

UNIVERSIDAD DE BURGOS

PROGRAMA INTERNACIONAL DE DOCTORADO *EDUCACIÓN: ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS*

Departamento de Didácticas Específicas



**LAS TDIC EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS:
UN MODELO DIDÁCTICO PARA EL DISEÑO DE PROPUESTAS DE
ENSEÑANZA QUE CONSIDEREN LOS RETOS ACTUALES DE LA
EDUCACIÓN CIENTÍFICA**

TESIS DOCTORAL

VANESSA ARIAS GIL

Burgos, julio de 2022

UNIVERSIDAD DE BURGOS

PROGRAMA INTERNACIONAL DE DOCTORADO *EDUCACIÓN: ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS*

Departamento de Didácticas Específicas



**LAS TDIC EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS:
UN MODELO DIDÁCTICO PARA EL DISEÑO DE PROPUESTAS DE
ENSEÑANZA QUE CONSIDEREN LOS RETOS ACTUALES DE LA
EDUCACIÓN CIENTÍFICA**

Tesis Doctoral realizada por **Vanessa Arias Gil** para optar al Grado de Doctor por la Universidad de Burgos, bajo la dirección del **Dr. Marco Antonio Moreira** y del **Dr. Jesús Meneses Villagrà**

Burgos, julio de 2022

ÍNDICE

RESUMEN / ABSTRAC	13
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	15
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	20
CAPÍTULO 2: REVISIÓN DE LITERATURA	221
2.1 ASUNTOS METODOLÓGICOS DE LA REVISIÓN DE LITERATURA	21
2.2 HALLAZGOS DE LA REVISIÓN DE LITERATURA	27
2.3 APORTES DE LA REVISIÓN DE LITERATURA AL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	44
CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO	47
3.1 EL CONCEPTO DE MODELO DIDÁCTICO	47
3.2 LAS TIC COMO DESAFÍO DE INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS	52
3.3 RETOS DE LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA DESDE LA PERSPECTIVA DE DEREK HODSON: UNA MIRADA DESDE LOS RETOS DE LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS MEDIADA POR TIC	56
3.4 TEORÍA DEL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO CRÍTICO Y SUS PRINCIPIOS FACILITADORES COMO PERSPECTIVA CONTEMPORÁNEA PARA LA INTEGRACIÓN DE LA TIC EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS, A FAVOR DE LOS RETO DE LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA	60
3.5 COMPATIBILIDAD DE LOS REFERENTES TEÓRICOS	64
3.6 FUNDAMENTOS EPISTEMOLÓGICOS DEL MODELO	73

CAPÍTULO 4: FUNDAMENTACIÓN METODOLOGICA	81
4.1 ENFOQUE, PERSPECTIVA Y TIPO DE ESTUDIO	81
4.2 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	88
4.3 PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS Y VALIDACIÓN DE LA INFORMACIÓN	92
4.4 ASPECTOS ÉTICOS DE LA INVESTIGACIÓN	95
4.5 DESARROLLO METODOLÓGICO	96
4.5.1 PROTOTIPO DEL MODELO DIDÁCTICO.....	96
4.6 ITERACIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO	106
4.6.1 PRIMERA ITERACIÓN: ESTUDIO 1	106
4.6.2 SEGUNDA ITERACIÓN: ESTUDIO 2	113
4.6.3 TERCERA ITERACIÓN: ESTUDIO DE CASO	118
CAPÍTULO 5: RESULTADOS Y ANÁLISIS	1277
5.1 ESTUDIO 1	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.8
5.2 ESTUDIO 2	1399
5.3 ESTUDIO 3	147
5.3.1 CASO 1	148
5.3.1.1 SÍNTESIS DE LA PROPUESTA	148
5.3.1.2 IDENTIFICACIÓN DE LAS SUBCATEGORÍAS ..	149
5.3.2 CASO 2	154
5.3.2.1 SÍNTESIS DE LA PROPUESTA	154
5.3.2.2 IDENTIFICACIÓN DE SUBCATEGORÍAS	155
5.3.3 ANÁLISIS RETROSPECTIVO DE ESTUDIO 3	160

5.3.3.1 ENSEÑAR CIENCIA CON TDIC	160
5.3.3.2 ENSEÑAR A HACER CIENCIA CON TDIC	163
5.3.3.3 ENSEÑAR SOBRE CIENCIA CON TDIC	165
CAPÍTULO 6: CONSIDERACIONES FINALES.....	171
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	175
CRONOGRAMA DE INVESTIGACIÓN	1899
ANEXOS 1911	
ANEXO 1: TEXTO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO	191
ANEXO 2: CUESIONARIO INICIAL	194
ANEXO 3: TABLEROS INTERACTIVOS DE LOS ESTUDIANTES ..	205
ANEXO 4: GUÍA DE LA ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA	212
ANEXO 5. PROPUESTA DE ENSEÑANZA PRESENTADA POR EL CASO 1	214
ANEXO 6. PROPUESTA DE ENSEÑANZA PRESENTADA POR EL CASO 2.	216
ANEXO 7. ABSTRACT DE ARTICULO PUBLICADO	224

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Asuntos formales para la delimitación de la revisión de literatura	23
Tabla 2. Revistas de Educación y Educación en Ciencias indexadas en Scopus	23
Tabla 3. Revistas de Educación y Educación en Ciencias seleccionadas para la revisión.....	24
Tabla 4. Revistas de Educación y Educación en Ciencias seleccionadas para la revisión y su país de procedencia	24
Tabla 5. Elementos para definir la naturaleza de un modelo didáctico	49
Tabla 6. Asuntos en los que se puede incidir utilizando tecnologías digitales en Física	59
Tabla 7. Semejanzas y diferencias entre Investigación Basada en Diseño y la Investigación-Acción	87
Tabla 8. Sistema categorial para el análisis de la información.....	94
Tabla 9. Síntesis de los Derechos Básicos de Aprendizaje en Física para los niveles décimo y once y algunos recursos TDIC de apoyo para el trabajo en el aula de cada uno de ellos.	120
Tabla 10. Síntesis del desarrollo metodológico y la aplicación de la propuesta de enseñanza.	125
Tabla 11 Elementos del modelo didáctico identificados en taller 1	137
Tabla 12. Evidencias sobre la validación de la pertinencia de la herramienta TDIC en el estudio 2	140
Tabla 13. Evidencias sobre la proyección de objetivos en el estudio 2.....	141
Tabla 14. Evidencias sobre proyección de mediaciones y evaluación en el estudio 2	142
Tabla 15. Evidencias sobre apropiación conceptual en el estudio 2.	14343
Tabla 16. Evidencias sobre percepción/representación en el estudio 2.....	144
Tabla 17. Evidencias sobre cuestionamiento e incertidumbre del conocimiento en el estudio 2.....	145
Tabla 18. Evidencias en relación con el desaprendizaje en el estudio 2	145
Tabla 19. Aspectos secuenciales de la UEPS identificados en la propuesta de enseñanza del Caso 1.....	149

Tabla 20. Aspectos secuenciales de la UEPS identificados en la propuesta de enseñanza del Caso 2.....	155
Tabla 21. Resumen de los aportes del modelo a la luz de las categorías de análisis....	166

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Sistema solar en https://www.solarsystemscope.com/	110
Imagen 2. Sistema Sol-Tierra en https://phet.colorado.edu/sims/html/gravity-and-orbits/latest/gravity-and-orbits_es.html	110
Imagen 3. Tablero interactivo para el desarrollo del taller.	111
Imagen 4. Entorno grafico del juego diseñado para orientar la construcción de una clase basada en el modelo.	1144
Imagen 5. Entorno grafico del juego en el que se evidencia la estructuración de las preguntas por niveles.	1155
Imagen 6. Tablero interactivo intervenido por P1.	133
Imagen 7. Tablero interactivo intervenido por P3.	134
Imagen 8. Tablero interactivo intervenido por P9.	135

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Relación entre los retos de la educación científica y los principios facilitadores de la TASC presentados por Arias (2016).	65
Figura 2. Mapa conceptual de relaciones establecidas entre los referentes teóricos.....	72
Figura 3. Relaciones establecidas entre los referentes didácticos y epistemológicos. ..	78
Figura 4. Fases de la investigación con base en la Metodología IBD	85
Figura 5. Estructura de una Unidad de Enseñanza Potencialmente Significativa -UEPS- Adaptado de (Moreira, s.f.).....	999
Figura 6. Primer prototipo del modelo	100
Figura 7. Resumen de acciones necesarias para la implementación del modelo.	105
Figura 8. Elementos del modelo contemplados en la propuesta del Caso 1.....	153
Figura 9. Elementos del modelo contemplados en la propuesta del caso 2.	160
Figura 10. Evidencias sobre la comprensión de los principios conceptuales y/o disciplinares	1622
Figura 11. Evidencias sobre la comprensión de los principios pedagógico-didácticos	1644
Figura 12. Evidencias de la comprensión de los principios epistemológicos	165
Figura 13. Prototipo final del modelo.....	1688

AGRADECIMIENTOS

El desarrollo de esta investigación fue posible gracias al acompañamiento y disposición permanente de mis directores de tesis, el Dr. Marco Antonio Moreira y el Dr. Jesús Ángel Meneses, a ellos gracias por la confianza en mi proyecto, por las orientaciones precisas y por la dedicación al proyecto de doctorado internacional.

A la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia, por la disposición de tiempos y recursos para mi formación doctoral, y por permitirme un espacio de desarrollo personal y profesional.

A los participantes de la investigación, por sus reflexiones, ideas, preguntas, por la disposición de tiempo. Gracias por apoyar este proyecto aun en tiempos difíciles en medio del confinamiento por Covid-19.

A mi madre por su apoyo incondicional y amor infinito, por creer en mí siempre.

A Miguel por la motivación permanente, la compañía y la entrega.

RESUMEN

La implementación de Tecnologías de la Información y la Comunicación en los procesos de enseñanza de las Ciencias Naturales, ha estado marcada por la carencia de estrategias que permitan trascender del uso instrumentalizado, a un uso fundamentado desde el punto de vista didáctico, pedagógico y epistemológico, para favorecer el aprendizaje de los conceptos, los procedimientos y las complejas relaciones en las que se da el desarrollo científico. En este sentido, el reconocimiento del potencial que tienen las TIC debe contribuir no solo a aprender ciencias, sino también a aprender a hacer ciencia y aprender sobre ciencia, retos planteados por Hodson (2003, 2010).

Con base en esto, se pretende en esta investigación contribuir a que los maestros identifiquen elementos que deberían ser tenidos en cuenta cuando se opta por el diseño de propuestas con TIC para la enseñanza de las ciencias naturales. Esta contribución se materializa en un modelo didáctico que articula los retos de la educación científica con los principios facilitadores de la Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico descritos por Moreira (2005/2010).

Con este propósito, esta tesis partió de una revisión sistemática de literatura que permitió la identificación de un referente para el concepto de modelo didáctico; permitió fortalecer la idea de que las TIC pueden mejorar los procesos de comprensión sobre la naturaleza de la ciencia, y permitió ratificar la necesidad de construir un modelo didáctico.

Como base teórica para el cumplimiento de este objetivo, se establecen relaciones entre los dos referentes adoptados, y se trazan relaciones con los planteamientos de Bachelard como referente epistemológico de la investigación.

La investigación se enmarca en el paradigma cualitativo, dentro del cual se recurre a la Investigación Basada en Diseño, metodología que permite un proceso sistemático configurado por tres iteraciones, que parten de la configuración de un diseño inicial que se somete a validación y ajustes hasta la presentación de un prototipo final.

PALABRAS CLAVE: Enseñanza de las ciencias naturales, Tecnologías de la información y la comunicación, modelo didáctico, retos de la educación científica, Teoría del aprendizaje significativo crítico.

ABSTRACT

The implementation of Information and Communication Technologies (ICT) in teaching processes of Natural Sciences has been marked by the lack of strategies that allow transcending from the instrumentalized use to a use based on didactic, pedagogical and epistemological points of view, to favor the learning of concepts, procedures, and the complex relationships in which scientific development takes place. In this sense, the recognition of the potential of ICT should contribute not only to learn science, but also to learn how to do science and learn about science, challenges posed by Hodson (2003, 2010).

Based on this, the purpose of this research is to help teachers identify elements that should be taken into account when choosing to design proposals with ICT for teaching natural sciences. This contribution is materialized in a didactic model that articulates the challenges of science education with the facilitating principles of the Critical meaningful Learning Theory described by Moreira (2005/2010).

With this purpose, this thesis started from a systematic literature review that allowed the identification of a reference for the concept of didactic model; it allowed strengthening the idea that ICT can improve the processes of understanding about the nature of science, and allowed ratifying the need to build a didactic model.

As a theoretical basis for the fulfillment of this objective, relations are established between the two adopted referents, and relations are traced with Bachelard's approaches as an epistemological referent of the research.

The research is framed in the qualitative paradigm, within which Design-Based Research is used, a methodology that allows a systematic process configured by three iterations, starting from the configuration of an initial design that undergoes validation and adjustments until the presentation of a final prototype.

KEYWORDS: Natural science education, information and communication technologies, didactic model, challenges of science education, critical meaningful learning theory.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC)¹ se entienden en este trabajo como el conjunto de herramientas y procesos que soportados en tecnologías digitales y en el desarrollo de la internet, favorecen el acceso, producción e intercambio de información entre usuarios y entre usuarios y máquinas. Adicionalmente, se conciben como conjunto de desarrollos tecnológicos transformadores de las dinámicas sociales y, especialmente, de las dinámicas educativas donde se han suscitado movimientos, propuestas y líneas de investigación en torno a la reflexión sobre su lugar en la escuela.

La reflexión sobre su significado y alcance en los contextos educativos ha propiciado adaptaciones semánticas que favorecen cada vez más el análisis de su sentido pedagógico y la reflexión sobre su pertinencia en los contextos educativos; al respecto Sancho (2008) y Casablancas (2014) refieren el término de TAC como Tecnologías del Aprendizaje y el Conocimiento para destacar su sentido cultural y diferenciar el rol que los actores del proceso educativo tienen frente a estas tecnologías. Esta nueva forma de nombrar a este conjunto de herramientas y procesos permite delimitar el campo de conocimientos a abordar desde la investigación educativa, a la vez que relaciona dichas tecnologías con conceptos centrales como el aprendizaje, haciendo de estas una construcción propia de la escuela y tendiente a un fin.

Autores como Rodríguez-Azevedo, Duarte-da Silva y da Silva-Almeida (2012); Fajarra-Beraldo y Albuquerque-Maciel (2016) optan por el concepto de Tecnologías Digitales de la Información y la Comunicación (TDIC), las cuales pueden definirse como aquellas aplicaciones de la tecnología, que, soportadas en dispositivos electrónicos, permiten el acceso e intercambio de información entre usuario y máquina, así como la

¹ En el presente trabajo se hace referencia a las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), así como a las Tecnologías Digitales de la Información y la Comunicación (TDIC) de manera indistinta, recurriendo al término TDIC únicamente con fines de delimitación del concepto.

creación de contenidos; propiciando respuestas multimediales, específicas y delimitadas a una necesidad. Dentro de esta denominación se incluyen las simulaciones computacionales, applets, app's, software de modelación, sistemas de adquisición de datos, videojuegos, impresoras digitales, entre otras.

Así como han cambiado a lo largo del tiempo las denominaciones de estas tecnologías, con el transcurso del tiempo se ha incrementado también el número de trabajos publicados en los que se incorporan estas tecnologías en los procesos educativos; sin embargo, es posible evidenciar cómo el interés de las publicaciones ha estado enfocado especialmente en la presentación de resultados obtenidos a partir de una implementación instrumental de estas tecnologías en el aula, con lo cual al parecer se busca facilitar los procesos de enseñanza y de aprendizaje y por lo cual “se sospecha que la implementación de las TIC no ha logrado superar una primera fase exploratoria, donde se proponen distintas modalidades de trabajo en las actividades áulicas, hasta hoy no abordadas desde la investigación educativa” (Sanmartí e Izquierdo y Pontes, como se citó en Capuano, 2011, p. 80).

En el contexto Colombiano, esta sospecha se hace realidad cuando las publicaciones respecto a la implementación de TIC para la enseñanza de contenidos científicos revelan que se carece de estrategias que favorezcan la comprensión de la naturaleza de la ciencia y de la construcción de conocimiento por parte de los estudiantes a través de la interacción con dichos recursos, y ponen de relieve que se siguen llevando al aula de una manera predominantemente instrumental desde la cual se desconoce el potencial que pueden representar para el favorecimiento de asuntos de corte epistemológico; un asunto imprescindible en los retos de la educación científica planteado por Hodson (2003; 2010), y en la posibilidad de alcanzar un aprendizaje significativo crítico desde la perspectiva de Moreira (2005/2010).

El hecho de que la implementación de las diferentes herramientas que ofrecen las TIC se siga haciendo desde una perspectiva predominantemente instrumental se constituye en una fachada del conductismo; esto significa que, a pesar de los avances que la informática educativa ha experimentado en las últimas décadas, existe un importante

problema de fundamentación didáctica, apuntado por diversos autores (Vaquero; Pontes; Esquembre *et al.*, como se citó en Pontes, 2005).

En este sentido, se puede decir que existe un amplio desfase entre el avance de la tecnología educativa y su investigación en los procesos de enseñanza, y, que los intereses por llevar las tecnologías al aula de ciencias siguen rezagados en una visión instrumental. Ante esta situación es menester considerar que la mediación pedagógica del profesor² en el uso de las TIC en la enseñanza, es el elemento fundamental para trascender el uso instrumental de las mismas; esta mediación depende del reconocimiento que haga el profesor sobre el potencial que tienen estas tecnologías y su direccionamiento para el trabajo desde asuntos no solo disciplinares, sino también epistémicos. A este propósito se pretende apuntar con la construcción de un modelo didáctico que oriente el diseño de propuestas para la implementación de TIC en la educación básica y media desde las cuales se atiendan los propósitos actuales de la educación científica.

Dicha propuesta de investigación parte de un estudio previo en el que se tuvo como principal propósito, valorar la contribución de la producción científica relacionada con la implementación de TIC en la Enseñanza de las Ciencias en Colombia, para los retos actuales de la educación en este campo. Dicha finalidad surgió de la necesidad de conocer la manera como se venían incorporando las TIC, para favorecer su implementación en el aula cada vez con mayor fundamentación teórica y repercusión en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, de manera que contribuya no solo a aprender ciencias, sino también a aprender a hacer ciencia y aprender sobre ciencia, retos planteados por Hodson (2003, 2010).

Dicho trabajo develó que la investigación en la línea de TIC en la Enseñanza de las Ciencias en Colombia se encontraba en un estado incipiente, pues eran escasos los trabajos reportados en las revistas especializadas en Educación, en Educación en Ciencias o en Educación con tecnología indexadas en categorías A y B de Publindex-Colciencias³.

² Los términos profesor y alumno serán utilizados a lo largo del texto sin ninguna alusión a género.

³ “El Índice Bibliográfico Nacional - IBN Publindex está conformado por las Revistas Colombianas Especializadas en Ciencia, Tecnología e Innovación - CTeI clasificadas en las categorías A1, A2, B y C, de acuerdo con el cumplimiento de criterios de evaluación reconocidos internacionalmente para

Lo anterior denota muy poco progreso de la investigación en este campo si se toma en cuenta que uno de los indicadores de desarrollo de las TIC en la Enseñanza de las Ciencias como de cualquier otra línea de investigación, es la producción en revistas científicas (Sanmartí, 2008).

Así mismo, evidenció que, en las publicaciones relacionadas con TIC para la Enseñanza de las Ciencias, el principal interés seguía siendo la presentación de experiencias basadas en un uso instrumental de las tecnologías, pues la mayor carencia en los reportes analizados era la inclusión de elementos didácticos y epistemológicos que pudieran favorecer la trascendencia de esta dimensión a unas prácticas apoyadas en tecnologías, más acordes con las necesidades e intereses de la sociedad actual.

En este contexto, se hace prioritario emprender la construcción de un modelo fundado en teorías como el Aprendizaje Significativo Crítico (Moreira, 2005/2010) que oriente el diseño y aplicación de propuestas didácticas basadas en la implementación de TIC para la enseñanza de las ciencias, desde una mirada compleja que favorezca una apropiación no solo de conceptos científicos, sino también de los asuntos relacionados con la construcción de la ciencia y la aplicación práctica de los conocimientos.

Para los propósitos de este trabajo se entiende modelo didáctico desde la acepción presentada por la Real Academia de la Lengua Española: esquema teórico, (...), de un sistema o de una realidad compleja, (...), que se elabora para facilitar su comprensión y el estudio de su comportamiento. Así mismo, se adopta la definición de modelo propuesta por Abreu, et al. (2016) como orientación teórica para el desarrollo de esta investigación. Este referente además de exhibir una definición sólida sobre modelo didáctico destaca que:

Un modelo didáctico expresa las relaciones entre sus componentes, conserva el criterio del objetivo como categoría rectora y resalta el carácter dialéctico de sus relaciones con el contenido. Es guía para la introducción de nuevos contenidos de

las publicaciones científicas relacionados con los procesos de: gestión editorial, evaluación, visibilidad e impacto” (Publindex, 2017).

todas las asignaturas, (...) Es abierto, susceptible de perfeccionamiento y enriquecimiento a partir de su introducción y generalización en la práctica, toma como punto de partida el diagnóstico integral y contextualizado de la realidad. Se aproxima al funcionamiento real del objeto (validez y confiabilidad). Incluye los cambios de la realidad (flexibilidad, utilidad y permanencia). Tiene carácter dinámico, se retroalimenta constantemente de la práctica, se autoperfecciona. (...) Tiene vigencia y necesidad en la sociedad contemporánea (contextualizado) y como pilares la relación entre la enseñanza y el aprendizaje, resultante de la impartición de las asignaturas y la relación dinámica entre todos los componentes del proceso de enseñanza-aprendizaje (PEA). (p. 4)

Esta concepción de modelo se distancia de la idea de modelo como esquema a replicar, repetir o imitar y, por supuesto, se distancia de la idea de modelo como parámetro de medición o estándar educativo.

El aporte de este trabajo se centra en el fundamento teórico que puede significar para la investigación en el campo de la educación en ciencias, la construcción de un modelo didáctico que explicita una posibilidad de trascender la fase instrumental que hasta ahora ha marcado la incursión de las tecnologías de la información y comunicación en la educación y, aportar a la consolidación de una comunidad de maestros sensibles y proactivos frente a la incursión de las TIC en las escuelas. Este asunto cobra relevancia no solo por la elevada tasa de proliferación de las TIC y sus aplicativos, sino también por la necesidad de hacer frente al papel de estas en el campo educativo, asunto que ha sido de interés de diferentes corrientes contemporáneas como STEM y STEAM (*Science, Technology, Engineering, Art y Mathematics*).

La problemática aquí esbozada lleva a plantearnos la siguiente pregunta de investigación:

¿De qué manera un modelo didáctico fundamentado en la Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico favorece la construcción de propuestas de implementación de TIC para la Enseñanza de las Ciencias?

1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Los objetivos de investigación que nos hemos planteado son los siguientes:

1. Describir las características de un modelo didáctico para la implementación de TIC en la educación básica y media, que considere los propósitos actuales de la educación científica y los principios de la teoría del Aprendizaje Significativo Crítico.
2. Valorar el aporte del modelo didáctico, en el diseño de propuestas de implementación de TIC para la enseñanza de las ciencias.

Se contemplan dos referentes teóricos para el desarrollo de este trabajo: la teoría del aprendizaje significativo crítico de Marco Antonio Moreira (2005/2010) y los retos de la educación científica propuestos por Derek Hodson (2003; 2010), intentando establecer un vínculo entre estos planteamientos a partir de las TIC como eje articulador. Así mismo, se opta por un enfoque de investigación cualitativo y específicamente por la investigación basada en diseño para el desarrollo de este estudio.

CAPÍTULO 2: REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ASUNTOS METODOLÓGICOS DE LA REVISIÓN DE LITERATURA

La presente revisión de la literatura se llevó a cabo siguiendo el modelo propuesto por Hoyos (2000) el cual favorece el desarrollo de un proceso sistemático en el que se privilegia el análisis de contenido para dar cuenta del estado del conocimiento en relación con un tema en particular, en este caso los modelos didácticos para la incorporación de TIC a favor de los retos de la educación científica. Dicho proceso se delimitó contextualmente al ámbito Iberoamericano, a razón del reconocimiento de las relaciones educativas entre los países latinoamericanos e ibéricos con el contexto colombiano, en el que se gesta el presente trabajo. Además, con la intención de valorar dentro de este proceso los aportes de reconocidas revistas en el campo de la enseñanza de las ciencias que provienen del contexto mexicano, chileno, brasileño y español, entre otros.

Es una búsqueda que se concentra en 15 años de revisión (2004 a 2018) considerando la llegada de las tecnologías a las escuelas desde la década de los 90' como un punto de partida para las reflexiones y propuestas en el campo de la enseñanza, las cuales empiezan a ser publicadas a partir de la primera década del 2000.

Abordar la construcción de Estados del Arte es un compromiso que exige cambios sustanciales de mentalidad. Para asumir un proceso investigativo es necesario trascender los parámetros de lo “conocido” y abordar los antecedentes, (cuánto se sabe y cuánto se desconoce sobre el tema). Ello implica un sondeo completo a nivel descriptivo, sinóptico y analítico para realizar una comprensión de sentido, donde puedan apreciarse los logros y avances, así como las limitaciones, dificultades y vacíos que ofrece la investigación sobre ese determinado objeto (Hoyos, 2000, p. 6).

Para la delimitación del campo de investigación se definieron cuatro núcleos temáticos o categorías, a saber:

- Concepciones de modelo didáctico.
- Modelos didácticos para incorporación de TIC.
- TIC y asuntos epistemológicos.
- TIC y Aprendizaje Significativo Crítico.

La definición de estos núcleos temáticos pretende indagar en el campo de la enseñanza de las ciencias, especialmente en la producción de conocimiento relacionado con TIC, el aporte que se ha hecho al cumplimiento de los retos de la educación científica y evidenciar, entre los parámetros de lo “conocido”, la necesidad de consolidar un modelo didáctico que oriente el diseño de propuestas para incorporar este tipo de tecnologías en la enseñanza. Este modelo debe superar el uso instrumental que ha marcado la incursión de estas tecnologías en la escuela, y acoger los planteamientos de teorías como el Aprendizaje Significativo Crítico, en la cual se materializan principios para la inclusión de elementos de orden didáctico, pedagógico y epistemológico en la enseñanza (Moreira, 2005/2010; López, 2014).

De igual manera, para la puesta en marcha del presente estudio, se seleccionaron como colectivos de búsqueda o fuentes de información primarias, las revistas de Educación y Educación en Ciencias indexadas en la base de datos Scopus y reportadas a través del portal *SCImago Journal & Country Rank* en su reporte a 2017 y su actualización en 2019. Lo anterior, teniendo en consideración la importancia de dichas publicaciones en el ámbito académico y sus estrictos criterios de revisión por pares, calificación e impacto, los cuales pueden considerarse indicadores de validez para el acercamiento al objeto del estudio.

No se ignora, que la delimitación a este tipo de publicaciones pueda llevar al desconocimiento de otros avances en investigación que pudieran resultar importantes para este estudio; no obstante, se hace necesario establecer criterios que permitan tener volúmenes de información que resulten pertinentes para los objetivos trazados y favorezcan el trabajo hermenéutico que se proyecta. Aun así, resulta de interés para esta

investigación, incluir algunas revistas que no forman parte de la indexación de Scopus, pero que tienen alto reconocimiento entre la comunidad de profesores de ciencias a nivel iberoamericano, estas revistas se incluyen como excepciones.

A continuación, se presenta la tabla 1 que sintetiza los elementos formales que delimitan la construcción de esta revisión de literatura.

Tabla 1. Asuntos formales para la delimitación de la revisión de literatura

Delimitación contextual	Delimitación temporal	Fuentes de información	Núcleos temáticos
Iberoamérica	2004 a 2018	Revistas de Educación y Educación en Ciencias indexadas en Scopus. Revistas de Educación y Educación en Ciencias (excepciones)	Concepciones de modelo didáctico Modelos didácticos para incorporación de TIC TIC y asuntos epistemológicos TIC y Aprendizaje Significativo Crítico

La búsqueda de revistas indexadas en Scopus en su actualización al año 2017, arrojó un total de 71 revistas del campo de Educación y Educación en Ciencias en el ámbito iberoamericano; entre ellas 31 del ámbito español, 4 del ámbito portugués y 36 revistas latinoamericanas; para un total de 71 revistas. Para la actualización al año 2019 el total de revistas arrojadas por Scopus aumentó hasta 108 revistas distribuidas de la siguiente forma: 51 revistas latinoamericanas, 53 revistas españolas y las portuguesas se mantuvieron en 4 (ver tabla 2).

Tabla 2. Revistas de Educación y Educación en Ciencias indexadas en Scopus

Contexto	Scopus a 2017	Scopus a 2019
España	31	53
Portugal	4	4
Latinoamérica	36	51
TOTAL	71	108

Del listado anterior referido a los años 2017 y 2019 fueron seleccionadas 67 revistas del campo de la Educación y Educación en Ciencias (tabla 3), excluyendo aquellas que pertenecían a otros campos como educación médica, educación física, educación matemática, lenguaje y lingüística, literatura, historia, administración de empresas, orientación profesional, comunicación, estudios culturales y química pura.

Tabla 3. Revistas de Educación y Educación en Ciencias seleccionadas para la revisión.

Contexto	Revistas seleccionadas en 2017	Revistas seleccionadas en 2019
España	20	31
Portugal	4	4
Latinoamérica	23	32
TOTAL	47	67

En la tabla 4 se presenta las revistas seleccionadas del campo de Educación y Educación en Ciencias, indicando su país de procedencia.

Tabla 4. Revistas de Educación y Educación en Ciencias seleccionadas para la revisión y su país de procedencia

Título de la revista	País de procedencia
Acta Scientiae	Brasil
Análise Psicológica	Portugal
Aula Abierta	España
Bordón	España
Cadernos CEDES	Brasil
Cadernos de Pesquisa	Brasil
Campus Virtuales	España
Comunicar	España
Currículo sem Fronteiras	Portugal
Digital Education Review	España
Educação e Pesquisa	Brasil
Educação e Sociedade	Brasil
Educación Química	México

Título de la revista	País de procedencia
Educación XXI	España
Educar	España
Education in the Knowledge Society	España
Electronic Journal of Research in Educational Psychology	España
Ensaio	Brasil
Enseñanza de las Ciencias	España
Estudios Pedagógicos	Chile
Estudios Sobre Educación	España
European Journal of Psychology of Education	Portugal
Formación Universitaria	Chile
Géneros	España
Historia da Educação	Brasil
Ikala, revista de lenguaje y cultura	Colombia
Journal of New Approaches in Educational Research	España
Journal of Physical Education (Maringá)	Brasil
Journal of Science Education	Colombia
Journal of Technology and Science Education	España
Magis	Colombia
Meta: Avaliação	Brasil
Paideia	Brasil
Pensamiento Educativo	Chile
Perfiles Educativos	México
Pixel-Bit, Revista de Medios y Educación	España
Praxis Educativa	Brasil
Profesorado	España
Publicaciones de la Facultad de Educación y Humanidades del Campus de Melilla	España
Qualitative Research in Education	España
REICE. Revista Iberoamericana Sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación	España
RELIEVE - Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa	España
Revista Brasileira de Educação	Brasil
Revista Brasileira de Educação Especial	Brasil
Revista Brasileira de Ensino de Física	Brasil

Título de la revista	País de procedencia
Revista Colombiana de Educación	Colombia
Revista Complutense de Educación	España
Revista de Educación	España
Revista de Educación a Distancia	España
Revista de Investigación Educativa	España
Revista de la Educación Superior	México
Revista de Pedagogía	Venezuela
Revista de Psicodidáctica	España
Revista Electrónica de Investigación Educativa	México
Revista Electrónica de Investigación y Evaluación educativa	España
Revista Electrónica Educare	Costa Rica
Revista Española de Orientación y Psicopedagogía	España
Revista Española de Pedagogía	España
Revista Eureka	España
Revista Iberoamericana de Educación Superior	México
Revista Luna Azul	Colombia
Revista Lusófona de Educação	Portugal
Revista Mexicana de Física	México
Revista Mexicana de Física E	México
Revista Mexicana de Investigación Educativa	México
Teoría de la Educación	España
Tuning Journal for Higher Education	España

Para la revisión de cada una de estas revistas se recurrió a la base de datos Scopus; a través de esta base de datos se revisaron los números disponibles de cada revista, los cuales corresponden con aquellos años en que la revista ha estado indizada.

Si bien en la selección de las revistas se descartaron aquellas cuyo énfasis estaba puesto en áreas diferentes a la Educación, Educación en Ciencias y Educación con tecnología; dentro de las revistas seleccionadas fueron encontrados artículos de las áreas de humanidades y lengua castellana, economía, administración de empresas e ingeniería química, los cuales fueron descartados en el análisis de algunas categorías por no corresponder con los propósitos de esta investigación; solamente fueron considerados en

la categoría de concepción de modelo didáctico, por ser este un concepto transversal en todas las áreas del conocimiento, y dado que lo que se busca dentro de dicha categoría es la comprensión de la concepción que tienen los autores sobre este.

Entre las revistas incluidas como excepciones, se revisaron:

- IENCI investigações em Ensino de Ciências
- RBECT Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia
- REEC Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias
- REIEC Revista Electrónica de Investigación en Enseñanza de las Ciencias
- LAJPE Latin American Journal of Physics Education
- ÁPICE Revista de educación científica.
- Revista de Enseñanza de la Física.

Estas revistas si bien no hacen parte de los índices internacionales, se consideran de gran valor para la comunidad académica interesada en la enseñanza de las ciencias y para la circulación del conocimiento producido por profesores.

2.2 HALLAZGOS DE LA REVISIÓN DE LITERATURA

Los hallazgos encontrados en cada una de las categorías fueron los siguientes:

Categoría 1: Concepción de modelo didáctico

Ecuación de búsqueda: (TITLE-ABS-KEY ("didactic model" OR "modelo didáctico")) AND SRCTITLE ("NOMBRE DE LA REVISTA") AND DOCTYPE (ar OR re)
AND PUBYEAR > 2003 AND PUBYEAR < 2019

Técnica: búsqueda avanzada en Scopus revista por revista

El selecto grupo de revistas indexadas aporta 16 artículos en relación con el concepto de “modelo didáctico”; el primer referente que da cuenta de ello data de 2007 y la producción científica sobre este tema en particular se incrementa en el año 2016. Las

revistas con mayor representación en esta categoría son Formación Universitaria, Profesorado, Revista Brasileira de Ensino de Física y Revista Eureka.

En las revistas consideradas excepciones se hallaron 6 artículos provenientes de la revista IENCI (Investigações em Ensino de Ciências) y de la REEC (Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias).

Se aclara que en el análisis de esta categoría fueron contemplados artículos que no corresponden con el área de interés de la investigación (educación, educación en ciencias y educación con tecnología) pero que aportan definiciones sobre el concepto de “modelo didáctico” que resultan de interés para su comprensión desde un punto de vista multidisciplinar.

Entre los hallazgos de esta categoría se identifican tres tendencias en cuanto al propósito de la adopción del concepto de ‘modelo didáctico’; la primera de estas tendencias recoge los textos que buscan la construcción de modelos didácticos; la segunda tendencia acopia los textos que analizan o valoran modelos didácticos, y la tercera tendencia trata de aquellos artículos donde este concepto tiene un sentido netamente técnico o instrumentalizado.

En la **primera tendencia** figuran los trabajos de Gómez-García e Insausti-Tuñón (2004), Gallego-Badillo (2004), Romero y Moncada (2007), Ojeda-Barceló, Gutiérrez-Pérez y Perales-Palacios (2011), Nzau, Lopes, y Costa (2012), Yagüe (2014), Vargas y Giraldo (2015) y Abreu, et al. (2016); si bien en cada texto el propósito de construir un modelo didáctico es diferente, coinciden en la comprensión del modelo como una construcción basada en referentes teóricos y contextuales que busca la trascendencia de las prácticas de enseñanza hacia formas más pertinentes para los estudiantes de un contexto y tiempo determinado.

En el trabajo de Gallego-Badillo (2004) se presenta un modelo didáctico integrador, el cual “se dice que es un modelo integral en razón de que en él se relacionan lógicamente la mayoría de los campos de investigación que hasta el presente han

delimitado los didactas de las ciencias de la naturaleza” (p. 301). Se aclara, que aquí no se busca integrar disciplinas, sino campos del saber y de investigación. Desde esta perspectiva, entonces se entiende modelo didáctico como “un discurso que enlaza inferencialmente las estructuras conceptuales y metodológicas de los campos o modelos que en él se relacionan” (p. 312).

Así mismo, en el trabajo de Gómez-García e Insausti-Tuñón (2004) se presenta un modelo didáctico como base para trabajar a favor del cambio conceptual; para ello, proponen cuatro etapas: toma de conciencia de las propias ideas, desafío de ideas propias, introducción de conceptos, principios o modelos y aplicación de estos a nuevos contextos en los que pueda dar cuenta de su aprendizaje.

En la **segunda tendencia**, en la que se han ubicado los textos cuyo propósito es la valoración de un ‘modelo didáctico’, se encuentran referentes como: Greca y Dos Santos (2005), Torres y Gallego-Badillo (2006), Roa y Rocha (2006), Ferrada y Flecha (2008), Peme-Aranega y otros (2009), Cartolari y Carlino (2011), Marzábal, Rocha y Toledo (2015), Ravanal y López-Cortés (2016), Cabero-Almenara y otros (2018) y Homero y otros (2018). En estos artículos se destacan distintos modelos, como el Modelo Dialógico de la Pedagogía (Ferrada y Flecha, 2008) y otros que identifican diferentes tipologías, que van desde modelos teóricos y prácticos (Marzábal, Rocha y Toledo, 2015) o modelos teóricos, experimentales y didácticos -entre los que se ubican el modelo tradicional, tecnológico, espontaneísta, constructivista y ecléctico-, hasta modelos didácticos monológicos o dialógicos (Cartolari y Carlino, 2011).

En el trabajo de Greca y Dos Santos (2005) se presentan las diferencias que existen en el concepto de modelación en la enseñanza de la física y la química; además de presentar las diferencias entre “modelo mental” y “modelo científico”. Si bien este texto se centra en la “modelación” como estrategia didáctica más que en la discusión sobre el concepto de “modelo didáctico”, las reflexiones sobre la particularidad de los modelos en relación con las disciplinas en las que se construyen resultan de gran valor para esta investigación; a partir de esto se entiende que las disciplinas tienen diferentes epistemologías que determinan los modelos que se construyen en torno a ellas.

Del texto de Torres y Gallego-Badillo, (2006) se destaca que “ningún modelo didáctico puede ser pensado y elaborado en términos de una verdad absoluta y, por tanto definitiva; todo porque cada modelo es tan sólo una representación del ámbito de una realidad educativa, para cuya comprensión y actuación específica se formula” (p. 107).

Finalmente, en el trabajo de Roa y Rocha (2006), se busca identificar el modelo didáctico teórico que subyace en las planificaciones de docentes de ciencias, a partir del análisis de la concepción de ciencia, de enseñanza y de aprendizaje. Para ello se toma como referencia tres modelos teóricos: el tradicional, por descubrimiento y el socio constructivista. De este trabajo se destaca que hay aspectos generales que definen los modelos y estos son: la concepción epistemológica, el papel del profesor, el papel del alumno y la evaluación.

En ambas tendencias se encuentran definiciones de modelo didáctico como:

Estructura conceptual y metodológica con la que se da cuenta, descriptiva y explicativamente, de las interacciones realizables entre todos los “elementos” con los que se delimita el espacio educativo que se desea intervenir, regular y transformar y para el cual se propone el modelo (Torres y Gallego-Badillo, 2006, p.107).

Herramienta teórico-práctica con la que se pretende transformar una realidad educativa, orientada hacia los protagonistas del hecho pedagógico, como son los estudiantes y docentes (Romero y Moncada, 2007, p. 445).

Un medio para promover interacciones humanas dirigidas a transformar las propias construcciones intersubjetivas de quienes participan en el acto educativo en el interior de una comunidad con predominio de la racionalidad comunicativa (Ferrada y Flecha, 2008, p. 45).

Una noción que pone de relieve cómo se juegan las relaciones entre los componentes del sistema didáctico docente-alumno-saber en cada caso particular (Cartolari y Carlino, 2011, p. 71).

Un conjunto de orientaciones científicas y didácticas para la formación y aplicación en las prácticas de enseñanza respecto a un campo conceptual (Nzau, Lopes, y Costa, 2012).

Una construcción teórico-formal que, basada en supuestos científicos e ideológicos, pretende interpretar la realidad escolar y dirigirla hacia unos determinados fines educativos (Cañal y Porlán 1987, p. 92).

Una construcción general sustentada en la teoría, la práctica educativa, la investigación y el entorno, para representar el funcionamiento del proceso de enseñanza-aprendizaje (PEA), en función de la formación integral de los estudiantes, en correspondencia con las demandas de desarrollo de la sociedad (Abreu, et al., 2016, p. 4).

Planes estructurales que configura el currículum (Jiménez, como se citó en Ravanal y López-Cortés, 2016, p. 727). Dicho plan simbólico, permite al profesorado diseñar materiales, proponer procedimientos, orientar y conceptualizar la enseñanza, así como, adoptar cierto supuesto sobre el aprendizaje (Ravanal y López-Cortés, 2016, p. 727).

De estos asertos, se retoma el de Abreu, *et. al.* (2016) como orientación teórica para el desarrollo de esta investigación; este referente además de exhibir una definición sólida sobre modelo didáctico destaca que:

Un ‘Modelo Didáctico’ expresa las relaciones entre sus componentes, conserva el criterio de objetivo como categoría rectora y resalta el carácter dialéctico de sus relaciones con el contenido. Es guía para la introducción de nuevos contenidos de

todas las asignaturas, (...) Es abierto, susceptible de perfeccionamiento y enriquecimiento a partir de su introducción y generalización en la práctica, toma como punto de partida el diagnóstico integral y contextualizado de la realidad. Se aproxima al funcionamiento real del objeto (validez y confiabilidad). Incluye los cambios de la realidad (flexibilidad, utilidad y permanencia). Tiene carácter dinámico, se retroalimenta constantemente de la práctica, se autoperfecciona. (...) Tiene vigencia y necesidad en la sociedad contemporánea (contextualizado) y como pilares la relación entre la enseñanza y el aprendizaje, resultante de la impartición de las asignaturas y la relación dinámica entre todos los componentes del PEA. (p. 4)

Finalmente, como se enunció al inicio de esta categoría, hay una **tercera tendencia** en relación con el instrumentalismo técnico del concepto de ‘modelo didáctico’; aquí se encuentran los referentes que retoman este concepto para definir una representación teórica o experimental de un proceso científico; por ejemplo, se usa el concepto de modelo para describir el proceso mediante el cual se desarrollaría una práctica de laboratorio para la comprensión de los postulados de Koch (Robledo D'Angelo, 2016) o bien, para explicar la variación de la posición del sol respecto a la latitud (Bedaque y Bretones, 2016), o para el diseño de un Sistema Tutorial Inteligente (Gil, 2017).

A partir del análisis de esta categoría se infiere que el concepto de “modelo didáctico” es polisémico y que más allá de ser comprendido como un asunto estático o con fines de generalización en las prácticas educativas, lo que pretende es articular elementos que desde lo pedagógico y didáctico propendan por una mayor pertinencia y relevancia de los procesos educativos para los estudiantes en una época y contexto determinados. También se destacan los hallazgos en relación con la vigencia de los modelos, expresada como la necesidad de reevaluar este tipo de elementos teóricos de acuerdo con las necesidades de formación contemporáneas.

Categoría 2: Modelos didácticos para incorporación de TIC

Ecuación de búsqueda: (TIC OR ICT) AND (“Modelo didáctico” OR “didactic model”)

Técnica: búsqueda avanzada en Scopus revista por revista.

La búsqueda en las revistas indexadas en torno a esta categoría arrojó como resultado 20 artículos, de los cuales se descartó uno dado que, a pesar de cumplir con los criterios de búsqueda, no correspondía a la estructura de un artículo sino más bien de una editorial. De los 19 artículos analizados, cinco pertenecían a la revista *Digital Education Review*, siendo esta la de mayor representación, seguida por la revista *Educación XXI* con tres artículos. Por su parte, en las revistas incluidas como excepciones se recuperaron dos artículos.

A pesar del importante número de artículos correspondientes a esta categoría encontrados en las revistas seleccionadas, se identificó que la mayoría de estos (17 de 19) tenían baja prioridad para los propósitos de la investigación aquí desarrollada, puesto que:

(1) ponen de manifiesto la necesidad de un nuevo marco epistemológico para la enseñanza y el aprendizaje mediado por tecnologías, pero no se hacen aportes a esta tarea más allá del planteamiento de la reflexión sobre el tema (Hernández, Quejada y Díaz, 2016; Castro-García, Dussán y Corredor, 2016; Vázquez-Cupeiro y López-Penedo, 2016).

(2) no presentan modelos educativos sino más bien propuestas metodológicas para entornos de aprendizaje mediados por tecnología (Sáez y Ruiz, 2012; Ureña, 2016; Castellano y Pantoja, 2017; Cela-Ranilla, Esteve-González, Esteve-Mon, González-Martínez y Gisbert-Cervera, 2017; Cubero-Ibáñez, Ibarra-Sáiz, Rodríguez-Gómez, 2018; Furci y otros, 2018). Entre estos, el trabajo de Ureña (2016) se destaca por presentar una reflexión sobre las dimensiones que deberían tenerse en cuenta para la inclusión de tecnologías del aprendizaje y la comprensión (TAC) en la educación; si bien este trabajo no es concebido como “modelo”, dichas dimensiones si debieran formar parte de la consolidación de un modelo para la orientación del trabajo con tecnologías en educación.

(3) presentan modelos educativos no centrados en el uso de TIC (De La Fuente-Arias y Justicia, 2007).

(4) en lugar de modelos educativos presentan orientaciones para la construcción de un artefacto/proceso (Enrique y Alzugaray, 2013; Scheihing, Guerra, Cárcamo, Flores, Troncoso, y Aros, 2013; Huertas y Pantoja, 2016; Videla, Sanjuán, Martínez, y Seoane, 2017) o bien, procesos de validación de recursos usados en plataformas. Entre estos últimos destacamos: i) el trabajo reportado por Torres-Toukoumidis, Romero-Rodríguez, Pérez-Rodríguez y Björk (2018), en el que se presenta un modelo para validar el uso de la gamificación en los entornos de e-learning; ii) el trabajo de Suárez, Almerich, Gallardo y Aliaga (2013), en el que se presenta un ejercicio de articulación entre las competencias tecnológicas y pedagógicas que se modela mediante MIMIC (modelo de ecuaciones estructurales de múltiples indicadores y múltiples causas), lo anterior para orientar la comprensión de las competencias TIC del profesorado; y iii) el trabajo de Losada, Correa y Fernández (2017) en el que se analiza el impacto del modelo «un ordenador por niño» en la educación primaria, que más que un modelo educativo es un modelo de cobertura y dotación de infraestructura tecnológica.

Ahora bien, de los tres artículos que sí se aproximan a modelos educativos incluyendo sus características y validación, el trabajo de Mejía y López (2016) se centra en la presentación de orientaciones de evaluación de la calidad para el análisis del e-learning en las Universidades Colombianas, por lo que resulta de interés al ofrecer criterios de evaluación de la calidad de un modelo como el e-learning. Por su parte, el trabajo de Ojeda-Barceló, Gutiérrez-Pérez y Perales-Palacios (2011) se considera de alta prioridad para esta investigación en la medida que presenta el modelo MACELEA con el que se busca fundamentar la enseñanza de la educación ambiental en línea; además, incluye criterios para la validación de diferentes dimensiones de un modelo y presenta dentro del modelo propuesto una dimensión epistemológica.

Así mismo, el trabajo de Guerra, Moreira y Vieira (2017) se considera de alta prioridad, ya que presenta un modelo para el diseño de cursos de formación de maestros

en los que se toma como base el TPACK para el desarrollo de competencias que permitan superar el uso instrumental de las TIC.

Finalmente, en las revistas incluidas como excepciones se encontró un texto de gran valor para esta categoría, es el trabajo de Ameneiro y otros (2016) en el que se propone la integración de la tecnología a partir de los planteamientos de la neurodidáctica. Este trabajo expone un ejemplo concreto de creación de un entorno virtual de aprendizaje basado en este modelo educativo.

A partir del análisis de esta categoría es posible inferir que dentro del concepto de “modelo” asociado a la educación con TIC, es posible encontrar diversidad de aproximaciones tanto desde el punto de vista técnico como desde el punto de vista teórico, siendo el primero de estos el que mayor cantidad de trabajos aporta.

Así mismo, llama la atención el hecho de que se ha avanzado en estudios que presentan criterios de evaluación o validación de modelos, los cuales se centran principalmente en los asuntos como el alcance (cantidad de equipos por cantidad de población escolar), las características técnicas de los entornos de aprendizaje en la virtualidad o de experiencias para la integración de las TIC; lo cual concuerda con la idea planteada al inicio de esta investigación respecto a la prevalencia del sentido instrumental de las tecnologías, idea que es reforzada por autores como Ureña (2016), quien plantea que “las TIC son presentadas atendiendo únicamente a su faceta instrumental, como herramientas de apoyo para el ejercicio docente y el proceso de enseñanza-aprendizaje. La cuestión principal que desde aquí se plantea es si las nuevas tecnologías favorecen la dinámica educativa y, de ser así, qué criterios pedagógico-didácticos deben seguirse para aprovechar todas las posibilidades que éstas nos ofrecen” (p. 212).

Categoría 3: TIC y asuntos epistemológicos.

Ecuación de búsqueda: TITLE-ABS-KEY ((tic OR ict)
AND epistemology OR epistemología)

Técnica: búsqueda avanzada en Scopus sin filtro de revista y búsqueda avanzada en Scholar.

La primera búsqueda de esta categoría (atendiendo a los criterios de delimitación definidos) no arrojó resultados, por lo que se hizo necesario ampliar la búsqueda vedando el filtro de revista. A razón de esto, se obtuvieron resultados de revistas que no cumplen con el criterio de estar indexadas en Scopus, pero que se convierten en referentes de gran valor para el análisis de esta categoría en esta revisión de literatura.

El hecho de que no haya resultados en torno a la articulación de los términos TIC y epistemología dentro del grupo de revistas seleccionadas, es ya un resultado sugestivo, pues denota que la producción científica en la que se relacionan estos elementos es incipiente, más aún si se considera que estas revistas forman parte de uno de los índices más importantes a nivel internacional.

Estos resultados incipientes concuerdan con el estudio que dio origen a esta investigación y en el que al valorar la contribución de la producción científica relacionada con la implementación de TIC en la Enseñanza de las Ciencias en Colombia, para los retos actuales de la educación en este campo, “se evidencia que tanto en el ámbito nacional como internacional, los trabajos que reportan implementación de TIC carecen de estrategias que favorezcan la comprensión de la naturaleza de la ciencia y de la construcción de conocimiento por parte de los estudiantes y a través de la interacción con dichos recursos” (Arias, 2016, p. 105).

La segunda búsqueda (sin filtro de revista) arrojó como resultados 10 textos de los cuales 5 son artículos de investigación y 5 son conferencias; los artículos encontrados dan cuenta de producción de conocimiento sobre el tema desde el año 2009 y en ellos se identifican dos importantes tendencias; una **primera tendencia** exhibe aquellos textos en los que se reconocen los asuntos epistemológicos como determinantes en el uso pedagógico de las TIC; es decir, aquellos que intentan relacionar las creencias epistemológicas de los docentes con el uso que hacen de las TIC durante la enseñanza.

Autores como Angeli y Valanides (2009) reconocen el potencial pedagógico de las TIC y resaltan que el foco de la discusión sobre la incursión de estas tecnologías en la

escuela ya no es si deben o no estar presentes ahí, sino cómo pueden transformar la enseñanza. En el marco de esta discusión, anotan que la mayoría de los programas de formación de maestros en el uso de las TIC carecen de marcos teóricos y conceptuales para informar y guiar la investigación en el área de la enseñanza con tecnología. Frente a esta carencia, los autores citan el modelo TPCK como una de esas alternativas que se han seguido en pro de fundamentar teóricamente los programas de formación; no obstante, anotan que este modelo carece de reflexiones acerca de las creencias epistemológicas de los maestros, lo cual consideran determinante en el uso que los maestros hacen de la tecnología en el aula de clase. Los autores proponen entonces el Modelo TIC-TPCK, el cual incluye:

(a) conocimiento de la materia, los hechos y las estructuras de un dominio de contenido,

(b) el conocimiento pedagógico, que se refiere a principios amplios y estrategias de enseñanza, gestión del aula y organización,

(c) el conocimiento de aprendices, que se refiere a sus características y preconceptos.

(d) el conocimiento del contexto, esto es, el funcionamiento del aula, los valores y objetivos educativos, así como sus fundamentos filosóficos en conjunto con las creencias epistémicas de los maestros sobre la enseñanza y el aprendizaje, y

(e) el conocimiento de las TIC, que se define como: saber cómo operar una computadora y saber cómo utilizar herramientas/software y solucionar problemas.

En estos elementos constitutivos del modelo de Angeli y Valanides (2009), se destaca el lugar de las creencias epistemológicas de los maestros dentro de los elementos contextuales que determinan el ejercicio de enseñanza y la incorporación de las TIC en dicho proceso.

Una postura diferente es la presentada por Jacobson et al. (2010), quienes argumentan que no son las creencias epistemológicas de los maestros (es decir, las creencias sobre la naturaleza del conocimiento y el conocimiento) lo que influye en el uso de las TIC, sino sus creencias sobre el aprendizaje; además que “las ideas epistémicas que

tienen los maestros pueden no ser "creencias" fijas y estables, sino más bien ser recursos epistémicos influenciados contextualmente" (p. 1694). También sustentan que "ha habido poco trabajo empírico que haya investigado la relación entre las creencias epistemológicas de los docentes y su uso de tecnologías innovadoras y enfoques pedagógicos" (p. 1695).

Ciertos maestros toman decisiones sobre los tipos de prácticas pedagógicas que usarán, en función de sus *creencias sobre el aprendizaje* (no sobre las creencias epistemológicas sobre la naturaleza del conocimiento) relacionadas con sus percepciones de la capacidad académica de los estudiantes (Jacobson, et al. 2010, P. 1696).

En el mismo sentido, Chai, et al. (2011) examinan las creencias epistemológicas de siete profesores en formación, sus creencias sobre el aprendizaje y la enseñanza y sus percepciones sobre el uso de las TIC. En este estudio se reconoce que las creencias de los maestros sobre el aprendizaje parecen alinearse con sus creencias epistemológicas, mientras que sus creencias sobre la enseñanza no; así mismo, se destaca que las percepciones de los profesores en formación sobre el uso de las TIC están más alineadas con sus creencias sobre la enseñanza, que con sus creencias sobre el aprendizaje. En este sentido, el texto sugiere que las TIC pueden mejorar los procesos de comprensión sobre la naturaleza de la ciencia y que las instituciones que forman maestros deben esmerarse en posibilitar esta comprensión de la potencialidad de las TIC.

"Los educadores de docentes deben facilitar actividades de construcción de conocimientos sustanciales entre los docentes de formación previa para ayudarlos a prever las muchas posibilidades pedagógicas de las TIC" (Chai, et al., 2011, p. 498).

Tsai, *et al.* (2013) a diferencia de los referentes ya presentados, se concentran en el potencial de las TIC para desarrollar procesos epistemológicos en los estudiantes; para ello reconocen las TIC como herramientas facilitadoras del pensamiento de diseño, con

lo cual se favorece el registro histórico y la yuxtaposición de ideas que dan paso a la construcción de ideas nuevas; esta lógica que se apoya en los planteamientos ontológicos de Popper destaca la intención de resaltar la construcción social del conocimiento y la importancia del lenguaje en este proceso. En este trabajo, se hace la invitación a utilizar las TIC para “desarrollar los repertorios epistémicos de los estudiantes, o formas o conocimientos, a fin de crear artefactos cognitivos para dar sentido a los problemas y desafíos que enfrenta un estudiante” (p.81).

“Una importante ventaja de las TIC para fomentar la epistemología del diseño reside en el hecho de que las TIC alientan a los usuarios a jugar con las ideas. Las computadoras pueden almacenar muchas versiones de la idea y ayudar a rastrear el desarrollo histórico de la misma” (Tsai, et al., 2013, p. 86).

Una **segunda tendencia** identificada en este conjunto de material documental apunta a las TIC como foco de incertidumbre epistemológica. En esta tendencia incluimos a autores como Stahl (2011), al resaltar que las Tecnologías no son fijas ni objetivas; y que pueden ser foco de incertidumbre epistemológica en la medida que una descripción completa y relevante de las mismas se ve afectada por su permanente cambio y novedad; problema que se relaciona con la idea de flexibilidad interpretativa, idea arraigada en el constructivismo social y que es definida como la propiedad de la tecnología de estar constituida por el uso, y que podría explicar “por qué una tecnología exitosa utilizada en una organización no tiene las mismas consecuencias en otra que se ve similar en muchos aspectos” (p. 5).

A los factores ya mencionados se suma el de estabilidad múltiple, que se define en el texto, como el hecho de que la tecnología no puede asumir ningún rol y uso social, por lo que abordan los problemas de las posibilidades indefinidas que surgen del constructivismo social y la flexibilidad interpretativa. En este contexto de discusiones epistemológicas y ontológicas, el autor resalta que se requerirá algún tipo de concientización o educación, lo que significa que las posibilidades de la tecnología dependen no solo de la tecnología en sí misma y de sus usuarios, sino también del proceso

de introducción de la tecnología y las motivaciones de quienes la introducen, es decir, en este caso, de los maestros.

Los textos encontrados en las revistas no indexadas aportaron referentes que concuerdan con la primera de estas tendencias. El trabajo de Bermúdez y Godoy (2017) presenta la epistemología como un principio teórico para la comprensión de las tecnologías digitales en la educación; al respecto manifiestan que “la mediación de una herramienta nunca es neutra desde el punto de vista epistémico”; es decir, que transforma la naturaleza del conocimiento en construcción” (p. 3). Con base en lo anterior, en este texto se diferencian los conceptos de instrumentalización e instrumentación de las tecnologías digitales. La instrumentación se presenta como aquellas ocasiones en que las tecnologías digitales se utilizan como reemplazo de los recursos y actividades sin modificar la dinámica de la clase, los roles de los actores ni las acciones cognitivas (por ejemplo, proyección de una lección del libro de texto, mostrar definiciones); o cuando se usan como amplificador de las actividades y algunas acciones cognitivas de manera que las complementan (adaptar actividades de papel y lápiz, comprobar un resultado, ilustrar conceptos, intercambiar informaciones y propuestas, entre otros). Por su parte, la instrumentalización se asocia a aquellas ocasiones en que el uso de las tecnologías digitales implica una modificación de las prácticas de enseñanza para que impacten en el aprendizaje y contribuyan al desarrollo cognitivo del estudiante (Bermúdez y Godoy, 2017).

De igual manera, García-Romano y Ocelli (2019) presentan las TIC como mediadoras de procesos epistémicos a partir de las “oportunidades cognitivas que ofrezcan”. En este trabajo se evalúan los aspectos epistemológicos y lingüísticos que se identifican en el uso de tecnologías, como las simulaciones; para ello delimitan estos asuntos a “los tipos de ciencia que transmite (aséptica o contextualizada), la presencia de distintas posturas sobre un tema y la provisionalidad del conocimiento científico” (p. 21).

Por su parte, el texto de Bigliani, Capuano, Martín, Bordone y Ruderman (2014) se acerca más a la segunda tendencia, en la medida que ubica a las tecnologías como limitantes de la comprensión de las incertidumbres asociadas a los procesos de medición.

Frente a esto se propone una estrategia en la que los conceptos de “incertidumbre”, “precisión” y “exactitud” se transforman en sujeto de investigación frente a las TIC que apoyan el trabajo experimental. Este antecedente resulta de gran relevancia para esta investigación, en la medida que se comparte el propósito de trascender la mirada instrumental de las tecnologías y de propiciar a través de estas un aprendizaje significativo en ciencias.

Hoy es generalmente aceptado que las TIC pueden provocar en la educación en general, una verdadera revolución educativa (Kofman 2005). Sin embargo, en el ámbito de la enseñanza de la física no se ha logrado superar aún una primera fase, que podríamos llamar exploratoria, que consiste en proponer y utilizar experiencias de laboratorio para desarrollar con las TIC, pero donde no se investiga, salvo honrosas excepciones (Pontes, 2001) sobre el valor de estas como estrategia educativa (Bigliani, Capuano, Martín, Bordone y Ruderman, 2014, p. 334)

En los hallazgos también se cuenta con el trabajo de Cambra–Badii, Michel–Fariña y Lorenzo (2018); este estudio, si bien no se ubica en ninguna de las dos tendencias, representa un ejemplo práctico de cómo utilizar las tecnologías a favor de comprensiones epistemológicas, especialmente con asuntos relativos a la comprensión de la naturaleza de la ciencia y el rol del científico a través de un análisis en profundidad de una producción cinematográfica.

A partir de esta categoría es posible concluir que la reflexión sobre el potencial de las tecnologías digitales para la comprensión de los asuntos relacionados con la epistemología de las ciencias es un campo de interés con poca producción académica, en el que se hace necesario proyectar acciones concretas y, a partir del cual, se puede contribuir a la superación de la instrumentalización de las tecnologías en la enseñanza.

Categoría 4: TIC y Aprendizaje Significativo Crítico

Ecuación de búsqueda: ((“Aprendizaje Significativo Crítico” OR “Critical Meaningful Learning” OR “aprendizagem significativa crítica”) AND (“TIC” OR “ICT”))

Técnica: búsqueda avanzada en Scopus y búsqueda avanzada en scholar

La búsqueda avanzada en Scopus no arrojó resultados para esta categoría, por lo que se recurrió a la búsqueda directa en las revistas seleccionadas a través de google scholar.

Se destaca el trabajo de López, Veit y Solano (2016) que aporta una revisión de literatura sobre el uso de modelación y simulación computacional para la enseñanza de la física en la educación básica y media; en este texto se aborda el Aprendizaje Significativo Crítico como uno de los principales referentes psicopedagógicos para el uso de las tecnologías mencionadas. Los mismos autores aportan una propuesta didáctica basada en el uso del diagrama AVM para la puesta en práctica de los principios de la TASC en la implementación de actividades de modelación computacional López, Veit y Solano (2012).

También, el trabajo de Moro, Neid y Rehfeldt (2016) referencia a la Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico en relación con las actividades experimentales y el uso de simulaciones computacionales; no obstante, en este trabajo la TASC no es directamente el referente teórico que orienta la investigación, y esta se usa como apoyo a las ideas sobre la capacidad crítica que debe propiciarse en el desarrollo de la actividad experimental en la enseñanza de las ciencias.

Otros hallazgos obtenidos en relación con la TASC, son los trabajos de Villadiego-Lorduy, Huffman-Schwocho, Guerrero Gómez y Cortecero-Bossio (2017); Méndez-Hinojosa (2017) y de Morais y da Costa (2018); estos textos, si bien no se enfocan en el uso de las TIC, sí recurren de manera tangencial a la Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico, siendo el de Villadiego-Lorduy, Huffman-Schwocho, Guerrero Gómez y Cortecero-Bossio (2017) el que con mayor detalle hace referencia a elementos fundamentales de la teoría, como es el caso de la importancia del desarrollo del aprendizaje significativo crítico y de las preguntas relevantes para la toma de decisiones en temas ambientales.

Los tres hallazgos, aunque se producen en países diferentes, tienen en común el interés por el trabajo respecto a asuntos socio-científicos, especialmente en torno a la formación ambiental para el cuidado y la preservación de los recursos naturales. Esto puede representar un importante diálogo entre este campo de conocimientos y los fundamentos teóricos y principios orientadores de la TASC.

En otras revistas que fueron contempladas como excepciones, se encontró el trabajo de Cenich y Santos (2009), en el cual se recurre a la Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico para referirse a la naturaleza de los materiales de enseñanza desde la concepción de “materiales potencialmente significativos” y la necesaria disposición para aprender como elemento clave en el desarrollo del aprendizaje significativo.

El trabajo de López y Arias (2019) presenta una revisión de literatura acerca del uso de aplicaciones móviles en la escuela para la enseñanza de la Física, destacando la necesidad de que esta implementación recurra a fundamentos didácticos o pedagógicos que favorezcan un aporte de las tecnologías más allá de su sentido instrumental, entre estos fundamentos se presenta la TASC.

En una búsqueda más amplia, se destaca la presencia de un importante número de trabajos de grado a nivel de pregrado y maestría, provenientes principalmente de Colombia y Brasil, en los que se recurre a la TASC como fundamento teórico para el trabajo con tecnologías en la enseñanza de las ciencias naturales, a través de recursos tecnológicos como las aplicaciones móviles, los podcast, la realidad virtual, los sistemas de adquisición de datos, entre otros (Arias y López, 2014; Giraldo y Henao, 2014; Garay, Quintero y Tamayo, 2017; Hernández, 2018; Betancur, Pulgarín y Velásquez, 2018; Jaramillo, 2018; Algarín y Cano, 2019; Ramírez, Naranjo y Flórez, 2019; entre otros).

Los resultados para esta categoría obtenidos en la búsqueda a través de bases de datos (revistas especializadas) muestran un escaso avance en el reporte de investigaciones en los que se haga uso de las TIC con fundamentación en teorías como la TASC (Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico); pero también representa un campo de estudio con alto potencial, una relación teórica innovadora y necesaria para favorecer la

implementación de TIC con propósitos formativos claros y mejores resultados en términos de aprendizajes para los estudiantes. Una implementación de TIC que favorezca nuevos materiales y estrategias de enseñanza, la construcción y negociación de significados y el intercambio de preguntas, entre otros asuntos.

2.3 APORTES DE LA REVISIÓN DE LITERATURA AL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.

La revisión de literatura con la que se inicia este proceso investigativo constituye un diagnóstico importante sobre el estado de la investigación en esta línea temática, y sobre los elementos que un modelo didáctico que apunte a fortalecer el uso de las tecnologías en el campo de la educación en ciencias debería contemplar.

Los hallazgos en cada uno de los núcleos temáticos permitieron el cumplimiento de los objetivos trazados: en primer lugar, la identificación de un referente compatible con nuestras ideas sobre modelo didáctico, a partir del cual se pudiera argumentar que un modelo como constructo teórico es flexible y dinámico, y, que refleja la complejidad de un fenómeno, sin pretender establecerse como la única manera de abordar una situación que requiere de una intervención didáctica.

Además de esto, el ejercicio de revisión de literatura nos permitió identificar algunos aspectos que definen los modelos didácticos, tales como: la concepción epistemológica, el papel del profesor, el papel del alumno y la evaluación.

Teniendo en cuenta los hallazgos encontrados, adoptamos el referente de Abreu, *et. al.* (2016), especialmente por el sentido de flexibilidad, contemporaneidad, contextualización, objetividad y evaluación permanente que asocia al concepto de modelo didáctico. Estos principios se retoman para el diseño del modelo didáctico que se pretende en este trabajo.

Si bien se ha seleccionado dicho trabajo para orientar el uso del concepto de modelo didáctico dentro de la investigación, se resalta también el aporte de otras

investigaciones recuperadas, y en las cuales fue posible identificar algunas ideas con las cuales tomamos distancia, entre ellas, la del concepto de modelo como un instrumentalismo técnico, o las que asocian este concepto con asuntos como ambiente o entorno de aprendizaje, guía para la construcción de un artefacto o proceso, o programa de gobierno para dotar de infraestructura tecnológica a las instituciones educativas.

En relación con el instrumentalismo técnico, es decir aquella mirada del concepto de ‘modelo didáctico’ como una simple representación de un proceso, fenómeno o mecanismo, es necesario afirmar que esta mirada es quizá la menos compatible con nuestro trabajo; no obstante, aporta elementos que se tienen en cuenta en la valoración de un modelo, de la cual se retoman algunos elementos para nuestro trabajo.

La revisión de la literatura también aportó ideas de gran valor, como las concernientes a la relación existente entre la concepción epistemológica y el concepto de modelo didáctico; al respecto, el principal aporte tiene que ver con la necesidad de comprender que las disciplinas tienen diferentes epistemologías, y que estas determinan los modelos que se construyen en torno a ellas. De ahí que no pueda pretenderse un modelo de alcance general, y que se requiera suficiente flexibilidad en la propuesta, para que esta sea adaptable a las necesidades de las disciplinas que integran las ciencias naturales, y, sobre todo, a las necesidades de enseñanza con tecnologías que haya en cada contexto.

En relación con los asuntos epistemológicos asociados al uso de tecnologías en la enseñanza, la revisión de la literatura permitió importantes hallazgos para la investigación; en primer lugar, el hecho de que este sea un tema minoritario en la producción académica revisada justifica la necesidad de abordar en profundidad esta cuestión, aportando orientaciones claras para los maestros sobre la potencialidad que tienen las tecnologías para trabajar este componente de la enseñanza de las ciencias, pero además, para comprender las propias posturas epistemológicas y la incidencia que ello tiene en la forma en la que enseñamos haciendo uso o no de las tecnologías.

De igual manera, la revisión permitió develar algunas nociones asociadas al uso de tecnología en la enseñanza, tales como la de incertidumbre epistemológica y la mediación como herramienta no neutral desde el punto de vista epistemológico; este hallazgo de la mano de los referentes teóricos adoptados para la investigación nos lleva a fortalecer la idea de las concientizaciones necesarias cuando hacemos uso de representaciones o modelos mediados por tecnologías. Este elemento se constituye entonces en un punto central de la propuesta de enseñanza que forma parte de esta investigación.

Finalmente, los hallazgos en la revisión de literatura nos permiten fortalecer la idea de que las TIC pueden mejorar los procesos de comprensión sobre la naturaleza de la ciencia, en la medida que favorecen el desarrollo de actividades cercanas a las de los científicos en el ejercicio de construcción de preguntas, hipótesis, explicaciones, ensayos, argumentos, refutaciones, entre otros.

Ahora bien, el diagnóstico en relación con la adopción de la TASC como referente para el uso de tecnologías en la enseñanza, es que si bien se avanza en la construcción de propuestas en las que se adoptan algunos de los principios de esta teoría para el diseño de propuestas en las que se hace uso de diferentes recursos TIC, es necesario profundizar en la comprensión de la teoría, a partir de la construcción de relaciones con otros referentes y de la puesta en práctica de sus principios de manera articulada y no fragmentada. Este hallazgo nos permite entonces fortalecer la idea de relacionar los principios de la TASC con las ideas sobre necesidades del currículo que son presentadas por Hodson (2003, 2010), todo esto teniendo como eje articulador la enseñanza con tecnologías.

CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO

3.1 EL CONCEPTO DE MODELO DIDÁCTICO

El acercamiento documental a este concepto dejó ver tres tendencias en su uso, destacándose los trabajos con intención de construcción de modelos, seguido por los interesados en evaluar modelos y finalmente develando algunos trabajos en los que se reconoce un uso técnico o instrumental del concepto.

El acercamiento a estas fuentes de información permitió identificar diversas concepciones de modelo didáctico, entre las cuales se adoptó la definición de Abreu, Et. al. (2016) en la que se presenta un modelo como:

Una construcción general sustentada en la teoría, la práctica educativa, la investigación y el entorno, para representar el funcionamiento del proceso de enseñanza-aprendizaje (PEA), en función de la formación integral de los estudiantes, en correspondencia con las demandas de desarrollo de la sociedad”. Los mismos autores destacan que “un modelo didáctico expresa las relaciones entre sus componentes, conserva el criterio del objetivo como categoría rectora y resalta el carácter dialéctico de sus relaciones con el contenido. Es guía para la introducción de nuevos contenidos de todas las asignaturas, (...). Es abierto, susceptible de perfeccionamiento y enriquecimiento a partir de su introducción y generalización en la práctica. (Abreu, et. al. 2016, p. 4)

En este sentido se reconoce el carácter flexible de un modelo y su temporalidad, como características ineludibles en un mundo cambiante, y en una educación que, para ser pertinente, debe responder a las necesidades e intereses de quienes se educan. Además, se reconoce en esta postura, una relación dialógica con el contenido, en este caso con la

estructura de las disciplinas científicas que definen a las ciencias naturales, lo cual implica necesariamente un diálogo con la naturaleza de este tipo de conocimiento y, por ende, un reconocimiento de su temporalidad, incertidumbre y falsabilidad. Respecto a la estructura de un modelo didáctico, Abreu, et. al. (2016) destacan que:

Toma como punto de partida el diagnóstico integral y contextualizado de la realidad. Se aproxima al funcionamiento real del objeto (validez y confiabilidad). Incluye los cambios de la realidad (flexibilidad, utilidad y permanencia). Tiene carácter dinámico, se retroalimenta constantemente de la práctica, se autoperfecciona. (...) Tiene vigencia y necesidad en la sociedad contemporánea (contextualizado) y como pilares la relación entre la enseñanza y el aprendizaje, resultante de la impartición de las asignaturas y la relación dinámica entre todos los componentes del PEA. (p. 4)

En el mismo sentido, Cañal y Porlan (1987) aseguran que

Todo modelo didáctico contiene respuestas explícitas o implícitas para estas cuestiones fundamentales: ¿Con qué modelo conceptual se describe e interpreta la realidad del aula? ¿Cuáles son los fines educativos seleccionados para orientar la intervención didáctica? ¿Qué principios didácticos fundamentales pueden dirigir hacia los fines educativos previstos? (p. 92)

En relación con la definición y estructura de un modelo, estos postulados se toman como base para el desarrollo de este trabajo y para la proyección de un modelo didáctico en relación con el uso de las TIC.

Con base en lo anterior, para definir la naturaleza de un modelo didáctico hemos propuesto los siguientes elementos: Origen, Propósito, Alcance, Estructura y Componentes. En la tabla 5 se indica el significado de estos elementos.

Así pues, se hace énfasis en las posibilidades que ofrece un modelo didáctico para hacer frente a las necesidades de formación de los actores educativos, en un contexto que bien podría llamarse “innovador”, reconociendo en este el potencial transformador del maestro, que sensible a las problemáticas de su entorno, diseña, aplica y evalúa propuestas con propósitos educativos bien definidos, fundamentos teóricos sólidos y procedimientos de investigación que permitan la sistematización, reflexión permanente y la transformación de las prácticas educativas.

Tabla 5. Elementos para definir la naturaleza de un modelo didáctico

Origen	Propósito	Alcance	Estructura	Componentes
Diálogo entre teoría, práctica, investigación y contexto.	Representar el funcionamiento de un proceso de enseñanza-aprendizaje, con base en las necesidades e intereses de la sociedad en un tiempo dado.	Temporal, susceptible de perfeccionamiento y enriquecimiento a partir de su introducción en los contextos educativos.	Dinámico, naturalista, flexible y contextualizado.	Modelo conceptual Fines educativos. Principios didácticos.

El concepto de "modelo didáctico" puede ser, en ese sentido, una potente herramienta intelectual para abordar los problemas educativos, ayudándonos a establecer el necesario vínculo entre el análisis teórico y la intervención práctica; conexión que tantas veces se echa de menos en la tradición educativa, en la que, habitualmente, encontramos "separadas", por una parte, las producciones teóricas de carácter pedagógico, psicológico, sociológico, curricular... y, por otra, los materiales didácticos, las experiencias prácticas de grupos innovadores y las actuaciones concretas de profesores en sus aulas (García, 2000, p. 1).

Pensar un modelo didáctico en relación con las TIC, no solo supone hacer frente al importante debate sobre la función pedagógica de este concepto, también implica pensar en la diversidad de los contextos y las enormes inequidades en el acceso a las TIC,

y en el lugar del maestro y de las relaciones pedagógicas frente a su incursión en las aulas. Además, implica reconocer la infinita gama de posibilidades que abarca el concepto de TIC y la imposibilidad de ubicar tecnologías tan diversas bajo una misma lógica, puesto que en sí mismas tienen propósitos diferentes, usan habilidades distintas y epistemologías diferentes.

De igual manera, implica establecer límites con otros acercamientos teóricos que se han dado en el campo educativo frente a la llegada de las TIC, pues son múltiples las clasificaciones establecidas, entre las que se reconocen conceptos como aprendizaje electrónico, aprendizaje digital, aprendizaje a distancia y otros conceptos derivados como M-learning, B-learning y E-learning. Nos preguntamos, ¿son todas estas denominaciones modelos educativos relacionados con las TIC?

Desde sus primeros indicios en los años 70 se ha recocado la internet como una posibilidad para la difusión de contenidos y la reducción de distancias geográficas; los primeros proyectos al respecto, entre los que se destaca el proyecto Gutenberg⁴, tenían como bandera la difusión de contenidos en esencia educativos, pero fue a mediados de los años 90 cuando se instaura el concepto de E-learning para definir el proceso de enseñanza y de aprendizaje que ocurre a través de los medios informáticos. Manzanedo (2003) se refiere a E-learning como un “nuevo modelo educativo” y propone una definición de este diciendo que “el término es empleado de manera indistinta para todos aquellos procesos formativos en los que se emplean tecnologías de la comunicación” (p. 29). Destaca además que el E-Learning se diferencia de otros tipos de aprendizaje basado en computadoras, puesto que este implica interacción. El autor también sugiere diferenciar este concepto de otros como Computer Based Learning, On-line Learning y Distance Learning. La idea asociativa entre E-Learning y modelo de aprendizaje propuesta por el autor radica en la naturaleza de los contenidos que son destinados para la enseñanza en los nuevos medios, los cuales están destinados a la acción.

⁴ El proyecto Gutenberg fue desarrollado en 1971 por el estadounidense Michael Hart, y dio lugar a la primera biblioteca digital de la Historia.

Esta definición coincide con lo que Gross (2011) denomina la primera generación de modelos E-learning tras la cual suceden dos generaciones más en las que “el modelo” se centra en el aula virtual, expresada en el desarrollo de plataformas y campus virtuales educativos y posteriormente, en la “flexibilidad y participación”, momento en el que se centra la atención en la filosofía de la web 2.0 y las capacidades que debe tener un ciudadano frente a esta nueva dinámica social.

En esta concepción del E-learning se identifica la relevancia dada a la herramienta o al medio, a través del cual se propician los procesos educativos, o un *fundamentalismo tecnológico* en palabras de Cabero (2006). En este, la atención no está puesta en las reflexiones sobre la enseñanza o el aprendizaje, ni en las actividades mediadoras del conocimiento, ni en el rol de profesores y estudiantes, y tampoco sobre los demás elementos que configuran la relación pedagógica a través de estos medios. Los conceptos derivados B-learning (*blended learning*), M-learning (*mobile learning*), R-learning (*rapid learning*) y U-learning (*ubiquitous learning*) conservan el sentido puesto en la herramienta y favorecen la especialización en el diseño de los recursos para el aprovechamiento de los diferentes artefactos, pero no evidencian un progreso en la concepción de la enseñanza y del aprendizaje a través de ellos.

Autores como Cabero (2006) nombran esta situación como una variable crítica del E-learning, mencionando diversos problemas asociados a su comprensión dentro de los procesos educativos; al respecto dice que:

Uno de estos errores es el denominado tecnocentrismo, es decir, situar la tecnología por encima de la pedagogía y la didáctica, olvidando que su incorporación no es un problema tecnológico, sino que es, independientemente del económico, de carácter cultural, social y formativo (p. 4).

En consecuencia, y considerando los elementos identificados en este trabajo como constituyentes de un modelo didáctico (Origen, Propósito, Alcance, Estructura y Componentes), el E-learning y sus variantes no constituyen modelos didácticos del uso

de la tecnología en sí mismos; sino más bien, se reconocen como modalidades de formación propiciadas por el desarrollo de nuevas tecnologías. Esto ratifica la necesidad de construir propuestas que atiendan al orden de la fundamentación teórica que orienta el uso de las diferentes tecnologías en los procesos de enseñanza, y que permitan identificar las relaciones entre los elementos técnicos, pedagógicos, didácticos y epistemológicos que implican los nuevos medios y las nuevas modalidades de acuerdo con cada campo de conocimiento.

3.2 LAS TIC COMO DESAFÍO DE INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS.

Desde la primera década del 2000, numerosas investigaciones han destacado el enorme reto que tiene la investigación educativa frente a las tecnologías, y el lugar que estas deben ocupar en el campo de la enseñanza de las ciencias naturales, como foco de interés altamente promitente y como nuevas expectativas de aprendizaje (Cachapuz, et. Al, 2006; González, Capuano y Zalazar, 2009; Garritz, 2010, 2012).

De igual manera, desde esta década ha habido un aumento importante en el número de publicaciones relacionadas con propuestas de implementación de TIC en diferentes contextos educativos (Vidal, 2006) y cada vez empiezan a tener cabida en un mayor número de eventos académicos a nivel mundial. Con base en esto, es posible considerar a las TIC como una línea de investigación en el campo de la Didáctica de las Ciencias; entendiendo por línea de investigación:

Una sucesión continua e indefinida de estudios, reflexiones sistemáticas y creativas, indagaciones y discusiones alrededor de un problema, que realizan personas curiosas, enlazadas entre sí y organizadas en uno o varios equipos de trabajo para desarrollar actividades intelectuales y dinámicas, en medio de aciertos y desaciertos, logros, fracasos y éxitos, con el propósito común de construir y/o aumentar conocimientos sobre un determinado tópico (Agudelo, 2004, p. 1).

Pero llegar a este estatus dentro del campo de la didáctica de las ciencias, implicó un proceso de reconocimiento que en 1999 todavía era incipiente, pues no eran incluidas ni siquiera como componentes de la línea de investigación “prioritarias”, aunque sí como desafíos actuales de la investigación en este campo (Gil, Carrascosa y Martínez, 1999), lo cual es propio de una época en la que este tipo de tecnologías empezaba a instaurarse en las lógicas sociales y por ende, no daba lugar todavía a reflexiones profundas sobre su lugar en la enseñanza.

No obstante, desde autores como Gil (1998) ya se invitaba a superar las miradas simplistas del uso de estas herramientas. En este mismo camino de reconocimiento de las TIC como línea de investigación, Moreira (2003) hizo un recuento de aquellos tópicos sobre los que para esa época contaban con un amplio conocimiento producido, y otros como las nuevas tecnologías en la Enseñanza de las Ciencias, sobre los que existía muy poca producción. Así mismo, Cachapuz et al. (2006) plantearon que la discusión sobre este tipo de herramientas significaba un foco de investigación en Enseñanza de las Ciencias altamente promitente o línea de investigación a trabajar en el futuro. Esto implica entonces que aún en los primeros años del siglo XXI, las TIC no tenían un estatus definido dentro del campo de la Didáctica de las Ciencias pues eran planteadas como focos de discusión con alta potencialidad, pero aún no contaba con un corpus de conocimientos construidos por los investigadores en este campo, o cuanto mucho, contaba con reflexiones aportadas desde otras líneas, como el enfoque Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA).

En la misma vía de los planteamientos de Cachapuz et al. (2006), autores del contexto español como Vidal (2006) manifiestan que “la integración de las TIC en la educación se ha convertido en centro de atención en el ámbito educativo (...). Prueba de ello son las numerosas publicaciones, eventos científicos, investigaciones, experiencias, proyectos, etc. surgidos sobre el tema” (p. 542). Así mismo, Garritz (2010) presenta “las nuevas expectativas de aprendizaje en este siglo”, entre las que incluye las TIC.

Pero no es hasta 2013 cuando en el contexto Colombiano se le otorga a las TIC el carácter de línea de investigación; Así figura en el trabajo de Zambrano et al. (2013), donde se menciona que “las siete líneas de investigación que estructuran el campo de la Educación en Ciencias en la Nación son: 1) La relación del conocimiento científico y el conocimiento común”; 2) La enseñanza, aprendizaje y evaluación: metacognición, cambio conceptual, resolución de problemas, e historia de las ciencias; 3) La relación entre la teoría y la práctica en las ciencias experimentales a través del laboratorio escolar; 4) Las nuevas tecnologías de la informática y la comunicación y su relación con la educación en ciencias naturales: inteligencia artificial y procesos de razonamiento; 5) Desarrollo curricular en Ciencias Naturales; 6) Contextos culturales, Educación ambiental, Educación en ciencias en ambientes no convencionales; y 7) Conocimiento, pensamiento y formación del maestro”.

No obstante, en trabajos como el de Arias (2016) se advierte que, en el análisis del corpus académico que forma parte de esta línea de investigación en el país, “el interés de estos trabajos ha estado enfocado especialmente en la presentación de resultados obtenidos a partir de la implementación instrumental de estas herramientas en el aula” (p.7); lo cual denota una ausencia de fundamentación teórica en las experiencias de implementación de TIC reportadas en la literatura científica. Esta idea concuerda con los hallazgos en relación con el concepto de “modelo” asociado a la educación con TIC, que se obtuvieron en la revisión de literatura de este trabajo y en los cuales fue posible encontrar diversidad de aproximaciones entre las que se destacan aquellos estudios que presentan criterios de evaluación o validación de modelos centrados principalmente en asuntos como el alcance (cantidad de equipos por cantidad de población escolar), las características técnicas de los entornos de aprendizaje en la virtualidad o de experiencias para la integración de las TIC. Esto refleja la idea del sentido instrumental de las tecnologías.

A pesar del avance tecnológico y de la irrupción de valiosas herramientas para los procesos educativos, su incursión en las aulas se sigue haciendo de una forma instrumentalista y superficial, que incluso podría entenderse como una fachada del

conductismo, cuyas consecuencias -más negativas que positivas- han sido ya documentadas por un buen número de investigadores a lo largo de los años (Arias, 2016, p. 73).

En este contexto de trayectoria de las TIC en la educación, se evidencia que, casi cuatro décadas después de la llegada del computador personal y del desarrollo de la informática educativa a través principalmente de los programas de Enseñanza Asistida por Ordenador (EAO), se hace necesario que los cuestionamientos sobre la validez de la tecnología en los contextos educativos que se hicieron populares en la década de los 80' (Area, 2004, citado en Vidal, 2006), así como los múltiples reportes de uso de las tecnologías desarrollados entre los 90' y la primera década del 2000, sean el punto de partida para investigaciones cada vez más exhaustivas y complejas en las que se profundice en el sentido de estas tecnologías para los procesos de aprendizaje de manera contextualizada.

Considerando además que este tipo de tecnologías tiene un importante potencial en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, entre otras cosas por su aporte a superar la abstracción de los conceptos científicos (Arias y López, 2014; Miranda, Santos y Stipich, 2010, entre otros), por aliviar las dificultades de dotación e infraestructura que aquejan a muchas instituciones educativas y que limitan la actividad experimental, por favorecer el trabajo colaborativo o por ser construidas con base en un lenguaje que es cercano y motivador para los niños, niñas y jóvenes, entre otras razones; sin embargo, se hace necesario establecer un diálogo entre estas potencialidades y los fundamentos teóricos (didácticos, pedagógicos, epistemológicos) que permitan que estas tengan un verdadero aporte en el aprendizaje y que se orienten al cumplimiento de los retos de la educación científica.

A este propósito de valorar el sentido y el aporte de las tecnologías en la educación en ciencias, así como al propósito de fortalecer las propuestas de implementación con fundamentos pedagógicos y didácticos, aportando solidez teórica a los esfuerzos por incorporar las tecnologías, debe dirigirse la investigación educativa. No obstante, la rápida eclosión de herramientas (dispositivos y aplicativos) así como su alta

obsolescencia, sumado al reconocimiento de su naturaleza diversa, dificulta la construcción de marcos teóricos transversales, no solo entre diferentes herramientas sino sobre todo a diferentes contextos educativos y situaciones de enseñanza.

En reconocimiento de lo anterior, el presente trabajo asume el desafío de construir un modelo delimitado por las características ya presentadas en cuanto a propósito, alcance, estructura y componentes, y se circunscribe a un tipo de tecnologías dentro de la amplia gama que ofrece el concepto de TIC o incluso el concepto de TAC. En este caso, se adoptan aquellas herramientas digitales que tienen como finalidad la representación de un concepto o un fenómeno tal es el caso de la realidad virtual, realidad aumentada, simulación computacional, animación 3D, interactivos 3D y videojuegos educativos.

3.3 RETOS DE LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA DESDE LA PERSPECTIVA DE DEREK HODSON: UNA MIRADA DESDE LOS RETOS DE LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS MEDIADA POR TIC

Dereck Hodson (2003; 2010) frente a la necesidad de replantear el currículo de ciencias para que este atendiera a las necesidades de los ciudadanos jóvenes, propuso un plan de estudios basado en cuatro asuntos, que denominó: aprender ciencia y tecnología, aprender a hacer ciencia y tecnología, aprender sobre ciencia y tecnología y, participar en acción sociopolítica. Casi dos décadas después, la didáctica de las ciencias sigue dirigiendo su mirada hacia la necesidad de trascender la formación de conceptos y favorecer que los y las estudiantes alcancen un conocimiento crítico que les permita tomar decisiones frente a las problemáticas que afectan el mundo. Siendo diversas las estrategias, los enfoques y las metodologías desarrolladas, el foco sigue estando en la necesidad de replantear la educación basada en la memorización de conceptos, en la fragmentación de contenidos, en la escasa articulación con la práctica y la nula aplicación en la vida real de las personas.

Los retos de la Educación Científica planteados por Hodson fueron presentados como niveles curriculares o niveles de sofisticación, que se dan en coexistencia con las

disciplinas científicas y a través de los cuales se busca propiciar una visión sociocultural de las ciencias a partir de la comprensión de los hitos científicos, en una lectura que podría llamarse contextual, en la medida que busca que se reconozcan en su estudio los asuntos sociales y culturales que marcaron su desarrollo y, sobre todo, que se generen concientizaciones sobre los efectos positivos y negativos que implican estos hitos científicos.

De igual manera, se busca propiciar en las personas el reconocimiento del desarrollo científico y tecnológico en el marco de unas situaciones políticas y culturales que lo determinan. Este tipo de comprensión sobre la politización del currículo claramente supera la apropiación conceptual y las prácticas sesgadas en la transmisión de una ciencia acrítica; requiere de nuevas formas de concebir la enseñanza en ciencias y de nuevas formas de reconocer al estudiante en el proceso de formación; reconocer las complejas relaciones entre el desarrollo científico y tecnológico y los asuntos políticos y económicos; favorecer en los y las estudiantes la construcción de puntos de vista propios y argumentados; y promover la participación de estos estudiantes y actuar en asuntos de orden socio científico, teniendo como base su formación.

Si bien las ideas de Hodson atienden a una comprensión de la tecnología desde un sentido amplio, la comprensión de los cuatros retos a la luz de las TIC podría representar una gran oportunidad para la educación en ciencias, en la medida que implica replantear el sentido de estas tecnologías en el aula, de manera que no se atienda únicamente a los propósitos conceptuales o actitudinales (como se reporta con frecuencia en la literatura), sino que permita abordar otros elementos de la formación científica como son los asuntos procedimentales y especialmente los asuntos epistemológicos.

Esto es posible en la medida que, con apoyo de las tecnologías, los conocimientos disciplinares sean presentados a los estudiantes desde perspectivas y formas más cercanas a sus necesidades e intereses y de esta manera ellos puedan dotarlos de significados (*aprender ciencias*). Así mismo, estas tecnológicas deben permitir una comprensión de los procesos teóricos y prácticos en el marco de una visión clara y fundamentada de la ciencia (*aprender a hacer ciencia*) y una comprensión de la ciencia como construcción

social, determinada por condiciones que pueden ser muy cercanas a las del sujeto que aprende, lo que propiciaría además superar la imagen deformada de la ciencia y del científico (*aprender sobre ciencia*).

No obstante, como ya se presentó al inicio de este trabajo, la mayoría de propuestas que hacen uso de las TIC para la enseñanza de conceptos relacionados con las ciencias naturales, atienden al orden de lo conceptual y procedimental, dejando de lado asuntos como el saber epistemológico (Arias, 2016); así mismo, evidencian resultados de orden motivacional y didáctico, pero es precaria la identificación de aportes de estas tecnologías a la comprensión de la naturaleza de las ciencias y su desarrollo. Con esto, se estaría desatendiendo el reto de aprender sobre ciencia, planteado por Hodson (2003; 2010) y de paso se corre el riesgo de propiciar situaciones en las que se acentúen las ideas alternativas o el conocimiento ingenuo, las imágenes deformadas de la ciencia, el aprendizaje acrítico e incluso la falta de acción socio política.

Es claro que estos riesgos no solo están dados por las tecnologías en sí mismas y por asuntos asociados a estas, como la disminución de causas de error en la representación de fenómenos, o la idealización de estos en las herramientas de simulación o incluso en el planteamiento de modelos sobre asuntos aún no experimentados; sino que también está a la par, la falta de intención pedagógica orientada a este fin y el reconocimiento de la epistemología como elemento fundamental en la formación científica desde los primeros años, trascendiendo la formación histórica.

Para ello, las TIC proveen una importante cantidad de recursos potenciales para el desarrollo de aprendizajes sobre la ciencia, pero el logro de estos propósitos dependerá de los objetivos de aprendizaje trazados y de la mediación pedagógica que acompañe el uso de los recursos.

Son múltiples los asuntos en los que se puede propiciar *aprender sobre ciencia* con el uso de tecnologías digitales. Por ejemplo, la simulación computacional ofrece una importante oportunidad al posibilitar la reflexión sobre la diferencia de los modelos, como representaciones idealizadas de la realidad, y los fenómenos en contextos reales; a su vez,

las simulaciones virtuales permiten superar la abstracción de algunos conceptos y fenómenos en ciencias naturales que son difíciles de experimentar a simple vista, o cuya experimentación depende de otros avances científicos hasta ahora no logrados; además de esto, la simulación computacional también permite establecer comparaciones entre la experimentación de los fenómenos en condiciones ideales y en condiciones naturales. En la tabla 6 se señalan algunas cuestiones que se pueden proponer para que los estudiantes aprendan sobre ciencia a través de herramientas digitales

Tabla 6. Asuntos en los que se puede incidir utilizando tecnologías digitales en Física

Situación	Herramienta
Identificación de las causas de error en un experimento	<p>Simulación computacional. Ejemplo: Phet, oPhysics: Interactive Physics Simulations, The Physics Classroom, national mag lab, Java Lab.</p> <p>Análisis y modelado de video. Ejemplo: <i>Tracker Video Analysis and Modeling Tool for Physics Education</i></p>
Análisis de las representaciones y modelos y su diferencia con la realidad	<p>Imágenes 3D. Ejemplo: Arloopa app</p> <p>Animación 3D. Ejemplo: 3Dciencia - Scientifics animation</p> <p>Realidad virtual y Realidad aumentada. Quiver, Merge Things app.</p> <p>Videojuegos educativos. Ejemplo: Kokori, Simple Machines, Immune Attack.</p> <p>Microscopía 3D</p>
Abstracción de conceptos científicos	<p>Analizador de magnitudes físicas a través de sensores. Ejemplo: Physics toolbox app</p>
Construcción de hipótesis y explicaciones	<p>Simulación computacional. Ejemplo: Phet, oPhysics: Interactive Physics Simulations, The Physics Classroom, national mag lab, Java Lab.</p> <p>Modelación computacional. Ejemplo: Modellus</p>

Otros asuntos que pueden trabajarse de manera transversal cuando se hace uso de TIC son: el desarrollo de un hecho científico, el valor de las controversias en la historia de las ciencias, la relación teoría y práctica experimental, análisis de la falsabilidad de las teorías científicas y el reconocimiento de la ciencia como construcción social. Todos estos elementos que configuran el aprendizaje sobre la ciencia en el marco de los retos de la educación científica definidos por Hodson constituyen la esencia de este trabajo investigativo y con ello se pretende dar un giro a la comprensión de las posibilidades de las TIC en la educación científica.

3.4 TEORÍA DEL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO CRÍTICO Y SUS PRINCIPIOS FACILITADORES COMO PERSPECTIVA CONTEMPORÁNEA PARA LA INTEGRACIÓN DE LAS TIC EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS, A FAVOR DE LOS RETOS DE LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA.

En estudios previos se ha considerado la Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico (TASC) como una perspectiva contemporánea para la integración de TIC en la Enseñanza de las Ciencias (Arias, 2016); para ello, se parte de la comprensión de sus principios orientadores a la luz de una educación cada vez más determinada por herramientas y medios digitales que requiere la formación de “un nuevo tipo de persona, con personalidad inquisitiva, flexible, creativa, innovadora, tolerante y liberal que pudiese enfrentar la incertidumbre y la ambigüedad sin perderse, y que construya significados nuevos y viables para hacer frente a los amenazadores cambios ambientales” (Moreira, 2010, p. 3).

Esta teoría construida con base en los planteamientos de Postman y Weingartner (1969) y en otros autores como Rogers (1969), Gowin (1981) y Don Finkel (2008), tiene como premisa fundamental que el estudiante aprenda a aprender críticamente y, con base en ello, cuestiona la enseñanza basada en la narrativa y el aprendizaje mecánico; fundamenta una enseñanza en la que se dé lugar al cuestionamiento, al error, a la incertidumbre, a la conciencia por encima de la memorización y al desaprendizaje; y en la cual se admitan posibilidades de enseñanza más allá de la pizarra y el libro de texto.

La TASC, a través de sus once principios facilitadores, permite materializar muchos elementos que las teorías constructivistas han planteado desde décadas atrás; especialmente en relación con el lugar del estudiante desde un rol protagónico en su proceso de aprendizaje. Esto implica, desde esta teoría, asuntos como la necesaria intencionalidad por aprender y otorgar relevancia a lo que se aprende; y sobre todo en la búsqueda del aprender a aprender críticamente, en el sentido de “no aceptar pasivamente cualquier nuevo conocimiento, sea éste declarativo, procedimental o actitudinal. Si el conocimiento humano es construido, no hay por qué aceptarlo sin criticidad” (Moreira, 2010, p. 9).

Esta idea de aprender críticamente permite establecer relaciones entre la TASC y lo que se estima debería ser el foco de la educación en ciencias en la contemporaneidad o lo que se ha reconocido como retos de la educación científica (Hodson, 2003; 2010) y que décadas después de su definición siguen estando vigentes y podrían considerarse no resueltos.

Para Moreira (2010), el asunto de *aprender a aprender* no puede ser el mismo discurso carente de sentido que se usa para adornar las arengas sobre la educación; pues lo cierto es que la escuela sigue enmarcada en las prácticas discursivas y poco se ha avanzado hacia ese camino de educar más que de entrenar. Por ende, el autor propone que ese aprender, debería estar enfocado a la crítica; es decir, a aprender a aprender críticamente (Arias, 2016, p. 46).

Si bien la TASC es una teoría de naturaleza didáctica, se identifica en ella una insinuación epistemológica alineada con la idea de Hodson sobre la necesidad de que la educación científica permita aprender sobre ciencia (su naturaleza, sus métodos, sus protagonistas); en tanto la TASC busca propiciar un aprendizaje de las ciencias como dimensión social, cultural, y dinámica, que se favorece a partir de principios facilitadores, como los principios de: incertidumbre del conocimiento, conciencia semántica, aprendiz

como perceptor-representador, la interacción social y del cuestionamiento o el enseñar-aprender preguntas en lugar de respuestas.

López (2014) propuso una clasificación de los principios de la TASC en respuesta a asuntos pedagógico-didácticos, conceptuales y/o disciplinares y epistemológicos. Los principios pedagógico-didácticos según López (2014) son “aquellos que buscan combatir la idea de que el libro de texto y la pizarra son los grandes poseedores de conocimiento, vistos por algunos como elementos portadores de respuestas ciertas, de verdades absolutas” (p. 59); entre estos, la autora incluye el ‘principio de la no centralización en el libro de texto; del uso de documentos, artículos y otros materiales educativos; de la diversidad de materiales educativos’; y el ‘principio de la no utilización de la pizarra, de la participación activa del alumno, de la diversidad de estrategias de enseñanza’.

Así mismo, aquellos principios relacionados con asuntos conceptuales y/o disciplinares son el ‘principio de la interacción social y del cuestionamiento, enseñar/aprender preguntas en lugar de respuestas’; el ‘principio del aprendiz como perceptor/representador’; y el ‘principio del conocimiento como lenguaje’, en la medida que “buscan favorecer y poner en juego el dominio sobre un determinado campo de conocimiento” (p. 58).

Para diferenciar aquellos relacionados con la epistemología, la autora sugiere que son aquellos “que propenden por una visión del conocimiento científico como invención o construcción humana incierta y provisional, y en permanente evolución” (p. 59). En esta definición incluye el ‘principio de la conciencia semántica’, el ‘principio del aprendizaje por error’, el ‘principio del desaprendizaje’ y el ‘principio de incertidumbre del conocimiento’.

La comprensión de los principios facilitadores de la TASC, así como la comprensión de sus interpretaciones teóricas aplicadas a la educación en ciencias, implica una comprensión contextual de sus bases teóricas: la teoría cognitiva del Aprendizaje Significativo de Ausubel (1963), de la cual retoma todos los principios y premisas fundamentales; y los planteamientos de la enseñanza como actividad subversiva

propuestos por Postman y Weingartner (1969). De dichas bases teóricas, la TASC retoma y complementa lo que se consideran son *conceptos fuera de foco* que permanecen en la educación científica y entre los que figuran la transmisión de verdades absolutas, de certezas, de conceptos como entidades aisladas, estados y cosas fijas, causalidades simples, diferencias paralelas y la misma transmisión de conocimiento (Postman y Weingartner, 1969, citados por Moreira 2005/2010). A lo anterior se suma lo que Moreira denomina idolatría tecnológica, globalización de la economía, mercado da cuenta, consumidor consciente y la idea de información como capital. Estos se definen en la teoría como, a mayor cantidad de información mejor (concepto de información), concepción de la tecnología como el progreso y la calidad de vida (idolatría tecnológica), progreso asociado a capacidad de compra y consumo (consumidor consciente), la globalización de la economía como la idea de libre comercio para todos y el de mercado da cuenta como una alusión a que todo es negociable, hasta la educación (Moreira, 2005).

Estos conceptos fuera de foco se asocian al modelo clásico de la enseñanza basada en la narrativa y el aprendizaje mecánico, desde los cuales la relación educativa gira en torno al profesor, a la pizarra, al libro de texto y a la memorización por encima de la conciencia sobre el aprendizaje y la crítica al conocimiento, lo cual distancia a la escuela de las necesidades sociales contemporáneas, de los intereses y necesidades de los ciudadanos jóvenes. En este contexto, aunque se esperaba que las tecnologías propiciaran cambios radicales en estas tradiciones, es posible que, en la práctica, las tecnologías se estén utilizando para perpetrar los conceptos fuera de foco y en nuevas maneras de alimentar la tradicional enseñanza narrativa, las posturas acríticas centradas en la certeza de los hechos científicos, la poca reflexión sobre la información disponible en la web, entre otros asuntos. Al respecto Moreira (2010) sugiere que la tecnología y la tecnofilia son dos entidades separadas por una débil frontera, que en caso de derribarse tendría resultados muy poco favorables para la búsqueda de un aprendizaje significativo crítico.

En contravía de lo anterior, Moreira (2005/2010) sugiere que aquella enseñanza que pretende formar ciudadanos críticos debería orientarse por principios como:

- La interacción social y del cuestionamiento. Enseñar\aprender preguntas en lugar de respuestas.

- La no centralización en el libro de texto. Del uso de documentos y otros materiales educativos. De la diversidad de materiales educativos
- El aprendiz como perceptor-representador
- El conocimiento como lenguaje
- La conciencia semántica
- El aprendizaje por error
- El desaprendizaje
- La incertidumbre del conocimiento.
- La no utilización de la pizarra, de la participación activa del alumno, de la diversidad de estrategias de enseñanza.
- El conocimiento previo. Aprendemos a partir de lo que ya sabemos.
- El abandono de la narrativa. De dejar que el alumno hable.

Todos los anteriores principios constituyen la base didáctica de la elaboración del modelo propuesto en este trabajo.

3.5 COMPATIBILIDAD DE LOS REFERENTES TEÓRICOS.

La Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico (Moreira, 2005/2010) y los planteamientos de Hodson (2003, 2010) presentan puntos de encuentro que tienen como vértice los conceptos de criticidad, incertidumbre y cuestionamiento.

El trabajo de Arias (2016) exhibe una relación teórica establecida entre estos referentes, destacando relaciones directas e indirectas entre 7 de los 11 principios facilitadores de la TASC y los retos planteados por Hodson (ver figura 1). En este trabajo, además, se hace una reinterpretación de los retos desde la perspectiva de la enseñanza mediada por tecnología; por lo cual, la mirada se dirige a estos retos no solo desde la perspectiva de aprender, sino y principalmente, desde la perspectiva de enseñar ciencias con TIC, enseñar sobre ciencias con TIC y enseñar a hacer ciencia con TIC.

Las relaciones establecidas entre los retos de Hodson y los principios de la TASC, que se indican en la figura 1, así como la idea de reinterpretar los retos en términos de

enseñanza constituyen el punto de partida de nuevas relaciones encontradas entre ambos referentes teóricos. Mediante estos referentes se pretende favorecer una visión fundamentada del trabajo con TIC que permita superar el uso instrumental de las tecnologías, pero, sobre todo, la enseñanza fundada en conceptos fuera de foco (Moreira, 2005), la enseñanza que no favorece la acción sociopolítica (Hodson, 2003) y la enseñanza atascada en criterios de validez que obedece a intereses socio económicos dirigidos por políticas transitorias y no a la emancipación del ser humano a partir de su desarrollo intelectual y su formación crítica.

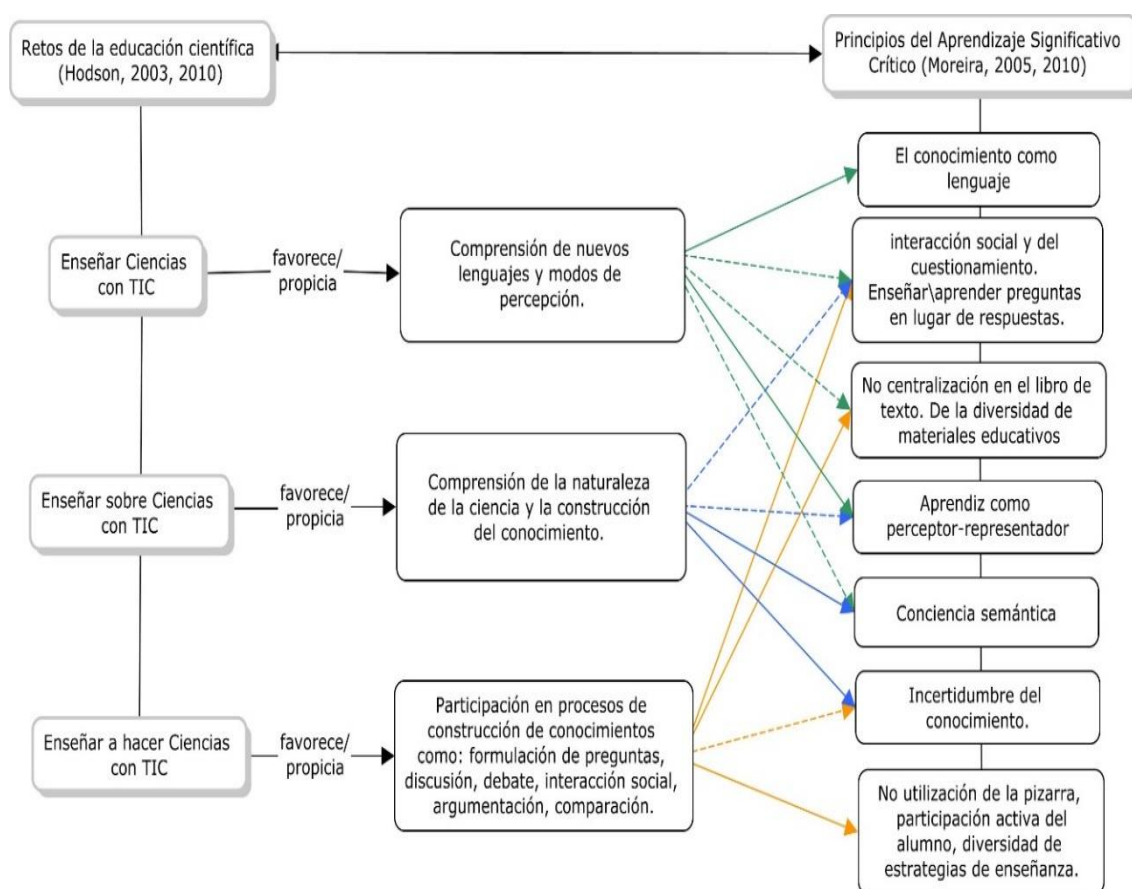


Figura 1. Relación entre los retos de la educación científica y los principios facilitadores de la TASC presentados por Arias (2016).

Esas nuevas relaciones se presentan a continuación agrupadas en 3 núcleos que son:

- A. Enseñar y aprender Ciencia con TIC como una nueva manera de percibir y **representar** el mundo.

- B. Enseñar y aprender sobre Ciencia con TIC teniendo como base la **incertidumbre**.
- C. Enseñar y aprender a hacer Ciencia con TIC a partir de **preguntas** y de la interacción con nuevos medios.

Estas relaciones articulan los principios de la TASC y los retos de la Educación Científica teniendo como eje la enseñanza con tecnología.

A. Enseñar y aprender ciencias con TIC como una nueva manera de percibir y representar el mundo.

Desde la concepción de Hodson (2003; 2010) aprender ciencias está relacionado con la apropiación conceptual y procedimental que debe conseguirse en el proceso de educación científica. No obstante, desde la mirada de este autor esa apropiación debe ir más allá de un inventario de contenidos dispuestos en un currículo y debe dotar al estudiante de elementos para lidiar con los problemas complejos del mundo real. Para Moreira (2005/2010) toda disciplina se compone de un conjunto de palabras, signos, instrumentos y procedimientos desde los cuales se configura un lenguaje, y con este, una determinada manera de comprender el mundo; es por ello que, aprender dicha disciplina significa apropiarse de su lenguaje, dominarlo y aplicarlo a la manera como se observa y se representan los fenómenos relacionados con esa disciplina. En este sentido implica también una comprensión profunda sobre el lugar de las palabras, los símbolos y los objetos como artefactos que adquieren sentido solo en la medida que el sujeto que aprende los adopta en su proceso de construcción de conocimientos y los dota de sentido. Esto es, en palabras de Moreira (2005/2010), aprender que el significado está en las personas, no en las palabras (Principio de la conciencia semántica).

De manera complementaria, cuando se favorece en la enseñanza de las ciencias la apropiación de una disciplina como un lenguaje a partir del cual se pueden negociar significados para representar y comprender el mundo, y el fortalecimiento de una conciencia semántica, se reconoce en el estudiante la capacidad que tiene para percibir y para representar el mundo a partir de su estructura cognitiva; esto es una capacidad que supera el rol pasivo de receptor de conocimientos y lo ubica en un verdadero papel de

participe de la construcción de sus aprendizajes. Entonces, aquí se tejen relaciones entre el primer reto de la educación científica y los principios del conocimiento como lenguaje, de la conciencia semántica, del aprendiz como perceptor representador y con el principio del conocimiento previo como conjunto de elementos cognitivos (experiencias, esquemas de asimilación, constructos personales, modelos mentales, invariantes operatorios, entre otros) que actúan como condición necesaria para nuevos aprendizajes y que también pueden dar lugar a desaprender, como acción metacognitiva que implica reconocer los aprendizajes que obstaculizan la comprensión de nuevas maneras de entender la naturaleza y sus fenómenos.

Pero en este contexto de enseñanza que promueve la negociación de significados por encima de la transmisión, y la representación por encima de la perpetuación de conceptos estáticos, es claro que el aula, las estrategias de enseñanza y los materiales en los que se apoya el aprendizaje deben ser distintos; por ejemplo, deben estimular la comprensión a partir de la no repetición acrítica de narrativas ajenas (principio del abandono de la narrativa) y la capacidad de cuestionamiento a partir de la interacción con el conocimiento y con otros sujetos en el proceso de aprendizaje (principio de la interacción social y del cuestionamiento). Esto se favorece en la medida que se permitan en el aula diversidad de estrategias (principio de la no centralización en la pizarra) y de materiales (principio de la no centralización en el libro de texto) acordes con una visión de ciencia como construcción social, permanente, dinámica, falible, sujeta a refutaciones.

Y es precisamente en este punto, relacionado con los principios de no centralización en el libro de texto y de no centralización en la pizarra, donde cobran especial importancia las tecnologías de la información y la comunicación, ya que estas favorecen nuevas maneras de dinamizar el proceso de aprendizaje, de atender a los diferentes ritmos y necesidades en relación con el acercamiento y la construcción del conocimiento, a la vez que favorecen otras maneras de representar el mundo superando la abstracción de algunos conceptos y fenómenos científicos, idealizando las condiciones en que se presentan y propiciando su comprensión. En este sentido, las tecnologías podrían considerarse materiales de enseñanza potencialmente significativos que permiten diversificar las estrategias de enseñanza y los materiales educativos; y deberían llegar a

las aulas escolares para favorecer no solo la apropiación conceptual, sino también la comprensión de la naturaleza de las ciencias y de sus métodos y procedimientos.

Así pues, tanto en la teoría de Moreira como en Hodson se reconoce en el estudiante la capacidad de ser representador del mundo, idea que Moreira puntualiza al mencionar que dichas representaciones son únicas (auténticas de cada ser humano) y son producto de la interacción entre el conocimiento previo y la nueva información presentada, llevando a la construcción de modelos o esquemas de representación como se conocen desde la psicología cognitiva, materializada en teorías como la de Johnson-Laird (1983).

En relación con lo anterior podría agregarse que la información que es presentada a través de herramientas digitales suele despertar en el estudiante mayor motivación, en la medida que es cercana a los gustos y prácticas cotidianas de la mayoría de los estudiantes jóvenes. Por ende, las TIC, y de manera particular las herramientas digitales constituyen una manera de favorecer el acercamiento de los y las estudiantes al lenguaje propio de las disciplinas científicas, propiciando nuevas formas de representar el mundo.

Es por esto que el concepto de representación se adopta como concepto articulador entre el primer reto planteado por Hodson y siete de los once principios de la TASC.

B. Enseñar y aprender sobre ciencia con TIC teniendo como base la incertidumbre.

El reto de aprender sobre ciencia planteado por Hodson implica el reconocimiento de la educación científica más allá de la apropiación de las disciplinas como lenguajes y de la comprensión de los diferentes medios para acercarse al conocimiento; en este reto se busca que el estudiante se apropie de la naturaleza y los métodos de la ciencia, de manera que pueda comprender las relaciones que se tejen entre esta con la tecnología y con la sociedad.

En la teoría de Moreira se plantean dos principios asociados a esta mirada epistemológica de la ciencia y de la enseñanza de las ciencias: el principio de

incertidumbre del conocimiento y el de conciencia semántica. El primero de estos está orientado a la necesidad de favorecer la comprensión de la ciencia como producto de la actividad humana a lo largo de la historia, susceptible de refutaciones y limitada en su propósito explicativo; en este mismo sentido, la conciencia semántica invita a desarrollar a través de la educación científica la conciencia sobre el lugar de las palabras, de los signos y las representaciones y, en este sentido, de los modelos como representaciones de la realidad de manera idealizada.

Para Justi (2006), “los modelos son instrumentos que adoptan formas distintas y tienen muchas funciones diferentes. Como instrumentos, son independientes de la «cosa» sobre la que operan; sin embargo, se relacionan con ella de alguna forma” (p. 175). Así mismo lo plantea Moreira al describir que el significado está en las personas y no en las palabras en sí mismas; y que la palabra no es la cosa, sino una representación de esta; además, que los significados tienen dirección y que el significado de las palabras cambia.

Esta idea ejemplifica el concepto de conciencia semántica incluido por Moreira y resalta la necesidad de que la educación científica promueva esta concientización para evitar caer en los ya nombrados conceptos fuera de foco que alimentan la causalidad simple, la ciencia como verdad irrefutable, falsas dicotomías, entre otros.

En la medida en que el aprendiz es capaz de desarrollar aquello que denominamos conciencia semántica, el aprendizaje podrá ser significativo y crítico, pues, por ejemplo, no caerá en la trampa de la causalidad simple, no creerá que las respuestas tienen que ser necesariamente ciertas o erradas, o que las decisiones son siempre del tipo sí o no. Por el contrario, el individuo que aprendió significativamente, de esa manera pensará en alternativas en lugar de pensar en decisiones dicotómicas, en complejidad de causas en lugar de super simplificaciones, en grados de verdad en lugar de cierto o errado (Moreira, 2010, p. 14).

Todo esto se traduce en la necesidad de que la educación en ciencias promueva el cuestionamiento, la duda y la incertidumbre propias de toda actividad humana, que promueva la visión de ciencia como limitada e incierta en la que el estudiante pueda reconocerse como un actor con posibilidades de actuar y aportar en la construcción de dicho conocimiento y no solo se limite a ser espectador y repetidor de un conocimiento ajeno.

C. Enseñar y aprender a hacer ciencia con TIC a partir de preguntas y de la interacción con nuevos medios.

En Hodson (2003, 2010) se plantea como reto de la educación científica el acercamiento a procesos propios de la naturaleza de la ciencia, como son argumentar, justificar, debatir, criticar, refutar, validar, discutir, intercambiar, consensuar y compartir significados, representaciones y explicaciones; lo anterior, como elemento base de un nuevo currículo en ciencias que responda a las necesidades de las personas de acuerdo con el tiempo en que se educan y como manera de superar la enseñanza circunscrita a los modelos tradicionales. En la teoría de Moreira (2005/2010) se contemplan principios orientadores que apuntan a favorecer dichos procesos a partir, por ejemplo, del intercambio de preguntas y la negociación de significados entre estudiantes y entre estos con sus profesores; esto se concreta en el principio de la interacción social y del cuestionamiento: enseñar/aprender preguntas en lugar de respuestas. Entonces, en ambos planteamientos teóricos, se privilegia el valor de la pregunta y del cuestionamiento como elemento fundamental de una postura crítica.

De igual manera, los procesos de argumentación, cuestionamiento, validación de hipótesis, debate, representación de fenómenos y construcción de explicaciones son propiciados en la TASC a partir de los principios de no centralización en el libro de texto y de no utilización de la pizarra. Estos principios se basan en la necesidad de trascender en los materiales y estrategias que son usados para la enseñanza, otorgando valor a los desarrollos tecnológicos que sirven a los procesos educativos y que se constituyen en herramientas potenciales para la enseñanza y el aprendizaje en ciencias en la medida que, acompañados de una adecuada mediación pedagógica, se orienten a propiciar estrategias

de aula en las que se implique al estudiante en formas auténticas y significativas de aprender, desestimando así el lugar de la memorización, la repetición acrítica y la transmisión de ideas unidireccionales.

Aún en las escuelas se enseñan “verdades”, respuestas “correctas”, entidades aisladas, causas simples e identificables, estados y “cosas” fijos, diferencias solamente dicotómicas. Y aún se “transmite” el conocimiento, desestimando el cuestionamiento. El discurso educativo puede ser otro, pero la práctica escolar sigue sin fomentar el “aprender a aprender” que permitirá a la persona lidiar con el cambio de forma fructífera y sobrevivir. (Moreira, 2005, p. 85)

A modo de resumen, en el mapa conceptual de la figura 2 se indican las relaciones establecidas entre los referentes teóricos: retos de la educación científica (Hodson 2003, 2010) y teoría del Aprendizaje Significativo Crítico (Moreira 2005, 2010).

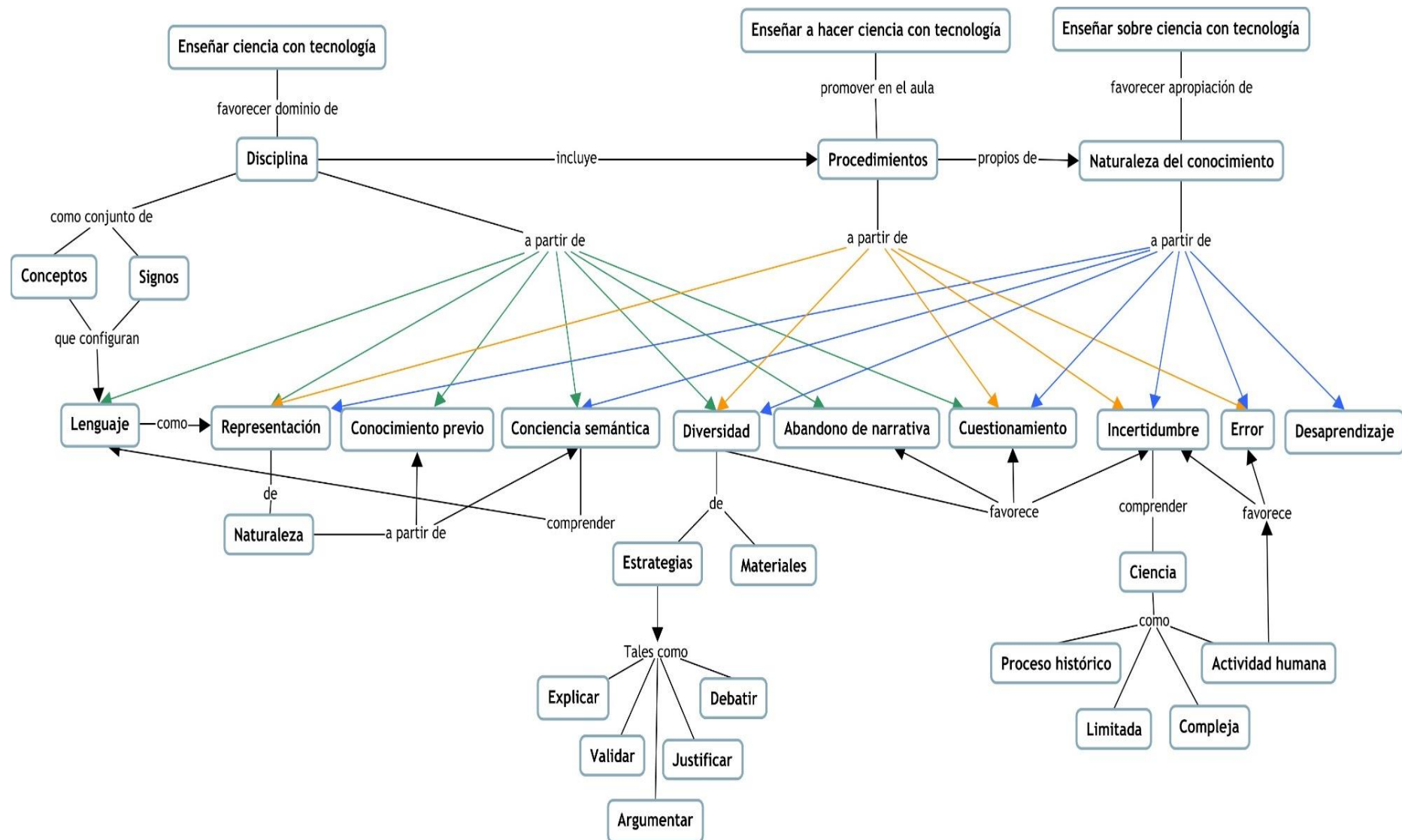


Figura 2. Mapa conceptual de relaciones establecidas entre los referentes teóricos.

Nota: Este mapa conceptual relaciona los retos de la educación científica, propuestos por Hodson (2003, 2010), con los principios de la Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico propuestos por Moreira (2005, 2010)

3.6 FUNDAMENTOS EPISTEMOLÓGICOS DEL MODELO

Los referentes teóricos adoptados presentan de manera implícita visiones epistemológicas sobre la ciencia y su enseñanza, los cuales se constituyen en el punto de partida para la construcción de un modelo didáctico con el que se pretende dotar de fundamentación el uso de las TIC y de esta manera superar su marcado uso instrumental en la enseñanza.

Así mismo, la propuesta encuentra fundamento en los planteamientos de Bachelard, especialmente en su comprensión de las ciencias como “construcciones de pensamiento”, su noción sobre obstáculos epistemológicos y pedagógicos, y el lugar que otorga al cuestionamiento, al error y a la incertidumbre en el proceso de aprendizaje de las ciencias.

Según Bachelard (1985/2010), los *obstáculos epistemológicos* actúan como necesidad funcional que busca la supervivencia del *espíritu ingenuo* frente al *espíritu científico*, en una especie de efecto inercial propio del acto de aprender

Es en el acto mismo de conocer, íntimamente, donde aparecen, por una especie de necesidad funcional, los entorpecimientos y las confusiones. Es ahí donde mostraremos causas de estancamiento y hasta de retroceso; es ahí donde discerniremos causas de inercia que llamaremos obstáculos epistemológicos (p. 15)

Entonces, los obstáculos epistemológicos se entienden como aquellos conocimientos que se desarrollan en medio de la experiencia del sujeto con el mundo, con un marcado efecto de la subjetividad dada por los sentidos, que se instauran en la conciencia y ejercen resistencia al conocimiento objetivo o validado.

El inconsciente del espíritu científico es la principal fuente de contrapensamientos, basados en datos sensibles, poco

diferenciados, implícitos, que dificultan la emergencia de valores racionales. Son estas resistencias del pensamiento al pensamiento lo que Bachelard denomina obstáculos epistemológicos. (Pesa, 2000, p.9)

Esta noción de obstáculo epistemológico otorga un lugar de especial interés en los *conocimientos previos* de los estudiantes, pues si bien estos se comprenden como la base del aprendizaje significativo, también es necesario una comprensión de estos como obstáculo a partir del cual deberá enfocarse el proceso de *aprendizaje* y de *desaprendizaje*. En palabras de Bachelard (1985/2000):

Es entonces imposible hacer, de golpe, tabla rasa de los conocimientos usuales. Frente a lo real, lo que cree saberse claramente ofusca lo que debiera saberse. Cuando se presenta ante la cultura científica, el espíritu jamás es joven. Hasta es muy viejo, pues tiene la edad de sus prejuicios. Tener acceso a la ciencia es rejuvenecer espiritualmente, es aceptar una mutación brusca que ha de contradecir a un pasado (p. 16).

En el marco de estas situaciones (aprendizaje y desaprendizaje), Bachelard hace énfasis en el lugar de las *preguntas* para el desarrollo del espíritu científico. Al respecto menciona que “para un espíritu científico, todo conocimiento es una respuesta a una pregunta. Si no hubo pregunta, no puede haber conocimiento científico. Nada es espontáneo, nada está dado, todo se construye” (Bachelard, 1985/2000, p.16). En este sentido, el *cuestionamiento* adquiere un rol positivo en la epistemología Bachelardiana, así como también lo tiene el *error*, presentado por el autor como una oportunidad para la construcción del conocimiento científico.

La perspectiva epistemológica de Bachelard que asigna un carácter positivo y estructural al error implica una concepción innovadora al problema de la verdad. En efecto, para este autor no hay en ciencias verdades iniciales y absolutas. Por el contrario,

sostiene que la verdad resulta de una superación continua y permanente de los errores en un proceso de aproximación creciente a la resolución de polémicas (Pesa, 2000, p.11).

Esta apertura al error introduce otro elemento importante de la visión de Bachelard sobre la ciencia y su enseñanza y es la comprensión de la *verdad*, no como entidad absoluta sino como resultado de la resolución permanente de polémicas sobre lo que figura cierto en un momento histórico; esto implica entonces una aproximación al concepto de *incertidumbre* del conocimiento, al que el autor otorga el triunfo del espíritu científico y el retroceso de los obstáculos epistemológicos (Pesa, 2000).

Ahora bien, en la teoría Bachelardiana, el concepto de *obstáculo pedagógico* es un símil de los obstáculos epistemológicos como crítica al ejercicio de la enseñanza de las ciencias poco rigurosa.

Entre los obstáculos epistemológicos referidos por Bachelard figuran: la experiencia básica y concreta, el conocimiento general, el conocimiento unitario y pragmático, el obstáculo verbal, el sustancialista, el animista y el del conocimiento cuantitativo. Por su relación con los propósitos de esta investigación, se hace énfasis en la experiencia básica y concreta, el conocimiento general, el obstáculo verbal y el animista.

Con el obstáculo de la *experiencia o la observación básica y concreta*, el autor hace referencia a la necesidad de “superar el empirismo inmediato”, incluir la experiencia y las demostraciones como un proceso orgánico, complejo, en el que se busca la comprensión y el desarrollo del pensamiento crítico más que la comprobación o la alineación hacia lo concreto, lo “natural” o lo “inmóvil” de la ciencia enseñada. En este punto, Bachelard hace una invitación puntual a superar la ciencia del *libro* como entidad estática, producto de la erudición y de la que emana el conocimiento, pretendiendo incluso sugerir las preguntas que el sujeto que aprende debería plantearse. Pero el trasfondo de este obstáculo está puesto en el riesgo que supone para la formación del espíritu científico, que los fenómenos complejos sean presentados como doctrinas fáciles, lo que coincide

con la idea de un pensamiento precientífico, alimentado por el asombro de la experimentación pintoresca e inocua.

En la enseñanza elemental las experiencias demasiado vivas, con exceso de imágenes, son centros de falso interés. No aconsejaremos bastante al profesor de pasar de inmediato de la mesa de experiencias al pizarrón, para extraer lo más pronto posible lo abstracto de lo concreto. Volverá a la experiencia mejor munido para discernir los caracteres orgánicos del fenómeno (Bachelard, 1985/2000, p. 45).

Respecto al *conocimiento general*, este se entiende como obstáculo pedagógico en la medida que la enseñanza pretenda ser demasiado abarcadora o pretender una comprensión general de la ciencia, y, por tanto, superficial; lo cual podría conllevar a un conocimiento simplificado en definiciones y verdades estáticas que pueden derivar en generalizaciones limitadas en validez.

En relación con el obstáculo verbal, Bachelard advierte sobre el riesgo de la “palabra explicativa” representada en las analogías, metáforas e imágenes a las que se recurre con frecuencia para hacer comprensible el conocimiento.

Finalmente, sobre el *obstáculo animista* es posible decir que corresponde a la instaurada pretensión de relacionar situaciones complejas con elementos vivos para hacerlos “explicativos”, una especie de seductora metáfora de la vida a partir de la cual se pretenden explicaciones generalizadas de los fenómenos naturales, lo cual devela arraigadas nociones precientíficas como obstáculos para el aprendizaje de nuevos conceptos.

En una cierta etapa del desarrollo precientífico, los fenómenos biológicos son los que sirven de medios de explicación de los fenómenos físicos. Y esta explicación no es una mera referencia a la oscura intuición de la vida, a la sorda emoción de las

satisfacciones vitales; es un desarrollo detallado que aplica el fenómeno físico sobre el fenómeno fisiológico. (Bachelard, 1985/2010, p. 191)

Esta visión de obstáculos epistemológicos es, por mucho, compatible con los referentes didácticos adoptados en este trabajo (Hodson y Moreira). Y para intentar presentar las relaciones encontradas entre los retos de la Educación Científica, los principios de la Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico y los principales elementos de la epistemología de Bachelard, hemos elaborado el mapa conceptual de la figura 3.

Además de los obstáculos epistemológicos definidos por Bachelard, en este trabajo se pretende evitar lo que Guadarrama (2018) define como reduccionismos epistemológicos para nombrar a las simplificaciones en la manera de comprender la realidad que llevan a visiones distorsionadas en el conocimiento.

Reducir, que también en el discurso cotidiano se entiende como disminuir o estrechar, constituye el plano ontológico-epistemológico, es decir en cuanto al ser de los fenómenos y su conocimiento, una forma simple o sencilla de concebir la diversidad y complejidad de la realidad, atribuyéndole a un determinado elemento el papel protagónico y determinante para su desarrollo, lo cual presupone privilegiarlo a la hora de alcanzar un conocimiento elaborado de la realidad. Un enfoque reduccionista siempre conlleva una distorsión o deformación en la simplificación de la perspectiva, y, por lo tanto, en el resultado del proceso del conocimiento (Guadarrama, 2018, p. 25).

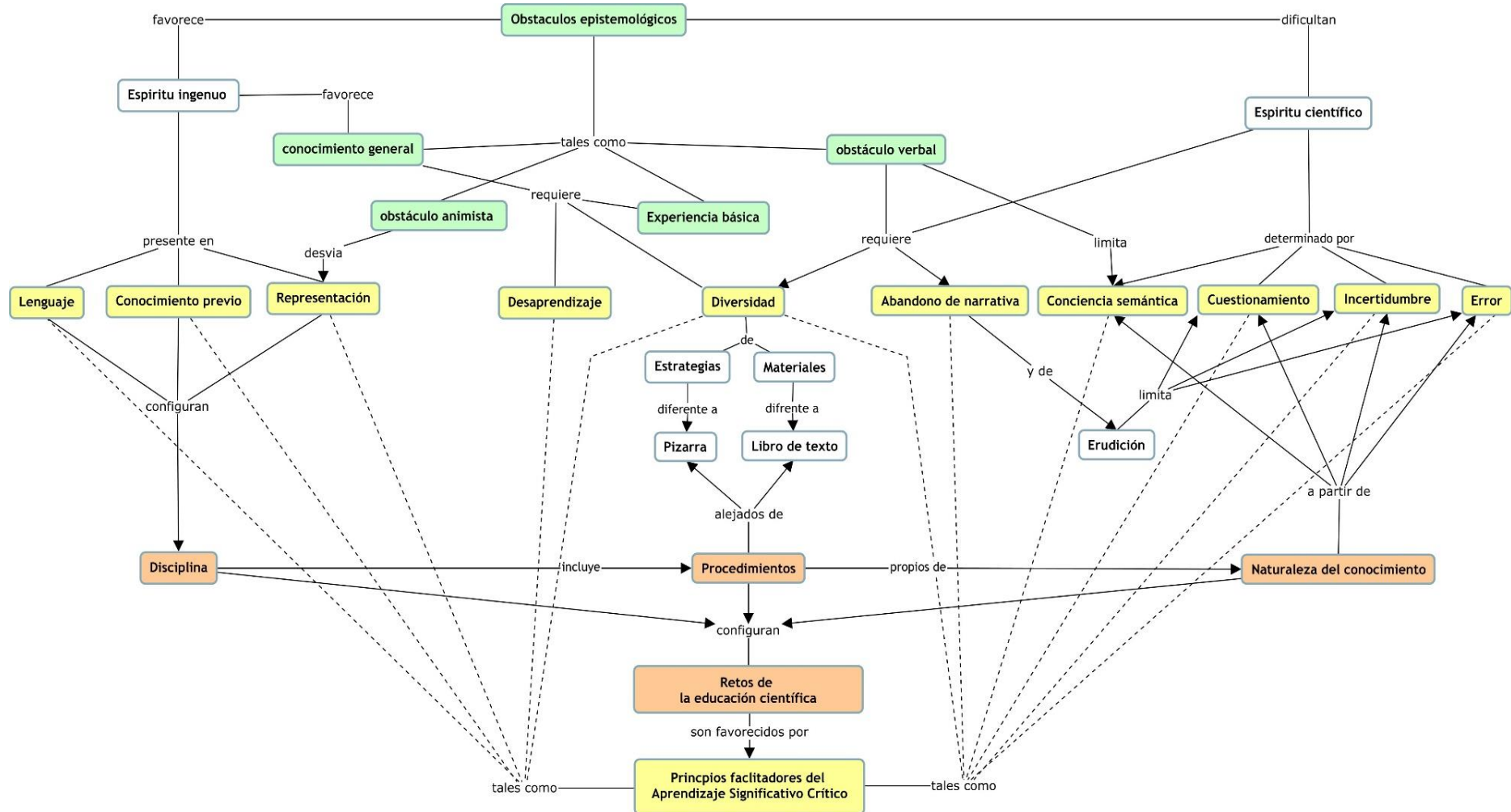


Figura 3. Relaciones establecidas entre los referentes didácticos y epistemológicos.

Nota. La figura muestra un mapa conceptual en el que se relacionan los retos de la Educación Científica, los principios de la Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico y los principales elementos de la epistemología de Bachelard.

Entre los reduccionismos epistemológicos este autor incluye el teocentrismo, el mecanicismo, el determinismo geográfico, el biologismo y el social darwinismo, el economicismo, el panlogismo analítico-lingüístico, el comunicativo-cibernético, el estructuralismo, el funcionalismo, el reduccionismo hermenéutico y el reduccionismo fenomenológico. De los anteriores, se adopta de manera especial el concepto de “reduccionismo comunicativo-cibernético” el cual se entiende como una apología a la sociedad del conocimiento, desde la cual se atribuye a las tecnologías de la información y la comunicación *per se* la capacidad de solucionar problemáticas de diferentes ámbitos sociales, entre ellos la educación; asunto que ha llevado a múltiples e insatisfactorias estrategias de implementación y dotación tecnológica en las escuelas y universidades.

Esta investigación, por tanto, se distancia de la perspectiva reduccionista que sustenta la idea del uso instrumental de las TIC, y desde la cual se asumen estas herramientas como solución a los problemas actuales de la educación científica, o como sinónimo de innovación educativa. Por el contrario, asumiremos las TIC como herramientas potenciales para la enseñanza y el aprendizaje, que adquieren significado en el proceso de mediación desarrollado por el profesor, y fundamentado no solo desde el saber disciplinar (incluido aquí el epistemológico), sino también desde el saber pedagógico y didáctico. Dentro de esta concepción de TIC, se reconoce un lugar protagonista al profesor, sin el cual, estas herramientas difícilmente lograrán un propósito educativo. En palabras de Guadarrama (2018) “pensar que todo se va a resolver por el perfeccionamiento de la acción (Apel-Habermas) o por la ampliación de la red de la información (Castell) o por la dominación Universal de las computadoras (Bennet), llevaría nuevas utopías abstractas” (p. 65).

CAPÍTULO 4: FUNDAMENTACIÓN METODOLÓGICA

4.1 ENFOQUE, PERSPECTIVA Y TIPO DE ESTUDIO

La presente investigación se enmarca en un enfoque de investigación cualitativo desde el punto de vista interpretativo, enmarcado en el construccionismo social, como postura epistemológica que reconoce el lugar de los sujetos y las comunidades en la construcción del conocimiento; y, dentro de la cual, el análisis de los procesos históricos y sociales permiten la comprensión de los fenómenos estudiados, especialmente aquellos que tienen que ver con la realidad social. De esta postura se retoman elementos como la historicidad, la dependencia contextual y el carácter sociolingüístico, como elementos constitutivos del estudio de los fenómenos sociales en busca de su desnaturalización y comprensión.

Dentro del paradigma cualitativo, se valora la posibilidad de producir conocimiento con base en la construcción de significados en interacción con otros sujetos y con el contexto, a partir de una relación cercana con el objeto de investigación, en un proceso que se reconoce como dinámico, flexible y en permanente construcción, que da lugar a comprensiones y nuevas preguntas sobre el fenómeno estudiando.

En coherencia con lo anterior, la visión de educación expuesta en este trabajo reconoce el cuestionamiento y la interacción social como pilar de la construcción de conocimientos, el lenguaje y la conciencia semántica como posibilidad de acercamiento a los conocimientos socialmente construidos y validados, en tanto que el conocimiento es fabricado a través del lenguaje, desde el cual se tejen las interacciones que las personas establecen entre sí y que determinan lo que se conoce como “verdad”.

El conocimiento es principalmente el resultado del lenguaje, el cual está inmerso en una cultura. Por ello, cuando se observan fenómenos, por más que se pretenda registrarlos de manera objetiva, hay que reconocer a qué se requiere el lenguaje, lo que

significa que en ese momento las observaciones están cargadas de conceptos de cultura (Paramo, 2013, p. 186).

Asimismo, se reconoce el aprendizaje como fruto de unas relaciones sociales mediadas por la negociación de significados, la apreciación del error, y la incertidumbre del conocimiento, como principios de un aprendizaje emancipador, que le permite a los sujetos reconocer las interacciones entre el conocimiento y otras dimensiones del mundo; entre ellas, la social, la ambiental, la económica, la política, y, tomar decisiones fundamentadas frente a sus acciones en estos contextos.

Por otro lado, la investigación cualitativa y su sentido humanista se considera favorecedora del estudio de fenómenos relacionados con el ser humano como tal, y con su proceso de formación; en correspondencia, se considera punto de partida para acceder a información de carácter personal a partir de las interpretaciones, sensaciones, expresiones y todo tipo de manifestaciones humanas representadas en el lenguaje, que den cuenta de su relación con la propuesta que se desarrollará; así permitirá una valoración proyectada.

Desde este paradigma, se recurre a la *Investigación Basada en Diseño (Design Based Research)*, una perspectiva metodológica presentada por Barab y Squire (2004) en la que se destaca la posibilidad de desarrollar innovaciones en los contextos educativos, con fines de mejorar la práctica, los procesos, o de contribuir a la construcción de teoría sobre un asunto en particular. Todo esto a partir de un proceso sistemático e iterativo, que tiene como punto de partida la identificación de problemas significativos, reales, factibles de abordar desde la intervención didáctica; así como la revisión sistemática de literatura, que permite una comprensión contextual del problema en un campo de investigación, en este caso la didáctica de las ciencias.

La investigación basada en diseño (en adelante IBD) se compromete con la búsqueda de soluciones a dichos problemas y, por ende, busca generar teorías, no con la intención de generalización, sino más bien, con el ánimo de orientar respuestas en contextos concretos, a partir de las cuales la investigación educativa adquiera relevancia para los profesores y demás participantes del proceso.

Su naturaleza iterativa implica que la construcción de sentido, sobre un asunto en particular, requiera ser puesto en escena en un contexto de desarrollo amplio y multifactorial, y que, a su vez, sea refinado a partir de un proceso sistemático de puesta en marcha, valoración y mejoras. Desde la perspectiva de Barab y Squire (2004), las iteraciones proporcionan la oportunidad de variar sistemáticamente la situación diseñada, a partir de la retrospectiva sobre sus logros y limitaciones; “este tipo de trabajo es de naturaleza iterativa, con el compromiso a largo plazo de ser continuamente refinada y producir afirmaciones teóricas, lo que diSessa y Cobb llaman -innovaciones ontológicas” (Barab y Squire, 2004, p. 9).

La IBD entonces es compatible con múltiples problemáticas educativas que implican un diseño, sea este curricular, didáctico, evaluativo, entre otros, y que se somete a pruebas y reflexiones permanentes para su cualificación. En este sentido, es un proceso sistemático, pero flexible, en el que los diseños iniciales se adaptan con base en las respuestas obtenidas durante la implementación, y consecuentemente, con base en las reflexiones suscitadas en las que se establecen relaciones dialógicas permanentes entre el diseño, la fundamentación teórica y la experiencia.

La literatura sugiere que una investigación basada en diseño ostenta las siguientes características:

- Está orientada a la innovación educativa
- Responde a problemas reales de los contextos educativos.
- Se apoya en teorías y modelos para dar respuesta a los problemas que requieren su desarrollo.
- Articula el diseño de entornos de aprendizaje y el desarrollo de teorías o "prototeorías" sobre su validez.
- Tiene lugar a través de ciclos continuos de diseño, validación, análisis y rediseño.
- Debe conducir a otros investigadores a nuevos diseños educativos.
- Debe explicar cómo los diseños funcionan en entornos auténticos. No solo debe documentar los éxitos o fracasos.

Se destaca en esta metodología el sentido pragmático orientado a producir cambios en las prácticas educativas y el sentido iterativo que da cabida a la retrosección constructiva y que permite el perfeccionamiento de los diseños, dando lugar a una comprensión amplia sobre el fenómeno y su contexto de desarrollo. De igual manera, se destaca su principio de fundamentación teórica que parte de una revisión sistemática de la literatura para favorecer la comprensión del estado de la investigación y, parte de ella para la elaboración de los diseños, a la vez que vuelve a ella con cada ciclo iterativo para refinar elementos y ajustar detalles que le otorguen mayor validez teórica.

Es de aclarar que como toda investigación educativa es limitada, no pretende generalizaciones y está sujeta a la validez dada por un momento histórico determinado; es inconclusa, en la medida que no abarca la totalidad del problema, pero a su vez abierta en la medida que deja planteadas nuevas perspectivas y oportunidades de investigación.

Sobre su aplicación en la educación, Van den Akker (1999) identifica cuatro subdominios del campo educativo donde la IBD tiene ya cierta tradición: ‘Currículum’, ‘Medios y Tecnología’, ‘Instrucción y Aprendizaje’, y ‘Didáctica y Formación de profesores’. A pesar de que en los subdominios de ‘instrucción y aprendizaje’ o ‘didáctica y formación de profesores’ este tipo de investigación ha tenido gran desarrollo, es en ‘medios y tecnología’, al ser un área de rápido crecimiento, donde tiene un lugar prominente (De Benito y Salinas, 2016, p. 46).

Respecto al proceso (fases, momentos) de la Investigación Basada en Diseño, puede decirse que responde a la naturaleza de la investigación; no obstante, algunos autores han sugerido fases o elementos constitutivos de esta metodología (Reeves, 2000; 2006; Garello, Rinaudo y Donolo, 2010; Plomp, 2010; Easterday, Lewis y Gerber, 2014). En este trabajo consideramos el modelo de Reeves (2000), el cual sugiere estructurar el proceso en ciclos continuos de diseño, validación, análisis y rediseño.

En la figura 4 se muestra el diseño general de esta investigación, compuesta por tres iteraciones que parten de la revisión de la literatura, la lectura rigurosa del contexto y de investigaciones previas que configuran un diseño inicial o “prototipo teórico”, que se somete a validación y ajustes en una primera implementación. Fruto de esta se deberá adelantar una evaluación permanente que lleve a la realización de ajustes para una segunda implementación, teniendo como base no solo la fundamentación teórica, sino también, el análisis retrospectivo de la primera experiencia. La segunda iteración nuevamente se somete a análisis con miras a establecer un diseño más elaborado y pertinente que permita consolidar los elementos y recoger la información necesaria para un diseño final que configure las respuestas, cambios y nuevas preguntas en la investigación.

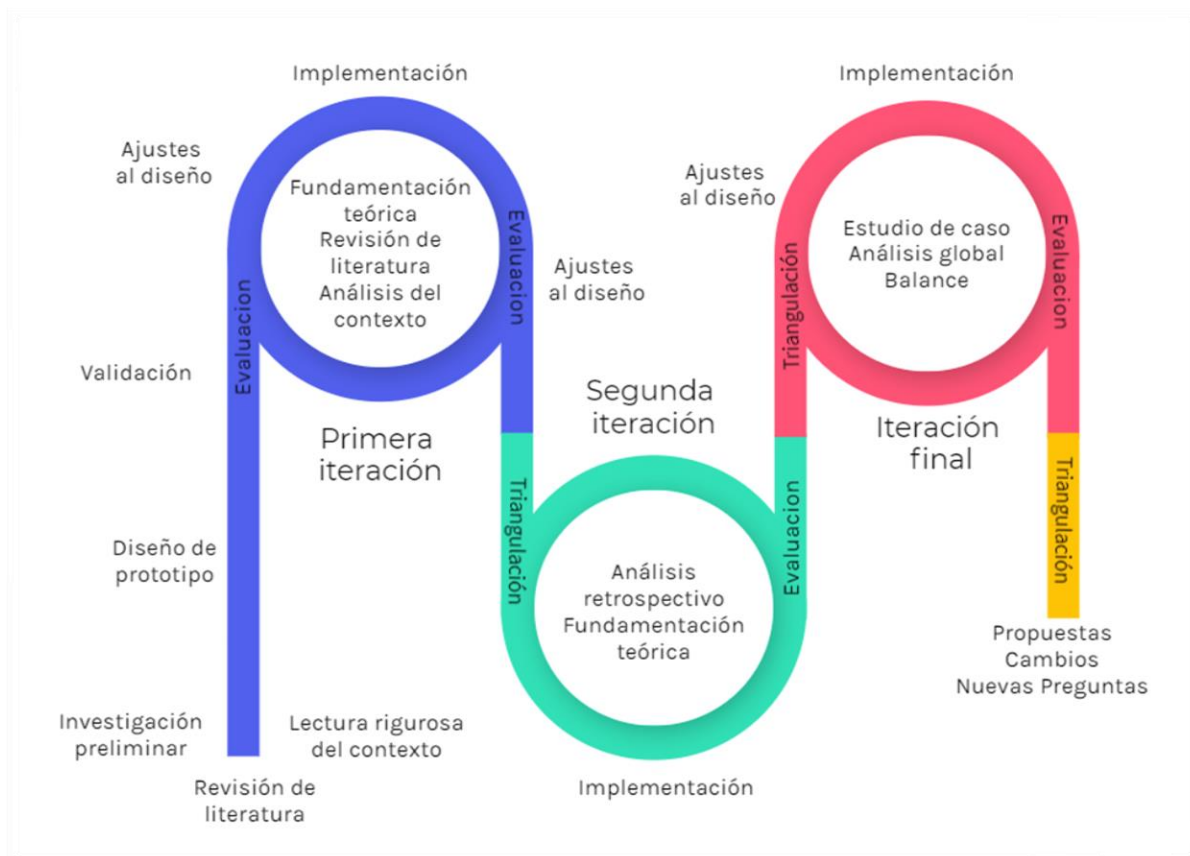


Figura 4. Fases de la investigación con base en la Metodología IBD

Como parte de este proceso, y para someter a validación y análisis retrospectivo el modelo que se pretende presentar, se diseña una propuesta de enseñanza que es trabajada con maestros en formación y en ejercicio como parte de cada iteración. Lo anterior implica establecer diferencias entre la metodología de investigación (IBD) y la metodología de

enseñanza. La primera de estas nos permite validar el diseño, sistematizar los hallazgos y construir un análisis que dé cuenta del proceso y los resultados obtenidos; pero es la metodología de enseñanza, la que nos permite acercarnos a los participantes, conocer sus percepciones, claridades y vacíos frente al modelo para poder cualificarlo. En el apartado 4.6 se describe en detalle la propuesta de enseñanza y cada una de las actividades que se desarrollan en las iteraciones.

Entre las potencialidades de trabajar con la metodología IBD se reconoce la posibilidad de otorgar solidez a los diseños educativos, en la medida que estos son sometidos a revisión y cualificación permanente; además, permite abordar las problemáticas y necesidades de los contextos educativos a partir de procesos sistemáticos y fundamentados.

De igual manera, se reconoce que la IBD permite otorgar significado a la investigación educativa y la práctica pedagógica, de manera que no sean entidades aisladas, o que la investigación no sea actividad exclusiva de la formación posgradual de los profesores, sino que forme parte de la dinámica de las instituciones y de los procesos educativos y que represente cualificación de estos.

Es de resaltar que este paradigma de investigación tiene importantes puntos de encuentro con la Investigación-Acción (en adelante IA); no obstante, su pretensión de alcance, así como el rol de los participantes en el proceso, entre otras características, demarcan sus diferencias. Para Molina et al (2011) una de las diferencias entre la IBD y la Investigación-acción es que la IA persigue el desarrollo de las personas involucradas en el proceso educativo, mientras que en los estudios de diseño se persigue el desarrollo de una teoría, y adicionalmente algún otro producto del diseño. Así mismo, menciona la diferencia en el rol de los participantes, pues en la IA los hace miembros activos y controladores del proceso de investigación, mientras que en la IBD los investigadores no necesariamente son partícipes de la situación analizada y, en todo caso, mantienen la iniciativa y liderazgo del proceso de investigación.

Otros autores han abordado las semejanzas y diferencias entre la IBD y la IA (Iivari y Venable, 2009; de Benito Crosetti y Salinas 2016). En la tabla 7 se recogen las principales diferencias entre estos paradigmas.

Finalmente, es de anotar que la IBD se apoya en otros métodos de investigación, así como en técnicas e instrumentos de recolección de información compatibles con la investigación cualitativa, de manera que permite el acercamiento al objeto de investigación de manera directa y obtener información integral del fenómeno estudiado.

Tabla 7. Semejanzas y diferencias entre Investigación Basada en Diseño y la Investigación-Acción

	Investigación Basada en Diseño	Investigación Acción participativa
Propósito	Innovación educativa	Generar una dinámica de cambio en una situación de un grupo social
Objeto de investigación	Problemas reales de los contextos educativos	La práctica pedagógica
Foco	La investigación	La autorreflexión sobre la práctica, empoderamiento.
Alcance	Diseño de intervenciones educativas para mejorar la práctica, los procesos, o contribuir a la construcción de teoría sobre un asunto en particular	Comprensión y mejora de la práctica educativa
Origen del problema	Identificación por parte de los investigadores de problemas significativos, reales, factibles de abordar desde la intervención didáctica	Comunidad, grupo de participantes.
Origen de la metodología	Ingeniería didáctica	Ciencias sociales
Naturaleza metodológica	Iterativa	Iterativa
Principios	Fundamentación teórica, relación teoría-práctica.	Análisis histórico y funcional, Conciencia socio política, conciencia crítica, Acción.

	Investigación Basada en Diseño	Investigación Acción participativa
Carácter	Participativa	Participativa
Etapas	Diseño, validación, análisis y rediseño	Planificación, ejecución-observación, evaluación
Relación entre etapas	Interrelacionadas	Interrelacionadas
Concepción de evaluación	Permanente, retrospectiva y prospectiva	Permanente, retrospectiva y prospectiva.
Validez	Coherencia interna y triangulación mediante el uso de diferentes fuentes, tipos de datos, procedimientos, evaluadores y teorías, para contrastar los resultados, evitar sesgos y garantizar la fiabilidad. Revisión por pares	Dada por sujetos implicados en el problema
Producto	Intervenciones educativas (programas, estrategias o materiales de enseñanza y aprendizaje, productos y sistemas)	Mejora de una actividad contextualizada

Nota. La literatura consultada sobre IBD permite identificar que, la principal diferencia de este paradigma con la IA está en "la generación de teoría" como propósito de la IBD y no de la IA, además de otros asuntos como su origen, foco, validez y productos esperados. Elaboración propia.

El uso combinado de técnicas de recolección y análisis de información aumenta su validez y contribuye, como lo señalan Bonilla y Cruz (1997) y Cook y Reichardt (1986), a la solución de problemas cuando se trata de investigación orientada a la transformación de la realidad (Páramo, 2017, p. 14).

En el marco de la cercanía de la IBD con diversas técnicas e instrumentos de recolección de información, se describen a continuación aquellas que serán implementados en el desarrollo de este trabajo.

4.2 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

De manera complementaria a la IBD, se recurrirá al análisis de contenido y al estudio de caso como técnicas para el acercamiento a la comprensión del fenómeno estudiado.

A. Análisis de contenido

Se comprende el análisis de contenido como una técnica que favorece la interpretación de textos, producto de procesos investigativos en los que media el lenguaje y la comunicación, y que dan lugar a acervos documentales, a partir de las cuales tienen lugar procesos interpretativos para develar significados a la luz de unos intereses de investigación. Para Piñuel (2002), el análisis de contenido es:

Un conjunto de procedimientos interpretativos de productos comunicativos (mensajes, textos o discursos) que proceden de procesos singulares de comunicación previamente registrados, y que, basados en técnicas de medida, a veces cuantitativas (estadísticas basadas en el recuento de unidades), a veces cualitativa (lógicas basadas en la combinación de categorías) tienen por objeto elaborar y procesar datos relevantes sobre las condiciones mismas en que se han producido aquellos textos, o sobre las condiciones que puedan darse para su empleo posterior (p. 7).

En este sentido, se comprende este proceso como un análisis inferencial, que permite ir de lo manifiesto a lo oculto (Valbuena, 2013), es decir, un proceso que va más allá de lo textual, de lo explícito, y que permite encontrar el sentido de un texto en un contexto; en este caso, un contexto de investigación. Esto requiere lo que Piñuel (2002) denomina apertura teórica.

Si se quiere conocer el sentido de un texto, debe mirarse no solo desde sus líneas, sino también desde su contexto y “esto solo es posible si tal texto se abre –teóricamente hablando– a las condiciones contextuales del producto comunicativo, al proceso de comunicación en el que se inscribe, y por tanto a las circunstancias psicológicas, sociales, culturales e históricas de producción y de recepción de las expresiones comunicativas con que aparece (Piñuel, 2002, p. 4).

Para lograr este propósito, se hace necesario abordar los productos escritos teniendo como base los objetivos de investigación, el marco teórico adoptado y las condiciones en que surge el problema de investigación; por ende, se requiere la definición de un sistema categorial a partir del cual se interprete la información obtenida. En este sentido, “un análisis de contenido incluiría necesariamente los siguientes pasos: selección de la comunicación que será estudiada; selección de las categorías que se utilizarán; selección de las unidades de análisis, y selección del sistema de recuento o de medida” (Piñuel, 2002, p. 7).

Este proceso inferencial e interpretativo permite producir conocimiento a partir de textos escritos; no solo aquellos que directamente se hacen en este formato (como pueden ser los diarios de campo, los cuestionarios, las narraciones, entre otros), sino también de aquellos que son resultado de procesos de transcripción (por ejemplo, las entrevistas, las grabaciones de audio, las observaciones, entre otros). La interpretación de toda la información da lugar a un nuevo texto de naturaleza descriptiva, que debe dar cuenta de un proceso sistemático, de un diálogo permanente con los referentes teóricos de investigación y sobre todo debe dar cuenta de un tratamiento holístico de la información.

El análisis de contenido ha de entenderse como un metatexto, resultado de la transformación de un texto primitivo (o conjunto de ellos) sobre el que se ha operado aquella transformación para modificarlo (controladamente) de acuerdo con unas reglas de procedimiento, de análisis y de refutación (metodología) confiables

y válidas, y que se hayan justificado metodológicamente (Piñuel, 2002, p. 7).

B. Estudio de caso

Dentro de las iteraciones concebidas en el diseño de esta investigación, se contempla un estudio de caso colectivo desde la perspectiva de Stake (1998; 2010); esto, con el fin de analizar en profundidad el aporte de un modelo didáctico para la construcción de propuestas de implementación de TIC en la educación básica y media, atendiendo a los propósitos actuales de la educación científica a partir de los principios de la teoría del Aprendizaje Significativo Crítico.

La definición del tipo de estudio de caso se orienta por la clasificación que hace Stake (1998; 2010) acerca de los estudios de caso, específicamente el estudio de caso instrumental, en el cual “el caso representa un instrumento para conseguir la comprensión de algo diferente al caso específico con que se hace la investigación” (p. 16, 26, 27, 63, 69, 71, 87). Esta definición lleva a la comprensión de un ‘estudio de caso colectivo’, como “el estudio de varios casos dentro de un mismo proyecto” (p. 18, 32, 85).

En palabras de Neiman y Quaranta (2006), el estudio de caso instrumental puede constituirse a partir del interés en un problema conceptual o empírico más amplio que el caso puede iluminar, y el estudio de caso colectivo resulta de la suma de estudios de caso similares.

De esta forma, se busca comprender no a los maestros participantes en sí mismos, sino, a partir de ellos y del análisis de la información aportada a lo largo del proceso, el aporte que tiene el modelo didáctico diseñado, en la comprensión de las TIC como herramientas plausibles para enseñar ciencia, enseñar sobre ciencia y enseñar a hacer ciencia, panorama que permite una comprensión de estas desde una dimensión que trasciende su uso instrumental.

Para la realización de este estudio de caso, definido como colectivo, se seleccionaron dos participantes, atendiendo a criterios de participación permanente, trazabilidad de la información e intención de continuar formando parte del estudio.

Además de las técnicas anteriormente descritas, se contemplarán los siguientes instrumentos para la recolección de información: observación, cuestionarios, producciones escritas y aportes verbales de los participantes, entrevistas y otros instrumentos de naturaleza cualitativa.

Con estos instrumentos se pretende recoger información acerca del reconocimiento de los maestros sobre su función mediadora en la incorporación de las TIC en la enseñanza, así como del potencial de estas herramientas para la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva compleja. De igual manera, se pretende hacer seguimiento a la posibilidad de adquirir elementos didácticos para la construcción de propuestas de implementación de TIC en la enseñanza de contenidos científicos.

4.3 PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS Y VALIDACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Como producto de este proceso iterativo, sistemático, reflexivo y fundamentado se presenta el modelo proyectado como objetivo principal de esta investigación, acompañado de una detallada descripción e interpretación del proceso de construcción y cualificación de este. Para ello se recurre a la Categorización y Codificación de la información desde la perspectiva de Cisterna (2005), con el fin de desglosar el universo de información en categorías que permitan una profundización analítica y argumentativa a partir de las cuales se pueda evaluar la pertinencia teórica, aplicabilidad, flexibilidad y demás elementos constitutivos del modelo. Esta mirada de la categorización es fundamental en el proceso de análisis de contenido, desde el cual se comprende que:

Para que el conjunto de procedimientos interpretativos pueda sostenerse como estrategias y técnicas de investigación científica, se suele requerir la elaboración previa de un repertorio estructurado de categorías derivadas de un marco metodológico. De este derivan

las hipótesis y objetivos que sostienen el procedimiento de normalización de la diversidad superficial del corpus textual o material de análisis, con vistas al registro de los datos, a su procesamiento estadístico y/o lógico y a su posterior interpretación (Cisterna 2005, p. 7).

Dicho autor diferencia las categorías en aquellas que denotan un tópico en sí mismo y que pueden derivarse de los objetivos de investigación, y aquellas que definen micro aspectos de un tópico de investigación y que se denominan subcategorías. Una vez definido este sistema, se recurre inductiva o deductivamente a nombrar cada categoría o subcategoría con un código que puede ser alfabético, numérico o alfanumérico, o en ocasiones se recurre a códigos de color o de formas; estos códigos permiten identificar en el acervo documental, fragmentos asociados a cada una de las categorías definidas, y de esta forma estructurar el análisis.

En la tabla 8 se presenta el sistema categorial definido para el análisis de la información obtenida y sistematizada en esta investigación.

Tabla 8. Sistema categorial para el análisis de la información.

Objetivo	Categoría	Subcategoría
Describir las características de un modelo didáctico para la implementación de TIC en la educación básica y media, que considere los propósitos actuales de la educación científica y los principios de la teoría del Aprendizaje Significativo Crítico.	Aportes del modelo en la comprensión de los retos de la educación científica en relación con el uso de TDIC	Aportes en relación con enseñar ciencia con TDIC.
		Aportes en relación con enseñar a hacer ciencia con TDIC.
		Aportes en relación con enseñar sobre ciencia con TDIC.
	Aportes del modelo en la comprensión de los principios de la TASC como facilitadores del aprendizaje de las ciencias con tecnologías	Aportes para la comprensión de los principios conceptuales y/o disciplinares.
		Aportes para la comprensión de los principios pedagógico-didácticos.
		Aportes para la comprensión de los principios epistemológicos.
Valorar el aporte del modelo didáctico en el diseño de propuestas de implementación de TIC en enseñanza de las ciencias.	Aportes del modelo en la configuración de propuestas de enseñanza con TIC	Recursos TIC seleccionados
		Principios de mediación
		Integración de los elementos del modelo didáctico



En relación con los procesos de validación, la Investigación Basada en Diseño al igual que otras perspectivas de investigación cualitativa, requiere apoyarse de procedimientos que permitan soportar teóricamente la carga subjetiva propia de este tipo de acercamientos investigativos; para ello se recurre a la Triangulación, entendida como relación dialógica entre los diferentes componentes de la investigación, entre ellos las fuentes de información, el marco teórico y los investigadores. Para este procedimiento de validación se recurre a las ideas de Cisterna (2005), para quien la triangulación “es la que permite sostener que se cuenta con un corpus coherente, que refleja de modo orgánico aquello que denominamos resultados de la investigación” (p. 69). Además de que “confiere a la investigación su carácter de cuerpo integrado y su sentido como totalidad significativa” (p. 70).

En el desarrollo de esta investigación, la triangulación da cuenta del cruce dialéctico permanente de las estrategias de intervención diseñadas con el marco teórico; así como, de las fuentes de información con el modelo diseñado y de este con los referentes teóricos y epistemológicos adoptados.

4.4 ASPECTOS ÉTICOS DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación aquí presentada parte de un conjunto de principios éticos que incluye:

- *Respeto a las personas*: aquí se incluye el respeto por su autonomía, identidad, libre expresión, consentimiento, desistimiento y el respeto por su privacidad (Colciencias, 2017).
- *Beneficencia*: este principio se refiere a la necesidad de que la investigación favorezca a los participantes, es decir, que los posibles daños o molestias sean sopesados con beneficios potenciales propios de la naturaleza de la investigación; en este caso, el beneficio está representado en aprendizajes, en cualificación de las prácticas docentes en las que se hace uso de TIC y en el acceso a material de trabajo, bibliografía, entre otros recursos a los que haya lugar (Colciencias, 2017).

- *Justicia*: hace referencia a la distribución justa de los riesgos y los beneficios resultantes de la investigación (Colciencias, 2017; Páramo, Ortega y Rodríguez, 2017).
- *Respeto por las comunidades*: implica el respeto y protección de los valores e intereses de la comunidad investigada (Páramo, Ortega y Rodríguez, 2017).

Dentro de los elementos que aseguran el respeto por la privacidad, se solicitó la firma del consentimiento de los participantes de la investigación, a través de un formato que contiene una presentación concisa y comprensible sobre el estudio, su justificación y objetivos, los beneficios del mismo y otros asuntos, como: el tiempo requerido, las técnicas e instrumentos a utilizar en el proceso, los productos que se derivarán del estudio, el uso que se les dará, la garantía de recibir respuesta a cualquier pregunta y aclaración sobre cualquier duda acerca de los procedimientos y otros detalles necesarios para que el participante voluntariamente tome la decisión sobre su participación o no en el proceso. Así mismo, en este formato se incluyen los derechos que el participante tiene y entre los que figuran el derecho al desistimiento, entendido este como la libertad de retirar su consentimiento en cualquier momento y dejar de participar en el estudio sin que ello represente perjuicio alguno; el derecho a la devolución de los resultados obtenidos en la investigación y los mecanismos para garantizar la confidencialidad de los participantes y de su información personal para garantizar su derecho a la privacidad. El consentimiento informado utilizado en esta investigación se adjunta en el anexo 1.

4.5 DESARROLLO METODOLÓGICO

En el capítulo 2 de esta investigación se han presentado los hallazgos de una revisión sistemática de literatura en torno a las categorías de ‘Modelo didáctico’, ‘Modelos didácticos para incorporación de TIC’, ‘TIC y asuntos epistemológicos’ y ‘TIC y Aprendizaje Significativo Crítico’; esta revisión constituye el punto de partida del diseño y da lugar al prototipo del modelo constituido por tres ciclos iterativos, donde cada uno de ellos se constituye en un estudio dentro del proceso de investigación aquí presentado.

A continuación, se presenta el prototipo del modelo didáctico que da lugar al proceso iterativo para su ajuste y validación, y, se describen las tres iteraciones planteadas en su implementación, lo cual constituye lo que denominamos la propuesta de enseñanza.

4.5.1 PROTOTIPO DEL MODELO DIDÁCTICO

Como se ha mencionado anteriormente, en el modelo didáctico contemplamos los siguientes elementos:

A. Origen.

El punto de partida de esta propuesta de enseñanza es el deseo de brindar a los maestros una orientación sobre la planificación de propuestas didácticas para utilizar las TIC en la enseñanza de los contenidos científicos. No pretende ser “una receta”, pues se reconoce la diversidad de posibilidades que ofrecen las TIC y sus heterogéneas epistemologías y sentidos, los cuales sería inviable tratar de ajustar a un único modelo. Lo que sí pretende esta propuesta, es visibilizar la posibilidad de articular el uso de las TIC con el abordaje de asuntos procedimentales y epistemológicos, de la mano del tratamiento de los asuntos conceptuales, en un intento por superar el sentido instrumental que ha marcado el uso de estas tecnologías en la educación y, encaminar estos esfuerzos hacia el cumplimiento de los retos de la Educación Científica. Cabe aclarar que de acuerdo con Coll (como se citó en Sánchez y Valcárcel, 1993) “la diferenciación del conocimiento en conceptual, actitudinal y procedimental es con carácter analítico y fundamentalmente por motivos pedagógicos” (p. 37); es decir, esta triplete no se concibe como entidades o procesos separados entre sí, sino como un conjunto de aspectos para tener en cuenta en todo proceso de formación. Esto pone énfasis en la importancia de ocuparse de los tres aspectos y no solo del conceptual como suele hacerse en la enseñanza de las ciencias en general y, sobre todo, en la implementación de las TIC.

B. Propósito.

Favorecer el diseño de propuestas de implementación de TIC en enseñanza de las ciencias por parte de maestros de educación básica y media, en las que se consideren los

propósitos actuales de la educación científica y los principios de la teoría del Aprendizaje Significativo Crítico.

C. Alcance.

Se pretende el desarrollo de un modelo teórico fundamentado en la experiencia otorgada por su aplicación en un proceso iterativo; por ende, su alcance es limitado y discreto, ya que atiende a un contexto y situación particular. Así mismo, se pretende la generación de un producto, en este caso un producto teórico que sintetice el modelo y permita su circulación académica.

D. Estructuración y niveles

Para la estructuración del prototipo se toma como base el concepto de Unidad de Enseñanza Potencialmente Significativa -UEPS- (Moreira, s.f.), el cual sugiere una serie de etapas en las que se contemplan como elementos transversales algunos principios de la TASC, especialmente en relación con la diversidad de estrategias y materiales de enseñanza, y el principio de la interacción social y del cuestionamiento.

En la figura 5 se representa la secuencia de elaboración de una UEPS, que contempla las etapas: a) Definir el problema; b) Proponer situaciones para explicitar conocimiento previo; c) Proponer situaciones o problemas que den sentido al nuevo conocimiento; d) Presentar el conocimiento a enseñar y aprender; e) Afirmar el conocimiento a enseñar y aprender y f) Proponer nuevas situaciones problema.

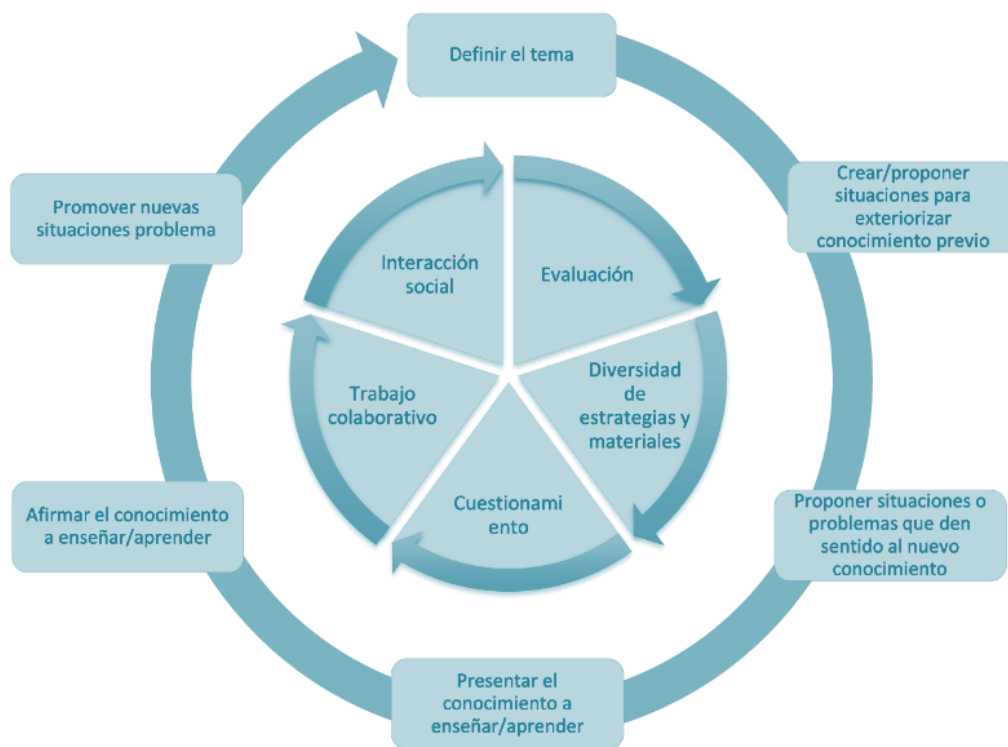


Figura 5. Estructura de una Unidad de Enseñanza Potencialmente Significativa -UEPS- Adaptado de (Moreira, s.f.).

Con base en lo anterior, y teniendo en cuenta la clasificación de los principios de la TASC presentada por López (2014), el modelo incluye los tres niveles: el pedagógico-didáctico, el disciplinar y el epistemológico; y los principios de la TASC que se tienen en cuenta en cada uno de ellos.

A continuación, se explican los propósitos y lo que se contempla en cada uno de los niveles propuestos en el prototipo del modelo y que se representan en el diagrama de la figura 6.

Pedagógico didácticos

- Valoración de pertinencia de la herramienta.
- Explicitación de objetivos.
- Definición de estrategias de mediación
- Proyección de estrategias de evaluación

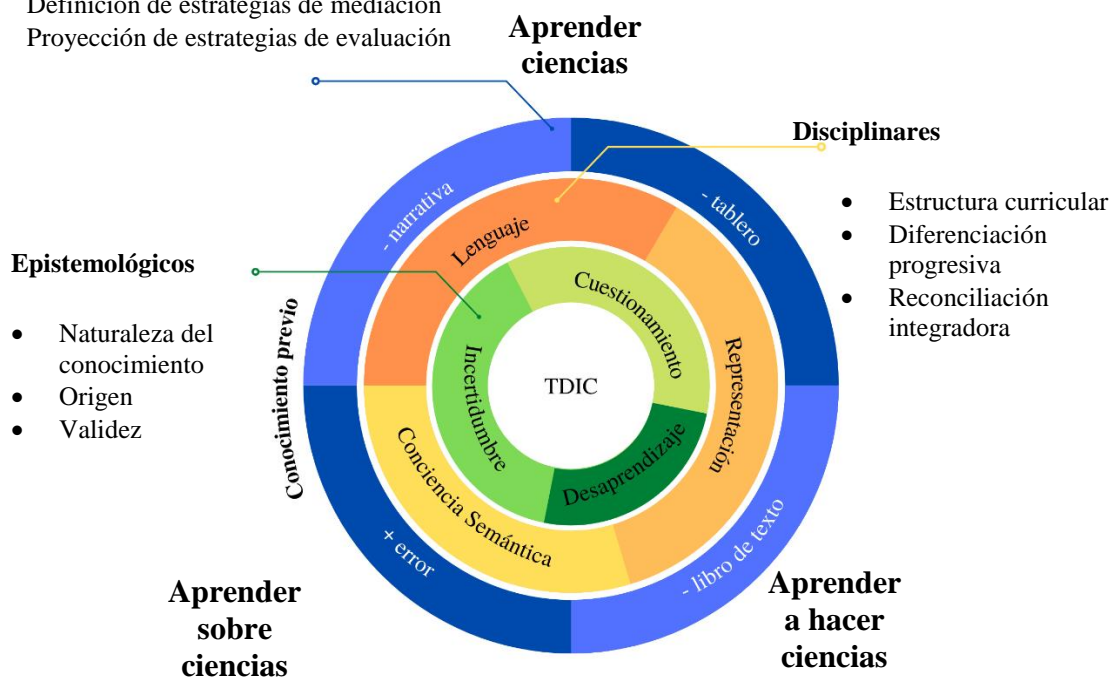


Figura 6. Primer prototipo del modelo

D.1 Nivel 1: Pedagógico - didáctico

Se ubica en la sección externa del diagrama. En este se invita a valorar la pertinencia de la herramienta, hacer explícitos los objetivos de enseñanza, definir las estrategias de mediación y planear las estrategias de evaluación que acompañarán al uso de la herramienta; todo esto de acuerdo con los principios de no centralización en el libro de texto y la pizarra, abandono de la narrativa y error como posibilidad de aprendizaje. Esto implica analizar los asuntos funcionales de la herramienta de cara al contexto en el cual será implementada, entre estos asuntos el *lenguaje*, no solo desde el punto de vista idiomático, sino también desde la pertinencia conceptual (de contenido), lo cual se articula con la necesidad de evaluar el *nivel* o grado escolar al cual se dirige la propuesta que integra

TDIC. Así mismo se hace necesario tener en cuenta la *accesibilidad*, el tipo de conectividad necesaria, los complementos de software requeridos, entre otros aspectos técnicos. Pero más allá de todos estos asuntos funcionales, se requiere evaluar la pertinencia de la herramienta seleccionada de cara a los *conocimientos previos del estudiante*, con el fin de definir la estructura de la propuesta de enseñanza y las estrategias de mediación. Finalmente, es necesario evaluar la *naturaleza del conocimiento* que se quiere enseñar y aprender haciendo uso de herramientas TDIC, es decir, su origen, la manera como se ha construido el concepto/teoría/axioma, sus fundamentos, sus posibilidades y limitaciones.

Incluir estos elementos como parte del prototipo del modelo tiene como propósito que, desde la búsqueda y selección del recurso, el profesor dirija su acción a un propósito más amplio que el instrumentalizar la demostración de un concepto, o reemplazar algunos elementos clásicos de enseñanza por otros de orden digital.

Ahora bien, explicitar los objetivos será parte de “negociar los significados” entre profesores y estudiantes, de manera que sea claro lo que se quiere lograr con el uso de una herramienta, así como los pasos necesarios para conseguirlo; esto incluye compartir los propósitos, alcance, estrategias y herramientas complementarias que se requieren para alcanzar el aprendizaje deseado.

En este punto, se hace importante plantear situaciones problemas que motiven al estudiante por el uso del recurso para el logro de un objetivo, lo cual también influye en la identificación de su rol en el proceso y en la aplicación de los aprendizajes en contextos y situaciones reales.

La definición de las estrategias de mediación que servirán como puente entre la herramienta y el aprendizaje del estudiante, corresponderán con el tipo de herramienta que se usa, con el grado escolar al que se dirige, los recursos que se poseen, así como con los fundamentos pedagógicos y didácticos a los que recurre el profesor; pero en todo caso, se invita a que estas estrategias favorezcan la construcción de relaciones cognitivas, esto es, la relación o anclaje entre conceptos e ideas previamente aprendidas, así como con ideas y conceptos de contextos diversos que favorezcan su aplicación y comprensión más amplia.

También implica que esas estrategias promuevan las concientizaciones sobre las potencialidades y limitaciones de la herramienta, un adecuado uso y apropiación de lenguaje que forma parte de la disciplina que se aprende y en igual medida que permitan el cuestionamiento, la capacidad de formular e intercambiar preguntas y negociar significados, más allá de buscar una comprobación o verificación de un concepto. En este proceso también es de gran valor reivindicar el error como posibilidad de aprendizaje, más aún cuando las herramientas con las que se está trabajando permiten la realización de múltiples experimentos, la retrospectión y análisis con el mínimo impacto en tiempo, en recursos y en otras limitantes de la práctica no mediada por TDIC.

Finalmente, la evaluación de los aprendizajes propiciados por la herramienta está íntimamente relacionada con las estrategias de mediación; es una relación interdependiente y complementaria como lo es el rol del estudiante como protagonista de su proceso de aprendizaje, con el de su profesor como mediador. En este sentido, la evaluación, desde su sentido amplio, complejo y auténtico, debe implicar la valoración permanente y, sumativa, de las conexiones cognitivas establecidas por el estudiante, por las concientizaciones que desarrolla, el uso del lenguaje como evidencia del aprendizaje, la capacidad de formular preguntas e intercambiar significados y de aprender del error.

D.2 Nivel 2: Disciplinar - Conceptual

Este nivel trasciende los asuntos técnicos y funcionales, para invitar a la estructuración curricular del contenido a trabajar por medio de los recursos TIC. Se busca que en este punto se evalúe el nivel en el cual se encuentran los conocimientos a trabajar y la organización secuencial requerida para favorecer su aprendizaje. Todo esto atendiendo a los principios programáticos de diferenciación progresiva y reconciliación integradora (Ausubel et al, 1978, 1980, 1983; Moreira, 20005, 2010); el primero de estos principios implica avanzar en la estructuración de los contenidos desde lo más general a lo más específico; y, el segundo, invita a “explorar, explícitamente, relaciones entre las diferencias y similitudes relevantes y reconciliar inconsistencias reales y aparentes” (Moreira, 20005, 2010); es decir, permitir conexiones cognitivas entre lo que se aprende y las ideas previas

con que el estudiante inicia su proceso, así como permitir la integración entre estas y los conocimientos que se aprenden a partir del error.

En este nivel se toman como referentes los principios de conocimiento como lenguaje, el del aprendiz como perceptor/representador y el principio de la conciencia semántica. Con el primero de estos se busca que, tanto al seleccionar las herramientas TDIC como en el proceso de enseñanza y aprendizaje en general, se reconozca la implicación que tiene el lenguaje en dichos procesos, pues todo conocimiento se constituye en una manera de percibir el mundo y todo ese conocimiento se representa en símbolos y configura un lenguaje. Por ende, aprender debe ser apropiarse de un lenguaje y, consecuentemente, las estrategias y los materiales que se usan en la enseñanza deben favorecer dicha apropiación. En el mismo sentido, con la ubicación del principio del aprendiz como perceptor/representador en este segundo nivel, se busca que las estrategias que acompañen el uso de una herramienta TDIC tengan en cuenta al estudiante como representador del mundo a partir de sus ideas previas, y puedan usar la herramienta para tal fin. En este sentido, la selección de la herramienta y su uso en la enseñanza debe cuidar el hecho de no replicar o favorecer la construcción de percepciones inadecuadas. Finalmente, con el principio de conciencia semántica se espera que, el uso de la herramienta TDIC pueda favorecer la comprensión sobre el significado de las palabras que se aprenden y el lugar de las representaciones.

Con este segundo nivel se busca promover una enseñanza de las ciencias compleja, que vaya más allá de la memorización de conceptos y busque la construcción de significado en cada uno de ellos; y esto, no puede ser ajeno a la enseñanza que se hace a través de las herramientas tecnológicas o apoyada en ellas, pues no es la herramienta en sí misma la que tenga tal alcance; sin embargo, sí se reconoce en ellas el potencial para favorecer este tipo de procesos en el aula.

D.3 Nivel 3: Epistemológico

Finalmente, abordar el marco epistémico, se refiere a compartir el sistema de ideas que dan lugar a la propuesta de enseñanza. Esto incluye, según García (2000), un

acercamiento al contexto sociohistórico en que se desarrolla el concepto. Así mismo, implica definir la cosmovisión del mundo y las priorizaciones teóricas que se hacen frente al contenido; esto es, indicar las limitaciones del concepto y los dominios en los que esta explicación teórica ha tenido mayor impacto, motivando un espíritu crítico sobre otras posibilidades, así como por el sentido finito y falible de las constricciones científicas.

Por lo anterior, se asocian en este nivel el principio de interacción social y del conocimiento, el principio del desaprendizaje y el principio de la incertidumbre del conocimiento, todos estos apuntan a una visión del mundo y de la ciencia como un proceso humano, enmarcado en un contexto sociocultural, originado en preguntas, e incierto.

Se busca entonces que el uso de las herramientas TDIC sea consecuente con esta visión de la ciencia, y se aparte de transmitir respuestas correctas y en cambio permitan “desnaturalizar” el conocimiento y apropiarse no solo su significado sino también las finalidades de este, así como sus implicaciones. Para apoyar este proceso, en la figura 7 se presentan algunas acciones necesarias para la implementación del modelo didáctico en el diseño de una clase.

Se espera entonces que las intervenciones en las que se hace uso de este tipo de recursos tengan en cuenta estos elementos, con el fin de aprovechar al máximo el potencial de este tipo de herramientas tecnológicas y trascender su uso netamente instrumental.

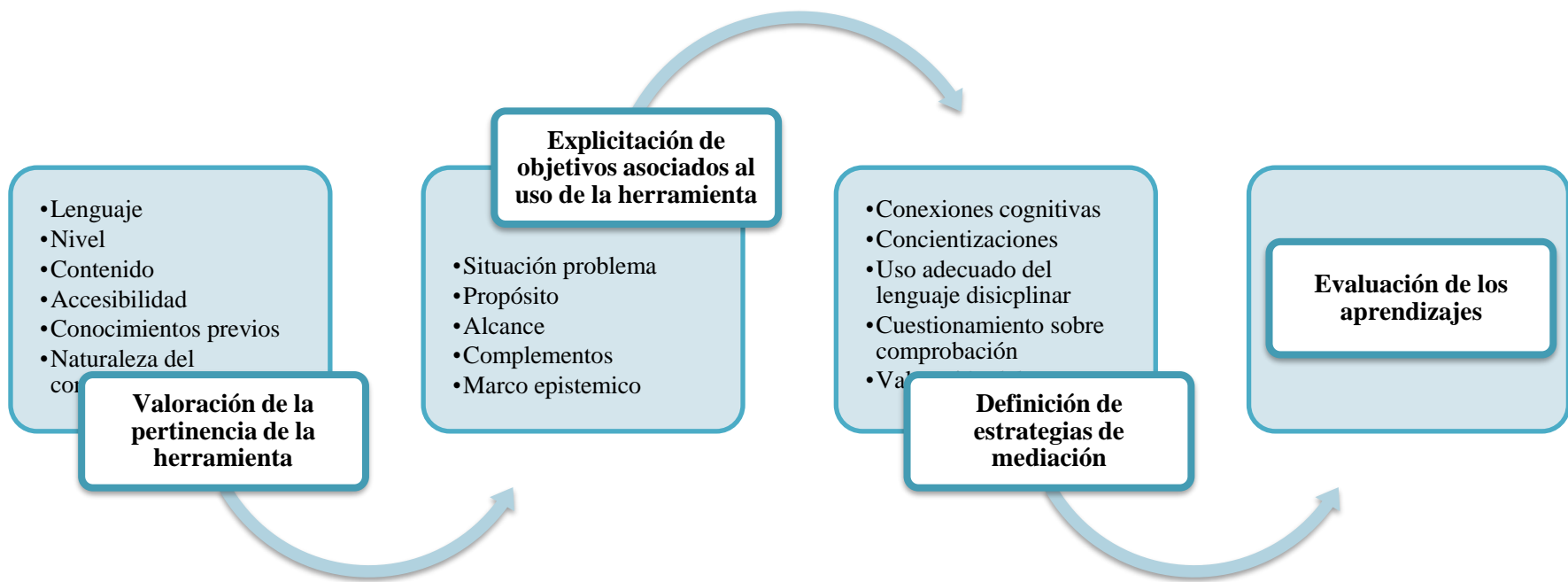


Figura 7. Resumen de acciones necesarias para la implementación del modelo didáctico.

4.6 ITERACIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DIDÁCTICO

Como ya se mencionó anteriormente, para la validación y análisis retrospectivo del modelo en construcción, se hace necesario seguir unos ciclos o iteraciones que permitan ir incorporando cambios de acuerdo con los resultados obtenidos con los prototipos del modelo. Con este fin, las iteraciones desarrolladas en esta investigación configuraron una propuesta de enseñanza, en la que progresivamente se incorporaron elementos del modelo, se analizó su aporte a la comprensión del uso de las TDIC por parte de los maestros participantes y se incorporaron mejoras en el diseño inicial.

Dicha propuesta de enseñanza se estructura en tres ciclos o iteraciones, la primera de estas tiene como foco trabajar con los maestros participantes sobre el lugar de las representaciones cuando se hace uso de TDIC e introducir elementos del modelo; la segunda iteración, tiene como propósito aplicar elementos del modelo en el diseño guiado de una clase con TDIC, y, la tercera iteración, tiene como fin aplicar el modelo en el diseño autónomo de una clase con TDIC.

A continuación, se describen las actividades y elementos que constituyeron cada una de las iteraciones.

4.6.1 PRIMERA ITERACIÓN: ESTUDIO 1

Esta iteración se compone de dos actividades, la primera es la identificación de los participantes por medio de un cuestionario, y la segunda, un taller enfocado en el lugar de las representaciones.

Identificación de los participantes

Como punto de partida y para el reconocimiento de la relación de los participantes con las TDIC, se propone el diligenciamiento de un cuestionario en versión digital. El

cuestionario tiene como propósito caracterizar a los participantes e identificar la valoración que hacen sobre las TIC para la enseñanza de las ciencias, especialmente, en relación con los aspectos estructurantes del modelo (pedagógico-didáctico, conceptual-disciplinar y epistemológico).

Dicho cuestionario estuvo conformado por una primera sección orientada a la caracterización de los participantes, que incluía preguntas de identificación personal, etaria y académica. Con base en las preguntas de caracterización se construye un perfil de los participantes destacando aspectos en común y divergencias, así como rasgos de particular atención para la comprensión de los aportes del modelo; estos hallazgos se presentan en el capítulo 5: resultados y análisis.

En la segunda sección del cuestionario se buscaba identificar la relación de los participantes con las TIC, indagando sobre el nivel de confianza y frecuencia de uso que les ofrece las TIC, sus preferencias y fundamentación teórica para su uso, entre otros asuntos. El cuestionario en extenso se puede encontrar en el anexo 2.

Taller: el lugar de las representaciones

Los programas de formación de maestros en ciencias comprenden dentro de su plan de estudios un importante componente experimental; este componente responde a la necesidad de propiciar una sólida fundamentación teórica y práctica a la par de la formación pedagógica. Estas prácticas experimentales han formado parte del plan de estudios desde sus orígenes y, desde entonces, su entorno de desarrollo ha sido el laboratorio, en el cual generalmente se desarrollan prácticas sobre contenidos teóricos abordados previamente.

Las prácticas de laboratorio de carácter demostrativo han debido transformarse en los últimos años, en respuesta a la comprensión de la potencialidad de las TIC para apoyar las prácticas de laboratorio, de manera que se dedique mayor esfuerzo a la comprensión de los fenómenos que a la toma y registro de datos. Y también han tenido que transformarse, para responder a la necesidad de que los procesos de formación sean cada

vez más virtuales. En este proceso de cambio, con frecuencia se recurre a la simulación computacional a través de laboratorios virtuales para la representación de fenómenos.

Así mismo, en la educación básica y media cada vez es más frecuente el uso de plataformas y recursos virtuales para el desarrollo de la práctica experimental y para el fortalecimiento de los contenidos teóricos con objetos interactivos y representaciones tridimensionales de conceptos fundamentales en ciencias, como célula, átomo, molécula, entre otros. Este tipo de recursos tienen un valor importante, como nuevas formas de presentar los contenidos, en las que es posible superar la bidimensionalidad del libro de texto y la pizarra y propiciar una comprensión de los conceptos con menor grado de abstracción, favoreciendo además su aplicación a nuevos contextos y el establecimiento de relaciones con otros niveles del conocimiento científico.

Al respecto, uno de los principales retos encontrados en la revisión de la literatura de esta investigación apunta a la necesidad de que los conceptos de “incertidumbre”, “precisión” y “exactitud” sean transformados en foco de investigación cuando se usan recursos TIC en la práctica experimental, dado que pueden ser limitantes de la comprensión de las incertidumbres asociadas a los procesos de medición (Bigliani, Capuano, Martín, Bordone y Ruderman, 2014). Lo anterior supone la comprensión de algunos elementos epistemológicos afines a las nuevas formas de acercarse a los fenómenos, sin desconocer el valor de las prácticas tradicionales y su aporte al desarrollo científico.

En este sentido, como primer ciclo iterativo, se propone analizar el prototipo del modelo didáctico en la puesta en marcha de un taller, cuyo objetivo es el análisis de las representaciones en una simulación computacional, a la vez que se estudia la historia de la construcción del concepto implicado y se establecen conclusiones sobre la diferencia que existe entre la representación y la ocurrencia del fenómeno en condiciones naturales.

En el taller se propone una situación relacionada con la física y se solicita analizar las trayectorias orbitales de los cuerpos del sistema solar que se presentan mediante una simulación computacional; también, estudiar la historia de la construcción del concepto

‘fuerza gravitatoria’ y establecer conclusiones sobre la diferencia entre la representación virtual del fenómeno simulado y cómo sucede el mismo en condiciones naturales.

En esta primera iteración se pretende que los profesores participantes identifiquen la necesidad de establecer concientizaciones sobre el papel de las representaciones en el estudio de las ciencias, identifiquen las posibilidades de recursos TDIC, específicamente de la simulación computacional, para favorecer los aprendizajes disciplinares, procedimentales y epistemológicos en sintonía con los retos de la educación científica.

1. Punto de partida:

En el estudio de la interacción gravitatoria es básico comprender la fuerza que ejercen los cuerpos entre sí, de acuerdo con su masa y a la distancia existente entre ellos. En el plano terrestre dichas fuerzas pueden ser tan débiles que resultan imperceptibles para la experimentación en el aula, por lo que tradicionalmente se ha recurrido al estudio de las interacciones entre los cuerpos celestes cuyas masas e interacciones son observables y medibles, y dan lugar a fenómenos como, la órbita de los planetas alrededor del sol y de la luna alrededor de la tierra, la formación de las galaxias, el calendario y sistema horario, entre otros.

Como recurso de apoyo para este proceso experimental se encuentran en la web, una serie de aplicaciones que permiten representar la fuerza gravitatoria ejercida por cuerpos que forman los sistemas Sol-Tierra, Sol-Tierra-Luna, Tierra-Luna, o incluso, Tierra-satélite. Incluso permiten ver el efecto de la falta de gravedad o de la variación de las masas de los cuerpos. Estos recursos muestran modelos idealizados tanto de los cuerpos celestes como de sus interacciones. Las imágenes 1 y 2, son ejemplos de recursos disponibles en la web sobre el sistema solar.

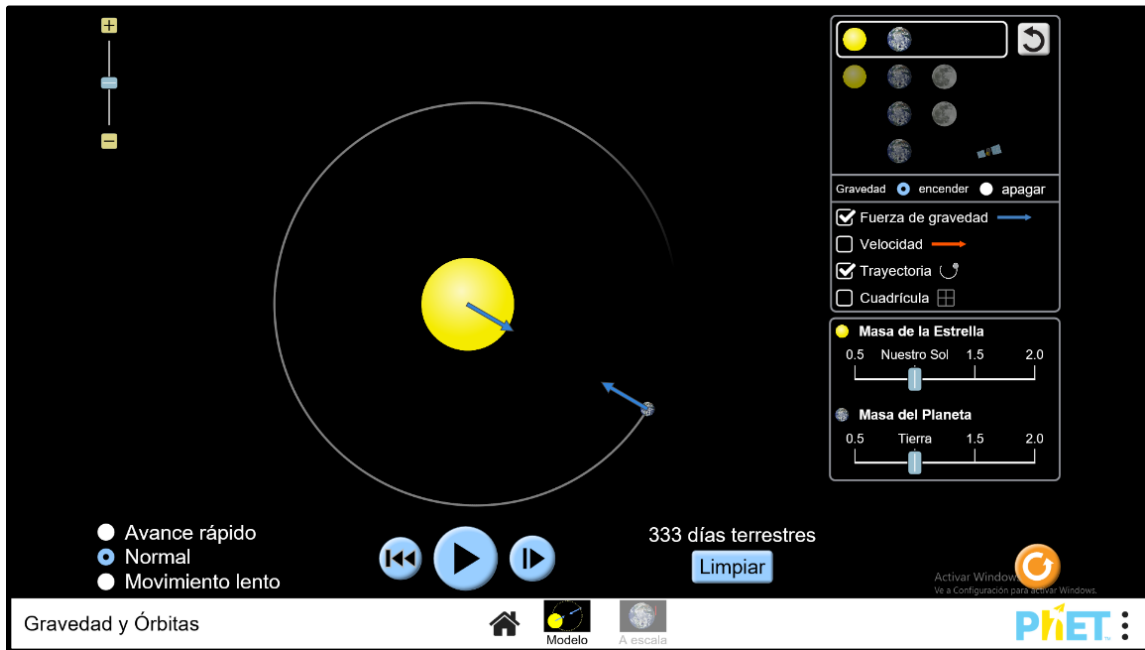


Imagen 1. Sistema solar en <https://www.solarsystemscope.com/>

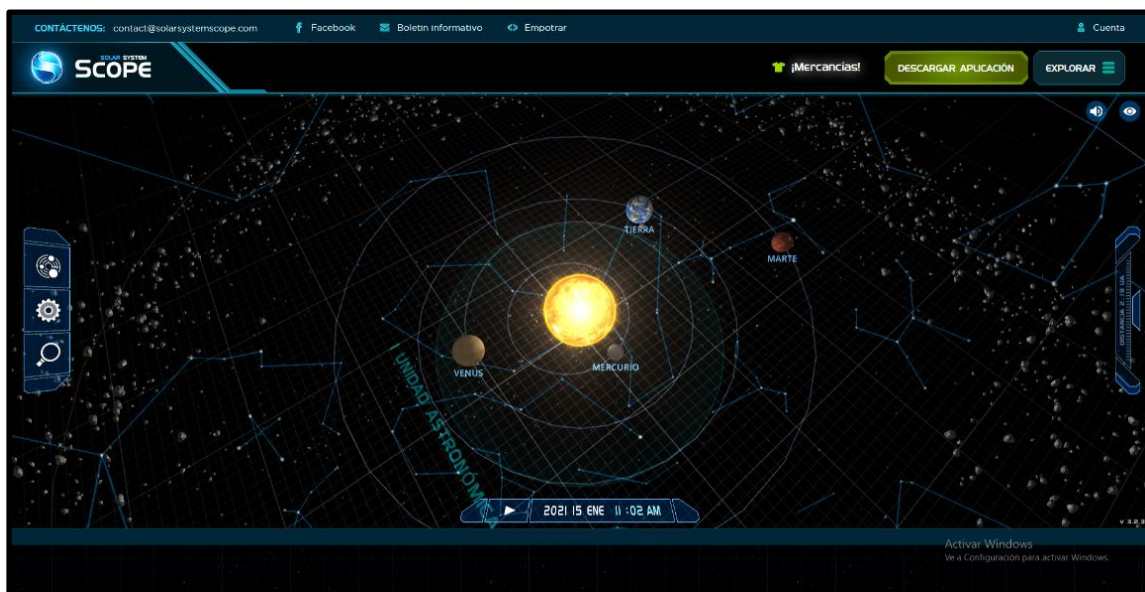


Imagen 2. Sistema Sol-Tierra en https://phet.colorado.edu/sims/html/gravity-and-orbits/latest/gravity-and-orbits_es.html

2. Situación problema:

Las representaciones de las imágenes 1 y 2 permiten superar la abstracción del concepto de fuerza gravitatoria y favorecer su comprensión, a la vez que admiten aplicar los aprendizajes en situaciones de mayor complejidad. Con base en esto se busca que los

participantes expliquen cómo usaría estos recursos en una clase en la que ese haga uso de estos recursos digitales.

3. Desarrollo:

Se solicita a los profesores participantes que planifiquen una clase donde se emplee el recurso tecnológico señalado anteriormente, con la pretensión de identificar saberes y concepciones previas en relación con el uso de TDIC para enseñar ciencias. Para ello se invita a los profesores a participar en un tablero interactivo en el que se agrupan, por categorías, elementos relacionados con asuntos estructurantes de una clase en la que se hace uso del mencionado recurso virtual y de la situación problema presentada. A partir de esto se pretende identificar la importancia que los participantes dan a la herramienta tecnológica y especialmente a las representaciones dentro del proceso de enseñanza, así como el lugar dado a los retos de la educación científica.



Imagen 3. Tablero interactivo para el desarrollo del taller.

Nota: en este se observan en la parte superior 5 temas, a los cuales se deben asociar las ideas dispuestas en la parte inferior. Los participantes también tienen la opción de agregar nuevos temas e ideas complementarias para el ejercicio. Herramienta Jamboard.

4. *Deconstrucción*

Se propone una discusión grupal con base en las siguientes preguntas foco:

- ¿Se puede enseñar ciencia con el uso de la herramienta digital propuesta?
- ¿Es útil la herramienta digital propuesta para apoyar la enseñanza del tema?
- ¿Qué elementos deben tenerse en cuenta para elegir una herramienta digital para la enseñanza?
- ¿La herramienta digital o recurso propuesto permite el aprendizaje de los conceptos?
- ¿Cómo trabajar con los estudiantes la diferencia entre representación y realidad?
- ¿Qué tipo de ciencia promueve la herramienta digital propuesta?
- ¿Qué se requiere para aproximar a los estudiantes a una visión sociocultural de la ciencia por medio de la herramienta TIC propuesta?

Para finalizar, antes del cierre del taller se hace una reflexión sobre las siguientes concientizaciones que requieren los modelos presentados en las simulaciones trabajadas:

- Son modelos idealizados del fenómeno, por lo que no contemplan otros aspectos como la excentricidad de las orbitas, que, en el caso de la Tierra da lugar a una órbita elíptica y no circular. De igual manera, la forma de los cuerpos que se representan regular y perfectamente esféricos, cuando en realidad suelen ser masas irregulares.
- La velocidad de un cuerpo a lo largo de una órbita no es constante.
- La dinámica de interacción gravitatoria entre los cuerpos sufre variaciones a lo largo del tiempo.
- Comprender la interacción gravitatoria requiere el acercamiento a conceptos como periodo orbital, velocidad orbital, centro de masa, perturbación gravitatoria,

excentricidad, periastro, apoastro, así como el acercamiento a construcciones teóricas como las leyes de Newton y de Kepler.

Las anteriores concientizaciones permiten trascender en el trabajo con las representaciones que ofrecen las simulaciones computacionales para favorecer la construcción de aprendizajes significativos, en una dinámica de apropiación crítica de los recursos tecnológicos que no se limita a la demostración de conceptos estáticos o verdades absolutas y que requiere la comprensión de la función explicativa y representativa de los recursos tecnológicos.

Tanto el ejercicio como la discusión tienen como propósito identificar el valor que dan los profesores a los diferentes elementos del modelo, así como validar su claridad, coherencia y suficiencia.

5. Presentación del modelo y reconstrucción

Se presenta a los profesores asistentes al taller el modelo didáctico con todas sus características, elementos y funciones, poniéndose énfasis en la finalidad de promover el aprendizaje sobre la ciencia, el cuál es posible conseguir a partir del uso de herramientas TIC como las trabajadas en el taller. A partir de esto, se pide a los participantes incorporar en su diseño de clase inicial los elementos identificados en el modelo.

4.6.2 SEGUNDA ITERACIÓN: ESTUDIO 2

El uso del modelo didáctico en el diseño de una clase

En esta segunda etapa se busca ubicar al profesor en la situación de preparar una clase apoyada en TDIC, para ello se le propone que planifique la enseñanza siguiendo una ruta a través de un juego, donde va tomando decisiones sobre los elementos a incluir en su diseño de clase.

La situación a partir de la cual se hará el diseño de la clase se concentrará en el contenido científico relativo al ‘sistema solar’ y el concepto de ‘gravedad’, aprovechando

las herramientas TDIC presentadas previamente. El juego que acompañará este diseño se estructura con base en el modelo propuesto y pretende servir de estrategia de apropiación.

El juego consiste en la conquista de una cima a medida que se va transitando por un camino de preguntas que apuntan a considerar elementos del modelo en el diseño de la clase. Su entorno gráfico se presenta en la imagen 4.

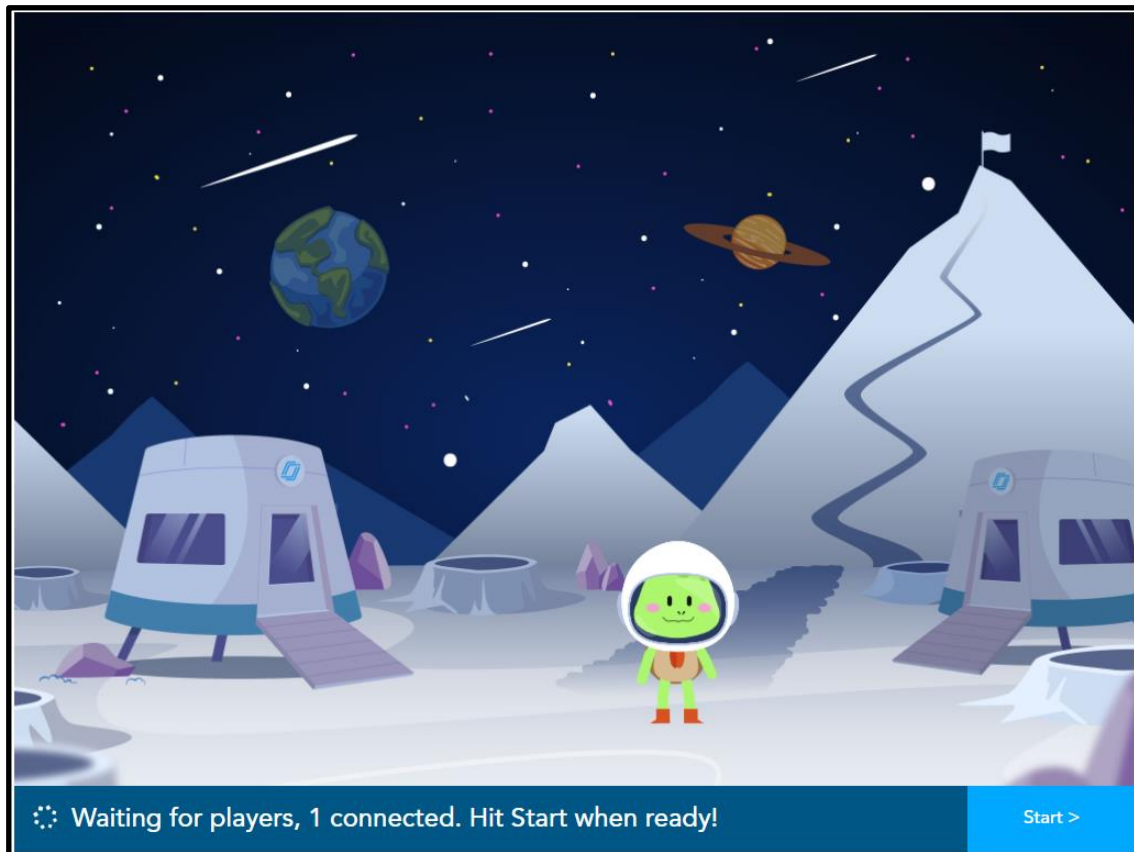


Imagen 4. Entorno grafico del juego diseñado para orientar la construcción de una clase basada en el modelo.

El juego tiene como propósito favorecer la apropiación del modelo didáctico; por ende, las preguntas se estructuran en tres niveles (consecuentes con el modelo) y se centran en los elementos que hay que considerar para trascender el uso instrumental de la tecnología.

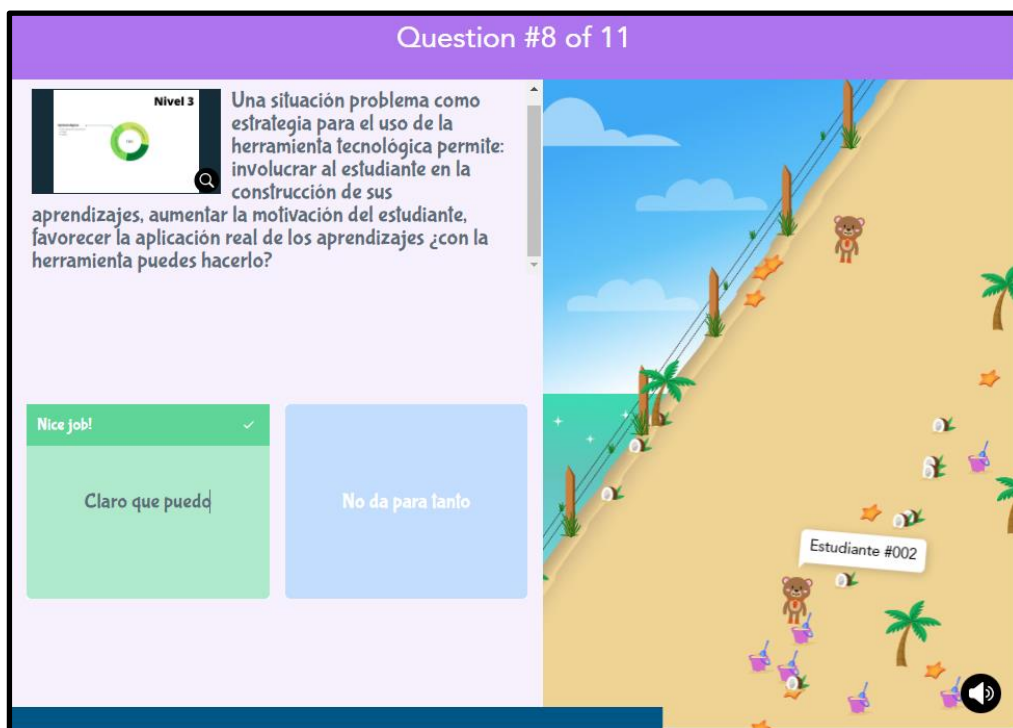


Imagen 5. Entorno grafico del juego en el que se evidencia la estructuración de las preguntas por niveles.

Nota: en este caso se presenta una pregunta correspondiente al nivel 3 o nivel epistemológico del modelo didáctico.

En el juego no hay preguntas “buenas” o “malas”, su pretensión es el de hacer un seguimiento a los elementos del modelo didáctico en el diseño de la clase y la idea es que los participantes puedan transitar por el juego de manera simultánea a la preparación de la clase, asegurándose de cumplir con todos los elementos de un nivel, antes de poder avanzar al siguiente.

A continuación, se presentan las preguntas que se asocian a cada uno de los niveles del modelo didáctico:

NIVEL 1

1. Al preparar una clase apoyada en tecnologías es importante validar la pertinencia de la herramienta ¿lo hiciste?
 - a. Si
 - b. No

2. Cuál de los siguientes elementos no sería importante incluir en la valoración previa de la herramienta
 - a. El lenguaje, accesibilidad, nivel escolar, adecuación al contenido e ideas previas del estudiante
 - b. La naturaleza del conocimiento a enseñar/aprender
 - c. El entorno gráfico de la herramienta
 - d. El origen de la herramienta

3. Un buen inicio es tener claros los objetivos que se quieren lograr con el uso de la herramienta ¿los tienes claros?
 - a. Los tengo claros
 - b. Aún no

4. La valoración de la pertinencia de la herramienta te da ideas de cómo utilizarla para enseñar y para evaluar ¿tienes esas ideas?
 - a. Las tengo
 - b. Dejaré que todo fluya

NIVEL 2

5. El concepto/teoría/fenómeno que quieres trabajar forma parte de una estructura curricular ¿los estudiantes tienen los conocimientos previos necesarios?
 - a. Si
 - b. Ni idea

6. ¿A través de la herramienta los estudiantes pueden apropiarse de los conceptos y signos de manera adecuada?
 - a. Claro que si
 - b. Es necesario que mis estudiantes hagan ciertas concientizaciones

7. ¿La herramienta representa de manera adecuada el concepto/teoría/fenómeno?
 - a. Es una buena representación
 - b. Es la realidad misma

NIVEL 3

8. Una situación problema como estrategia para el uso de la herramienta tecnológica permite: involucrar al estudiante en la construcción de sus aprendizajes, aumentar la motivación del estudiante, favorecer la aplicación real de los aprendizajes. ¿Con la herramienta puedes hacerlo?
 - a. Claro que puedo
 - b. No da para tanto
9. Sería buena idea que el uso de la herramienta permita a los estudiantes identificar qué elementos obstaculizan su aprendizaje, pero esto requiere de la orientación que le des.
 - a. Puedo hacerlo
 - b. No es necesario
10. La manera como se usa la herramienta en clase puede transmitir una “imagen de ciencia” que puede ser acabada e incuestionable, exacta, precisa y certera o dar cuenta de una ciencia socialmente construida, sujeta a refutaciones y por tanto inacabada. ¿Qué prefieres?
 - a. Que se muestre tal y como es
 - b. Proponer estrategias para lograr esa visión sociocultural
11. A partir del uso de la herramienta, ¿el estudiante podría identificar errores y aprender de ellos?
 - a. No da lugar al error
 - b. Se puede hacer

El análisis de esta segunda iteración se concentrará en la observación participante del proceso de diseño de la clase, en el análisis de las producciones escritas y en la recolección de información mediante una entrevista individual a los participantes. Se busca identificar las potencialidades y limitaciones del modelo didáctico y obtener información para su cualificación.

4.6.3 TERCERA ITERACIÓN:

Estudio de Caso en estudiantes de Licenciatura en Física, diseño de propuestas.

En este punto del proceso, los participantes ya se encuentran familiarizados con los componentes del modelo didáctico, por lo que se pretende poner en acción sus comprensiones y evidenciar los elementos que requieran mayor fortaleza en la construcción y presentación de este.

En esta iteración se pretende entonces, que los participantes recurran al modelo presentado para diseñar propuestas de enseñanza de la física con uso de TDIC. A partir del análisis de la información aportada a lo largo del proceso, se estudiará si los participantes consideran y emplean TDIC como herramientas plausibles para enseñar ciencia, enseñar sobre ciencia y enseñar a hacer ciencia, reflejada en el diseño de propuestas de intervención pedagógica haciendo uso de este tipo de recursos.

Para ello, los participantes deberán seleccionar el contenido a trabajar teniendo en cuenta los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA) y los recursos disponibles para cada una de las temáticas y presentar una propuesta de *enseñanza basada en el modelo*. En Colombia, los Derechos Básicos de Aprendizaje son el conjunto de aprendizajes estructurantes para un grado y área en particular, que se construyen a través de interacciones con el mundo y por medio de experiencias y ambientes pedagógicos; son un marco para establecer acuerdos sociales frente a los aprendizajes y habilidades que la educación inicial promueve, lo que redundará en la construcción colectiva de un mejor país.

“su importancia radica en que plantean elementos para construir rutas de enseñanza que promueven la consecución de aprendizajes año a año para que, como resultado de un proceso, los estudiantes alcancen los Estándares Básicos en Competencias (EBC) propuestos para cada grupo de grados” (MEN, 2017).

Estos derechos están consignados en un documento de alcance nacional, en el que se presentan por grados y a partir de un enunciado, algunas evidencias de aprendizaje y un ejemplo. Para los propósitos de este trabajo, se entrega a los participantes una copia de la tabla 9, en la cual se resumen los DBA asociados a algunos recursos digitales disponibles en la web.

Tabla 9. Síntesis de los Derechos Básicos de Aprendizaje en Física para los niveles décimo y once y algunos recursos TDIC de apoyo para el trabajo en el aula de cada uno de ellos.

	Décimo grado		
Enunciado	Comprende que el reposo o el movimiento rectilíneo uniforme se presentan cuando las fuerzas aplicadas sobre el sistema se anulan entre ellas, y que en presencia de fuerzas resultantes no nulas se producen cambios de velocidad	Comprende la conservación de la energía mecánica como un principio que permite cuantificar y explicar diferentes fenómenos mecánicos: choques entre cuerpos, movimiento pendular, caída libre, deformación de un sistema masa-resorte.	Comprende la naturaleza de la propagación del sonido y de la luz como fenómenos ondulatorios (ondas mecánicas y electromagnéticas, respectivamente).
Evidencias de aprendizaje	<p>Predice el equilibrio (de reposo o movimiento uniforme en línea recta) de un cuerpo a partir del análisis de las fuerzas que actúan sobre él (primera ley de Newton).</p> <p>Estima, a partir de las expresiones matemáticas, los cambios de velocidad (aceleración) que experimenta un cuerpo a partir de la relación entre fuerza y masa (segunda ley de Newton)</p> <p>Identifica, en diferentes situaciones de interacción entre cuerpos (de forma directa y a distancia), la fuerza de acción y la de reacción e indica sus valores y direcciones (tercera ley de Newton)</p>	<p>Predice cualitativa y cuantitativamente el movimiento de un cuerpo al hacer uso del principio de conservación de la energía mecánica en diferentes situaciones físicas.</p> <p>Identifica, en sistemas no conservativos (fricción, choques no elásticos, deformación, vibraciones) las transformaciones de energía que se producen en concordancia con la conservación de la energía</p>	<p>Clasifica las ondas de luz y sonido según el medio de propagación (mecánicas y electromagnéticas) y la dirección de la oscilación (longitudinales y transversales).</p> <p>Aplica las leyes y principios del movimiento ondulatorio (ley de reflexión, de refracción y principio de Huygens) para predecir el comportamiento de una onda y los hace visibles en casos prácticos, al incluir cambio de medio de propagación.</p> <p>Explica los fenómenos ondulatorios de sonido y luz en casos prácticos (reflexión, refracción, interferencia, difracción, polarización).</p> <p>Explica las cualidades del sonido (tono, intensidad, audibilidad) y de la luz (color</p>

			y visibilidad) a partir de las características del fenómeno ondulatorio (longitud de onda, frecuencia, amplitud)
Recursos	https://phet.colorado.edu/es/simulation/projectile-motion https://phet.colorado.edu/es/simulation/projectile-motion https://phet.colorado.edu/es/simulation/forces-and-motion-basics	https://phet.colorado.edu/es/simulation/forces-and-motion-basics https://phet.colorado.edu/es/simulation/energy-skate-park-basics https://www.walter-fendt.de/html5/phes/collision_es.htm	https://phet.colorado.edu/es/simulation/wave-on-a-string https://phet.colorado.edu/es/simulation/waves-intro https://phet.colorado.edu/es/simulation/bending-light https://phet.colorado.edu/es/simulation/discharge-lamps https://phet.colorado.edu/es/simulation/bending-light https://www.educaplus.org/luz/espejo2.html https://www.educaplus.org/luz/lente2.html https://www.aapt.org/K12/index.cfm

Undécimo grado			
Enunciado	Comprende que la interacción de las cargas en reposo genera fuerzas eléctricas y que cuando las cargas están en movimiento genera fuerzas magnéticas	Comprende las relaciones entre intensidad de corriente y voltaje en circuitos eléctricos resistivos sencillos en serie, en paralelo y mixtos	

<p>Evidencias de aprendizaje</p>	<p>Identifica el tipo de carga eléctrica (positiva o negativa) que adquiere un material cuando se somete a procedimientos de fricción o contacto</p> <p>Reconoce que las fuerzas eléctricas y magnéticas pueden ser de atracción y repulsión, mientras que las gravitacionales solo generan efectos de atracción.</p> <p>Construye y explica el funcionamiento de un electroimán.</p>	<p>Determina las intensidades de corriente y los voltajes en elementos resistivos de un circuito eléctrico utilizando la ley de Ohm.</p> <p>Identifica configuraciones en serie, en paralelo y mixtas en diferentes circuitos eléctricos representados en esquemas</p> <p>Identifica características de circuitos eléctricos en serie y paralelo a partir de la construcción de circuitos con resistencias.</p> <p>Predice los cambios de iluminación en bombillos resistivos en un circuito al alterarlo (eliminar o agregar componentes en diferentes lugares).</p>	
<p>Recursos</p>	<p>https://phet.colorado.edu/sims/html/balloons-and-static-electricity/latest/balloons-and-static-electricity_en.html</p> <p>https://ophysics.com/em2.html</p> <p>https://www.physicsclassroom.com/Physics-Interactives/Static-Electricity/Put-the-Charge-in-the-Goal/Put-the-Charge-in-the-Goal-Interactive</p>	<p>https://phet.colorado.edu/es/simulation/charges-and-fields</p> <p>https://ophysics.com/em9.html</p> <p>https://www.physicsclassroom.com/Physics-Interactives/Magnetism/Magnetic-Field/Magnetic-Field-Interactive</p> <p>https://nationalmaglab.org/education/magnet-academy/watch-play/interactive/diamagnetism-and-paramagnetism</p>	

		<p>https://ophysics.com/em8.html</p> <p>https://nationalmaglab.org/education/magnet-academy/watch-play/interactive/magnetic-domains</p> <p>https://javalab.org/en/magnetic_field_of_a_bar_magnet_en/</p> <p>https://ophysics.com/em11.html</p> <p>https://nationalmaglab.org/education/magnet-academy/watch-play/interactive/parallel-wires</p>	
--	--	--	--

Con base en esta síntesis de los DBA, la comprensión del modelo, la dinámica del juego realizado en la iteración 2, las conversaciones grupales y personales y el resto de material abordado en el proceso de participación en la investigación, los participantes trabajan de manera independiente en el diseño de su propuesta y tienen la libertad de presentarla en el formato que consideren conveniente; algunos de ellos recurren a la elaboración de presentaciones, otros al documento escrito, infográficos, etc.

En la tabla 10 se presenta una síntesis del desarrollo metodológico y la aplicación de la propuesta de enseñanza, que tuvo una duración de ocho sesiones de aproximadamente dos horas, con periodicidad quincenal. El desarrollo de estas se realizó de manera virtual a través de Meet, dada la contingencia y aislamiento obligados por la pandemia del Covid 19.

Tabla 10. Síntesis del desarrollo metodológico y la aplicación de la propuesta de enseñanza.

		ITERACIÓN 1			ITERACIÓN 2		ITERACIÓN 3		
	Sesión 0	Sesión 1	Sesión 2	Sesión 3	Sesión 4	Sesión 5	Sesión 6	Sesión 7	Sesión 8
Acciones de la propuesta de enseñanza	Planeación, diseño de recursos de apoyo	Contextualización, descripción del proceso	Aplicación de instrumento diagnóstico	Taller Presentación del modelo didáctico: fundamentos, estructura	Discusión sobre participación en el taller a la luz del modelo presentado	Uso del modelo en un diseño guiado por un juego	Entrevista	Uso del modelo en un diseño de clase autónomo	Uso del modelo en un diseño de clase autónomo
Acciones de la investigación	Selección de participantes	Diligenciamiento de consentimiento informado	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicación de instrumentos (diagnóstico), recolección de información. - Sistematización, categorización, codificación. - Explicitación del modelo basado en Aprendizaje Significativo Crítico para la implementación de TIC. - Observación del proceso de identificación de problemáticas por parte de los profesores participantes. - Análisis retrospectivo. 			<ul style="list-style-type: none"> - Observación participante. - Análisis de producciones escritas. - Aplicación de instrumentos (entrevistas), recolección de información. - Identificación de potencialidades y limitaciones del modelo - Análisis retrospectivo. 		<ul style="list-style-type: none"> - Aplicación de instrumentos, recolección de información: entrevistas, cuestionario - Observación - Análisis de producciones escritas - Identificación de potencialidades y limitaciones del modelo en el proceso de diseño e implementación de las propuestas de intervención con TIC. - Análisis retrospectivo global de información, construcción de conclusiones y recomendaciones. 	
Sistematización, categorización, codificación.									

CAPÍTULO 5: RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo se recogen los hallazgos en el proceso de enseñanza, en clave de los aportes que hacen a la construcción del modelo didáctico; para ello, se describen los resultados de cada uno de los estudios o iteraciones, acompañados de un análisis retrospectivo que permite la incorporación de cambios en el prototipo inicial.

En este proceso se valoran los elementos que se destacan como fortalezas del modelo didáctico, pero sobre todo aquellos elementos que representan alguna dificultad, puesto que es sobre estos donde se enfocan los esfuerzos en afinar el modelo inicial y construir una versión lo suficientemente clara y completa para ser compartida con otros profesores.

Como punto de partida para la presentación de los resultados, es menester describir las condiciones en las que se desarrolló el proceso de investigación. Lo primero es mencionar que se da en el marco de la pandemia por Covid 19, lo cual conlleva la necesidad de trasladar las actividades que inicialmente estaban diseñadas para la presencialidad al contexto de la mediación virtual.

Para el proceso se convocó a un grupo de 18 profesores, entre ellos profesores en formación y en ejercicio; de este grupo, once docentes se vincularon como participantes a través del consentimiento informado; no obstante, debido a las múltiples dificultades que representó la pandemia para la humanidad en general, pero en particular para los profesores, algunos tuvieron que desistir a lo largo del proceso, en especial por dificultades para la conectividad a las sesiones, o bien, por sobrecarga de actividades mediadas por la virtualidad.

Del grupo conformado, seis profesores se mantuvieron constantes en la participación; sin embargo, algunos de ellos, aunque participaban en los encuentros y actividades, no hicieron entrega de uno o varios instrumentos que permitieran la profundización en el análisis de la información.

Como se presentó en la tabla 10, el proceso estuvo estructurado en 8 sesiones de encuentro sincrónico mediado por la plataforma MEET, las cuales se desarrollaban de manera quincenal; no obstante, con el fin de garantizar la asistencia de todos los participantes a las sesiones, en ocasiones se hizo necesario hacer hasta dos encuentros de cada sesión. Así las cosas, el proceso tuvo una duración de 4 meses en los que simultáneamente se llevó a cabo el proceso de sistematización y categorización de la información.

Los resultados y el análisis se apoyan en fragmentos de los aportes realizados por los participantes a través de instrumentos como la entrevista, la observación y los diseños de clase que hicieron parte del proceso. A lo largo del capítulo nos referimos a los participantes usando como seudónimo la letra P y un número, ejemplo P1 para el caso del participante 1. Con esto buscamos proteger la confidencialidad de los participantes y evitar sesgos de género u otro tipo.

Al final del capítulo se presenta un nuevo prototipo del modelo didáctico en el que se plasman los hallazgos encontrados en el proceso investigativo, es decir como producto de la metodología adoptada (Investigación basada en diseño -IBD) y gracias a los aportes de los participantes con sus reflexiones y diseños.

5.1 ESTUDIO 1

Como ya se mencionó en el capítulo anterior, este primer estudio buscaba la caracterización de los participantes, un acercamiento al modelo didáctico y, sobre todo, una reflexión sobre uno de los elementos clave del modelo que es la conciencia sobre el uso de las tecnologías digitales como representaciones de la realidad.

Se presenta inicialmente los resultados del cuestionario inicial, seguido por los hallazgos en el taller; las reflexiones se acompañan de fragmentos de ideas presentadas por los participantes, así como de algunos de sus aportes escritos. También se presenta una tabla en la que se sintetizan los elementos del modelo identificados en taller 1 y los aportes que se derivan de este primer estudio para la cualificación del modelo didáctico.

Cuestionario inicial

El grupo de participantes estuvo conformado por maestros en formación y maestros recién egresados de dos programas de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia: Licenciatura en Física y Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental.

Su experiencia profesional está en el rango de 0 a 4 años y, en relación con el uso de las TIC, la mayoría se consideran aprendices, seguido de cerca por aquellos que se consideran usuarios habilidosos y con una mínima representación de quienes se consideran novatos. Es de aclarar que esta pregunta incluía la opción de considerarse “un experto” la cual no fue asumida por ninguno de los participantes.

La mayoría de las personas de este grupo de participantes declara tener una confianza “media” frente a dispositivos tecnológicos como computador, video beam, celular o tableta, seguido por quienes manifiestan que dicha confianza es “alta”.

La mayoría de este grupo de personas manifiesta que “casi siempre” o “en ocasiones” hace uso de herramientas tecnológicas para la preparación de sus clases, seguido por los que “siempre” las incluyen y con una representación de quien “nunca” las incluye. Mencionan que cuando no utilizan las TIC es principalmente porque requieren mucho tiempo de búsqueda o diseño, o bien porque no disponen personalmente de estos recursos, ni tampoco los tiene la institución escolar. También aluden a otras razones, prefieren clases centradas en lo kinestésico, la experiencia del cuerpo, la transversalización de las ciencias con el arte o la cultura, o que los estudiantes podrían no tener acceso a los recursos TIC de manera independiente.

A su vez, la mayoría de los participantes manifiestan que cuando quieren incluir las TIC en el proceso de enseñanza, diseñan su propio material usando herramientas libres o recurren a materiales ya diseñados y que resulten pertinente para la enseñanza del tema, mientras que algunos pocos siempre prefieren recurrir a material ya diseñado. Entre los elementos que se consideran fundamentales al seleccionar las herramientas, todos dan relevancia al entorno gráfico (pantallas, colores, fuentes, íconos, imágenes. otras), a la

validez de los contenidos y la confiabilidad de las fuentes. A estas respuestas siguen elementos como la fundamentación pedagógica, la fundamentación didáctica, la atención a la diversidad y el uso de lenguaje acorde a la edad de los estudiantes. En menor cuantía figura la inclusión o la posibilidad de trabajar a partir de la herramienta digital, elementos de orden epistemológico.

Los participantes otorgan distintos roles a la utilización de las herramientas TDIC en el aula. Los más nombrados, de mayor a menor, son los siguientes:

- Apoyo a la presentación magistral del tema (uso de diapositivas, visualización de videos, otros).
- Desarrollo de ejercicios prácticos por parte de los estudiantes (laboratorios virtuales, ejercicios en línea, juegos educativos, uso de procesador de texto, uso de hojas de cálculo, otros).
- Consulta (búsqueda en sitios web, bases de datos, blogs, portales educativos, otros).
- Evaluación.
- Entretenimiento (juegos libres, herramientas de dibujo, Internet abierto, otros).

Al indagar en esta muestra de participantes sobre el uso potencial que tienen las TIC para la enseñanza, la mayoría reconocen que tienen un potencial didáctico, seguido por quienes consideran que su potencial es instrumental, o pedagógico y un exiguo reconocimiento del potencial epistemológico. En general, los resultados concuerdan con la tendencia encontrada en la revisión de la literatura de este trabajo y de sus antecedentes, en los cuales el elemento menos valorado dentro de la enseñanza de las ciencias con TIC es precisamente su potencial para enseñar sobre ciencia, o bien para favorecer la comprensión sobre su naturaleza. Así mismo, solo unos pocos participantes evidencian una concepción de lo epistemológico, aparte de la dimensión didáctica

Finalmente, al indagar si consideran necesario o no algún tipo de fundamentación teórica para la implementación de TIC en el aula, la mayoría de los participantes piensan que sí; y, entre las razones mencionan que una buena fundamentación puede apoyar a

mejorar el uso de las TIC por los profesores y permite avanzar en la comprensión de estos recursos más allá de la mirada instrumental.

“Por medio de la fundamentación teórica se tienen bases y posturas críticas para el manejo y selección de contenidos apropiados para la planeación, desarrollo, ejecución y evaluación de las clases, fortaleciendo así los procesos de aprendizaje de los estudiantes” (P6, Cuestionario inicial).

“Permite que los maestros que no tienen muchas habilidades en la tecnología puedan tener un modelo teórico que les brinde las herramientas conceptuales y procedimentales para incluir la tecnología en su práctica” (P9, Cuestionario inicial).

También se obtuvo una postura en contra, argumentando que la fundamentación teórica para el uso de las TIC no es necesaria, pues

“aparte de los conceptos, contenidos y planeación de la clase, el uso de TIC a veces suele ser muy empírico” (P1, Cuestionario inicial).

Con base en estos elementos se podría concluir que el grupo de participantes reconoce en las TIC un importante potencial para el trabajo del maestro en el aula y la capacidad de dinamizar los espacios formativos incluyendo elementos que superan el libro de texto y la pizarra. Sin embargo, algunos profesores del grupo también reconocen limitaciones en este tipo de tecnologías, especialmente asociadas a los contextos en los cuales no hay suficiente dotación e infraestructura para hacer uso de estos recursos.

En general, se perfila en la muestra indagada un interés en hacer uso de las TIC a partir de una adecuada reflexión pedagógica y didáctica; no obstante, llama la atención que no reconozcan otras posibilidades que pueden tener u ofrecer estos recursos, especialmente asociadas a la necesidad de enseñar sobre la ciencia.

Taller

Como se manifestó en el capítulo anterior, este taller tiene como propósito hacer una primera aplicación de los elementos que conforman el modelo. Para ello, se planificó una actividad que permite destacar el lugar que tienen las representaciones en la enseñanza de las ciencias, especialmente las concientizaciones necesarias cuando las representaciones están mediadas por TIC.

Lo anterior también atiende a la posibilidad de trabajar elementos que superan la dimensión conceptual-disciplinar y favorecer la profundización en asuntos de orden pedagógico-didáctico y epistemológico, como manera de trascender en el uso de las herramientas tecnológicas.

El taller se inició planteando una situación-problema basada en un reto didáctico, y la presentación de dos herramientas digitales con las cuales se pudiera apoyar la resolución de esta; en la actividad propuesta se seleccionaron dos simuladores del sistema solar. El taller se diseñó atendiendo al primer prototipo del modelo, con la finalidad de identificar de qué manera los participantes incluyen en sus diseños los elementos que caracterizan al modelo. Es de aclarar que, en este punto, los participantes no conocían el modelo, solamente sus fundamentos.

Los diseños estuvieron orientados por un tablero interactivo, en el cual los participantes además de plantear un borrador de clase apoyada en la herramienta digital propuesta tenían la opción de asociar elementos a unos temas foco; en la imagen 3 se presentó el formato inicial del tablero interactivo. A continuación, se presentan algunos de los tableros intervenidos por los participantes (imágenes 6, 7 y 8) y los demás tableros pueden consultarse en el anexo 3.



Imagen 6. Tablero interactivo intervenido por P1.

En este ejercicio se evidencia que P1 (imagen 6) asocia a las preguntas propuestas (temas foco) elementos principalmente de orden pedagógico-didáctico, tales como la accesibilidad de la herramienta, el alcance y limitaciones, o estrategias específicas para el trabajo en clase; no obstante, elementos de orden epistemológico son en su mayoría descartados (los deja en la parte inferior, sin buscar asociación a alguno de los temas foco).

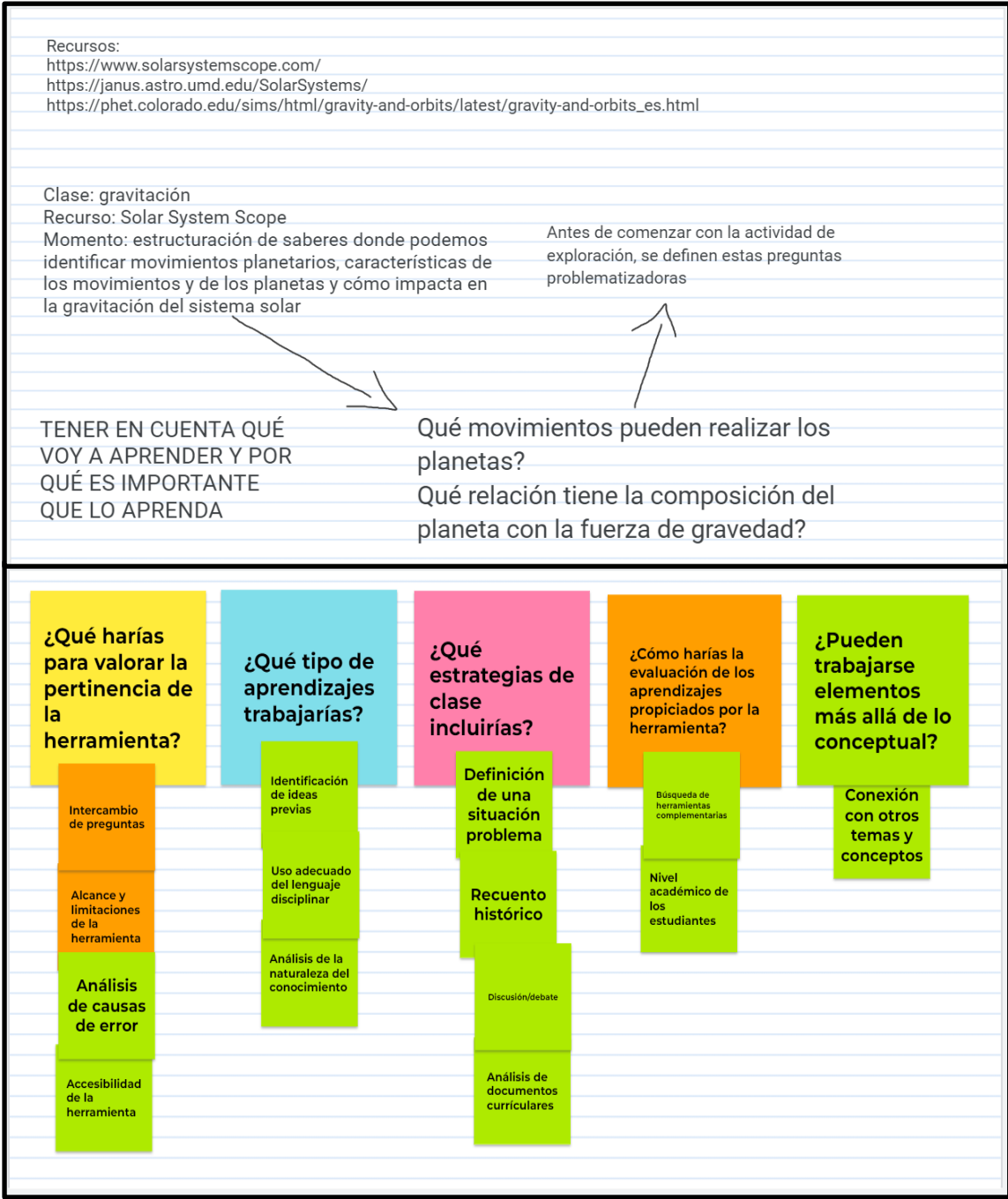


Imagen 7. Tablero interactivo intervenido por P3.

En el caso de P3 (imagen 7), es posible notar cómo asocia elementos tanto pedagógico-didácticos, como conceptuales-disciplinares y epistemológicos con las diferentes preguntas centrales. Es de resaltar que los elementos considerados de orden epistemológico figuran en este ejercicio a lo largo de todo el proceso de enseñanza, desde la planeación y selección de la herramienta, hasta la puesta en marcha a través de estrategias didácticas, y no son exclusivos de un momento específico de la intervención.

Recursos:
<https://www.solarsystemscope.com/>
<https://janus.astro.umd.edu/SolarSystems/>
https://phet.colorado.edu/sims/html/gravity-and-orbits/latest/gravity-and-orbits_es.html

Recurso a utilizar: Gravity and orbits

Estructura de la clase: Fuerza de gravedad.

1. Identificación de saberes previos por medio de un kahoot, en donde se realicen preguntas sobre la acción de la gravedad en diferentes contextos.
2. Actividad: Historia y gravedad. Construcción de un mapa del tesoro en donde cada pista arroje un dato importante sobre la trayectoria para llegar al concepto de gravedad, científicos y aportes.
3. Experiencia: Gravedad dentro y fuera del planeta.
 Se realizan experimentos sencillos en torno a la caída libre de un cuerpo en la superficie terrestre, un objeto arrojado hacia el cielo, orbitación de la luna alrededor del planeta tierra, caída de meteoros.
 Para las dos primeras experiencias se hace uso de recursos caseros y las dos segundas experiencias se hace uso de la simulación "Gravity and orbits".
4. Construcción teórica: Fuerza de gravedad, masa, trayectoria, velocidad.
5. Evaluación: situación problema



Imagen 8. Tablero interactivo intervenido por P9.

En este tablero, es posible identificar que P9 (imagen 8) asocia elementos tanto pedagógico-didácticos, como conceptuales-disciplinares y epistemológicos con las diferentes preguntas centrales. Además, se destaca la inclusión de elementos que se consideran de orden epistemológico en la valoración de la pertinencia de la herramienta, así como en otros momentos de la planeación.

En las propuestas que los participantes diseñaron para incluir los recursos tecnológicos preseleccionados en sus clases, se encontraron elementos a partir de los cuales se buscaron relaciones con el prototipo 1 del modelo didáctico y se identificaron puntos clave para la cualificación de este. Estos elementos se resumen en la tabla 11.

Aclaremos que para este análisis se consideran únicamente siete documentos, atendiendo a la entrega explícita de este material por parte de los participantes; los otros cuatro participantes no hicieron entrega de este.

En relación con los elementos pedagógico-didácticos se destaca que los participantes resaltan la necesidad de valorar la pertinencia de la herramienta TIC propuesta en cuanto a accesibilidad, alcance, pertinencia y limitaciones, lo cual son criterios básicos para tener en cuenta para el uso de herramientas digitales en la enseñanza. De igual manera, se destaca el interés de la mayoría de los participantes por propiciar ejercicios de discusión y/o debate o por precisar una situación-problema que acompañe el uso de herramientas, como la simulación computacional.

Finalmente se destaca que los participantes resaltan el valor de conocer las ideas previas de los estudiantes y la necesidad de complementar el uso de la herramienta TIC con otros recursos adicionales para favorecer el aprendizaje.

También se evidencia una tendencia entre los participantes por actividades y acciones alejadas de la narrativa, en tanto se promueve la exploración de los recursos guiada por preguntas y situaciones-problemas.

Tabla 11 Elementos del modelo didáctico identificados en taller 1

Elementos del modelo	Elementos incluidos por los participantes	P1	P3	P5	P6	P7	P8	P9
Elementos conceptuales disciplinares	Relación con otras asignaturas o áreas	X	X	X	X	X	X	X
	Uso adecuado del lenguaje disciplinar		X	X	X		X	X
	Valorar pertinencia con nivel académico de los estudiantes		X			X	X	
	Análisis de documentos curriculares		X	X	X		X	
Elementos pedagógicos - didácticos	Exploración previa de los recursos digitales	X		X				
	Compartir con los estudiantes los objetivos de enseñanza	X	X	X			X	
	Exploración del recurso, guiada magistralmente	X		X			X	
	Exploración del recurso, guiada por preguntas	X	X	X			X	
	Valorar accesibilidad, alcance y limitaciones, usabilidad	X	X	X		X	X	X
	Discusión, debate	X	X	X	X	X	X	X
	Elaboración de gráficas					X		
	Evaluación por proyectos	X						
	Definición de una situación problema		X	X	X	X	X	X
	Identificación de ideas previas		X	X	X	X	X	X
	Búsqueda de herramientas complementarias		X	X	X	X	X	
Disposición, motivación por aprender						X		
Elementos epistemológicos	Intercambio de preguntas	X	X				X	X
	Argumentación	X						
	Asociación de conceptos	X						
	Inferencias, suposiciones	X						
	Recuento histórico		X	X	X		X	X
	Análisis de naturaleza del conocimiento		X	X		X		X
	Análisis de causas de error		X	X		X	X	X

Nota: la letra P hace alusión a estudiante participante.

Lo anterior, si bien forma parte de las acciones para la implementación del modelo y están incluidas en el primer prototipo del mismo, evidencia que los participantes no contemplan, en sus primeros diseños, estrategias de mediación que se distancien significativamente del uso de la pizarra o del libro de texto, como tampoco hay un reconocimiento del lugar del error como posibilidad de aprendizaje; esto ratifica la necesidad de apropiarse del modelo y la pertinencia de los principios de la TASC asociados a su primer nivel.

Las evidencias anteriores demandan una mayor concienciación y ratificar los componentes que caracterizan al modelo didáctico y, además, hacer énfasis en la importancia de estos en una enseñanza orientada al aprendizaje significativo crítico.

Asociado a los elementos conceptuales-disciplinares, en los diseños de los participantes se destaca el interés por promover aprendizajes relacionados con otras áreas o disciplinas; es decir, ponen énfasis en la interdisciplinariedad. Seguido a ello, está el interés por valorar en las herramientas TIC un uso apropiado de los conceptos disciplinares a trabajar.

Estos elementos pueden relacionarse con el principio del aprendizaje como lenguaje, contemplado en el nivel 2 del modelo; no obstante, este principio debe trascender a la valoración que se hace del uso del lenguaje en la herramienta y, permitir conocer la apropiación del lenguaje disciplinar que favorece en los estudiantes el uso de este recurso.

Así mismo, se evidencia la necesidad de favorecer en los profesores participantes la comprensión del rol de las representaciones en la enseñanza y en el aprendizaje, y el valor de la conciencia semántica en la construcción del conocimiento. Estos elementos incluidos en el primer prototipo del modelo ratifican y justifican la necesidad de trascender el uso superficial o netamente instrumental de las tecnologías digitales.

Finalmente, en relación con los elementos epistemológicos plausibles de trabajar con las herramientas propuestas, en los aportes de los participantes se señala, sin mayor contundencia, la idea de incluir elementos de recuento histórico y análisis de causas de

error. Estas, si bien tienen un lugar importante en la construcción del conocimiento científico, ponen de manifiesto la necesidad de llegar a un nivel más profundo del aprendizaje *sobre* las ciencias, y de vincular este propósito con el uso de las herramientas digitales. Por tanto, se ratifica la importancia de incluir en el modelo didáctico principios como: el de la incertidumbre del conocimiento, el de interacción social y del cuestionamiento y el principio del desaprendizaje, haciendo énfasis en la relación de estas prácticas con la manera como se construye en sí mismo el conocimiento científico y como se orienta el trabajo de los científicos.

Este primer diseño de los participantes ha permitido ver, por una parte, la pertinencia de los elementos del modelo didáctico y la manera como se estructura, y por otra, identificar algunos asuntos que requieren mayor énfasis en el diseño de propuestas de enseñanza con TDIC que consideren los retos actuales de la educación científica, especialmente, la necesidad de hacer énfasis y presentar de manera práctica cómo puede lograrse el propósito de incluir elementos de orden epistemológico en el trabajo con herramientas digitales para la enseñanza de las ciencias naturales.

5.2 ESTUDIO 2

El análisis de este segundo momento se basó en la observación del proceso de diseño de una clase, en el análisis de las producciones escritas y en la recolección de información mediante una entrevista individual a los participantes.

La observación se llevó a cabo en el proceso de interacción con el juego diseñado para este fin, prestando especial atención a los elementos del modelo didáctico que generaban mayor facilidad o dificultad a los participantes. Como ya se presentó en la sección de metodología, el juego consistió en un ejercicio gamificado tipo “alcanza la cima”, en el cual los participantes avanzaban por un camino interceptado por preguntas, en este caso esas preguntas atendían a elementos del modelo didáctico que los profesores debían de considerar en los diseños de sus propuestas antes de seguir adelante y de llegar a la cima.

Tanto las preguntas como el avance por juego eran solamente dinamizadores del proceso de diseño que los profesores estaban desarrollando de manera individual y en un

instrumento aparte, algunos de los participantes hicieron uso de un documento digital para ir plasmando el diseño a medida que avanzaban por el juego, otros optaron por crear una presentación digital o incluso por trabajarlo en papel. Al final del ejercicio la mayoría de los participantes hizo entrega de su diseño para el análisis de esta fase de la investigación.

En el caso de la entrevista, esta fue de tipo semiestructurada y al igual que los demás procesos, se llevó a cabo de manera virtual. En el anexo 4 se presenta la guía de temas y preguntas que sirvieron como instrumento de recolección de información.

A continuación, se presentan los hallazgos y consideraciones obtenidas en relación con cada uno de los tres niveles o dimensiones del modelo didáctico construido.

En la dimensión pedagógico - didáctica, especialmente en correspondencia con la valoración de la pertinencia de la herramienta TDIC (ver tabla 12), parece haber consenso entre los participantes sobre la necesidad de tener en cuenta elementos como las condiciones técnicas y el uso apropiado del lenguaje disciplinar en los recursos digitales que se seleccionan para ser llevados al aula.

Tabla 12. Evidencias sobre la validación de la pertinencia de la herramienta TDIC en el estudio 2

Validar la pertinencia de la herramienta	<p><i>“Es importante fijarse en muchos aspectos de la herramienta como la veracidad de los conceptos, si es lúdica, si es clara y accesible, entre otras cosas. Revisé si era de fácil acceso, que no necesitara registro, si se podía cacharrear fácil, si no era muy pesada de abrir y que no exigiera flash (la pieza de rompecabezas que exigen los juegos)”</i></p> <p style="text-align: right;"><i>(P1, diseño de clase guiado por juego)</i></p>
	<p><i>“Es importante validar la pertinencia, principalmente frente a los recursos que necesita como característica del equipo (Móvil, PC, Tablet). Si es Online, Offline y los temas que allí se abordan, en este caso relacionados con la gravitación (simuladores, líneas de tiempo, etc.)”</i></p> <p style="text-align: right;"><i>(P3, diseño de clase guiado por juego)</i></p>
	<p><i>"Por supuesto, creo que es responsabilidad del docente evaluar la pertinencia de la herramienta, en términos de su correspondencia con los objetivos de enseñanza y aprendizaje"</i></p> <p style="text-align: right;"><i>(P9, diseño de clase guiado por juego)</i></p>

	<p><i>“Sí, como he mencionado anteriormente la primera acción que se debe realizar, a mi juicio, es explorar la herramienta TDIC lo máximo posible. Al hacerlo, se identifica las posibilidades y limitaciones que ofrece la herramienta, insumos necesarios para realizar una articulación adecuada según el tema o trabajo que se quiere llevar a cabo”</i></p> <p style="text-align: right;"><i>(P10, diseño de clase guiado por juego)</i></p>
--	--

También, los participantes están de acuerdo sobre la necesidad de tener unos propósitos u objetivos claros (ver la tabla 13) a la hora de implementar una herramienta tecnológica en las clases.

Tabla 13. Evidencias sobre la proyección de objetivos en el estudio 2

<p>Tener claros los objetivos que se quieren alcanzar con el uso de la herramienta</p>	<p><i>“Mi planeación se quedó en lo instrumental de la herramienta, con el objetivo de comprender los conceptos a través de la visualización, por lo que agregaría mencionar la historia del concepto, su descubrimiento, cuándo apareció, quién se dio cuenta por primera vez, entre otros; para no tomar la herramienta como un reemplazo”</i></p> <p style="text-align: right;"><i>(P1, diseño de clase guiado por juego)</i></p>
	<p><i>“Por supuesto, en este caso los objetivos: identificar movimientos planetarios, características de los movimientos y de los planetas y cómo impacta en la gravitación del sistema solar”</i></p> <p style="text-align: right;"><i>(P3, diseño de clase guiado por juego)</i></p>
	<p><i>"Tengo claros los objetivos: reconocer el concepto de fuerza gravitacional a partir de la velocidad, fuerza, masa y trayectoria"</i></p> <p style="text-align: right;"><i>(P9, diseño de clase guiado por juego).</i></p>
	<p><i>“Sí, los tengo claros. En todo proceso de enseñanza y aprendizaje es importante definir cuáles van a ser los logros o competencias a adquirir después de culminar el proceso formativo”</i></p> <p style="text-align: right;"><i>(P10, diseño de clase guiado por juego).</i></p>

Las evidencias destacadas en la tabla 13 dan cuenta de un propósito más amplio que el de instrumentalizar o reemplazar unos artefactos del aula de clase por otros; denota una comprensión de las TDIC como herramientas potencialmente significativas que requieren intervención pedagógica y planeación, asuntos que reconocen los maestros participantes. No obstante, las intervenciones dan cuenta de consideraciones principalmente técnicas (conectividad, accesibilidad) y se evidencia carencia en la

proyección de estrategias de mediación y de evaluación (ver tabla 14) que acompañen el uso del recurso para poder asociar las acciones de estos diseños con principios como la no centralización en el libro de texto, la no centralización en la pizarra, el abandono de la narrativa y el principio del aprendizaje por error.

Tabla 14. Evidencias sobre proyección de mediaciones y evaluación en el estudio 2

Valoración de la pertinencia de la herramienta: ideas de cómo utilizarla para enseñar y para evaluar	<i>"Poner a trabajar a los chicos solos cacharreando la herramienta o trabajarla todos juntos sincrónicamente para explicar las cositas mencionadas anteriormente"</i> (P1, diseño de clase guiado por juego)
	<i>"Si, ya que con ello puedo evidenciar la comprensión del fenómeno que se aborda, el acercamiento que tiene el estudiante y su capacidad de análisis frente a los diferentes movimientos que los planetas hacen"</i> (P3, diseño de clase guiado por juego)
	<i>"Se puede plantear una situación-problema y, a partir de esta, la respuesta a preguntas que orienten la identificación de lo aprendido"</i> (P9, diseño de clase guiado por juego)
	<i>"Respecto a la evaluación no es claro el panorama. Una opción sería presentar preguntas y, a través de la herramienta, se obtengan los elementos necesarios para responder"</i> (P10, diseño de clase guiado por juego)

Así las cosas, si bien los participantes por lo general evidencian acciones encaminadas al cumplimiento de esta primera dimensión del modelo, es necesario que se profundice en su significado y alcance, para que a partir de este se generen condiciones que permitan llegar a unos procesos de implementación de TDIC mucho más encaminados al cumplimiento de los retos de la educación científica.

En relación con la dimensión del modelo disciplinar-conceptual, la participación de los maestros en el juego y la observación de su proceso de diseño de la clase ha permitido identificar en ellos una sensibilidad por asuntos relacionados con el apropiado uso del lenguaje disciplinar como forma de acercarse al aprendizaje de las ciencias. De igual manera, se denota apropiación sobre la necesidad de favorecer concientizaciones respecto a las diferencias entre las representaciones ofrecidas por las herramientas TDIC

y la naturaleza de los fenómenos, asunto este trabajado con énfasis en el primer estudio y que permite establecer relaciones con el cumplimiento de principios como la conciencia semántica y el aprendiz como perceptor/representador (ver tabla 15).

Tabla 15. Evidencias sobre apropiación conceptual en el estudio 2.

Apropiación de conceptos y signos de manera adecuada a través de la herramienta	<i>"La simulación es una ayuda grande para poder acercar a los estudiantes al fenómeno natural que se está estudiando y permite explorar, indagar y apropiar conceptos como: movimiento de rotación, traslación, fuerza de gravedad (aceleración), entre otros" (P1, diseño de clase guiado por juego).</i>
	<i>"Sí, se hace una buena comunicación, construcción de conocimiento, intercambio de ideas y se mantiene la participación. Eso con el fin de que haya comprensión y no se den confusiones conceptuales. Se puede hacer uso de analogías, ejemplos, experimentaciones mentales, relaciones con la vida cotidiana, aclaración de signos, comparación de conceptos, y la mención de que la ciencia no es una verdad absoluta" (P1, diseño de clase guiado por juego).</i>
	<i>"Es necesario acercar a los estudiantes a ciertas concientizaciones epistémicas, conceptuales y metodológicas" (P9, diseño de clase guiado por juego).</i>
	<i>"Es necesario que mis estudiantes hagan ciertas concientizaciones. Es importante tener claro que la herramienta no fue diseñada según la metodología particular de cada docente, por tanto, es importante ofrecer presiones necesarias para una mejor comprensión del contenido" (P10, diseño de clase guiado por juego).</i>

Finalmente, se destaca la inclusión de algunos elementos de orden epistemológico como la incertidumbre del conocimiento desde las estrategias utilizadas para la apropiación conceptual

Es posible evidenciar los aportes de las actividades incluidas en esta propuesta de enseñanza, en la comprensión de los principios de la TASC que forman parte de la segunda dimensión del modelo propuesto, lo cual permite encontrar la aplicación de estos en los diseños de clase de los maestros participantes, así como en sus intervenciones. No obstante, es importante tener en cuenta que, además de favorecer la comprensión del

significado de las palabras y las representaciones; además de entender y promover que aprender implica apropiarse de un lenguaje, y además de propiciar concientizaciones necesarias sobre el uso de representaciones frente a la naturaleza de los fenómenos (ver tabla 16), es necesario que el modelo también favorezca la comprensión de elementos como la diferenciación progresiva, la reconciliación integradora y la organización secuencial de los contenidos, elementos estos que son base de la TASC y que están en el centro del desarrollo de los objetivos disciplinares en la enseñanza de las ciencias.

Tabla 16. Evidencias sobre percepción/representación en el estudio 2.

Representación de conceptos, teorías o fenómenos	<i>"Es una buena representación. Ninguna herramienta digital representa la realidad, pueden ser buenas aproximaciones bajo ciertos supuestos"</i> <i>(P10, diseño de clase guiado por juego.)</i>
	<i>"A pesar de ser buena para explicar, se deben hacer aclaraciones de que es una herramienta y no es exacta ni totalmente confiable porque sus gráficos e imágenes pueden dañar lo que queremos aclarar"</i> <i>(P1, diseño de clase guiado por juego)</i>
	<i>"Es una buena representación para la comprensión del fenómeno"</i> <i>(P9 diseño de clase guiado por juego)</i>
	<i>"Esta simula la realidad, para lo que se debe establecer parámetros que nos ayuden a comprender que, a pesar de su cercanía, no es el fenómeno en sí, ya que las ciencias naturales no son estáticas y no tienen la verdad absoluta"</i> <i>(P3, diseño de clase guiado por juego)</i>

Finalmente, en relación con la dimensión epistemológica del modelo didáctico, la actividad gamificada de apoyo al diseño de una clase con TDIC permitió identificar que, para los maestros participantes, las herramientas digitales tienen importantes aportes en relación con la posibilidad de fomentar el cuestionamiento y la incertidumbre del conocimiento (ver tabla 17), esto siempre y cuando el uso de las herramientas se acompañe de una adecuada orientación y de actividades complementarias entre las que se da lugar al debate y la contrastación del libro de texto como actividades alternativas a la narrativa y el tablero.

Tabla 17. Evidencias sobre cuestionamiento e incertidumbre del conocimiento en el estudio 2

Cuestionamiento e incertidumbre del conocimiento	<i>"A partir de lo que los estudiantes trabajen, de lo que se explique, de lo que se converse, de lo que se visualice y de lo que se aclare, claro que podrían identificar errores y aprender de los mismos"</i> (P1, diseño de clase guiado por juego)
	<i>"Gracias a la capacidad de asombro se pueden dar algunos aspectos importantes para llegar al cambio conceptual; y, a partir de ello, corregir algunas falencias e identificar características que se deben tener en cuenta para entender el movimiento planetario; y también pueden reconocer, por ejemplo, que el sol no sale, sino que debido al movimiento de la tierra se ve en ciertos lugares"</i> (P3, diseño de clase guiado por juego)
	<i>"Es posible. Es común en los procesos educativos se tengan como guía textos académicos, en los cuales se explica desde una mirada muy teórica y abstracta los fenómenos físicos. En el momento que el estudiante se acerca a un recurso (p. ej. Simulador) tiene la posibilidad de contrastar la idea del libro y la realidad que ofrece la simulación, pudiendo surgir dudas o incongruencias entra las ideas establecidas"</i> (P10, diseño de clase guiado por juego)

En sentido contrario, el principio del desaprendizaje (ver tabla18) implica ciertas resistencias y, por tanto, es necesario a través del modelo propuesto proyectar acciones para su aplicación en el aula. En relación con este principio, se identifican tendencias como el temor por la pérdida de autoridad o la inseguridad frente a las estrategias para propiciar este tipo de logros cognitivos.

Tabla 18. Evidencias en relación con el desaprendizaje en el estudio 2

Identificación de elementos que obstaculizan el aprendizaje: desaprendizaje	<i>"Tal vez ellos mismos se darían cuenta de lo que obstaculiza su aprendizaje; pero, tengo dificultad en saber qué orientación debería darles para dicho propósito. Por eso respondo que no es necesario, aunque mi respuesta sería más bien, no puedo hacerlo"</i> (P1, diseño de clase guiado por juego)
	<i>"A pesar de que la herramienta nos lleva a lugares inexplorados y con lo que no tenemos un contacto directo, es importante guiar el"</i>

	<p><i>proceso, ya que como docente no puedo perder el objetivo y que se tergiverse la realidad"</i></p> <p style="text-align: right;"><i>(P3, diseño de clase guiado por juego)</i></p>
	<p><i>"Se pueden plantear situaciones para que el estudiante, a partir de la herramienta TDIC, identifique sus errores en la interpretación, argumentación y proposición"</i></p> <p style="text-align: right;"><i>(P9, diseño de clase guiado por juego)</i></p>
	<p><i>"La comprensión de un concepto por parte de los estudiantes puede variar mucho según la metodología aplicada. Por ejemplo, la educación tradicional tiene como característica principal los procesos de abstracción; situación que deja muchas ideas a la subjetividad de la persona y no a un juicio colectivo y sostenido. Por ello, es importante confrontar esas abstracciones previas con las herramientas digitales"</i></p> <p style="text-align: right;"><i>(P10, diseño de clase guiado por juego)</i></p>

Como consideraciones generales de este segundo estudio, podemos destacar que fue posible identificar que los participantes valoran el ejercicio de las preguntas que propone el juego como una buena orientación para un diseño de clase completo y en consonancia con el modelo. Al respecto manifiestan que:

"Las preguntas permiten tomar conciencia y evaluar muchas cosas a la hora de hacer uso de herramientas digitales. Ayudan a salirse de la enseñanza solo del concepto instrumentalizado de la herramienta y a tener ideas a través de la reflexión para extender horizontes. Sirven para mejorar y no olvidar importantes aspectos que hay que tener en cuenta en la realización de una planeación con las TIC" (P1, diseño de clase guiado por juego).

"Este modelo es integrador y a mí me ayuda muchísimo, pues a través de los principios del aprendizaje significativo crítico, estoy abordando la educación actual. Es integrador, me permite observar algunos elementos para tener en cuenta y que de pronto se nos pueden escapar" (P3, entrevista).

Los comentarios anteriores validan la pertinencia de este tipo de actividades para que los estudiantes de apropien de la estructura del modelo didáctico, así como de sus fundamentos teóricos.

También se pudo evidenciar que, pese a tener un acercamiento previo al modelo didáctico que da soporte a la actividad, algunos participantes tuvieron poca participación con algunos de los componentes, especialmente los relacionados con la dimensión epistemológica y los principios asociados a esta dimensión (incertidumbre, cuestionamiento, desaprendizaje); lo cual implica que el modelo didáctico debe contemplar elementos para favorecer la comprensión y aplicación de estos principios en los procesos de enseñanza con TDIC.

5.3 ESTUDIO 3

En este punto de la investigación, los participantes diseñaron propuestas de intervención pedagógica con el uso de TDIC, teniendo como base el modelo planteado. Para el análisis se seleccionaron dos casos, considerando la participación permanente de ambos en el estudio y la posibilidad de hacer trazabilidad a sus contribuciones escritas y orales, con el fin de comprender los aportes del modelo no solo en el diseño de las propuestas, sino, especialmente, en la identificación de las posibilidades de las TDIC para enseñar ciencias, enseñar sobre ciencias y enseñar a hacer ciencias.

El análisis de estos casos se centra en dar respuesta al segundo objetivo planteado en la investigación “valorar el aporte del modelo didáctico, en el diseño de propuestas de implementación de TIC en enseñanza de las ciencias”, el cual se evalúa mediante tres subcategorías:

- A. Recursos TIC seleccionados
- B. Principios de mediación
- C. Integración de elementos del modelo didáctico

Así mismo, se analiza la información en busca de evidencias acerca de los aportes del modelo en la comprensión de los retos de la educación científica en relación con el uso de TDIC y de los aportes del modelo en la comprensión de los principios de la TASC como facilitadores del aprendizaje de las ciencias con tecnologías.

A continuación, se describe la propuesta de enseñanza diseñada por los docentes de cada uno de los casos y la manera como se identifican en ellas las subcategorías de análisis; en este punto, si bien las propuestas de los participantes no son presentadas atendiendo a los aspectos secuenciales de las UEPS (Unidades de enseñanza potencialmente significativas), como parte del análisis se transcriben los formatos entregados por los profesores participantes, a una tabla que recoge los puntos clave de su propuesta de estructuración didáctica; se ha realizado así con el fin de tener una base a partir de la cual se pueda hacer un análisis detallado de la información.

5.3.1 CASO 1

5.3.1.1 SÍNTESIS DE LA PROPUESTA

El profesor presenta una propuesta orientada a la enseñanza del movimiento planetario, encauzada a estudiantes de décimo grado; para ello recurre a dos simuladores computacionales: “Phet (movimiento y gravitación)” y “Solar System Scope”. Como estructura para el desarrollo de la propuesta didáctica define seis momentos: diagnóstico (conocimiento previo), explicación (representación), experimentación, estructuración (aprender del error o desaprendizaje), evaluación y *feedback*.

Para el momento del diagnóstico formula una pregunta problematizadora y sugiere la elaboración de un mapa de ideas. Para el momento de explicación hace uso de una simulación computacional sobre gravedad y orbitas, a partir de la cual los estudiantes experimentan, toman registros y buscan respuestas a las preguntas problematizadoras.

Para el momento de la experimentación, el profesor propone una actividad práctica sin el uso de tecnologías y enfocada en la experiencia corporal para comprender los cambios de movimiento y velocidad que ocurren a objetos que se mueven alrededor de otros. Finalmente, para el momento de la estructuración de conocimientos, se hace uso de un simulador computacional con la finalidad de apoyar la presentación de algunas conclusiones y elementos teóricos derivados de las experiencias previamente desarrolladas.

Para la evaluación y *feedback*, se recurre a un debate mediado por TDIC para que los estudiantes argumenten, a partir de sus aprendizajes en torno al fenómeno conocido como colapso gravitatorio.

Teniendo en cuenta los aspectos secuenciales de la UEPS, la tabla 19 recoge la información de la propuesta de enseñanza entregada por el profesor.

Tabla 19. Aspectos secuenciales de la UEPS identificados en la propuesta de enseñanza del Caso 1.

Tema	Movimientos planetarios, características de los movimientos y de los planetas e impacto en la gravitación del sistema solar.
Situaciones para exteriorizar su conocimiento previo	Preguntas problematizadoras: ¿Qué movimientos pueden realizar los planetas? ¿Qué relación tendrá la composición del planeta con su gravedad? Mapa de ideas.
Situaciones-problema iniciales	Esquema sobre el movimiento de los planetas alrededor del Sol.
Presentación del conocimiento general	Actividad experimental no mediada por tecnologías para el reconocimiento del movimiento de los planetas alrededor del sol.
Presentación del conocimiento estructurante	Simulación de la gravedad y órbitas.
Nuevas situaciones-problema	Análisis del experimento con nuevas variables a través de la simulación “solar system scope”
Evaluación del aprendizaje	Debate a través de un blog y con base en una pregunta: ¿Será posible que nuestro Sol forme un agujero negro?

5.3.1.2 IDENTIFICACIÓN DE LAS SUBCATEGORÍAS

A) Recursos TIC seleccionados

El profesor acude en su propuesta a la simulación computacional como principal recurso TDIC para el acercamiento al fenómeno en cuestión, para ello selecciona dos simulaciones de acceso abierto y con enfoque educativo.

La primera simulación es “Solar System Scope”, un conjunto de recursos digitales sobre el sistema solar, el cielo nocturno y el espacio exterior, presentados en tiempo real gracias a parámetros orbitales y otros datos publicados por la NASA y por CelesTrak-NORAD. La segunda simulación es “gravedad y orbitas” del proyecto de simulaciones interactivas de PhET de la Universidad de Colorado; ésta permite identificar las variables que afectan a la fuerza de gravedad e interactuar con diferentes sistemas para favorecer su comprensión.

Para la elección de dichas simulaciones, el profesor manifiesta haber valorado previamente la pertinencia del contenido, así como los asuntos técnicos requeridos para su uso en el aula; éste es uno de los primeros elementos considerados en el modelo. A propósito de la usabilidad, las dos simulaciones seleccionadas por el profesor para su diseño de clase tienen versión en línea, versión de escritorio y versión móvil, lo cual facilita la accesibilidad al recurso pese a las limitaciones de infraestructura tecnológica que pueda tener la institución educativa. De igual manera, ambos recursos tienen traducción al español, por lo que supera la barrera idiomática que pudiera presentarse con este tipo de recursos. No sobra decir que ambos recursos tienen el soporte de equipos de profesionales interdisciplinarios entre los que se incluyen profesionales en educación para el diseño y validación de los contenidos presentados.

En relación con la pertinencia del contenido, es notable la relación entre los recursos digitales seleccionados y los propósitos de enseñanza trazados en la propuesta; también se hace notar el adecuado uso del lenguaje disciplinar, evidenciado en la definición técnica de los conceptos sin reduccionismos ni animismos explicativos, y, sobre todo en la relación establecida entre conceptos, a partir de la cual se puede identificar la diferenciación progresiva en la presentación de los contenidos.

De igual manera, se hace explícito en la propuesta un objetivo de aprendizaje que se quiere lograr con los estudiantes, y se definen unas actividades o estrategias, tanto para la mediación como para la evaluación, con el fin de aprovechar al máximo el potencial de las herramientas en el proceso de aprendizaje. Estos elementos atienden a la primera

dimensión o capa más externa del modelo didáctico, en la cual se relacionan algunos elementos de orden pedagógico-didáctico.

El objetivo trazado por el profesor es: “Identificar movimientos planetarios, características de los movimientos y de los planetas, así como el impacto en la gravitación del sistema solar”. Con esto el profesor busca atender a dos de los enunciados presentados en los Derechos Básicos de Aprendizaje para el grado décimo, a saber: (1) Comprende, que el reposo o el movimiento rectilíneo uniforme, se presentan cuando las fuerzas aplicadas sobre el sistema se anulan entre ellas, y que en presencia de fuerzas resultantes no nulas se producen cambios de velocidad. (2) Comprende la conservación de la energía mecánica como un principio que permite cuantificar y explicar diferentes fenómenos mecánicos: choques entre cuerpos, movimiento pendular, caída libre, deformación de un sistema masa-resorte.

B) Principios de mediación

La propuesta contempla actividades dirigidas al intercambio de preguntas/debate, al mapeo de ideas, explicación mediante esquemas y experimentación guiada. La inclusión de este tipo de actividades, así como el momento didáctico en el que se proponen, da cuenta de una intención en la propuesta por alejarse de la narrativa, así como de la pizarra y el libro de texto. Además, posibilita la participación del estudiante mediante la interacción social, concretada en preguntas que movilizan y permiten al alumnado pensar e intercambiar ideas con sus pares y con su profesor, incluso de manera previa al abordaje conceptual.

Del conjunto de actividades propuestas se destaca la del debate a través de un blog y con base en la pregunta: ¿será posible que nuestro Sol forme un agujero negro?, En esta actividad confluyen varios principios facilitadores de la TASC, y podría ser un escenario propicio para abordar elementos de los tres niveles del modelo didáctico.

C) Integración de elementos del modelo didáctico

Además de los principios de la TASC ya mencionados, el profesor participante manifiesta haber tenido en cuenta en su propuesta los principios de conocimiento previo, representación y desaprendizaje.

El principio del conocimiento previo lo asocia con la estructuración de saberes, como un elemento fundamental para la apropiación disciplinar.

El principio del aprendiz como perceptor representador se identifica en su propuesta a partir del rol que se le otorga al estudiante en la exploración del recurso de simulación computacional, donde más que hacer una experimentación guiada o una exploración libre que carece de objetivos, se busca que el estudiante resuelva una pregunta problematizadora. Con esto se reconoce su capacidad de percibir y representar el fenómeno que está siendo simulado.

En relación con el desaprendizaje, si bien en la propuesta no se explicita la manera como se trabaja en pro de este principio, se podría establecer alguna relación con la posibilidad que se le da al estudiante de participar en una actividad práctica sin el uso de TDIC y enfocada en la experiencia corporal; en esta actividad se tiene la posibilidad de identificar elementos que no favorecen su comprensión del fenómeno, así como contrastar la experiencia simulada con la experiencia real para hacer concientizaciones y plantear nuevas preguntas.

Así las cosas, el profesor ha incluido en su propuesta al menos un principio de cada una de las dimensiones del modelo. En la figura 8 se presenta gráficamente con color, los elementos del modelo que fueron identificados en la propuesta y, en gris aquellos elementos ausentes

Si bien es un logro importante que el estudiante del Caso I haya considerado diversos elementos del modelo didáctico en el diseño de su propuesta, y más aún, que haya incluido elementos que trascienden la dimensión pedagógico-didáctica, llama la atención la ausencia de consideraciones de orden epistemológico, como la incertidumbre

del conocimiento en la propuesta didáctica, pues hasta ahora había sido un elemento recurrente en las participaciones del profesor. Así, se manifiesta en los siguientes comentarios del profesor:

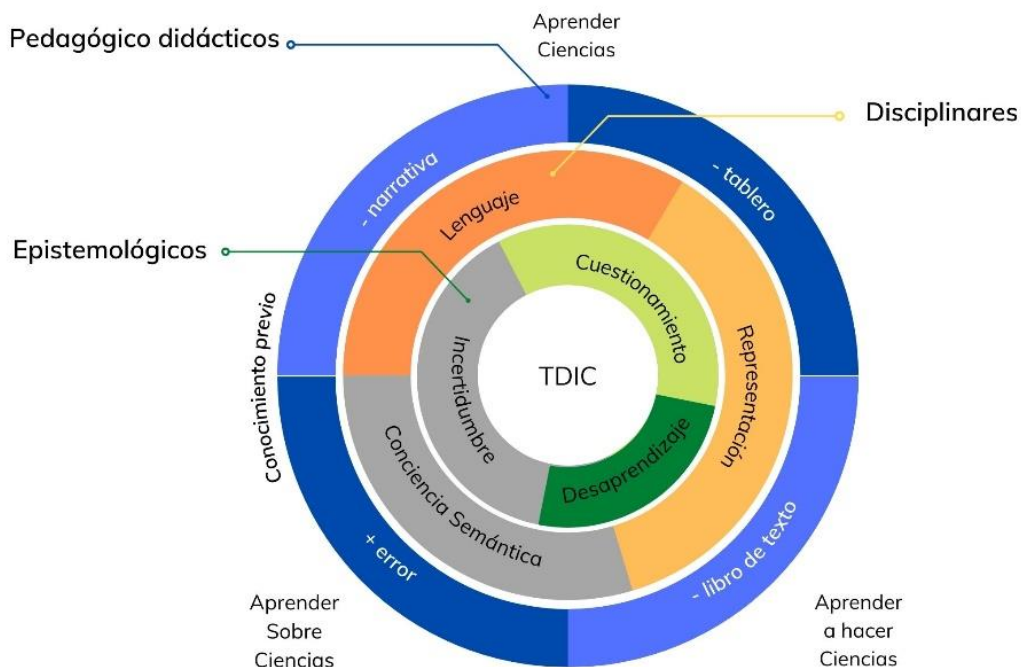


Figura 8. Elementos del modelo contemplados en la propuesta del Caso 1.

“Es muy importante tener en cuenta algunas dinámicas o actividades donde se ponga a la ciencia en entredicho, donde se la pueda hacer frente, donde se pueda decir no estoy de acuerdo con lo que dice, aquí el resultado o el análisis está errado, esto es un error, o esto no es tan así. Así como a lo largo de la historia algunos grandes científicos han tumbado un paradigma para montar otro (...), yo con los chicos, por ejemplo, cuando el boom del agujero negro, cuando fue fotografiado, les mostraba fotos de las ilustraciones que nosotros creíamos que era un agujero negro. Luego mostré la foto real, que eso fue un boom. Y ellos me decían, uy profe, pero es que es muy diferente. Y claro, sí, es muy diferente, pero si vemos, nosotros estábamos haciendo un supuesto, porque nadie sabe cómo es un agujero negro” (Caso 1, Entrevista).

“Si ponemos en entredicho los acontecimientos que resquebrajan o que crean un punto de inflexión donde algo no funciona, ahí es donde nosotros hacemos la crítica. Podemos incentivar el pensamiento crítico incluso donde el estudiante no vaya a repetir un error o caiga en la cuenta de qué fue lo que paso y porque cambió” (Entrevista, Caso 1).

Lo anterior evidencia una sensibilidad del profesor por incluir en el desarrollo de sus clases elementos relacionados con la incertidumbre del conocimiento, asunto que reconoce como aporte del modelo. Esto también implica que el modelo puede ser más explícito en este aspecto para orientar mejor a los profesores en la inclusión de estos elementos dentro de la planeación de las propuestas.

En el anexo 5 se presenta la propuesta de enseñanza entregada por el profesor.

5.3.2 CASO 2

5.3.2.1 SÍNTESIS DE LA PROPUESTA

La profesora presenta una propuesta orientada a la enseñanza del principio de la conservación de la energía para estudiantes de décimo grado. Como parte de la propuesta hace uso de un recurso TDIC, específicamente una simulación computacional llamada “energía en la pista de patinaje” del proyecto de simulaciones interactivas de PhET de la Universidad de Colorado.

El desarrollo de la propuesta lo estructura siguiendo cinco momentos: saberes previos, contenido histórico, experiencia, construcción teórica y evaluación.

En el primer momento sobre *saberes previos*, plantea preguntas abiertas y de selección múltiple que orientan una discusión; luego, propone un video y línea de tiempo para abordar el *contenido histórico*; para la actividad experimental planifica la utilización de una simulación computacional para acercarse al principio de la conservación de la energía; en el momento de *construcción teórica* aborda los conceptos, formulas, y

ejercicios; y finalmente, para la *evaluación* recurre a la resolución de problemas para la aplicación de los conocimientos.

Teniendo en cuenta los aspectos secuenciales de la UEPS, la tabla 20 recoge la información de la propuesta de enseñanza entregada por la profesora.

Tabla 20. Aspectos secuenciales de la UEPS identificados en la propuesta de enseñanza del Caso 2.

Tema	Principio de conservación de la energía.
Situaciones para exteriorizar su conocimiento previo	Preguntas abiertas y de selección múltiple: <ul style="list-style-type: none"> - ¿Qué significa conservación? - ¿Qué tipos de energía conoces? - ¿Cómo defines la energía? - ¿En qué consiste el principio de conservación de la energía?
Situaciones-problema iniciales	Un ciclista en el Tour de France, ¿tiene energía cinética, no tiene energía o tiene energía eléctrica?
Presentación del conocimiento general	Línea de tiempo y experiencia con la simulación “energía en la pista de patinaje” (PhET)
Presentación del conocimiento estructurante	Conceptos y formulas, preguntas, ejercicios y problemas.
Nuevas situaciones-problema	Maquinas: aplicación de la conservación de la energía.
Evaluación del aprendizaje	Problemas de aplicación de ecuaciones y conceptos.

5.3.2.2 IDENTIFICACIÓN DE SUBCATEGORÍAS

A) Recursos TIC seleccionados

La propuesta acude a la simulación computacional como principal recurso TDIC para el acercamiento al principio de conservación de la energía.

Para la elección de la simulación, la profesora manifiesta tener en cuenta elementos como *“que sea una herramienta de acceso libre y que pueda ser utilizada en el aula, es decir, que no sea muy ‘pesada’ (muchos Kbytes), que corra bien, que sea fácil la forma de acceder a ella en el aula, ya sea virtual o presencial”* (Caso 2, entrevista).

A propósito de lo anterior, la simulación “energía en la pista de patinaje” del proyecto de simulaciones interactivas de PhET es un recurso de acceso abierto, con posibilidad de acceso online y offline a través de computador u otro tipo de dispositivo electrónico con acceso a HTML5, lo cual la hace de fácil acceso en las condiciones generales de infraestructura tecnológica de los colegios de la ciudad de Medellín, Colombia.

No obstante, además de las condiciones técnicas para la selección de la herramienta, es necesario validar otros asuntos como la pertinencia de la herramienta en relación con los objetivos planteados y también con el lenguaje disciplinar requerido. Si bien en la propuesta de la profesora estos elementos no son explícitos, podría decirse que la simulación elegida es pertinente con el tema a trabajar en la medida que aborda conceptos como conservación de energía, energía cinética, energía potencial, energía térmica, rozamiento, entre otros; además que permite establecer relaciones entre dichos conceptos.

Ahora bien, aunque en la propuesta no se incluye un objetivo de enseñanza que oriente el desarrollo de las actividades, si se contempla una relación con los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA), específicamente con el enunciado: “Comprende la conservación de la energía mecánica como un principio que permite cuantificar y explicar diferentes fenómenos mecánicos: choques entre cuerpos, movimiento pendular, caída libre, deformación de un sistema masa-resorte”

La valoración de la pertinencia de la herramienta TDIC, así como la definición de propósitos de aprendizaje son elementos que atienden a la primera dimensión o capa más externa del modelo didáctico, en la cual se relacionan algunos elementos de orden pedagógico-didáctico y que permiten comprender una mirada de la enseñanza alejada de

la narrativa, donde se ofrecen posibilidades alternativas al tablero o pizarra y al libro de texto.

B) Principios de mediación

Respecto a elementos proyectados para la mediación y la evaluación, en la propuesta se contempla el intercambio de preguntas, experimentación guiada y resolución de problemas. La revisión en profundidad de la propuesta presentada por el caso 2, permite ver que se corresponde con una estructura didáctica de orden clásico, que se manifiesta en asuntos como la indagación de saberes previos a partir de preguntas conceptuales.

No obstante, en la propuesta presentada, la profesora relaciona los principios de conocimiento previo y el de interacción social y del cuestionamiento; esto indica, que el modelo didáctico debe ser explícito en otras maneras en las que los profesores pueden propiciar el cumplimiento de estos principios, especialmente en el caso de la interacción social y del cuestionamiento, el cual no puede confundirse con la resolución de preguntas unidireccionales (profesor-estudiante).

De manera similar, al plantear actividades de experimentación haciendo uso de la herramienta TDIC seleccionada, la profesora recurre a una guía para la experimentación marcada por opciones de manejo de variables dentro de la herramienta, que llevan a la resolución de algunas preguntas que se formulan; este punto la profesora establece relación con el principio de aprendiz como perceptor representador. Si bien las guías de experimentación pueden llevar a que el estudiante tenga poca autonomía en la interacción con los recursos de aprendizaje, algunas preguntas y pautas previas pueden favorecer que la exploración del recurso se oriente hacia los propósitos de aprendizaje y no pierdan su finalidad; no obstante, esas preguntas deben poner énfasis en la comprensión de los conocimientos que posee el estudiante para afrontar la nueva situación a la que se enfrenta, como también a la identificación de aquellos que no le son suficientes (desaprendizaje); y, sobre todo, deben orientarse en facilitar la comprensión del fenómeno estudiado más que en la verificación de resultados.

Finalmente, en relación con la resolución de problemas como estrategia que la profesora utiliza para los procesos de evaluación planteados, se advierte que se proponen una serie de problemas prácticos, vinculados a situaciones reales en las que los estudiantes pueden aplicar los conocimientos adquiridos; además, en el diseño de esta estrategia se cumple con los principios de diferenciación progresiva y reconciliación integradora.

C) Integración de elementos del modelo didáctico

Hasta ahora se advierte la inclusión de elementos asociados a la primera dimensión del modelo didáctico en la propuesta presentada por el caso 2, específicamente se identifica la inclusión de elementos como el conocimiento previo, el abandono de la narrativa y la no centralización en el tablero y el libro de texto.

Así mismo, la profesora relaciona en su propuesta algunas estrategias: como el intercambio de preguntas con el principio de la interacción social y del cuestionamiento, la experimentación guiada con el principio del aprendiz como perceptor representador, y la resolución de problemas con principios como el aprendizaje por error, la conciencia semántica, el conocimiento como lenguaje y la interacción social y del cuestionamiento. Estos elementos se asocian con la segunda y tercera dimensión del modelo.

De igual manera, la propuesta contempla un ejercicio asociado al principio de desaprendizaje, concretamente la presentación de un contenido histórico en una línea de tiempo entre el siglo XVI y XIX en la que se resaltan algunos personajes de relevancia en la temática estudiada. Si bien, el ejercicio aporta elementos para la contextualización histórica, es menester profundizar en los elementos epistemológicos, para que sea posible abordar asuntos como la naturaleza del conocimiento científico, su origen y validez. La línea de tiempo, en el sentido trabajado en la propuesta, podría conllevar a una mirada de la ciencia como un proceso lineal, marcado por hechos indiscutibles y tendiente a resultados objetivos.

En síntesis, la profesora del caso 2 ha incluido en su propuesta al menos un principio de cada una de las dimensiones del modelo didáctico. En la figura 9 se presenta

gráficamente con color, los elementos del modelo que fueron identificados en la propuesta y, en gris, aquellos elementos ausentes.

La propuesta del caso 2 permite identificar aportes significativos del modelo en el diseño de actividades con herramientas TDIC que trascienden el simple uso instrumental o la presencia de estas en el aula como artefactos carentes de sentido educativo. Se evidencia una sensibilización hacia el aprovechamiento del potencial de estos recursos, especialmente en sentido pedagógico - didáctico y disciplinar.

Se advierte, que es necesario seguir trabajando en pro de fortalecer la inclusión de elementos epistemológicos, a partir de principios como la incertidumbre del conocimiento y otros elementos que superen la mirada histórica como un recuento lineal de sucesos y personajes, y que permita a los estudiantes aprender sobre el origen y la validez de los fenómenos que estudian, pues esto forma parte fundamental de su comprensión.

Ahora, si bien no se encuentran mayores evidencias de la inclusión del principio de incertidumbre del conocimiento en la propuesta diseñada por el caso 2, otros aportes dan cuenta del reconocimiento de este elemento a partir del acercamiento al modelo. Por ejemplo:

“Una imagen errónea de la ciencia, puede suceder de muchas maneras. No es la tecnología explícitamente, sino también la elección de lo que el maestro consigue para sus clases, de cómo el maestro diseña su clase y, por supuesto, de lo que también el maestro piensa. Porque puede que existan maestros con una imagen completamente errónea, o una imagen muy tradicional de la ciencia”
(Caso 2, Entrevista).

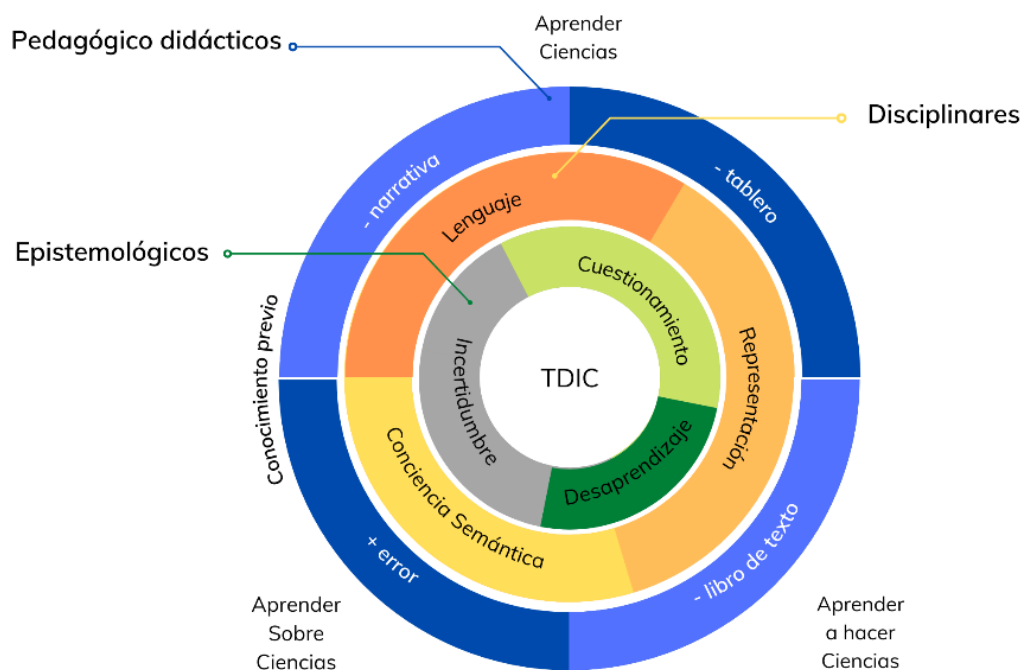


Figura 9. Elementos del modelo contemplados en la propuesta del caso 2.

5.3.3 ANÁLISIS RETROSPECTIVO DEL ESTUDIO 3

A continuación, se presentan algunas evidencias acerca de los aportes del modelo en la comprensión de los retos de la educación científica en relación con el uso de TDIC y los aportes del modelo en la comprensión de los principios de la TASC como facilitadores del aprendizaje de las ciencias con tecnologías. Para ello se retoman las categorías y subcategorías de análisis definidas en el marco metodológico, comprendiendo la interrelación entre ellas.

5.3.3.1 ENSEÑAR CIENCIA CON TDIC: aportes para la comprensión de los principios conceptuales y/o disciplinares.

En este estudio se ha evidenciado comprensión sobre la necesidad de propiciar el aprendizaje conceptual/disciplinar a partir del uso de las tecnologías, desligándose del

interés procedimental que ha marcado la inclusión de herramientas como la simulación computacional.

El modelo permite reconocer el lugar del lenguaje en la construcción del conocimiento científico, es decir, reconocer que cuando se aprende o se enseña una disciplina implica apropiarse de un nuevo lenguaje y que, en consecuencia, este elemento debe ser tenido en cuenta en todo el proceso formativo, incluso en la selección de las herramientas TDIC.

Creemos que el modelo tiene un aporte importante en la comprensión de las herramientas digitales como representaciones de la realidad y en las concientizaciones que deben propiciarse en los estudiantes cuando se trabaja con este tipo de recursos.

Así mismo, el modelo permite identificar el valor de la conciencia semántica en la apropiación del lenguaje de las ciencias; no obstante, su aplicación en el diseño de las propuestas de enseñanza no es explícito y requiere de mayores orientaciones para su concreción en los procesos de enseñanza. Algunas evidencias sobre estos hallazgos se recogen en la figura 10.

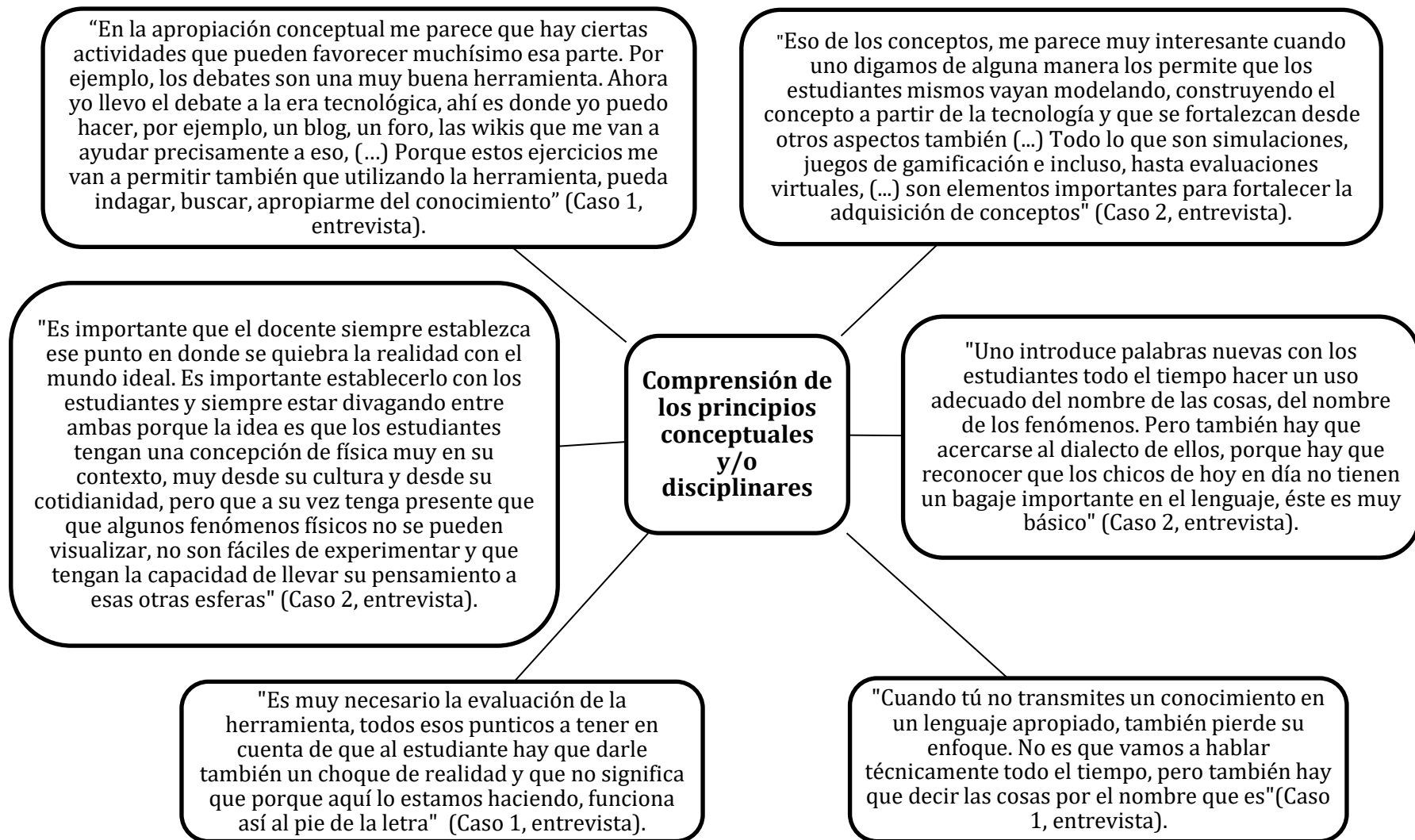


Figura 10. Evidencias sobre la comprensión de los principios conceptuales y/o disciplinares

5.3.3.2 ENSEÑAR A HACER CIENCIA CON TDIC: aportes para la comprensión de los principios pedagógico-didácticos.

Se ha evidenciado mayor interés por fortalecer la actividad experimental a partir del uso de TDIC atendiendo algunos principios de la TASC. Estas tecnologías permiten aprovechar su potencial no solo para verificar resultados sino principalmente para comprender el fenómeno en su complejidad; y también, para aplicar algunas prácticas propias de los científicos en su trabajo, entre las que se consideran clave la interacción social y el cuestionamiento, el trabajo en comunidades y por supuesto la experimentación.

El modelo didáctico permite justificar la inclusión de las TDIC en los procesos de enseñanza a partir de principios como el abandono de la narrativa y la no centralización en la pizarra y el libro de texto, más allá del requisito institucional de dar lugar a este tipo de herramientas en las aulas o de dinamizar los procesos educativos.

Así mismo, el modelo permite al profesor comprender el lugar del error en la construcción del conocimiento, siendo las TIC un catalizador del proceso en la medida que disminuye los riesgos y costos de la experimentación tradicional; no obstante, se resalta la dificultad que representa incluir ese tipo de principios en los procesos de enseñanza. Algunas expresiones de los profesores participantes que permiten identificar estos aportes se recogen en la figura 11.

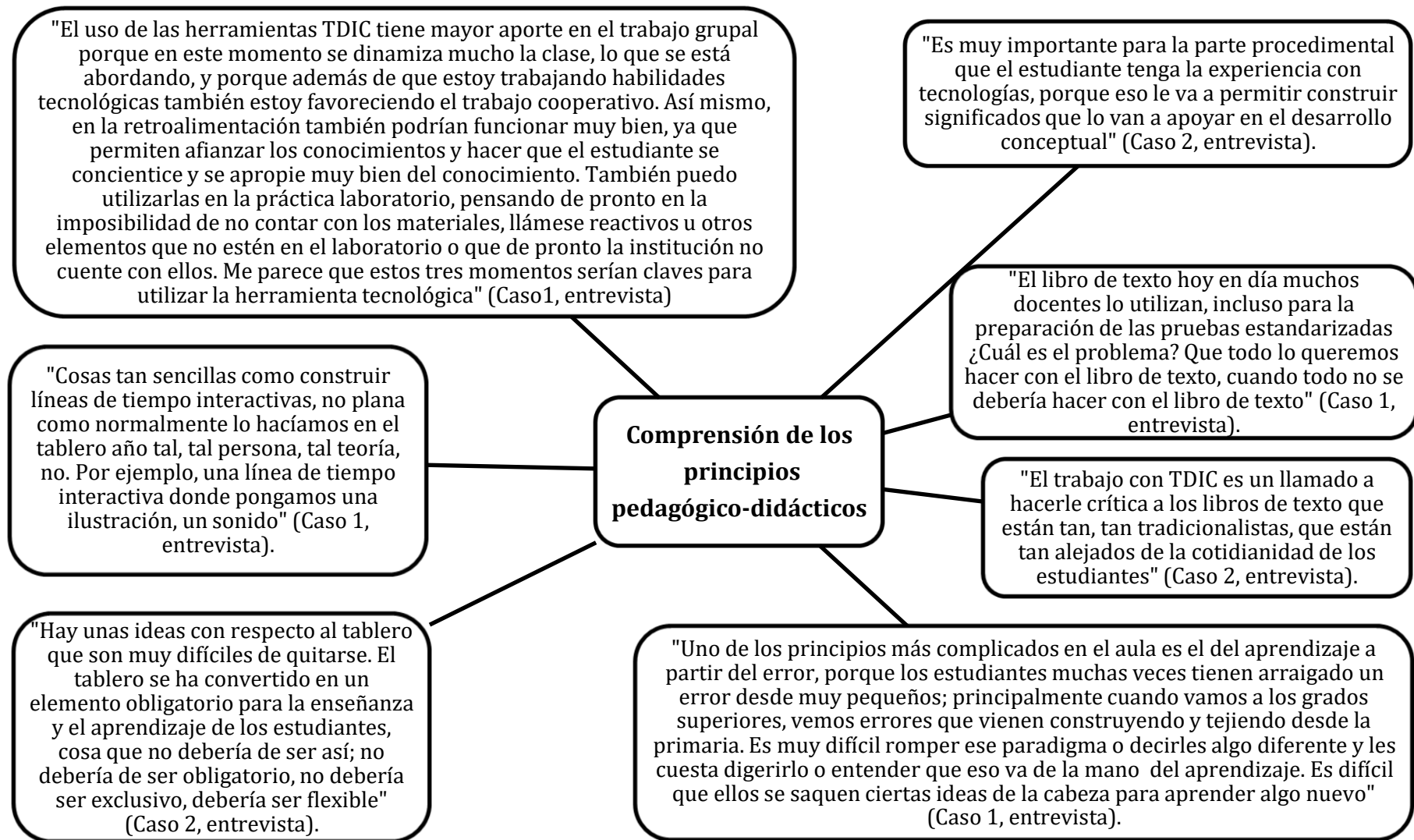


Figura 11. Evidencias sobre la comprensión de los principios pedagógico-didácticos.

5.3.3.3 ENSEÑAR SOBRE CIENCIA CON TDIC: aportes para la comprensión de los principios epistemológicos.

Se ha evidenciado sensibilización hacia la posibilidad de abordar asuntos epistemológicos a partir del trabajo con las TDIC; no obstante, las estrategias para llevarlo a cabo son difusas, superficiales o carecen de fundamentación, ver figura 12.

El modelo didáctico favorece la comprensión de mayores posibilidades en el uso de herramientas tecnológicas en la enseñanza de las ciencias, y, permite tomar conciencia del potencial que estas pueden tener para aprender, no solo conceptos sino también el contexto en que estos se desarrollan, sus limitaciones y repercusiones. No obstante, la concreción de estos elementos en las propuestas de enseñanza con TDIC requiere, en primer lugar, mayor discusión epistemológica en la formación de profesores de ciencias, y, de igual manera, mayor concreción en el modelo sobre el significado de principios como la incertidumbre del conocimiento científico y la manera como este puede abordarse en el aula.

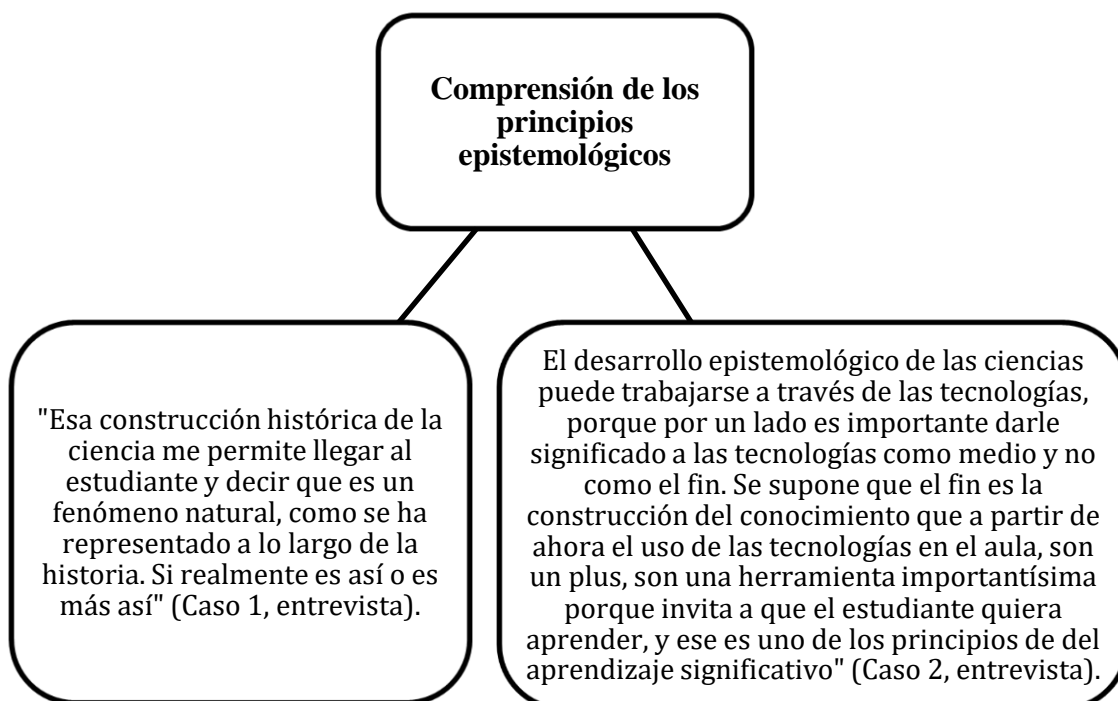


Figura 12.Evidencias de la comprensión de los principios epistemológicos

A continuación, se presenta una síntesis de los aportes del modelo didáctico identificados en el trabajo con los profesores participantes (ver tabla 21), especialmente en el estudio de caso presentado; para ello las categorías y subcategorías definidas de manera apriorística se relacionan con dichos aportes, pero también con las dificultades identificadas, las cuales se constituyen en puntos clave para la definición de un nuevo prototipo del modelo, complementado y afinado gracias a los aportes de los profesores participantes a lo largo de toda la investigación.

Tabla 21. Resumen de los aportes del modelo a la luz de las categorías de análisis.

CATEGORIA	SUBCATEGORIA	APORTES	DIFICULTADES
Aportes del modelo en la comprensión de los retos de la educación científica en relación con el uso de TDIC	Aportes en relación con enseñar ciencia con TDIC.	Se evidencia comprensión sobre la necesidad de propiciar el aprendizaje conceptual/disciplinar a partir del uso de las tecnologías.	
	Aportes en relación con enseñar a hacer ciencia con TDIC.	Se evidencia mayor interés por fortalecer la actividad experimental a partir del uso de tecnologías.	
	Aportes en relación con Enseñar sobre ciencia con TDIC	Se evidencia sensibilización hacia la posibilidad de abordar asuntos epistemológicos a partir del trabajo con las TDIC	Las estrategias para llevarlo a cabo son difusas, superficiales o carecen de fundamentación.
Aportes del modelo en la comprensión de los principios de la TASC como facilitadores del aprendizaje de las ciencias con tecnologías	Aportes para la comprensión de los principios conceptuales y/o disciplinares.	El modelo permite reconocer el lugar del lenguaje en la construcción del conocimiento científico y que este debe ser tenido en cuenta en todo el proceso formativo, incluso en la selección de las herramientas TDIC. El modelo tiene un aporte importante en la	La aplicación de principios como la conciencia semántica en el diseño de las propuestas de enseñanza no es explícito y requiere de mayores orientaciones para su concreción en

CATEGORIA	SUBCATEGORIA	APORTES	DIFICULTADES
		comprensión de las herramientas digitales como representaciones de la realidad. El modelo permite identificar el valor de la conciencia semántica en la apropiación del lenguaje de las ciencias.	los procesos de enseñanza.
	Aportes para la comprensión de los principios pedagógico-didácticos.	El modelo permite justificar la inclusión de las TDIC en los procesos de enseñanza a partir principios como el abandono de la narrativa, la no centralización en el tablero y el libro de texto. El modelo permite al profesor comprender el lugar del error en la construcción del conocimiento.	
	Aportes para la comprensión de los principios epistemológicos.	El modelo permite hacer conciencia del potencial que las TDIC pueden tener para aprender no solo conceptos, sino también el contexto en que estos se desarrollan, sus limitaciones y repercusiones.	La concreción de estos elementos en las propuestas de enseñanza con TDIC requiere mayor concreción en el modelo sobre el significado de principios como la incertidumbre del conocimiento.

Con base en este análisis retrospectivo, así como en las reflexiones suscitadas en los estudios 1 y 2, se presenta, en la figura 13, un prototipo final del modelo con los ajustes y complementos necesarios en busca de favorecer una implementación de TDIC cada vez más fundamentada, profunda y acorde con los retos de la educación científica

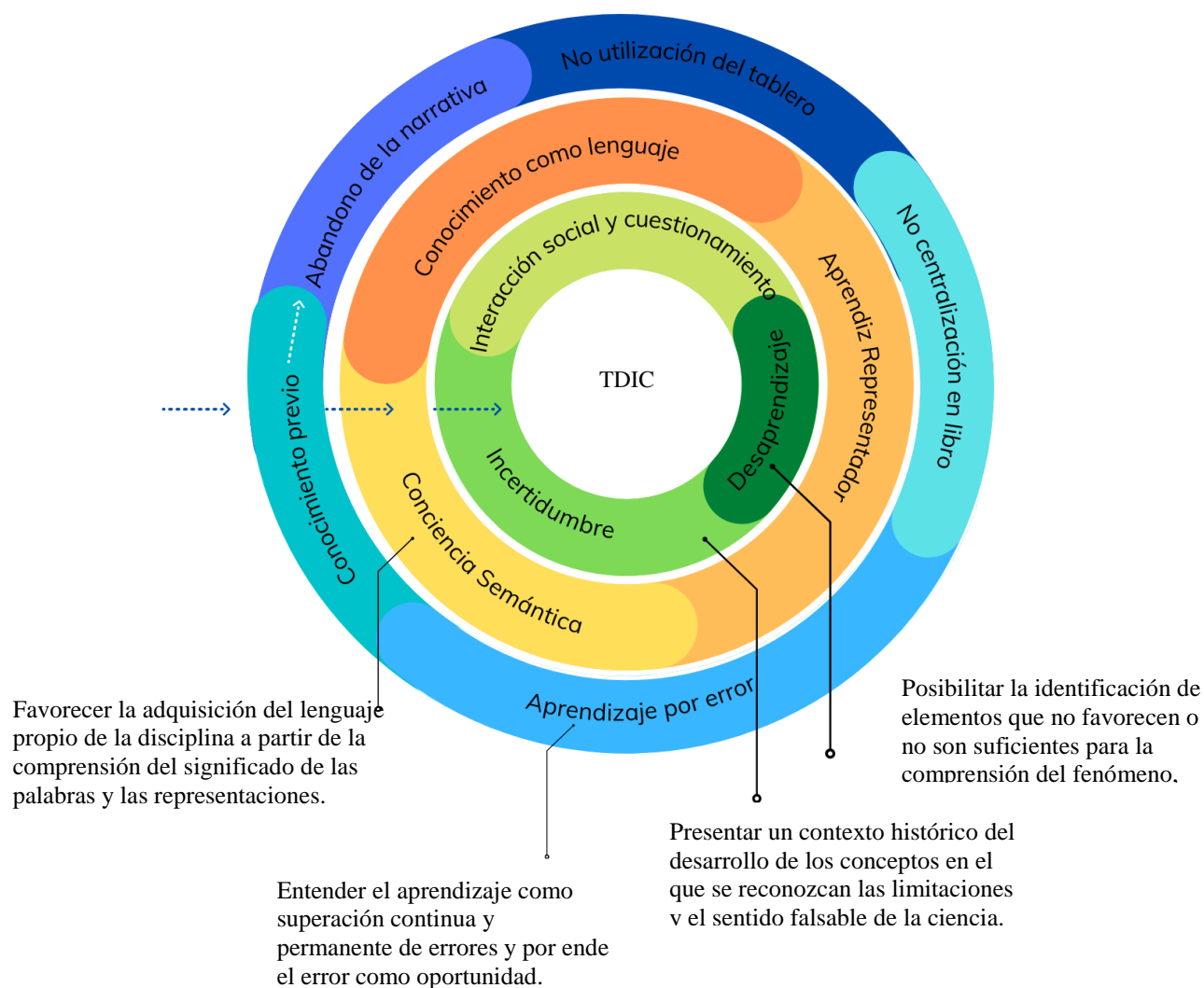


Figura 13.Prototipo final del modelo.

El prototipo final contempla las siguientes dimensiones:

- (Externa) *Pedagógico-didáctica*: contiene la valoración de la pertinencia de las herramientas TIC (en términos de nivel educativo, uso del lenguaje, accesibilidad y otros), explicitación de objetivos, definición de estrategias de mediación y proyección de estrategias de evaluación a partir de los principios relacionados: conocimiento previo, abandono de la narrativa,

no utilización del tablero, no centralización en el libro de texto y aprendizaje por error.

- (Intermedia) *Disciplinar*: implica conocer la estructura curricular del contenido a trabajar y a partir de ello favorecer la organización secuencial, diferenciación progresiva y la reconciliación integradora. Así como la adquisición del lenguaje propio de la disciplina.
- (Interna) *Epistemológica*: debe propiciar un acercamiento a la naturaleza del conocimiento estudiado, su origen y validez.

Los cambios más significativos de esta versión del modelo en relación con la versión preliminar tienen que ver con la denominación adecuada de los principios de la TASC, así como con la inclusión de algunas ideas ampliadas en los principios en los que se evidenció poca concreción por parte de los participantes en el estudio, para la inclusión de estos elementos en sus propuestas de enseñanza.

CAPÍTULO 6: CONSIDERACIONES FINALES

En el desarrollo de este proceso investigativo, se destacan los aportes de la revisión de literatura como diagnóstico del estado de la investigación sobre modelos didácticos para la implementación de TIC en el ámbito iberoamericano, siendo este diagnóstico, un elemento justificante de los propósitos planteados en esta investigación.

Se resalta el valor de seguir un proceso metódico para la revisión y análisis de la información bibliográfica, con el fin de recuperar información relevante para el desarrollo de la investigación, y favorecer el proceso interpretativo que permita sustentar elementos clave como los referentes teóricos y diseño metodológico, entre otros.

En esta investigación, la revisión de literatura tuvo aportes invaluable, pero se destaca la posibilidad de ampliar la concepción sobre el significado modelo didáctico y comprender el valor que este concepto tiene en la atención a las problemáticas educativas, a partir de la articulación de sus dimensiones y su sentido realista y contextualizado.

En relación con la fundamentación teórica de la investigación, exaltamos el valor que tuvo el ejercicio de articulación de la Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico (Moreira, 2005/2010) y los planteamientos de Hodson (2003, 2010) para la concreción de conceptos como criticidad, incertidumbre y cuestionamiento en los ejercicios de enseñanza de las ciencias. Se destaca que la articulación de estos planteamientos permite tener una base teórica que sustente la incorporación de tecnologías aprovechando todo su potencial y atendiendo de manera clara a los retos que supone la formación científica en la actualidad.

Al respecto de la fundamentación metodológica, se resalta el valor de la IBD en la consolidación de propuestas para atender a problemáticas educativas reales y multidimensionales, permitiendo la incorporación paulatina de mejoras que son identificadas en la puesta en escena de los diseños iniciales y la reflexión sobre sus potencialidades y limitaciones. Adicionalmente, se valora la flexibilidad de esta

metodología para la adaptación a situaciones no proyectadas como lo fue la contingencia por el Covid 19.

Ahora bien, atendiendo a los objetivos propuestos en la investigación, es necesario anotar que la investigación nos ha permitido identificar aportes al acercamiento o sensibilización de los participantes sobre el rol de las representaciones en la enseñanza de las ciencias. Es de gran valor que, con base en las actividades desarrolladas, los maestros participantes hablen de la necesidad de promover concientizaciones en sus estudiantes sobre la diferencia entre los modelos explicativos (especialmente en aquellos que son mediados por las tecnologías) y la naturaleza de los fenómenos.

Así mismo, es un hecho de gran valor para este estudio que los maestros participantes hayan conseguido ampliar los elementos que toman en consideración en el momento de seleccionar un recurso digital para apoyar su labor de enseñanza, pasando de considerar únicamente asuntos de forma, como el diseño o la accesibilidad, a considerar elementos como el adecuado uso del lenguaje y la correspondencia con los propósitos de enseñanza, y otros elementos curriculares.

Es posible afirmar que, en el inicio del proceso, los profesores participantes aplicaban elementos del primer nivel del modelo didáctico, es decir, criterios de orden pedagógico-didáctico, sin mayor fundamentación teórica para sustentarlo. Y, que, después del proceso de intervención, se identifican elementos de los niveles 2 y 3 en los diseños y discursos de los profesores participantes. Esto es, sin duda, un aporte de gran valor que consideramos un semillero para una integración de tecnologías más acorde con los retos y necesidades de la educación científica.

Si bien la relación entre tecnologías digitales y asuntos de orden epistemológico en la enseñanza de las ciencias, o bien, el propósito de enseñar sobre ciencias con TDIC requiere aún mucha profundización, esta investigación nos ha permitido identificar que, un modelo didáctico que oriente sobre elementos concretos que permitan aprovechar este potencial de las tecnologías en los procesos educativos, hace más factible que los

profesores sean más estrictos en la selección de las herramientas, y que identifiquen nuevas formas de aprovechar su potencial pedagógico.

Al respecto, la forma de presentar de manera concreta esos elementos que permitirían abordar asuntos epistemológicos en la enseñanza con TDIC, es mediante los principios de la TASC, especialmente aquellos que tienen que ver con la incertidumbre del conocimiento, el desaprendizaje y la interacción social y cuestionamiento. Estos elementos fueron relacionados en el modelo y dispuestos como el máximo nivel de profundización. En este mismo sentido, el análisis realizado para plasmar estos elementos en el modelo, nos permitió identificar múltiples asuntos en los que se puede propiciar *aprender sobre ciencia* con el uso de tecnologías digitales, entre ellos: identificación de las causas de error en un experimento, análisis de las representaciones y modelos, abstracción de conceptos científicos, construcción de hipótesis y explicaciones, el desarrollo de un hecho científico, el valor de las controversias en la historia de las ciencias, la relación teoría y práctica experimental, análisis de la falsabilidad de las teorías científicas y el reconocimiento de la ciencia como construcción social, entre otros.

Finalmente, en respuesta a la pregunta de investigación planteada, con base en los aportes de los profesores participantes en nuestro estudio, podemos decir que un modelo didáctico fundamentado en la Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico favorece la construcción de propuestas de implementación de TIC para la Enseñanza de las Ciencias, en la medida que permite comprender el potencial de las herramientas tecnológicas no solo para la enseñanza de conceptos, la representación de fenómenos o la verificación de teorías, sino también para favorecer la apropiación del lenguaje, la construcción de preguntas y el acercamiento a la naturaleza del conocimiento científico.

Así mismo, el modelo didáctico favorece el diseño de actividades de enseñanza con TDIC de complejidad cada vez mayor, en las que se otorga mayor protagonismo al estudiante en su proceso de aprendizaje, a través por ejemplo de la valoración del error y de la apertura a preguntas; con esto se dota de sentido la incursión de las tecnologías en las aulas de clase y se abre la posibilidad de que a partir de su uso los estudiantes

desarrollen actividades propias de la actividad científica, a la vez que desarrollan su pensamiento crítico y capacidad de toma de decisiones.

Así las cosas, se han descrito las características de un modelo didáctico para la implementación de TIC en la educación básica y media, que considera los propósitos actuales de la educación científica y los principios de la teoría del Aprendizaje Significativo Crítico; estamos seguros que éste puede constituirse en un referente teórico de valor para trascender la fase instrumental que ha marcado la incursión de tecnologías en la educación, y sobre todo, que sirve de guía para que los maestros identifiquen el valor que puede tener la inclusión de herramientas TDIC en sus procesos de enseñanza.

Así mismo, esperamos aportar a la consolidación de una comunidad de maestros rigurosos y críticos frente a la incursión de las TIC en las escuelas y que como consecuencia de este trabajo se gesten nuevas investigaciones en las que se profundice sobre la posibilidad de articular la formación experimental y epistemológica de las ciencias al uso de tecnologías digitales, específicamente a aquellas que empiezan a incursionar con la llegada de la cuarta revolución industrial.

De igual manera, consideramos que una posibilidad futura de investigación la constituye el análisis de este modelo didáctico a la luz del enfoque STEAM y de asuntos como la neurodidáctica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, O., NARANJO, M. E., RHEA, B. S. y GALLEGOS, M. C. (2016). Modelo didáctico para la facultad de ciencias administrativas y económicas de la universidad técnica del norte en Ecuador. *Formación Universitaria*, 9(4), 3-10. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062016000400002>
- AGUDELO, M. A. (2004). Una aproximación a la consolidación de líneas de investigación desde la educación, la comunicación y la tecnología. *Revista ieRed: Revista Electrónica de la Red de Investigación Educativa*. 1(1).
- ALGARÍN, C. M. y CANO, Á. M. (2019). *Aportes del vodcasting en el proceso de aprendizaje de la biología de las mariposas desde la perspectiva del aprendizaje significativo crítico*. [Trabajo de grado de Pregrado, Universidad de Antioquia]. OPAC. <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/13816>
- AMENEYRO, H., PULIDO, M. S., HERNÁNDEZ, M. D. J. P., SÁNCHEZ, A. S. y BAUTISTA, E. A. (2016). Software e-learning de Dinámica basado en la Neurodidáctica para estudiantes de Ingeniería del Tecnológico Nacional de México. *Latin-American Journal of Physics Education*, 10(4), 1-7.
- ANGELI, C. y VALANIDES, N. (2009). Epistemological and methodological issues for the conceptualization, development, and assessment of ICT-TPCK: Advances in technological pedagogical content knowledge (TPCK). *Computers and Education*, 52(1), 154-168. doi:10.1016/j.compedu.2008.07.006
- ARIAS, V. (2016). *Las TIC en la educación en ciencias en Colombia: una mirada a la investigación en la línea en términos de su contribución a los propósitos actuales de la educación científica*. [Trabajo de grado de Maestría en Educación en Ciencias Naturales, Universidad de Antioquia]. OPAC. <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/5238>
- ARIAS, V. y LÓPEZ, S. (2014). Las TIC en la educación en ciencias en Colombia: una mirada al estado actual de la investigación en la línea ya su contribución a los propósitos de la educación en ciencias. *Congreso Iberoamericano de ciencia*,

tecnología, innovación y educación. Buenos Aires, Argentina.
<https://www.oei.es/historico/congreso2014/21memorias2014.php>

- AUSUBEL, D. P. (1963). *The psychology of meaningful verbal learning*. New York: GRUNE AND STRATTON.
- BACHELARD, G. (1985/2010). *La formación del espíritu científico*. Siglo XXI editores.
- BARAB, S. y SQUIRE, K. (2004). Design-based research: Putting a stake in the ground. *The journal of the learning sciences*, 13(1), 1-14.
https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1207/s15327809jls1301_1
- BECERRA, G. y CASTORINA, J. A. (2016). Acerca de la noción de “marco epistémico” del constructivismo. Una comparación con la noción de “paradigma” de Kuhn. *CTS: Revista iberoamericana de ciencia, tecnología y sociedad*, 11(31), 9-28.
- BEDAQUE, P. y BRETONES, P. S. (2016). Variation of sunrise position as a function of latitude. [Variação da posição de nascimento do Sol em função da latitude]. *Revista Brasileira De Ensino De Física*, 38(3) <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2015-0023>
- BERMÚDEZ, F. J. P. y GODOY, R. Á. (2017). Las tecnologías digitales como herramientas mediadoras en el conocimiento de la física. *Latin-American Journal of Physics Education*, 11(2), 21.
- BETANCUR, L. M., PULGARÍN, M. A. y VELÁSQUEZ, M. F. (2018). *El aprendizaje del concepto de color mediante el análisis del fenómeno de reflexión de la luz apoyado en el uso de sistemas de adquisición de datos*. [Trabajo de grado de Pregrado, Universidad de Antioquia]. OPAC.
- BETANCUR, L. M., PULGARÍN, M. A. y VELÁSQUEZ, M. F. (2019). Uso de Sistemas de Adquisición de Datos para el Aprendizaje del Concepto de Color. *Revista Científica*, (especial), 140-159.
- BIGLIANI, J., CAPUANO, V., MARTÍN, J., BORDONE, E. y RUDERMAN, A. (2014). Reflexiones sobre las nuevas tecnologías, la medida de los tiempos y las incertezas asociadas. *Revista de Enseñanza de la Física*, 26(2), 333-345.

- BONILLA, E. y CRUZ, P. (1997). *Más allá del dilema de los Métodos*. 3ª. Edición. Bogotá.
- BOUCIGUEZ, M. y SANTOS, G. (2010). Applets en la enseñanza de la física: un análisis de las características tecnológicas y disciplinares. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 7(1), 56-74.
- CABERO ALMENARA J. (2006). Bases pedagógicas del e-learning. *Didáctica, INNOVACIÓN Y MULTIMEDIA*, (3)1.
- CABERO-ALMENARA, J., PÉREZ DÍEZ DE LOS RÍOS, J.L. y LLORENTE-CEJUDO, C. (2018). Structural equation model and validation of the TPACK model: Empirical study. [Modelo de ecuaciones estructurales y validación del modelo de formación TPACK: Estudio empírico]. *Profesorado*, 22(4), 353-376. doi:10.30827/profesorado.v22i4.8420
- CACHAPUZ, LOPES, PAIXÃO, PRAIA y GUERRA (2006). Seminario internacional sobre el estado actual de la investigación en Enseñanza de las Ciencias. *Rev. Eureka. para la Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(1), pp. 167-171. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3891>
- CAMBRA-BADII, I., MICHEL-FARIÑA, J. J. y LORENZO, M. G. (2018). Contribuciones del cine y la psicología a la enseñanza de la física y otras ciencias naturales. El caso Copenhagen. *Revista de Enseñanza de la Física*, 30(1), 9-24.
- CAÑAL, P. y PORLÁN, R. (1987). Investigando la realidad próxima: un modelo didáctico alternativo. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias DIDÁCTICAS*, 5(2), 89-96.
- CAPUANO, V. (2011). El uso de las TIC en la enseñanza de las Ciencias Naturales. *Virtualidad, Educación y Ciencia*, 2(2), 79-88. <https://revistas.psi.unc.edu.ar/index.php/vesc/article/viewFile/335/334>
<http://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/13992>
- CARVAJAL, M. y MARÍN, J. (2019). *Uso de la realidad aumentada en la enseñanza del concepto ecosistema en un grupo de maestros en formación en ciencias naturales de la Universidad de Antioquia*. [Trabajo de grado de Pregrado,

- CARTOLARI, M. y CARLINO, P. (2011). Reading and taking notes for learning in teacher training: An exploratory study. [Leer y tomar apuntes para aprender en la formación docente: Un estudio exploratorio]. *Magis*, 4(7), 67-86.
- CASABLANCAS, S. (2014). De las TIC a las TAC, un cambio significativo en el proceso educativo con tecnologías. *Virtualidad, educación y ciencia*, 5(9), 106-109.
- CASTELLANO, E.A. y PANTOJA, A. (2017). Eficacia de un programa de intervención basado en el uso de las TIC en la tutoría. *Revista de Investigación Educativa*, 35(1), pp. 215-233.
- CASTRO-GARCIA, D., DUSSÁN, F. A. O. y CORREDOR, J. (2016). Tecnología para la comunicación y la solución de problemas en el aula. Efectos en el aprendizaje significativo. *Digital Education Review*, (30), 207-219.
- CELA-RANILLA, J. M., ESTEVE GONZÁLEZ, V., ESTEVE, F., GONZÁLEZ MARTÍNEZ, J. y GISBERT-CERVERA, M. (2017). El docente en la sociedad digital: Una propuesta basada en la pedagogía transformativa y en la tecnología avanzada. *Profesorado*, 21(1), 403-422.
- CENICH, G. y SANTOS, G. (2009). Aprendizaje significativo y colaborativo en un curso online de formación docente. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias*, 4(2), 7-23.
- CHAI, C. S. (2010). Teachers' epistemic beliefs and their pedagogical beliefs: A qualitative case study among Singaporean teachers in the context of ict-supported reforms. *Turkish Online Journal of Educational Technology*, 9(4), 128-139.
- CHAI, C. S., WONG, B. y TEO, T. (2011). Singaporean pre-service teachers' beliefs about epistemology, teaching and learning, and technology. *Teacher Development*, 15(4), 485-498. doi:10.1080/13664530.2011.635266
- CISTERNA F. (2005) Categorización y triangulación como procesos de validación del conocimiento en investigación cualitativa. *Theoria*, 14 (1), 61-71.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=29900107>

- COLCIENCIAS (2017). Política de ética, bioética e integridad científica. Documento de Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación N° 1501. Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación Colciencias.
- CONTRERAS, P. y ARANCIBIA, M. (2013). Aprendizaje y TIC: Innovaciones Didácticas para transformar contextos educativos. *Estudios pedagógicos*, 39(ESPECIAL), 5-6.
- CUBERO-IBÁÑEZ, J., IBARRA-SÁIZ, M.S. y RODRÍGUEZ-GÓMEZ, G. (2018) Propuesta metodológica de evaluación para evaluar competencias a través de tareas complejas en entornos virtuales de aprendizaje. *Revista de Investigación Educativa*, 36(1), 159-184.
- DE BENITO, B. y SALINAS, J. M. (2016). La investigación basada en diseño en Tecnología Educativa. *Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa (RIITE)*. (0), 44-59.
- DE LA FUENTE ARIAS, J. y JUSTICIA, F. J. (2007). The DEDEPROTM model of regulated teaching and learning: Recent advances. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 5(13), 535-564.
- DE MORAIS, L. A. y DA COSTA, I. A. S. (2018). De olho na fonte: trilha interpretativa para conservação das nascentes. *Acta Scientiae*, 20(5), 847-862. DOI: <https://doi.org/10.17648/acta.scientiae.v20iss5id3803>
- EASTERDAY, M., LEWIS, D. y GERBER, E (2014). Design-Based Research Process: Problems, Phases and Applications. En: Polman, J. L., Kyza, E. A., O'Neill, D. K., Tabak, I., Penuel, W. R., Jurow, A. S., O'Connor, K., Lee, T., and D'Amico, L. (Eds.). Learning and becoming in practice: *The International Conference of the Learning Sciences (ICLS) 2014*, Volume 1. Boulder, USA.
- ENRIQUE, C. M. y ALZUGARAY, G. E. (2013). Modelo de enseñanza-aprendizaje para el estudio de la cinemática de un volante inercial usando tecnologías de la información y la comunicación en un laboratorio de física. *Formación Universitaria*, 6(1), 3-12.
- FERRADA, D, y FLECHA, R. (2008). The dialogic educational model: A contribution based on the learning communities experience. [El modelo dialógico de la

pedagogía: Un aporte desde las experiencias de comunidades de aprendizaje]. *Estudios Pedagógicos*, 34(1), 41-61. doi:10.4067/S0718-07052008000100003

FUJARRA-BERALDO, R. M. & ALBUQUERQUE-MACIEL, D. (2016). Competências do professor no uso das TDIC e de ambientes virtuais. *Psicologia Escolar e Educacional*, 20, 209-218.

FURCI, V., TRINIDAD, O., DICOSMO, C., PERETTI, L y FERRARI, R. (2018). Actividades experimentales abiertas mediadas por tecnología Arduino™ como propuesta de formación docente en Física. *Revista de Enseñanza de la Física*, 30(extra), 83-89.

FURRAJA BERALDO, R. M. y ALBUQUERQUE MACIEL, D. (2016). Competencias del profesor en el uso de las TDIC y de ambientes virtuales. *Psicología Escolar e Educacional*, 20(2), 209-218.

GALLEGO-BADILLO, R. (2004). Un concepto epistemológico de modelo para la didáctica de las ciencias experimentales. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 3(3), 301-319.

GARAY, J. D., QUINTERO, J. C. y TAMAYO, J. A. (2017). *Realidad virtual para el aprendizaje significativo crítico de la comunicación celular endocrina*. [Trabajo de grado de Pregrado, Universidad de Antioquia]. OPAC. <http://ayura.udea.edu.co:8080/jspui/handle/123456789/2861?mode=simple>

GARCÍA, F. F. (2000). Los modelos didácticos como instrumento de análisis y de intervención en la realidad educativa. *Biblio 3w: Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, 207, 1-12. https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/17136/file_1.pdf?sequence=1

GARCÍA-ROMANO, L y OCCELLI, M. (2019). Un modelo analítico para caracterizar recursos tecnológicos basados en contenidos científicos. *Revista de Enseñanza de la Física*, 31(1), 15-25.

GARELLO, M; RINAUDO, M. y DONOLO, D. (2011). Valoración de los Estudios de diseño como metodología innovadora en una investigación acerca de la construcción del conocimiento en la universidad. RED-DUSC. *Revista de Educación a Distancia-Docencia Universitaria en la Sociedad del Conocimiento*.

- GARRITZ, A. (2010). La enseñanza de la ciencia en una sociedad con incertidumbre y cambios acelerados. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(3), 315-325.
- GIL, V. D. (2017). Intelligent tutorial system for learning of basic and operational math. [Sistema tutorial inteligente para la enseñanza de las matemáticas básicas y operativas]. *Journal of Science Education*, 18(2), 84-90.
- GIL, D.; CARRASCOSA, J. y MARTÍNEZ, F. (1999). El surgimiento de la didáctica de las ciencias como campo específico de conocimientos. *Revista educación y pedagogía*, 11(25), 13-65.
- GOMEZ-GARCÍA, A. y INSAUSTI-TUÑÓN, M. (2004). El ciclo reflexivo cooperativo: un modelo didáctico para la enseñanza de las ciencias. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 3(2), 148-160.
- GRECA, I. M. y DOS SANTOS, F. M. (2005). Dificuldades da generalização das estratégias de modelação em ciências: o caso da física e da química (Difficulties in generalizing modelling strategies in science: the case of physics and chemistry). *Investigações em Ensino de Ciências*, 10(1), 31-46.
- GROS, B. (2011). *Evolución y retos de la educación virtual: construyendo el E-learning del siglo XXI* (Vol. 3). Editorial UOC.
- GUADARRAMA, P. (2018). *Para qué sirve la epistemología a un investigador y a un profesor*. Editorial Magisterio
- GUERRA, C., MOREIRA, A. y VIEIRA, R. (2017). Technological pedagogical content knowledge development: Integrating technology with a research teaching perspective. *Digital Education Review*, (32), 85-96.
- HERNÁNDEZ, J. A. (2018). *Aporte de una propuesta Pedagógico-didáctica soportada en los sistemas de adquisición de datos y los analizadores de video al aprendizaje de la naturaleza de la luz*. [Trabajo de grado de Pregrado, Universidad de Antioquia]. OPAC. <http://ayura.udea.edu.co:8080/jspui/handle/123456789/3433>
- HERNÁNDEZ OTÁLORA, S. J., QUEJADA DURÁN, O. M. y DÍAZ, G. M. (2016). Guía metodológica para el desarrollo de ambientes educativos virtuales accesibles: Una visión desde un enfoque sistémico. *Digital Education Review*, (29), 166-180.

- HERRERA-GONZÁLEZ, B. y ROSENDO-FRANCISCO, P. (2010). Teaching model of a chain reaction. [Modelo didáctico de una reacción en cadena]. *Journal of Science Education*, 11(2), 96-99.
- HODSON, D. (2003). Time for action: Science education for an alternative future. *International Journal of Science Education*, 25(6), 645-670.
- HODSON, D. (2010). Science education as a call to action. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 10(3), 197-206.
- HOMERO, G., SOSA, M. R. y MARTÍNEZ, F. (2018). Didactic models at the high education: A reality that can change. [Modelos didácticos en la educación superior: Una realidad que se puede cambiar]. *Profesorado*, 22(2), 405-427.
- HOYOS, C. (2000). *Un modelo para investigación documental: guía teórico-práctica sobre construcción de Estados del Arte con importantes reflexiones sobre la investigación*. Señal editora.
- HUERTAS A. y PANTOJA A. (2016). Efectos de un programa educativo basado en el uso de las TIC sobre el rendimiento académico y la motivación del alumnado en la asignatura de tecnología de educación secundaria. *Educación XXI*, 19(2), 229-250.
- IIVARI, J. y VENABLE, J. (2009). Action Research and Design Science Research – seemingly similar but decisively dissimilar. Presentado en el *17th European Conference on Information Systems*, Verona, Italia. www.ecis2009.it/pap
- JACOBSON, M. J., SO, H., TEO, T., LEE, J., PATHAK, S. y LOSSMAN, H. (2010). Epistemology and learning: Impact on pedagogical practices and technology use in singapore schools. *Computers and Education*, 55(4), 1694-1706. doi:10.1016/j.compedu.2010.07.014
- JUSTI, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(2), 173–184.
- KOFMAN, H. (2005). Nuevos contenidos y metodologías con NTICs en la Enseñanza de la Física. *Revista de Física de la Argentina (FCEFYN UNC)* Número extraordinario, 20-27.
- LÓPEZ, S. (2014). El aprendizaje significativo crítico. *Cuadernos de pedagogía*, (448), 58-59.

- LÓPEZ, S., VEIT, E. A. y ARAUJO, I. S. (2016). Una revisión de literatura sobre el uso de modelación y simulación computacional para la enseñanza de la física en la educación básica y media. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 38(2), 1-16.
- LÓPEZ, V. J. y ARIAS, V. (2019). Física y aplicaciones móviles en la escuela: un estado del arte enfocado en la enseñanza de movimientos oscilatorios. *Latin-American Journal of Physics Education*, 13(1), 1-7.
- LOSADA, D., CORREA, J. M. y FERNÁNDEZ, L. (2017). El impacto del modelo «un ordenador por niño» en la educación primaria: Un estudio de caso. *Educación XXI*, 20(1), 339-361.
- MARZÁBAL, A., ROCHA, A. y TOLEDO, B. (2015). Caracterización del desarrollo profesional de profesores de ciencias - Parte 2: Proceso de apropiación de un modelo didáctico basado en el ciclo constructivista del aprendizaje. *Educación Química*, 26(3), 212-223. doi:10.1016/j.eq.2015.05.006
- MEDINA, A., GIRALDO, C., MARTÍNEZ, D., DUQUE, I., RESTREPO, J., CUARTAS, L., JIMÉNEZ, M., ALZATE, M., MARTÍNEZ ROMÁN ALBEIRO, FURMAN, M., HENAO, S., ARIAS, V. y AGUILAR, Y. (2016). *Derechos básicos de Aprendizaje (DBA) Ciencias Naturales v.1*. Bogota, Colombia: Ministerio de Educación Nacional de Colombia.
- MEJÍA, J. F. y LÓPEZ, D. (2016). Modelo de calidad de e-learning para instituciones de educación superior en Colombia. *Formación Universitaria*, 9(2), 59-72.
- MÉNDEZ, L. M. (2017). Estructura factorial de la EEDAS y frecuencia de uso de las estrategias docentes. *Profesorado*, (extraordinario), 85-106.
- MIRANDA, A., SANTOS, G. y STIPCICH, S. (2010). Algunas características de investigaciones que estudian la integración de las TIC en la clase de Ciencia. *Revista electrónica de investigación educativa*, 12(2), 1-22.
- MOLINA, M., CASTRO, E., MOLINA, J. L. y CASTRO, E. (2011). Un acercamiento a la investigación de diseño a través de los experimentos de enseñanza. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 29(1), 75-88.
- MOREIRA, M. A. (2005). Aprendizajes significativo crítico. *Indivisa: Boletín de estudios e investigación*, (6), 83-101.

- MOREIRA, M. A. (2010). Aprendizaje significativo crítico. 2da. Edición. Traducción de Ileana Greca y María Luz Rodríguez Palmero. 1-24.
- MORO, F. T. y NEIDE, I. G. (2016). Atividades experimentais e simulações computacionais: integração para a construção de conceitos de transferência de energia térmica no ensino médio. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 33(3), 987-1008.
- NEIMAN, G. y QUARANTA G. (2006). *Los estudios de caso en la investigación sociológica*. En: Vasilachis, I. *Estrategias de investigación cualitativa* (pp. 213-237). Gedisa.
- NZAU, D. K., LOPES, J. B. y COSTA, N. (2012). In-service physics teacher education in angola based on a didactic model for the conceptual field of force. [Formação continuada de professores de física, em Angola, com base num modelo didático para o campo conceptual de força]. *Revista Brasileira De Ensino De Física*, 34(3).
- OJEDA-BARCELÓ, F.; GUTIÉRREZ-PÉREZ, J. y PERALES-PALACIOS, J. (2011). Diseño, fundamentación y validación de un programa virtual colaborativo en educación ambiental. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*. 29(1), 127-146.
- PÁRAMO, P. (2013). La construcción social del conocimiento científico. En: Páramo, P. (comp). *La investigación en Ciencias Sociales: discusiones epistemológicas* (pp. 183-194). Universidad Piloto de Colombia.
- PÁRAMO, P. (2017). Las técnicas de recolección de información dentro del proceso de la investigación. En: Páramo, P. (comp). *La investigación en Ciencias Sociales: técnicas de recolección de información* (pp. 13-19). Universidad Piloto de Colombia.
- PEME-ARANEGA, C., MELLADO, V., DE LONGHI, A. L., MORENO, A. y RUIZ, C. (2009). La interacción entre concepciones y la práctica de una profesora de Física de nivel secundario: Estudio longitudinal de desarrollo profesional basado en el proceso de reflexión orientada colaborativa. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 8(1), 283-303.

- PESA, M.A. (2000). La epistemología Bachelardiana: aportes significativos a la enseñanza y al aprendizaje de las ciencias. En: Moreira y Caballero (Ed.), *Actas del PIDEC: textos de apoyo al programa internacional de doctorado en enseñanza de las ciencias de la Universidad de Burgos*. Vol. 2 (pp. 5-143). UFRGS.
- PIÑUEL, J. L. (2002). Epistemología, metodología y técnicas del análisis de contenido. *Sociolinguistic Studies*, 3(1), 1-42.
- PLOMP, T. (2010). Educational Design Research: An Introduction. En: Plomp, T. y Nieveen, N. (Ed.), *An Introduction to Educational Design Research*. SLO Netherlands Institute for Curriculum development.
- PONTES, A. (1999). Utilización del ordenador en la enseñanza de las ciencias. *Alambique*. Didáctica de las Ciencias Experimentales, 19, pp.53-64.
- PONTES, A. (2001). Nuevas formas de aprender Física con ayuda de Internet: una experiencia educativa para aprender conceptos y procesos científicos. *Revista Alambique*, 29, pp. 84-94.
- PONTES, A. (2005). Aplicaciones de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación en la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y divulgación de las Ciencias*, 2(1), 2-18.
- RAVANAL MORENO, E. y LÓPEZ-CORTÉS, F. (2016). Mapa del conocimiento didáctico y modelo didáctico en profesionales del área biológica sobre el contenido de célula. *Revista Eureka*, 13(3), 725-742.
- REEVES, T. C. (2000). Enhancing the Worth of Instructional Technology Research through “Design Experiments” and Other Development Research Strategies. *International Perspectives on Instructional Technology Research for the 21st Century Symposium*. New Orleans, USA.
<http://treeves.coe.uga.edu/AERA2000Reeves.pdf>
- REEVES, T. C. (2006). Design research from the technology perspective. En: Van den Akker, J.; Gravemeijer, K.; McKenney, S.; Nieveen, N (Eds.), *Educational Design Research*, Routledge.

- ROA, M. y ROCHA, A. (2006). Planificaciones anuales en el área de Ciencias Naturales: análisis de casos. *REEC: Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 5(3), 393-415.
- ROBLEDO D'ANGELO, O. (2016). Enfermedad de marchitamiento fúngico en plántulas de lechuga: Un modelo didáctico-experimental para la enseñanza de los postulados de Koch. *Revista Eureka*, 13(3), 680-685.
- RODRÍGUEZ AZEVEDO JOLY, M. C., DUARTE DA SILVA, B. y DA SILVA ALMEIDA, L. (2012). Avaliação das competências docentes para utilização das tecnologias digitais da comunicação e informação. *Currículo sem fronteiras*, 12(3), 83-96.
- ROMERO H., N. A. y MONCADA, R. J. A. (2007). Modelo didáctico para la enseñanza de la educación ambiental en la Educación Superior Venezolana. *Revista De Pedagogía*, 28(83), 401-405.
- SÁEZ, J. M. y RUIZ, J. M. (2012). Metodología didáctica y tecnología educativa en el desarrollo de las competencias cognitivas: Aplicación en contextos universitarios. *Profesorado*, 16(3), 373-391.
- SANMARTÍ, N. (2008). Escribir para aprender ciencias. *Aula de innovación educativa*, 175, 29-32.
- SANMARTÍ, N. e IZQUIERDO, M. (2001). Cambio y conservación en la enseñanza de las ciencias ante las TIC. *Revista Alambique*, 29, 71-83.
- SÁNCHEZ, G. y VALCÁRCEL, M. V. (1993). Diseño de unidades didácticas en el área de Ciencias Experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(1), 33-44.
- SANCHO, J. M. (2008). De TIC a TAC, el difícil tránsito de una vocal. *Revista de Investigación en la Escuela*, 64, 19-30.
- SCHEIHING, E., GUERRA, J., CÁRCAMO, L., FLORES, P., TRONCOSO, D. y AROS, C. (2013). La experiencia Kelluwen: Tres años de desarrollo y puesta en práctica de una propuesta de innovación didáctica con uso de TIC. *Estudios pedagógicos*, 39(Especial), 121-141.
- STAKE, R. E. (1998). *Investigación con estudio de casos*. Ediciones Morata.

- STAKE, R. E. (2010). *Qualitative research: Studying how things work*. Guilford Press.
- STAHL, B. (2011). What Future? Which Technology? On the Problem of Describing Relevant Futures. 10.1007/978-3-642-21364-9_7.
- SUÁREZ, J. M., ALMERICH, G., GALLARDO, B. y ALIAGA, F. M. (2013). Las competencias del profesorado en TIC: Estructura básica. *Educación XXI*, 16(1), 39-62.
- TORRES, A. P. G. y BADILLO, R. G. (2006). Acerca del carácter tecnológico de la nueva Didáctica de las Ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5(1).
- TORRES-TOUKOUMIDIS, A., ROMERO-RODRÍGUEZ, L. M., PÉREZ-RODRÍGUEZ, M. A. y BJÖRK, S. (2018). Modelo teórico integrado de gamificación en ambientes E-learning (E-MIGA). *Revista Complutense De Educación*, 29(1), 129-145.
- TSAI, C., CHAI, C. S., WONG, B. K. S., HONG, H. y TAN, S. C. (2013). Positioning design epistemology and its applications in education technology. *Educational Technology and Society*, 16(2), 81-90.
- UREÑA, S. (2016). Dimensiones de la inclusión de las TIC en el currículo educativo: Una aproximación teórica. *Teoría de la Educación*, 28(1), 209-223.
- VAQUERO, A. (1992). Fundamentos pedagógicos de la enseñanza asistida por computadora. *Revista de Enseñanza y Tecnología: ADIE*, 6, pp.14-24.
- VALBUENA, E. O. (2013). El análisis de contenido: de lo manifiesto a lo oculto. En: Páramo, P. (comp). *La investigación en Ciencias Sociales: estrategias de investigación* (pp. 213-224). Universidad Piloto de Colombia.
- VAN DEN AKKER, J., GRAVEMEIJER, K., MCKENNEY, S. y NIEVEEN, N. (Eds.). (2006). *Educational design research*. Routledge.
- VARGAS, J. M. y GIRALDO, J. A. (2015). Modelo didáctico en toma de decisiones relacionadas con la gestión de producción y operaciones. aplicación en ingeniería química. *Formación Universitaria*, 8(6), 85-94. doi:10.4067/S0718-50062015000600011

- VÁZQUEZ-CUPEIRO, S. y LÓPEZ-PENEDO, S. (2016). Escuela, TIC e innovación educativa. *Digital Education Review*, (30), 248-261.
- VIDAL, M. P. (2006). Investigación de las TIC en la educación. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 5(2), 539-552.
- VIDELA, J. J., SANJUÁN, A., MARTÍNEZ, S. y SEOANE, A. (2017). Diseño y usabilidad de interfaces para entornos educativos de realidad aumentada. *Digital Education Review*, (31), 61-79.
- VILLADIEGO-LORDUY, J., HUFFMAN-SCHWOCHO, D., GUERRERO GÓMEZ, S. y CORTECERO-BOSSIO, A. (2017). Base pedagógica para generar un modelo no formal de educación. *Revista Luna Azul*, (44), 316-333.
- YAGÜE, M. I. (2014). Estudio y valoración de un modelo didáctico intertextual literario-musical. Una investigación en la región de Murcia. *Revista de Investigación Educativa*, 32(2), 513-530. doi:10.6018/rie.32.2.165821
- ZAMBRANO, A. C., SALAZAR, T. I., CANDELA, B. F. y VILLA, L. Y. (2013). Las líneas de investigación en Educación en Ciencias en Colombia. *Revista Virtual EDUCyT*, 7, 78-109.

CRONOGRAMA DE INVESTIGACIÓN

Fase	Sep. 18 – Sep. 19					Sep. 19 – Sep. 20					Sep. 20 – Sep. 21					Sep. 21 - Sep 22				
Plan de tesis	■	■	■																	
Revisión de literatura		■	■	■	■	■	■	■												
Marco teórico						■	■	■	■	■										
Diseño de propuesta									■	■	■	■								
Implementación									■	■										
Selección de casos										■										
Sistematización									■	■	■	■	■	■						
Análisis y discusión										■	■	■	■	■	■					
Elaboración de informe											■	■	■	■	■	■	■			
Participación en evento		■											■							
Elaboración de artículos										■	■									
Evaluación															■	■	■	■		
Defensa																			■	

ANEXOS

ANEXO 1. TEXTO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Fecha, ciudad.

Asunto: consentimiento informado para la participación en investigación

Apreciado(a) participante:

La presente investigación tiene como nombre “Las TIC en la enseñanza de las ciencias: un modelo didáctico para el diseño de propuestas de enseñanza que consideren los retos actuales de la educación científica” y es adelantada por la profesora Vanessa Arias Gil como requisito para optar al título de Doctora en Educación de la Universidad de Burgos, España.

Dicha investigación tiene como propósitos:

1. Describir las características de un modelo didáctico para la implementación de TIC en la educación básica y media, que considere los propósitos actuales de la educación científica y los principios de la teoría del Aprendizaje Significativo Crítico.
2. Valorar el aporte del modelo didáctico en el diseño de propuestas de implementación de TIC en enseñanza de las ciencias.

Su participación en esta investigación es libre, voluntaria, y no contempla ningún tipo de tipo de compensación económica o material por la participación en el proyecto. Es posible que el desarrollo de esta investigación represente molestias como la dedicación de algunas horas de su tiempo, la escritura o diligenciamiento de algunos formatos y la participación en espacios de socialización con otros participantes de la investigación; no obstante, se contempla un beneficio representado en aprendizajes y cualificación de las prácticas educativas en las que se hace uso de las TIC para la enseñanza de las ciencias.

Como parte de este proceso, comedidamente solicito que usted se comprometa con:

- Permitir el acceso y análisis de la producción escrita desarrollada en el curso.
- Autorizar el uso de fotografía, audio y vídeos para el registro de información.
- Participar en una entrevista previamente acordada.
- Desarrollar un micro proyecto de intervención pedagógica con el uso de TIC.
- Autorizar la reutilización de los datos para futuras investigaciones de la misma investigadora, grupo de investigación u otros grupos de investigación.

Así mismo, como investigadora declaro que:

- Usted tiene derecho al libre desistimiento de la participación en esta investigación, sin que esto represente ninguna consecuencia, sanción, o desventaja.
- Su identidad será protegida haciendo uso de un seudónimo.
- La información recolectada será usada exclusivamente con fines académicos.
- Usted tiene derecho a conocer los resultados de esta investigación, para lo cual se le convocará a una socialización pública y se le hará llegar copia de los informes de investigación y productos derivados.

Nota: Aclaración sobre participantes en relación de subordinación. Se aclara que la investigadora tiene una relación profesor-alumno con los participantes de la investigación, razón que no afectará los procesos académicos y el normal desarrollo del curso.

Para más información sobre la investigación, técnicas e instrumentos para la recolección de información, productos derivados, entre otros asuntos, comuníquese con Vanessa Arias Gil en el correo vanessa.arias@udea.edu.co o al celular +5743005280486

Consentimiento: después de haber leído y comprendido la información suministrada en este documento y de que la investigadora haya resuelto todas mis preguntas, libre y voluntariamente doy mi consentimiento para participar en la investigación.

Firma participante:

Fecha:

Nombre:

Documento de identidad:

Correo electrónico:


Número de contacto:

Firma investigadora

Nombre: Vanessa Arias Gil

Documento de identidad: 1037578259

ANEXO 2. CUESTIONARIO INICIAL



Cuestionario sobre uso de la tecnología en la enseñanza de las ciencias.

Con el presente diagnóstico se busca tener un punto de partida para comprender la manera como se construyen propuestas de implementación de TIC para la enseñanza de las ciencias. En la primera parte se hace una caracterización de los participantes, seguida de la indagación de su relación con las TIC. La información aquí recopilada tiene fines únicamente académicos, su identidad será totalmente reservada y no se utilizará para ningún otro fin (comercial, social, político, entre otros). Para información sobre este cuestionario comuníquese con: vanessa.arias@udea.edu.co

Caracterización

Descripción (opcional)

Nombre completo: *

Texto de respuesta breve

Correo electrónico de contacto: *

Texto de respuesta breve

La institución en la que usted labora o estudia es: *

- Pública
- Privada
- Otra...

Ciudad donde labora o estudia: *

Texto de respuesta breve

Uso de las TIC

Descripción (opcional)

¿Cómo se considera usted en relación con el uso de las TIC? *

Seleccione una opción.

- Un novato
- Un aprendiz
- Un usuario habilidoso
- Un experto

La confianza que siente frente a los dispositivos tecnológicos como computador, video beam, celular o tableta es: *

Seleccione una opción.

- Alta
- Media
- Baja

Considera que las TIC son esencialmente tecnologías con potencial: *

Puede seleccionar varias opciones.

- Instrumental
- Pedagógico
- Didáctico
- Epistemológico

⋮

¿Ha diseñado recursos tecnológicos para la enseñanza de algún contenido de ciencias (presentaciones, infografías, videos, blogs, sitios web, animaciones, app's, otros)? *

Seleccione una opción.

- Sí
- No

⋮

¿Cuándo está preparando una clase, con que frecuencia incluye las TIC? *

Seleccione una opción.

Siempre

Casi siempre

En ocasiones

Casi nunca

Nunca

⋮

Quando quiere incluir las TIC en su proceso de enseñanza, usted: *

Puede seleccionar varias opciones.

Diseña su propio material usando herramientas libres

Recurre a material ya diseñado y que resulte pertinente para la enseñanza del tema

Otra...

Quando lleva las TIC al aula, ¿cuál es el uso mas frecuente que les da dentro de la clase? *

Puede seleccionar varias opciones.

Apoyo a la presentación magistral del tema (uso de diapositivas, visualización de videos, otros).

Desarrollo de ejercicios prácticos por parte de los estudiantes (laboratorios virtuales, ejercicios en línea, ju...

Evaluación (evaluación en línea, talleres en línea, plataforma virtual, otros)

Consulta (búsqueda en sitios web, bases de datos, blogs, portales educativos, otros)

Entretenimiento (juegos libres, herramientas de dibujo, Internet abierto, otros).

Otra...

En el diseño de recursos tecnológicos ¿cuáles de los siguientes elementos considera fundamentales? *

Puede seleccionar varias opciones.

- El entorno gráfico (pantallas, colores, fuentes, íconos, imágenes. otras)
- La validez de los contenidos y la confiabilidad de las fuentes
- La revisión de expertos
- La inclusión de elementos epistemológicos
- La fundamentación pedagógica
- La fundamentación didáctica
- La atención a la diversidad
- El uso de un lenguaje acorde a la edad de los estudiantes
- Otra...

⋮
Cuando no hace uso de recursos TIC ¿cuál de las siguientes sería una razón para no hacerlo? *

Puede seleccionar varias opciones.

- Requieren mucho tiempo de búsqueda o diseño
- No cuenta con recursos (institucionales o personales) para hacer uso de las TIC
- Está en contra del uso de tecnologías en la enseñanza
- Teme alguna dificultad de orden disciplinar derivada del uso de las TIC
- Otra...

Seleccione el momento didáctico en el cual usted incluiría las siguientes estrategias de uso de las TIC. *

Puede seleccionar varias opciones en cada línea. *Pregunta adaptada de "Encuesta sobre usos pedagógicos de dispositivos móviles en América Latina. OEA, Portal Educativo de las Américas" <https://goo.gl/ewTz1c>

	Diagnóstico de saberes	Planeación de la clase	Ejecución de la clase	Evaluación de los aprendizajes	Ninguna
Grabación de archivos de audio o video	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Visualización películas o videos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Visita a sitios en Internet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Utilización o creación de App 's educativas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Uso de video juegos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Uso de redes sociales	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Uso de correo electrónico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Participación en chats o foros	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cuestionarios en formularios o a través de herramientas online	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Diseño de presentaciones, documentos, vídeos, audio, hoja de cálculo, mapas conceptuales, pósters, otros)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Consulta de bases de datos bibliográficas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Prácticas de laboratorio virtual	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A continuación se presentan afirmaciones acerca del uso de las TIC. Por favor elija la opción de la escala propuesta, que mejor refleje su manera de pensar. *

Las TIC...

Seleccione una única opción en cada línea. *Pregunta adaptada de "Encuesta sobre usos pedagógicos de dispositivos móviles en América Latina. OEA, Portal Educativo de las Américas"
<https://goo.gl/ewTz1c>

	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
Estimulan el interés del estudiante por el contenido presentado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Favorecen el nivel de seguridad y confianza del estudiante durante el desarrollo de tareas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aumentan la participación del estudiante en su proceso de aprendizaje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mejoran el aprendizaje continuo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Favorecen la cooperación y el trabajo colaborativo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aumentan la comunicación interpersonal	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mejoran la capacidad para resolver conflictos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Posibilitan la adquisición de información de diferentes fuentes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Potencian las habilidades de indagación en los estudiantes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Permiten la creación de nuevas ideas o contenidos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Posibilitan la evaluación inmediata	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilitan el aprendizaje en cualquier momento y lugar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Permiten atender necesidades educativas diversas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilitan el aprendizaje personalizado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ofrecen mayor alcance e igualdad de oportunidades en la educación	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Permiten el ahorro en materiales educativos impresos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Amplían el tiempo dedicado a labores académicas de los estudiantes.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

¿Considera necesario algún tipo de fundamentación teórica para la implementación de TIC en el aula? Si, No, ¿Por qué? *

Tu respuesta _____

De los siguientes elementos, cuáles considera que pueden trabajarse en la enseñanza de las ciencias a partir del uso de las TIC *

Puede seleccionar varias opciones.

- La toma de decisiones
- La argumentación
- La destinación del tiempo de clase en actividades diversas
- La diversificación del uso del tablero
- La ética
- El pensamiento crítico
- El trabajo colaborativo
- La comprensión de la naturaleza de la ciencia
- La imagen de ciencia
- La imagen de científico
- La formulación de preguntas
- La construcción de representaciones
- La incertidumbre del conocimiento
- La apropiación de conceptos, palabras, signos, instrumentos y procedimientos de las disciplinas
- La comprensión de las teorías científicas como cambiantes en el tiempo
- La inclusión de laboratorios virtuales
- El envío de tareas y comunicaciones
- Otros: _____

¿Cómo cree que podría mejorarse la implementación de TIC en la enseñanza de las ciencias? *

Puede seleccionar varias opciones.

- A partir de la lectura de trabajos y experiencias de otros profesores
- A partir de un modelo didáctico que oriente el diseño de propuestas con TIC
- A partir de la mayor dotación de equipos tecnológicos en las escuelas
- A partir de la construcción de propuestas fundamentadas en teorías didácticas y modelos pedagógicos
- Otros: _____

¿Considera que la implementación de TIC debe estar soportada en investigación educativa? Si, No, ¿Por qué? *

Tu respuesta _____

ANEXO 3. TABLEROS INTERACTIVOS DE LOS PARTICIPANTES

Tablero interactivo intervenido por P1

Recursos:
<https://www.solarsystemscope.com/>
<https://janus.astro.umd.edu/SolarSystems/>
https://phet.colorado.edu/sims/html/gravity-and-orbits/latest/gravity-and-orbits_es.html

Pre clase: En la clase anterior pedir a los estudiantes que abran los enlaces y escribir qué se encuentran allí o dejarles una serie de preguntas.

Hacer saber el objetivo. En mi caso conocer o reforzar el sistema de rotación de los planetas y la comprensión y visualización de la fuerza y la velocidad sobre los planetas.

Momento 1: Hacer en padlet lluvia de lo que cada uno encontró en las páginas.

Hacer preguntas como ¿Qué pasaría si la tierra saliera volando fuera del sistema solar? Recomendar videos de que pasaría si.

Vanessa profe: Aclarar que es una simulación, que pueden confundir por ejemplo en la velocidad constante, la forma de la órbita y la forma de los planetas.

Momento 2: Mostrar e ir explicando lo que allí se puede visualizar. Ej la velocidad y la fuerza de gravedad, tratando de hacer preguntas como: ¿a dónde va la fuerza de gravedad?

Momento 3: Lluvia de preguntas y responderse entre ellos mismos. El profe guía la discusión y así puede observar también el progreso.

Tratar de relacionar los contenidos y conceptos a enseñar con otras asignaturas o áreas del conocimiento. Ej el arte en la parte de la evaluación con una representación.

Resalto de Vanessa y compañeros: Como profe se debe conocer primero la herramienta.

¿Qué harías para valorar la pertinencia de la herramienta?

Facilidad para utilizarla por primera vez, que no requiera registro.

Accesibilidad de la herramienta

Alcance y limitaciones de la herramienta

Que se encuentre fácilmente, es decir, que no esté escondida dentro de página por página.

¿Qué tipo de aprendizajes trabajarías?

Aprendizaje por descubrimiento, por indagación, por conversación

¿Qué estrategias de clase incluirías?

Intercambio de preguntas

Discusión/debate

Conexión con otros temas y conceptos

¿Cómo harías la evaluación de los aprendizajes propiciados por la herramienta?

Preguntas, proyecto, infografía, evaluación oral discreta (que no sepan que la conversación se califica, resaltando que la evaluación no es calificación).

¿Pueden trabajarse elementos más allá de lo conceptual?

Si. Promueve la argumentación, asociar conceptos, inferir, suponer, preguntarse

Recuento histórico

Definición de una situación problema

Identificación de ideas previas

Nivel académico de los estudiantes

Análisis de la naturaleza del conocimiento

Análisis de causas de error

Análisis de documentos curriculares

Búsqueda de herramientas complementarias

Uso adecuado del lenguaje disciplinar

Tablero interactivo intervenido por P3

Recursos:
<https://www.solarsystemscope.com/>
<https://janus.astro.umd.edu/SolarSystems/>
https://phet.colorado.edu/sims/html/gravity-and-orbits/latest/gravity-and-orbits_es.html

Clase: gravitación
 Recurso: Solar System Scope
 Momento: estructuración de saberes donde podemos identificar movimientos planetarios, características de los movimientos y de los planetas y cómo impacta en la gravitación del sistema solar

Antes de comenzar con la actividad de exploración, se definen estas preguntas problematizadoras

TENER EN CUENTA QUÉ VOY A APRENDER Y POR QUÉ ES IMPORTANTE QUE LO APRENDA

Qué movimientos pueden realizar los planetas?
 Qué relación tiene la composición del planeta con la fuerza de gravedad?

¿Qué harías para valorar la pertinencia de la herramienta?	¿Qué tipo de aprendizajes trabajarías?	¿Qué estrategias de clase incluirías?	¿Cómo harías la evaluación de los aprendizajes propiciados por la herramienta?	¿Pueden trabajarse elementos más allá de lo conceptual?
Intercambio de preguntas	Identificación de ideas previas	Definición de una situación problema	Búsqueda de herramientas complementarias	Conexión con otros temas y conceptos
Alcance y limitaciones de la herramienta	Uso adecuado del lenguaje disciplinar	Recuento histórico	Nivel académico de los estudiantes	
Análisis de causas de error	Análisis de la naturaleza del conocimiento	Discusión/debate		
Accesibilidad de la herramienta		Análisis de documentos curriculares		

Tablero interactivo intervenido por P5

¿Cómo usarías estos recursos en una clase?

Recursos:

<https://www.solarsystemscope.com/>

<https://janus.astro.umd.edu/SolarSystems/>

https://phet.colorado.edu/sims/html/gravity-and-orbits/latest/gravity-and-orbits_es.html

Utilizaría estos recursos de la siguiente manera:

1. Presentaría primero el tercer enlace y donde los estudiantes podrían jugar con la masa de la tierra y el sol. Esto sería con la idea de descubrir por medio de la experimentación ¿qué sucedería si la tierra o el sol cambiara de masa? además de las características que se podrían tener presente para los cambios que se evidencian en el programa.

2. Se presentaría varias de las características de los planetas, por ejemplo la masa que tiene cada uno, la distancia al sol, sin embargo, no se darían los datos precisos, sino aproximaciones comparadas con las coordenadas que conocemos en la Tierra.

3. Se presentaría el primer enlace, donde podríamos comparar los conocimientos recientemente adquiridos con lo que vemos en la simulación, se espera que este espacio sea propicio para el pensamiento crítico de los estudiantes.

4. Se le pediría a los estudiantes la preparación de una gráfica, donde se cambien los sistemas originalmente propuestos y que de igual modo haya un equilibrio.



Tablero interactivo intervenido por P6

¿Cómo usarías estos recursos en una clase?

Recursos:
<https://www.solarsystemscope.com/>
<https://janus.astro.umd.edu/SolarSystems/>
https://phet.colorado.edu/sims/html/gravity-and-orbits/latest/gravity-and-orbits_es.html

Tema:
Electromagnetismo
- Grado 11°

¿Qué harías para valorar la pertinencia de la herramienta?

- Identificación de ideas previas

¿Qué tipo de aprendizajes trabajarías?

- Uso adecuado del lenguaje disciplinar
- Análisis de documentos curriculares

¿Qué estrategias de clase incluirías?

- Recuento histórico
- Conexión con otros temas y conceptos

¿Cómo harías la evaluación de los aprendizajes propiciados por la herramienta?

- Búsqueda de herramienta complementaria
- Discusión/debate

¿Pueden trabajarse elementos más allá de lo conceptual?

- Definición de una situación problema

Intercambio de preguntas

- Accesibilidad de la herramienta
- Nivel académico de los estudiantes
- Análisis de la naturaleza del conocimiento
- Análisis de causas de error
- Alcance y limitaciones de la herramienta

Tablero interactivo intervenido por P7

¿Cómo usarías estos recursos en una clase?

Recursos:

<https://www.solarsystemscope.com/>

<https://janus.astro.umd.edu/SolarSystems/>

https://phet.colorado.edu/sims/html/gravity-and-orbits/latest/gravity-and-orbits_es.html



Tablero interactivo intervenido por P8

¿Cómo usarías estos recursos en una clase?

Recursos:
<https://www.solarsystemscope.com/>
<https://janus.astro.umd.edu/SolarSystems/>
https://phet.colorado.edu/sims/html/gravity-and-orbits/latest/gravity-and-orbits_es.html

**Título de la clase:
Composición y estructura de los planetas**

Objetivo de la clase:
Indagar sobre los diferentes elementos presentes en la composición estructural de los planetas del sistema solar

Fase de planteamiento:
Exponer a los estudiantes el objetivo de la clase además del tema el cual involucra aspectos de diferentes áreas, como física y química

Fase de exploración del conocimiento:
A partir del uso del simulador Solar System Scope se guía a los estudiantes por la herramienta con el fin de dar a conocer diferentes temas los cuales se darán en el siguiente orden

1. Identificación de los planetas del sistema solar, 2. Composición de los planetas, 3. Clasificación de los planetas (gaseosos y rocosos) según su estructura

tiene como objetivo plantear a los estudiantes una serie de preguntas tales como: ¿Cuál crees es el origen de las variaciones en la composición y estructura de los planetas? ¿Influyen esas variaciones en la forma y

¿Qué harías para valorar la pertinencia de la herramienta?

Accesibilidad de la herramienta

Alcance y limitaciones de la herramienta

Nivel académico de los estudiantes

¿Qué tipo de aprendizajes trabajarías?

Recuento histórico

Definición de una situación problema

Identificación de ideas previas

Análisis de la naturaleza del conocimiento

¿Qué estrategias de clase incluirías?

Conexión con otros temas y conceptos

Búsqueda de herramientas complementarias

Intercambio de preguntas

Análisis de documentos curriculares

¿Cómo harías la evaluación de los aprendizajes propiciados por la herramienta?

Discusión/debate

Uso adecuado del lenguaje disciplinar

Análisis de causas de error

¿Pueden trabajarse elementos más allá de lo conceptual?

Disposición (motivación) a la adquisición y construcción del aprendizaje

Tablero interactivo intervenido por P9

Recursos:

<https://www.solarsystemscope.com/>

<https://janus.astro.umd.edu/SolarSystems/>

https://phet.colorado.edu/sims/html/gravity-and-orbits/latest/gravity-and-orbits_es.html

Recurso a utilizar: Gravity and orbits

Estructura de la clase: Fuerza de gravedad.

1. Identificación de saberes previos por medio de un kahoot, en donde se realicen preguntas sobre la acción de la gravedad en diferentes contextos.
2. Actividad: Historia y gravedad. Construcción de un mapa del tesoro en donde cada pista arroje un dato importante sobre la trayectoria para llegar al concepto de gravedad, científicos y aportes.
3. Experiencia: Gravedad dentro y fuera del planeta.
Se realizan experimentos sencillos en torno a la caída libre de un cuerpo en la superficie terrestre, un objeto arrojado hacia el cielo, orbitación de la luna alrededor del planeta tierra, caída de meteoros.
Para las dos primeras experiencias se hace uso de recursos caseros y las dos segundas experiencias se hace uso de la simulación "Gravity and orbits".
4. Construcción teórica: Fuerza de gravedad, masa, trayectoria, velocidad.
5. Evaluación: situación problema



ANEXO 4. GUÍA DE TEMAS Y PREGUNTAS DE LA ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA.

Entrevista #	
Identificación del participante:	
Fecha:	Hora:

Temas y preguntas

Asuntos pedagógico-didácticos:

- Cuando vas a incluir alguna herramienta tecnológica en tus clases, ¿qué elementos tienes en cuenta para seleccionarla?
- Normalmente, ¿cómo utilizas tecnologías en tus clases?, ¿con qué propósito?, ¿qué tipo de tecnologías utilizas? y ¿de qué actividades las acompañas?
- De las siguientes razones, ¿cuáles crees que justifican mejor la presencia de las TIC en tus clases?
 - a. Usar estrategias diferentes a la clase magistral.
 - b. Aprovechar el potencial de las tecnologías.
 - c. Despertar el interés de los estudiantes.
 - d. Superar la carencia de otros recursos como libros, implementos de laboratorio u otros.
 - e. Exigencia institucional.
 - f. Eficiencia del tiempo de clase.
- ¿Crees que el hecho de trabajar con TIC modifica los procesos de evaluación sobre los temas vistos en clase?
- De los siguientes momentos dentro de tu clase, ¿en cuál o cuáles crees que tiene mejores aportes las tecnologías digitales?
 - a. Explicación teórica.
 - b. Práctica de laboratorio.
 - c. Trabajo grupal.
 - d. Contextualización histórica.
 - e. Evaluación final de un tema.

- ¿Consideras que las TIC puede favorecer que los estudiantes aprendan mejor las ciencias naturales? ¿por qué?

Asuntos conceptuales-disciplinares:

- Actualmente desde tu rol de profesor en ejercicio o en formación, ¿cuáles crees que son los mayores retos de la educación en ciencias?
- ¿Cómo crees que las tecnologías contribuyen o podrían contribuir a tus clases?
- ¿Qué elementos de las tecnologías utilizas o crees que te pueden ayudar en la enseñanza de conceptos?
- ¿Cómo crees que los estudiantes pueden aprender asuntos experimentales (de laboratorio) con la ayuda de tecnologías? ¿Tienes alguna experiencia?

Asuntos epistemológicos:

- ¿Qué estrategias utilizas en clase para diferenciar las imágenes, videos o simulaciones de la manera como se ven y funcionan dichos fenómenos en la realidad?
- La forma como se construyen los conceptos y las teorías, la historia y desarrollo epistemológico de las ciencias, ¿se pueden trabajar a través de las TIC?, ¿tienes alguna idea de cómo hacerlo?
- ¿Crees que las herramientas tecnológicas pueden crear algún tipo de confusión o imagen errónea de la ciencia?, ¿cómo podría reducirse ese riesgo?

Otras

- ¿Qué utilidad encontraste al modelo didáctico presentado?
- ¿Qué elementos del modelo didáctico consideras que son los más difíciles de abordar en el día a día de la escuela?

ANEXO 5. PROPUESTA DE ENSEÑANZA PRESENTADA POR EL CASO 1.

Planificación

- **Materia:** Física.
- **Área:** Ciencias Naturales
- **Tema por abordar:** Movimiento planetario.
- **Objetivo:** Identificar movimientos planetarios, características de los movimientos y de los planetas, así como el impacto en la gravitación del sistema solar.
- **Recursos:** Bloc de debate, simulador phet movimiento y gravitación, solar system scope (simulador), pc o móvil, procesadores de texto y sistema integrado de audio.
- **Duración:** 50 min.
- **DBA:** 1 y 2 de grado 10º

Enunciados:

1. Comprende, que el reposo o el movimiento rectilíneo uniforme, se presentan cuando las fuerzas aplicadas sobre el sistema se anulan entre ellas, y que en presencia de fuerzas resultantes no nulas se producen cambios de velocidad.

2. Comprende la conservación de la energía mecánica como un principio que permite cuantificar y explicar diferentes fenómenos mecánicos: choques entre cuerpos, movimiento pendular, caída libre, deformación de un sistema masa-resorte.

Competencia: Explicación de fenómenos.

Metodologías de enseñanza a emplear: diagnóstico (Conocimiento previo), explicación (Representación), experimentación, estructuración (Aprender del error o desaprendizaje), evaluación y feedback individual o grupal.

Inicio de la Actividad (diagnóstico):

Preguntas problematizadoras: ¿Qué movimientos pueden realizar los planetas?, ¿Qué relación tendrá la composición del planeta con su fuerza de gravedad? Para esta actividad realizamos un mapa de ideas.

Explicación: (Esquema) El movimiento de los planetas alrededor del Sol se debe fundamentalmente a la fuerza de la gravedad. Mercurio, Venus, la Tierra o Júpiter son algunos ejemplos de planetas que giran en torno al Sol. Cada uno cuenta con su propia órbita y características, pero en todos los casos está determinada por la ley de gravitación. En este apartado vamos a estudiar algunas propiedades y magnitudes de la fuerza gravitatoria que son la causa última de tales órbitas. Haremos un enfoque dinámico, es decir, basado en la propia fuerza. Actividad: simulación de la gravedad y órbitas. Determinar los movimientos registrados y responder en grupos a las preguntas problematizadoras.

Experimentación: Movimiento de los planetas alrededor del sol. Materiales: bola de papel y cordel de 30cm. Amarra la bola al cordel y haz movimientos circulares con tu mano. ¿A qué se deben los cambios de movimiento y velocidad?

Estructuración (Análisis del experimento con base en la teoría): El sol atrae a los planetas y estos giran alrededor. Comparando la bola con un planeta y la bola con el Sol, podemos imaginar que, si ellos no experimentaran la atracción del sol, irían en línea recta por el universo. Los satélites naturales como la luna, y los artificiales como los de telecomunicaciones, giran alrededor de los planetas porque son retenidos por ellos. La gravedad, que es la fuerza que produce la atracción hacia el Sol y a la Tierra de todo lo que los rodea, juega en el universo el rol del cordel. Si no existiera gravedad, todos los planetas irían por el universo en línea recta. Solar system scope como herramienta de exploración, permite organizar las ideas detonantes para el ejercicio de debate, así como la interpretación de fuerzas, movimientos y predicciones.

Evaluación y Feedback (Debate): a través de un bloc argumentaremos lo que sucede cuando se da un colapso gravitatorio. ¿Será posible que nuestro Sol forme un agujero negro? Al finalizar, es indispensable referenciar las diferentes fuentes de información.

ANEXO 6. PROPUESTA DE ENSEÑANZA PRESENTADA POR EL CASO 2.



MICROCLASE CON TDIC

Principio de conservación de la energía.

Manuela Mesa Flórez
Lic. en Matemáticas y Física.
Docente.



OBJETIVOS:

1. Diseñar una propuesta de enseñanza con base en el modelo del Aprendizaje significativo crítico presentado y las TDIC.

PRINCIPIO DE CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA


DBA: Comprende la conservación de la energía mecánica como un principio que permite cuantificar y explicar diferentes fenómenos mecánicos: choques entre cuerpos, movimiento pendular, caída libre, deformación de un sistema masa-resorte.

DISEÑO DE CLASE

Principio de conservación de la energía

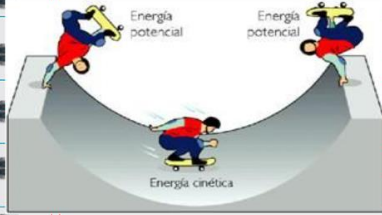
- ✓ **SABERES PREVIOS** Preguntas abiertas y de selección múltiple.
- ✓ **CONTENIDO HISTÓRICO** Video ó línea del tiempo.
- ✓ **EXPERIENCIA** Simulación PHET
- ✓ **CONSTRUCCIÓN TEÓRICA** Conceptos, formulas, ejercicios.
- ✓ **EVALUACIÓN** Resolución de problemas

SABERES PREVIOS



Se cuestiona al estudiante con preguntas tales como:

1. ¿Qué significa conservación?
2. ¿Qué tipos de energía conoces?
3. ¿Cómo defines la energía?
4. ¿Un ciclista en el Tour de France, tiene energía cinética, no tiene energía o tiene energía eléctrica?
5. ¿En qué consiste el principio de conservación de la energía?



MODELO CONOCIMIENTO PREVIO, CUESTIONAMIENTO

genially

CONTENIDO HISTÓRICO



DESCARTES, LEIBNIZ, BERNOULLI
Siglo XVI y XVIII

CORIOLIS
Siglo XIX



MAYER, JOULE, HELMHOLTZ
Siglo XIX

MODELO - LIBRO DE TEXTO, DESAPRENDIZAJE (ORIGEN, NATURALEZA DEL CONOCIMIENTO)

genially

EXPERIENCIA. SIMULACIÓN PHET

https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park-basics/latest/energy-skate-park-basics_es.html

Energía en la pista de patinaje: Intro

EXPERIENCIA. SIMULACIÓN PHET

VARIABLES:

- Aumente y disminuya la velocidad en recorridos diferentes.
- Aumente y disminuya la masa del personaje.
- Relacione la energía cinética y la energía potencial en cada uno de los casos anteriores.
- Añada fricción a la pista de Skate.
- ¿En qué momentos la energía potencial aumenta y la energía cinética disminuye?
- Construya una pista y analiza la energía cinética y potencial en cada tramo.
- ¿Por qué se aplica el principio de conservación de energía en la simulación?

MODELO TDIC, REPRESENTACIÓN.

CONSTRUCCIÓN TEÓRICA

- Trabajo (Mecánico)
- Potencia
- Trabajo y Energía Cinética
- Energía potencial gravitacional
- Energía potencial elástica
- Conservación de la energía
- Relación entre masa y energía.
- Conservación de la energía en el movimiento de satélites.
- Maquinas: aplicación de la conservación de la energía

MODELO
ORGANIZACIÓN
SECUENCIAL,
LENGUAJE

EVALUACIÓN

Selecciona cada objeto para ver el ejercicio.

MODELO

**+ ERROR, CONCIENCIA
SEMÁNTICA, LENGUAJE,
CUESTIONAMIENTO.**

EVALUACIÓN

Selecciona cada objeto para ver el ejercicio.

Potencia:
En el noticiero de las 7:00pm anunciaron que la potencia de una nueva planta hidroeléctrica es de 12 millones de kiloWatts.
a) Exprese este valor en Watts usando la notación con potencias de 10.
b) ¿Durante cuánto tiempo debería operar esa planta para realizar un trabajo de 240 mil millones Joules?
c) Si la planta opera durante 10 minutos, ¿cuál es el trabajo total que realiza?

MODELO + ERROR, CONCIENCIA SEMÁNTICA, LENGUAJE, CUESTIONAMIENTO.

EVALUACIÓN

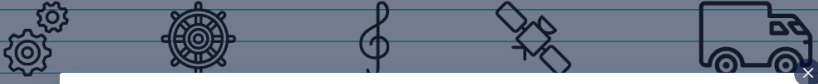
Selecciona cada objeto para ver el ejercicio.

Trabajo y energía cinética:
Explique la relación entre trabajo y energía cinética.

MODELO + ERROR, CONCIENCIA SEMÁNTICA, LENGUAJE, CUESTIONAMIENTO.

EVALUACIÓN

Selecciona cada objeto para ver el ejercicio.



Una persona estira lentamente un resorte de constante elástica $k=200\text{ N/m}$, desde su longitud inicial (sin deformación) de 50 cm , hasta que su longitud final sea de 60 cm .


a) Conforme el resorte se va deformando, la fuerza que ejerce sobre la persona ¿aumenta, disminuye o permanece constante?

MODELO + ERROR, CONCIENCIA SEMÁNTICA, LENGUAJE, CUESTIONAMIENTO.

genially

EVALUACIÓN

Selecciona cada objeto para ver el ejercicio.



Justifica: Valida o refuta el siguiente enunciado.
Si solamente las fuerzas conservativas actúan sobre un cuerpo en movimiento, la suma de la energía cinética del mismo más su energía potencial, permanece constante en cualquier punto de la trayectoria.

Justifica: Valida o refuta el siguiente enunciado.
La energía potencial de una caída de agua (cascada), se transforma en energía cinética y puede convertirse en otras formas de energía, como la energía eléctrica.

MODELO + ERROR, CONCIENCIA SEMÁNTICA, LENGUAJE, CUESTIONAMIENTO.

genially

EVALUACIÓN

Selecciona cada objeto para ver el ejercicio.



- Expresa en sus palabras la definición de la potencia de una fuerza (o de una máquina). Escribe la expresión matemática de esta definición.
- ¿Qué entiendes por energía? ¿Qué formas de energía conoces?
- Dé 5 ejemplos en los que una forma de energía se transforme en otra.
- ¿Cuándo decimos que un cuerpo posee Energía cinética?
- ¿Qué entiendes por energía mecánica (total) de un cuerpo?
- ¿En qué condiciones permanece constante la energía mecánica de un objeto?

MODELO

**+ ERROR, CONCIENCIA
SEMÁNTICA, LENGUAJE,
CUESTIONAMIENTO.**

ANEXO 7. ABSTRACT DE ARTICULO PUBLICADO

International Journal of Online Pedagogy and Course Design (IJOPCD): Volume 12,
Issue 2, Article 9.

Special Issue Submission: Digital Transformation: Challenges and Trends in Education

Didactic Model Aiming at the Use of Digital Information and Communication Technologies in Science Education: Theoretical and Methodological Foundations

Vanessa Arias Gil

University of Antioquia, Colombia

Marco Antonio Moreira

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brazil

Jesús Ángel Meneses Villagrà

University of Burgos, Spain

ABSTRACT

The scope of academic processes in which Information and Communication Technologies are incorporated (ICT) has increased in recent decades, same as the number of concerns about its contributions to learning itself. A predominantly instrumental sense of these technologies becomes evident as far as scientific education in Colombia is concerned. This work seeks the construction of a teaching model that may guide natural science teachers around the design of proposals for implementing Digital Information and Communication Technologies (DICT), based on science education challenges (Hodson, 2003; 2010) and the Critical Meaningful Learning Theory (Moreira, 2005; 2010). Thus, Design-Based Research (DBR) is regarded as a methodological standpoint, which, based in turn on a systemic and iterative process, allows the development of a model and validate the potential these technologies have to meet the challenges science teaching entails when their foray into the classroom is based on didactic, pedagogical and epistemological foundations.

Keywords: Digital Information and Communication Technologies, Science Teaching, Teacher Training, Challenges of Science Teaching, Critical Meaningful Learning Theory.