanto, hay que reconocer que los estudiantes llegan al aula con modelos explicativos errados y aproximados sobre este fenómeno natural; lo cual, conlleva a aceptar la dificultad para modificar o sustituir ese modelo durante la enseñanza. De allí que, el profesor llega al aula con propuestas para explicar los fenómenos que se han generado desde la ciencia erudita; con explicaciones de sentido común o influenciado por los medios y la cultura, como las ideas previas. Entonces, ¿Cómo transitar entre ambos discursos? Uno de los retos es el de diseñar actividades que promuevan el desarrollo de los modelos explicativos en los estudiantes comprendiendo los procesos que llevan a dicho desarrollo.

Una alternativa para este caso es descubrir los vestigios de la historia y la filosofía de las ciencias en la estructura del OA para ampliarlos y lograr mediar e interactuar entre las ideas de los estudiantes, profesores y contenido.

Para este caso particular, se toma como ejemplo, un fragmento de los textos de la estructura del OA, “*No hay imagen más popular relacionada con la evolución que la de El camino imaginativo hacia el Homo sapiens (The imaginative Road to Homo sapiens) la cual resume los hallazgos fósiles más reconocidos de los ancestros de los*



*humanos. Esta imagen fue publicada en el año de 1969 y tenía la intención de aclarar el camino que tuvo la evolución hasta el actual homo sapiens. En la actualidad la imagen no representa el verdadero pensamiento evolutivo divergente y ramificador aceptado por la comunidad científica, sino que representa una idea fijista y lineal de la evolución y a pesar de ser un icono de la teoría de la evolución, hoy se sabe que la mayoría de los géneros u órdenes allí descritos presentan errores debido a que sus descubrimientos se han basado más en supuestos fácticos que en datos reales de verdaderos hallazgos. Después de varios análisis se ha llegado a la conclusión que la mayoría de los dibujos allí descritos son especies de monos extintos o de ancestros recientes del actual hombre. Otro de los errores más criticados de la imagen es el de pretender representar la evolución como una secuencia lineal directa de ancestros humanos y no a manera de árbol genealógico como debería serlo” (Colombia aprende, 2015)*

Entonces, la forma de cómo trabajar el concepto Evolución Biológica el profesor reflexiona frente a la estructura conceptual del OA, los textos trabajados en clase, a la concepción distorsionada del concepto como progreso lineal, conjuntamente, con las ideas previas descubiertas y su discurso, para persuadir y lograr un cambio conceptual comentando a los estudiantes el postulado de Darwin (1921), donde todo organismo, incluyendo al humano, proviene de un ancestro común u organismo primigenio procariota (Curtis et al., 2008; MEN, 1998).

Además, se complementa con actividades que integran diversidad de recursos como videos, imágenes y textos de conceptos como célula, teorías de la Evolución desde Aristóteles hasta Darwin, Eras Geológicas, presiones ambientales como detonadoras de la evolución de especies, entre otros, contribuyendo a la construcción y cambio conceptual en el aula.

## Conclusiones

Las innovaciones, ajustes y mejoramiento de los procesos de Enseñanza-Aprendizaje-Evaluación surgen en la práctica diaria de aula; y deben ser consideradas e incorporadas al inicio de un nuevo ciclo, comenzando por la planeación.

Es crucial tener en cuenta los procesos de Enseñanza-Aprendizaje-Evaluación, que se documenta en notas o diario de campo del profesor. Se destaca que dichas prácticas son heterogéneas dependiendo del contexto cultural, social y económico, de la cosmovisión del profesor y de ver cada componente de estos procesos como un todo; la heterogeneidad no se escapa a la incorporación de las Tecnologías Digitales, entre tantas, la utilización de los OA, que debe ser particular para cada contexto y caso, ayudando a promover el autoestudio y el aprendizaje ya sea de manera presencial o virtual.

La selección del OA depende del nivel académico, la experiencia y los conceptos con los cuales se desea planificar y desarrollar la clase. Los OA están categorizados de acuerdo con los grupos de niveles definidos en los Estándares de Ciencias Naturales y Educación Ambiental para la Educación Básica Secundaria y Media (sexto y séptimo, octavo y noveno, décimo y once). Una vez seleccionado el nivel, el profesor rastrea un OA que esté acorde con los saberes de la clase previamente preparados, planeados y programados en los documentos institucionales (Estructura Curricular). Tiene en cuenta las instrucciones de la guía del docente de cómo abordarlo, para trabajarlo según el contexto de la institución y las características de cada grupo con el que desarrolla los procesos de Enseñanza-Aprendizaje-Evaluación.

Para la implementación es necesario conocer a fondo las dinámicas propias del grado con el cual se trabaja, la experiencia e historia



personal del profesor. Además, hay que tener en cuenta diversos conceptos y formas de interactuar propias del aula para articularlo a dichos procesos. La incorporación de un OA tiene un espectro muy amplio para la mediación y dinamización de los procesos de Enseñanza-Aprendizaje-Evaluación. De allí, la importancia que un buen número de profesores se convierta en investigadores de su práctica, para robustecer la teoría en este aspecto, si existe la oportunidad podrían socializar su trabajo, comunicando sus avances e innovaciones en esta área del conocimiento.

La Evolución Biológica es una de las grandes teorías de la biología, que permite integrar ideas, nociones o conceptos para desarrollarlos curricularmente en una asignatura a partir del marco legal estatal y las directrices institucionales, los saberes sabios, los saberes de los estudiantes, las preconcepciones y el trabajo práctico en el aula. Las interacciones mencionadas anteriormente llevan al profesor a descubrir que los conceptos relacionados con el concepto Evolución Biológica, conducen a un aprendizaje significativo, no como un cambio de conducta en una perspectiva de modelo pedagógico conductista, sino como un cambio de significado en la experiencia del estudiante, siempre teniendo en consideración al profesor y su manera de enseñar; la estructura de los conocimientos que conforman el currículo, el modo en que éste se produce y el entramado social en el que se desarrolla el proceso educativo. Teniendo en cuenta estas consideraciones, tiene la habilidad de descubrir cuáles son los procesos adecuados para el aprendizaje.

## Referencias bibliográficas

- Anderson, & Taner. (2023). Building the expert teacher prototype: A metasummary of teacher expertise studies in primary and secondary education. In *Educational Research Review* (Vol. 38). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2022.100485>
- Araujo, & Ramírez. (2014). Obstáculos al aprendizaje del concepto estructurante evolución biológica. *Bio-grafía*, 231–244. <https://doi.org/10.17227/20271034.vol.0num.0bio-grafia231.244>
- Constitución Política de Colombia, 2 (1991). [https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma\\_pdf.php?i=4125](https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=4125)
- Astudillo, C., Rivarosa, A., & Adúriz-Bravo, A. (2018). Evolución biológica y reflexión metacientífica. Aportes para la formación docente del profesorado de ciencias. *TED*, 43, 91–116. <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/8653/6522>
- Callejas, Hernández, & Pinzón. (2011). Objetos de aprendizaje un estado del arte. *2011*, 7(1), 176–189.
- Candela, A. (1999). *Ciencia en el aula. Los alumnos entre la argumentación y el consenso*. (Primera edición). [www.paidos.com](http://www.paidos.com)
- Colombia aprende. (2015). *¿Qué impacto tuvo la evolución del pulgar oponible sobre el desarrollo de la civilización?* (pp. 1–35).
- Ley General de Educación, Ley 115 1 (1994).
- Curtis, H., Barnes, N., Schnek, A., & Massarini, A. (2008). *Biología*. (7th ed.). Médica Panamericana.



- Darwin. (1921). *El origen de las especies por medio de la Selección Natural.: Vol. I.*
- García, E., Cabrera, H., Marín, M., Salazar, T., Espinosa, A., & Alvarado, L. (2017). *Prácticas experimentales en textos universitarios. Implicaciones en la enseñanza de las Ciencias Naturales.* Universidad del Valle.
- Grilli, J., Laxague, M., & Barboza, L. (2015). Dibujo, fotografía y Biología. Construir ciencia con y a partir de la imagen. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias.*, 12(1), 91–108. [https://doi.org/10.25267/rev\\_eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2015.v12.i1.07](https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2015.v12.i1.07)
- Hernández Sampieri, Roberto., Fernández Collado, Carlos., & Baptista Lucio, Pilar. (2014). *Metodología de la Investigación.* (6th ed.). McGRAW-HILL.
- Koehler., & Mishra. (2007). What is technological pedagogical content knowledge (TPCK)? In *Handbook of Technological Pedagogical Content Knowledge (TPCK) for Educators* (pp. 3–28).
- Koehler., Mishra., & Cain. (2015). ¿Qué son los Saberes Tecnológicos y Pedagógicos del Contenido (TPACK)? What Is Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)? *Virtualidad, Educación y Ciencia*, 10, 9–22. <http://revistas.unc.edu.ar/index.php/vesc>
- MEN. (1998). *Lineamientos curriculares Ciencias Naturales y Educación Ambiental.* [https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-89869\\_archivo\\_pdf5.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-89869_archivo_pdf5.pdf)
- MEN. (2004). *Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales.*
- Decreto 1290, Pub. L. No. 1290, 1 (2009). [https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-187765\\_archivo\\_pdf\\_decreto\\_1290.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-187765_archivo_pdf_decreto_1290.pdf)
- MEN. (2015). *Derechos Básicos de Aprendizaje.* (Ciencias Naturales.).
- Muñoz, F., Valencia, E., & Giovany Cabrera-Castillo, H. (2017). Situaciones Científicas Escolares Problematizadoras a partir del análisis del Experimento V de Robert Boyle. In *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* (Vol. 14, Issue 1). <http://hdl.handle.net/10498/18850>
- Pérez. (2015). SOY EL NÚMERO UNO, ¿PARA QUÉ ESFORZARME? *Revista Digital Universitaria.* <http://www.revista.unam.mx/vol.16/num7/art58/>
- Posner. (2005). Conceptos de currículo y propósitos del estudio del currículo. In *Análisis del currículo.* (3rd ed., pp. 3–28). Mac Graw Hill.
- Quintanilla, Agudelo, Cabrera, Cerquera, Cuéllar, García, Garrido, Hernández, Godoy, González, Joglar, C., & Solsona, N. (2017). *La historia de la ciencia en la investigación didáctica Aporte a la formación y el desarrollo profesional del profesorado de ciencias.*
- Shulman. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review.*, 57, 1–21.
- Shulman. (2005). Conocimiento y enseñanza: fundamentos de la nueva reforma. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación Del Profesorado.*, 1–30. <http://www.ugr.es/local/recfpro/Rev92ART1.pdf>



Stenhouse, L. (1985). El profesor como investigador. In *Investigación y desarrollo del curriculum*. (pp. 194–221). Morata.

Stenhouse, L. (1987). Un concepto de currículum. In *La investigación como base de la enseñanza*. (4th ed., pp. 1–10). Morata. [http://www.terras.edu.ar/biblioteca/1/CRRM\\_Stenhouse\\_Unidad\\_1\(1\).pdf](http://www.terras.edu.ar/biblioteca/1/CRRM_Stenhouse_Unidad_1(1).pdf)

Tyler, R. W. (1986). *Principios básicos del currículo* (5th ed.). Troquel.

Zambrano. (2003). *Educación y Formación del Pensamiento Científico*. Universidad del Valle.