

AULA GEOMÉTRICA. UN ESPACIO DE CAMBIO CONCEPTUAL SEGÚN EL MODELO VAN HIELE

GEOMETRIC CLASSROOM. A SPACE OF CONCEPTUAL CHANGE ACCORDING TO THE VAN HIELE MODEL

Yazmary Rondón
<https://orcid.org/0000-0002-5156-221X>
yazmaryrondon8@gmail.com
Universidad de Los Andes
Mérida edo. Mérida

Hazel Flores-Hole
<https://orcid.org/0000-0001-8728-6766>
hflores@gmail.com
Universidad de Los Andes
Mérida edo. Mérida

Recepción: 28-04-2023
Aceptación: 29-05-2023

RESUMEN

Este artículo se enmarca en el proceso de cambio conceptual del estudio de la geometría a través del uso de recursos informáticos educativos. Se estructuró el curso Aula Geométrica, para promover el cambio conceptual en geometría, tomando como fundamento la teoría de cambio conceptual y el Modelo Van Hiele, para comprender la manera cíclica de transitar cambios conceptuales (preconcepciones, ruptura epistemológica, enriquecimiento) hasta adquirir los conceptos umbrales de un nivel a otro. En el diseño del Aula Geométrica, se partió de un diagnóstico, en este caso, la necesidad de que los estudiantes de Educación Superior alcancen el Nivel 5 del Modelo de Van Hiele para obtener el razonamiento de Rigor como profesores de matemática. Ante el problema encontrado se diseñó el curso virtual Aula Geométrica en la plataforma Moodle, de manera constructiva valiéndose de la geometría dinámica (vídeos, mapas conceptuales y el software Geogebra), para cada uno de los niveles del Modelo de Van Hiele. Además, se utilizó el Análisis de Tarea como estrategia metacognitiva para discutir las razones de las preconcepciones o concepciones erradas, debilitarlas y alcanzar cambios conceptuales. Esta técnica resultó muy útil junto con las construcciones con Geogebra y la discusión en foros para la ruptura epistemológica y el enriquecimiento.

Palabras clave: Cambio conceptual, Geometría, Geometría dinámica, Modelo Van Hiele.

SUMMARY

This article is part of the process of conceptual change in the study of geometry through the use of educational computing resources. The Aula Geométrica course was structured to promote conceptual change in geometry, based on the theory of conceptual change and the Van Hiele Model, to understand the cyclical way of transitioning conceptual changes (preconceptions, epistemological rupture, enrichment) until acquiring the concepts. thresholds from one level to another. In the design

of the Geometric Classroom, a diagnosis was started, in this case, the need for Higher Education students to reach Level 5 of the Van Hiele Model to obtain Rigor reasoning as mathematics teachers. Given the problem encountered, the Aula Geométrica virtual course was designed in the Moodle platform, in a constructive way using dynamic geometry (videos, concept maps and Geogebra software), for each of the levels of the Van Hiele Model. In addition, Task Analysis was used as a metacognitive strategy to discuss the reasons for preconceptions or misconceptions, weaken them and achieve conceptual changes. This technique was very useful together with the constructions with Geogebra and the discussion in forums for the epistemological rupture and enrichment.

Keywords: Conceptual change, Geometry, Dynamic Geometry, Van Hiele Model.

INTRODUCCIÓN

Este artículo se enmarca en el proceso de cambio conceptual en el estudio de la geometría a través del uso de recursos informáticos. En el marco de la asignatura Taller de Geometría, de la Carrera de Educación mención Matemática de la Universidad de Los Andes, se ha observado durante varios semestres que los estudiantes vienen del bachillerato con un nivel de reconocimiento o análisis que según el Modelo Van Hiele, son los dos primeros de los 5 niveles de razonamiento en geometría. Con un nivel tan bajo de conocimiento geométrico es considerable el trabajo de razonamiento que estos estudiantes deben alcanzar para dominar la asignatura de Geometría Plana o Euclidiana, pues se espera que estos futuros profesores logren convertirse en geómetras para poder, como profesores, guiar a sus estudiantes en el aprendizaje de la geometría (Rondón, 2023).

En la investigación de Rondón (2023) se observó que el 90% de los profesores de la muestra deja los contenidos de geometría al final del año escolar, para poder obviarlo bajo la excusa de no haber suficiente tiempo en el año escolar para impartir estos conocimientos, probablemente porque su propio nivel de razonamiento en geometría no se encuentra en el nivel más alto, el de rigor. De hecho, el estudio demostró que 66% ni siquiera logró alcanzar el nivel de deducción formal (4to Nivel) del Modelo Van Hiele, lo esperado de un docente especialista en matemática. Esto demuestra que tienen dudas e inseguridad respecto a los conceptos y propiedades fundamentales de la geometría.

Lamentablemente, existe un problema en la enseñanza de geometría, a lo largo de toda la formación en Primaria, Secundaria y que estamos viendo a nivel Universitario, cuya causa se debe a un bajo nivel de conocimiento geométrico de los profesores quienes solo manejan el Nivel I de Reconocimiento y el Nivel II de Análisis (que se adquieren en primaria) y deberían encontrarse mínimo en el Nivel III de Clasificación (Media General). Por lo tanto, los estudiantes de Educación Superior no han alcanzado un nivel de cambio conceptual en geometría satisfactorio. Esto trae como consecuencia que los estudiantes de Educación Superior lleguen a formarse como profesores en matemática con una base más baja en los conceptos geométricos de lo que deberían tener (Rondón, 2023).

Ahorabien, para que los futuros profesores de matemática lleguen con una mejor preparación a la Educación Superior es importante revisar los recursos disponibles para la enseñanza de la geometría. La geometría es una disciplina muy abstracta que requiere la visualización de sus elementos para comprenderla. Esto implica la búsqueda de recursos adecuados que faciliten la visualización que requiere la geometría. Cabero (2015) afirma que las TIC, como recursos educativos, brindan nuevas posibilidades en la educación del siglo XXI. Los recursos multimedia permiten construir significados

desde diversos sentidos, la enseñanza de la geometría podría verse beneficiada por ellos. Por tal razón, se propone en este artículo analizar el diseño instruccional de un curso en línea bajo el Modelo Van Hiele, que promueve cambios conceptuales en geometría.

DISEÑO INSTRUCCIONAL PARA PROMOVER EL CAMBIO CONCEPTUAL

En el abordaje didáctico de un contenido en un espacio virtual es necesario considerar un plan instruccional que garantice el cumplimiento de una serie de pasos. Estos pasos deben tomar en cuenta la adaptación de las estrategias metodológicas y de evaluación (diagnóstica, formativa y sumativa) en concordancia con los objetivos educativos o metas instruccionales, con el objeto de establecer criterios de avance pedagógico tecnológico y gestión de las modalidades de educación semipresencial (mixta) o virtual (en línea). Para esto el diseño instruccional debe establecer el enfoque teórico sobre el que se fundamentará el aula virtual, así se determina el desarrollo de actividades, el rol del profesor y del estudiante. Además, se considera el contexto las estrategias a utilizar y los recursos multimedia asociados en el área de conocimiento (Rondón y Luzardo, 2018).

A. EL ENFOQUE TEÓRICO

En el diseño instruccional el enfoque teórico es la base fundamental del mismo, pues tanto estrategias como recursos se deben adaptar a él si se ha de tener éxito. Según Flores Hole (2013a) lo que hará que un recurso tecnológico sea útil es el profesor y las estrategias que se empleen para su uso. En el diseño del curso virtual Aula Geométrica “el profesor” es quien diseñó el curso de geometría y por ende el aula virtual. Si los objetivos del curso están claros, cada nivel del mismo tiene tareas y actividades bien especificadas, el éxito de la misma podría garantizarse.

En correspondencia con lo anterior, el diseño de un entorno virtual, como Aula geométrica, es un espacio cuyo enfoque teórico puede tener su fundamento en la teoría de cambio conceptual, cuyos orígenes se encuentran en el aprendizaje significativo de Ausubel. La teoría del cambio conceptual detalla cómo sucede la transformación del conocimiento por medio de dos enfoques esenciales: el enriquecimiento y la ruptura epistemológica (Flores Hole, 2013; Raynaudo y Peralta, 2017). El primero, consiste en la creación de mapas semánticos y teorías básicas, a fin de crear vínculos con otros conceptos para obtener un nuevo significado. Mientras que el segundo promueve un cambio en las operaciones mentales hasta llegar a identificar un problema desde una perspectiva diferente.

Ahora bien, al considerar desde el enfoque del cambio conceptual el enriquecimiento y la ruptura epistemológica en el aprendizaje de la geometría, al ser una fuente rica en conceptos interrelacionados (figuras, elementos) es sumamente interesante observar cómo se produce tanto la ruptura epistemológica como el enriquecimiento. Como el cambio conceptual es un proceso lento y complejo, involucrando cambios ontológicos, representativos y epistemológicos, Moreira (2017) indica que no se trata de sustituir simplemente una concepción por otra, el proceso sencillamente conlleva a una discriminación de significados, desarrollo, enriquecimiento conceptual, y por lo tanto a una evolución conceptual. En geometría, estos se inician en los conceptos primitivos (punto, recta, plano), por segmentos, semirrectas y ángulos, hasta alcanzar conceptos cada vez más abstractos como los de polígonos, paralelismo y perpendicularidad, entre otros.

Sin embargo, el proceso del cambio conceptual no es inmediato, en este proceso las concepciones o nociones intuitivas, a veces erróneas o incompletas de los individuos, pueden interferir en el proceso

obstaculizando el mismo. Estudios como el de Aparicio y Hoyos (2008) han descubierto que éstas persisten incluso después de recibir explicaciones científicas. Según estos autores las razones de la resistencia al cambio conceptual corresponden a las preconcepciones. Las concepciones pueden partir de las ideas intuitivas del sujeto, antes de recibir explicaciones académicas, convirtiéndose en concepciones personales, y que su arraigo es tan profundo porque en su momento eran funcionales. Por otro lado, al intentar que los estudiantes adquieran un conocimiento cercano a lo científico, pero descontextualizado, tampoco se contribuye al desarraigo de tales preconcepciones (Rondón, 2023).

Las preconcepciones pueden ser resueltas al crear situaciones que generen la ruptura epistemológica. La ruptura epistemológica es la parte del proceso que lleva al aprendizaje, su elemento más notable es el conflicto. Para que éste se produzca, el diseño instruccional debe prever las posibles concepciones o ideas intuitivas de sus estudiantes (conocimientos previos). En caso de ser errónea o incompleta podrá debilitarla, a través de recursos informáticos como estrategias donde se presentan situaciones en las cuales esas concepciones o ideas intuitivas no funcionan o no permiten resolver el problema. Luego, el diseño instruccional debe presentar la explicación académica de manera comprensible, de modo que los estudiantes la perciban como sencilla y coherente con sus ideas, para finalmente modificar la preconcepción o sus concepciones anteriores.

La explicación académica puede fomentar el enriquecimiento. El diseño instruccional puede usar una “analogía simple (entre el concepto y uno similar), extendida (entre el objeto y varios que cumplen la misma condición) y enriquecida (entre el objeto y varios que cumplen y otros que no cumplen la condición: contraejemplos) como mecanismo para relacionar el nuevo concepto con otros similares que ya comprenden” (Rondón, 2023, p. 44). Esto permite evitar la reproducción de ideas erróneas y su aplicación incorrecta. De manera que, a partir de los conceptos enriquecidos se puede aumentar la comprensión de las concepciones matemáticas y aplicar ese conocimiento en numerosos contextos cotidianos. Como ejemplo tenemos el teorema de Pitágoras cuya aplicación es conocida en múltiples campos como: el Diseño y construcción de edificaciones, disposición de luminarias de navegación, entre otros. La teoría del cambio conceptual permite comprender la manera de adquirir los conceptos, muy útil al diseñar un ambiente virtual de aprendizaje.

Por lo tanto, el Aula virtual de geometría debería tener como enfoque teórico la teoría del cambio conceptual. Esto debido a que el rol del profesor pasa a ser más pasivo y el del estudiante a ser más activo en la construcción de su conocimiento. Siguiendo la línea de Ausubel del aprendizaje significativo cuyos cimientos se encuentran en la teoría constructivista, se pretende llegar a una geometría dinámica en esta aula virtual. Esto va en concordancia con lo que Ruíz (2006) resalta la importancia de la construcción y visualización de figuras geométricas para el aprendizaje de esta disciplina. Una vez establecido el enfoque teórico continuamos con los pasos del plan instruccional para el diseño del curso virtual Aula Geométrica: el diagnóstico, los elementos formativos y sumativos.

B. EL ANÁLISIS DE NECESIDADES EN EL DISEÑO INSTRUCCIONAL

Esta fase constituye la base para las demás. El diagnóstico es donde se define el problema y se identifica la fuente del mismo. Esto nos permite determinar posibles soluciones en función de la audiencia, material educativo o curso y contexto donde se implantará el contenido a aprender, los recursos disponibles, las limitaciones y las actividades a realizar durante del tiempo de ejecución (Gil

et. al, 2021). En este caso, el aula virtual de Geometría parte de la necesidad de que los estudiantes de Educación Superior necesitan alcanzar el Nivel 5 del Modelo de Van Hiele para obtener el razonamiento de Rigor que necesitan si desean ser profesores de matemática.

La geometría es parte de la base del razonamiento lógico, por ello los contenidos geométricos aparecen en los planes de estudio, de forma jerárquica desde el nivel inicial, hasta la Educación Media general. Esto demuestra su importancia. No obstante, si el nivel de razonamiento geométrico de los estudiantes de matemática de Educación Superior es bajo, partimos de que las necesidades que se identifican para el diseño del Aula Virtual es el de aumentar los niveles de razonamiento de los futuros profesores de matemática.

Por lo tanto, ante el problema encontrado el diseño instruccional para el curso en línea Aula Geométrica, debe enfocarse, como ya se indicó anteriormente en el enfoque teórico constructivo del cambio conceptual valiéndose de la geometría dinámica. En este sentido, Ruíz (2006) indica que la geometría dinámica fomenta el desarrollo del conocimiento a través de la construcción y visualización de figuras geométricas, con el correspondiente estudio de sus propiedades, mediante el apoyo de recursos multimedia. Para esto se pueden implementar el uso de vídeos, software, herramientas de autor, mapas conceptuales y páginas interactivas, que permiten seguir paso a paso el proceso de construcción geométrica. En consecuencia, el estudiante puede concentrarse más en los aspectos esenciales del estudio de la geometría (Rondón, 2023).

C. DISEÑO INSTRUCCIONAL Y TECNOLÓGICO DEL AULA GEOMÉTRICA

Partiendo del análisis de necesidades y el enfoque teórico del cambio conceptual como base del diseño del aula, el diseño instruccional del Aula Geométrica se concentra en lo esencial del estudio de la geometría, como lo son las figuras y sus propiedades e interrelaciones. El aula también debe fomentar el desarrollo de los procesos de enriquecimiento (categorización y relaciones significativas) que conlleven por medio de su reflexión a alcanzar conceptos umbrales (claves e integrantes) de la teoría del cambio conceptual. Cabe destacar que, para alcanzar el concepto umbral se requieren suficientes conocimientos previos, para desarrollar una comprensión profunda del mismo (Vosniadou et al., 2021). Por lo tanto, la selección de los recursos informáticos debe ser cuidadoso para brindar nuevas posibilidades en la educación matemática y específicamente en la enseñanza de la geometría, pues deben permitir construir, desde diversos sentidos, un conocimiento más amplio de cada concepto (Cabero, 2015).

Por ello, desde el punto de vista didáctico, este entorno virtual se estructura también según el Modelo Van Hiele. El modelo propone una estructura de fases de aprendizaje (preguntas e información, orientación dirigida, explicitación, orientación libre, e integración que apoyan el proceso del cambio conceptual. El profesor organiza las fases para promover el avance a través de los niveles de razonamiento geométrico (reconocimiento, análisis, clasificación, deducción formal, y rigor), que debe transitar el estudiante quien aprende geometría (Chavarria-Pallarco, 2020). De modo que, el diseño instruccional del curso virtual Aula Geométrica debe estar estructurada por niveles siguiendo el Modelo de Van Hiele.

En el diseño instruccional es fundamental considerar tres condiciones del Modelo de Van Hiele que se deben tener presentes en el estudio de la geometría (Jaime, 2013): 1) la adyacencia (lo

intrínseco en un nivel anterior, se vuelve extrínseco en siguiente); 2) la distinción (cada nivel tiene sus códigos lingüísticos); y 3) la separación (personas que razonan en niveles diferentes no pueden entenderse). Aunado a lo anterior, al establecer el diseño instruccional, en términos de la teoría de cambio conceptual, la adyacencia como avance en la comprensión de conceptos geométricos y la distinción como muestra de apropiación de la terminología asociada a los mismos, son indicadores de avance hacia conceptos umbrales y, por ende, a cambios conceptuales. Asimismo, la tercera condición, separación, explica la necesidad de diagnosticar el nivel de razonamiento geométrico de un sujeto, para poder comunicarse y entenderse en un proceso de formación (enseñanza y aprendizaje). El diseño instruccional del Aula Geométrica debe considerar estas posibilidades de separación para que no afecte de manera negativa a los participantes y, al contrario, puedan aprovecharla.

Cuando se analiza el diseño instruccional del Aula Geométrica según las tres condiciones propuestas por Jaime (2013), vemos que la adyacencia, lo intrínseco en un nivel anterior, se vuelve extrínseco en siguiente, esto se refleja en el diseño instruccional del aula en la creación de diferentes niveles para el curso. El curso virtual Aula Geométrica cuenta de manera explícita con 5 niveles que representan cada uno de los niveles de razonamiento del Modelo Van Hiele. En cuanto a la distinción, donde cada nivel debe trabajar con sus códigos lingüísticos, esto se apoya en los conceptos de geometría que en cada nivel deben manejarse. Por último, la separación, en el que cada persona razona en distintos niveles y esto obstaculiza el poder entenderse, el diseño instruccional del aula se vale de estrategias para evitar este problema, más adelante se explicarán.

En consecuencia, el diseño instruccional presente en el aula virtual debe valerse de estrategias y aprovechar los recursos tecnológicos de la mejor manera. Para esto es necesario comprender más a fondo el enfoque teórico del diseño instruccional. Según los resultados de Rondón (2023) en cada uno de los niveles del Modelo Van Hiele, el proceso del cambio conceptual busca alcanzar una evolución conceptual, esto implica a una discriminación de significados, desarrollo, enriquecimiento conceptual. El proceso se presenta de forma cíclica que promueve la conducción del razonamiento geométrico. A lo largo del curso, el diseño instruccional del Aula Geométrica refleja, a través de los recursos informáticos y las estrategias, cómo se apoya este proceso del cambio conceptual (preconcepciones, ruptura epistemológica, enriquecimiento y concepto umbral).

Es decir, en cada nivel propuesto en el curso se indaga sobre las preconcepciones del estudiante. A través de los materiales se promueve la ruptura epistemológica y mediante los ejercicios de geometría, la aparición de conflicto cognitivo. De este modo se establecen relaciones significativas, entre los conceptos geométricos categorizándolos y enriqueciéndolos. Alcanzando finalmente el concepto o los conceptos umbral de cada nivel del curso virtual en el Aula Geométrica.

DISEÑO TECNOLÓGICO: CURSO AULA GEOMÉTRICA

Cuando hablamos de un aula virtual, se entiende que igual que un aula física se requiere de varios recursos informáticos para ayudar a alcanzar los objetivos educativos. Su aplicación en el ámbito educativo debe responder a la planificación del profesor. Así pues, en la plataforma Moodle se creó un entorno virtual de aprendizaje como curso en línea, llamado Aula Geométrica. Su diseño instruccional hace uso de herramientas informáticas que permiten presentar de manera organizada y detallada materiales que promueven diversas formas de representación y visualización. Mediante la geometría dinámica se utilizan vídeos, mapas conceptuales y el software Geogebra. Este es un

software que permite al usuario realizar construcciones con regla y compás virtuales, esto responde a un enfoque constructivo y significativo de aprendizaje.

El diseño instruccional del curso Aula Geométrica está organizado para responder a cada una de las fases y niveles del Modelo Van Hiele. A fin de promover el avance a niveles superiores de razonamiento geométrico de los estudiantes y por ende el cambio conceptual. El curso cuenta con las secciones:

- Zona Vital: bienvenida, instrucciones iniciales, cronograma, materiales de apoyo (presentaciones sobre historia de la geometría, libros en formato digital sobre Geometría Métrica Plana y didáctica de la geometría. También, algunos artículos sobre el Modelo Van Hiele), que pueden ser consultados a lo largo del desarrollo de los niveles, con el objeto de servir de apoyo teórico, epistemológico y didáctico. Todo ello con el objeto de que el estudiante cuente con la guía precisa sobre el proceso de cambio conceptual que iniciará en cada uno de los niveles propuestos en el curso. Además, de los materiales necesarios para producir enriquecimiento de los conceptos tratados.

- Los Niveles de análisis, clasificación, deducción formal y rigor. El curso inicia en el segundo nivel del modelo Van Hiele (análisis) debido a que por un lado el primer nivel (reconocimiento) se aborda mediante el diagnóstico (fase de análisis de necesidades) y además porque como se indicó anteriormente este primer nivel debe alcanzarse en primaria. Por lo tanto, se espera que la mayoría de los participantes se encuentren al menos del segundo nivel hacia arriba. Es así como, en cada uno de los niveles se propone en la siguiente estructura:

1. Situación didáctica inicial: consta de un itinerario formativo o ruta de aprendizaje. En cada nivel indica los conceptos que se trabajarán, los vídeos propuestos y las actividades a realizar.

2. Diálogo y construcción (Fase de explicación): contiene vídeos sobre construcciones con regla y compás usando Geogebra. Esta fase sirve para que el participante además de aprender a utilizar el software Geogebra se vaya concentrando en los aspectos esenciales de las figuras tratadas (enriquecimiento: categorización relaciones significativas)

3. Integración de saberes: se presenta una guía de ejercicios a seleccionar (Fase de orientación libre), un espacio para subir un vídeo de la construcción realizada con Geogebra, y un Foro: Dialogando sobre Geometría (Fase de integración) para comentar sobre el procedimiento aplicado en la construcción. Los ejercicios propuestos representan la estrategia para producir conflicto cognitivo y ruptura epistemológica. Además, mediante la técnica de Análisis de Tarea una vez revisados los vídeos sobre los ejercicios realizados por los participantes con Geogebra, se puede generar en el foro un espacio de para compartir con el facilitador y los demás participantes sus opiniones y argumentos, contrastarlas con las académicamente correctas y alcanzar conceptos umbrales.

De esta forma, el participante avanza al siguiente nivel una vez haya completado el itinerario anterior y demostrado el alcance de los conceptos umbrales del nivel anterior. Entonces, en cada nivel del curso virtual Aula Geométrica se proponen recursos y estrategias para transitar el proceso de cambio conceptual mediante el Modelo Van Hiele, veamos a continuación cuáles son:

EL GEOGEBRA COMO ESPACIO PARA LA RUPTURA EPISTEMOLÓGICA

El uso del software Geogebra como herramienta cognitiva resulta de gran importancia debido a que ayuda a desarrollar habilidades matemáticas (Kabaca et al., 2011; Martínez y Vera, 2019). A manera de ejemplo, cabe mencionar que en las construcciones con regla y compás creadas en Geogebra, el sujeto por medio de instrucciones sencillas y la manipulación del software, puede observar y discutir durante el proceso de construcción, con la guía del docente, sobre los elementos que conforman y definen a las figuras involucradas y las propiedades que se cumplen. Además, el software le permite cambiar tamaños y posiciones de los objetos geométricos, lo que le da una idea del significado de las transformaciones que pueden ocurrir si se modifican algunas condiciones (Rondón, 2016).

Esto trae consigo conflictos cognitivos al intentar con el Geogebra, aplicar esas características singulares a casos más generales (ángulos adyacentes, complementarios, suplementarios, interior y exterior de un triángulo), pero ya no funcionan como antes. Situaciones como esta, conducen a la ruptura epistemológica, al agregar nuevo conocimiento y establecer nuevas categorías (ejemplo: tipos de ángulos según su posición en el plano). Esto según el cambio conceptual lo dirige hacia relaciones significativas e identificar patrones (ejemplo: dos ángulos complementarios forman un ángulo recto) que enriquecen los conceptos anteriores.

También, al trabajar con las definiciones de las figuras formadas a partir de esos conceptos (segmentos característicos de un triángulo, clasificaciones, cuadriláteros), se pueden presentar preconcepciones relacionadas a casos particulares (mediana = altura = mediatriz, cuadrado = rombo). Estas traen consigo conflictos cognitivos al intentar en las construcciones con Geogebra aplicar esas características singulares a casos más generales, como triángulos escalenos, cuadriláteros paralelogramos o no, sin que funcionen como antes. Este proceso reflexivo conduce a la ruptura epistemológica, al agregar nuevo conocimiento y establecer nuevas categorías (características de la mediana, mediatriz, altura y bisectriz, paralelismo y proporcionalidad). Además, se establecen relaciones significativas (todo cuadrado es rombo, pero no todo rombo es cuadrado; paralelogramos, trapecios y trapezoides) que enriquecen los conceptos anteriores. En la teoría de cambio conceptual esto significa establecer relaciones significativas, identificar patrones y alcanzar la categorización de los conceptos tratados (polígonos).

EL ANÁLISIS DE TAREA EN EL DISEÑO INSTRUCCIONAL

Uno de los elementos del diseño instruccional de esta aula virtual es la aplicación del Análisis de Tarea, como estrategia para discutir las razones del por qué las preconcepciones o concepciones erradas para debilitarlas. Esta técnica de recopilación de información tomada de la metodología de la investigación, resultó muy útil junto con el Geogebra para la ruptura epistemológica. El Análisis de Tarea permite analizar aquellas situaciones, concepciones o ideas intuitivas, que a través del

Geogebra resultaron no funcionar para descubrir la razón por la cual no funcionaron y cómo se llegó a resolver la situación, o cómo se alcanzó el cambio conceptual. También sirvió como evaluación. Como técnica permite registrar las acciones y procedimientos que el sujeto ejecuta, siguiendo una secuencia para interpretar los procesos que se llevan a cabo en tal situación (Hurtado, 2012).

Ya que el Aula Geométrica está diseñada para la construcción del propio aprendizaje, la intervención del profesor es bastante baja, pero significativa. Las actividades constructivas y las rupturas epistemológicas se desarrollan en el Geogebra. Para ayudar en el proceso del cambio conceptual, el Análisis de Tarea permite tanto al profesor como al estudiante identificar su secuencia de pensamiento e interpretar los procesos de cambio conceptual que se llevan a cabo en las tareas ejecutadas. Dado que en este caso cada estudiante entra al aula de manera aislada se implementó otro recurso tecnológico, la elaboración de vídeos y otra técnica, un foro de discusión. Ambos tienen el objetivo de apoyar el Análisis de Tarea.

La elaboración de los vídeos permite a los estudiantes identificar los conceptos relacionados, estrategia seleccionada y método aplicado. Además, incluye argumentos para su selección y solución dada. Esto permite identificar conceptos errados, ruptura epistemológica y si se ha alcanzado un cambio conceptual específico. Los foros ayudan observar el proceso de razonamiento que puede haberse escapado en el vídeo. Esto es importante para el Análisis de Tarea, ya que esta técnica suele realizarse en grupo para ver los patrones de razonamiento, y como en el curso el trabajo es individual, se acudió a foro donde, a través de la explicitación, discusión e intercambio de ideas sobre los procesos ejecutados tanto el profesor del curso como los participantes pueden ver su proceso de razonamiento.

Con estos recursos y estrategias se promueve el ciclo de cambio conceptual con cada concepto, en cada nivel del Modelo Van Hiele. El diseño instruccional permite que todos los participantes, profesor y estudiantes, identifiquen cuáles son las preconcepciones iniciales (concepciones y/o creencias erradas) respecto a los conceptos de cada nivel. Los materiales y recursos activan la ruptura epistemológica y agregar nuevo conocimiento, llenar espacios, o crean conflicto con nuevos conceptos. El Geogebra promueve los procesos que conducen al enriquecimiento de los conceptos, les permite a través de la experimentación buscar relaciones significativas, identificar patrones y categorización. De este modo, el aula busca que la participación en ella derive en cambios conceptuales al alcanzar el umbral del nivel, como el concepto clave, transformador e integrante.

Por ejemplo, en el nivel de Análisis, cuyas características principales son: reconocimiento de las propiedades de las figuras y la terminología asociada (Chavarria-Pallarco, 2020), se toman como punto de partida los conceptos primitivos: punto y recta (umbrales) alcanzados en el nivel anterior (reconocimiento). No obstante, al plantear ejercicios relacionados a las definiciones de las figuras formadas a partir de esos conceptos primitivos (segmento, semirrecta, ángulo, triángulos), se pueden presentar preconcepciones relacionadas a casos particulares (ángulos según su medida: agudo, obtuso o recto; o ángulos que forman un par lineal, triángulos equiláteros).

Como consecuencia de este proceso, mediante el Análisis de Tarea sobre las construcciones con Geogebra y la participación en el Foro se genera un cambio conceptual del sujeto sobre su reflexión de los conceptos: ángulos y triángulos, que lo conduce a un concepto de ángulos y triángulos diferente,

porque la forma como ve a estas figuras ha cambiado, como resultado de este cambio alcanza el nivel de Clasificación, en el que se espera que establezca relaciones significativas y categorice las figuras.

Este proceso cíclico de partir en cada nivel de los conceptos umbrales alcanzados en el anterior (condición de adyacencia del Modelo Van Hiele), revisión de las preconcepciones asociadas, promoción de conflictos cognitivos y activación de los procesos de ruptura epistemológica y enriquecimiento, para alcanzar el concepto umbral, continúa de forma similar a través de los recursos y actividades propuestas en los otros tres niveles. Así, el nivel de clasificación caracterizado por la organización de manera lógica las propiedades de las figuras, desarrollando cadenas cortas de deducción y el establecimiento de relaciones entre las figuras (Jaime, 2013). Se desarrolla a partir de los conceptos: ángulos y triángulos (conceptos umbrales) alcanzados en el nivel anterior.

Mediante este proceso, a través de los recursos de geometría dinámica utilizados se establece un puente hacia el siguiente nivel del Modelo Van Hiele, generando un cambio conceptual del sujeto sobre su reflexión de los conceptos de: triángulos y cuadriláteros, pasando, una vez más por la espiral del proceso del cambio conceptual que lo lleva, una vez más, a un concepto de triángulos y cuadriláteros diferente, con mayor abstracción porque ahora puede conceptualizar estas figuras de manera diferente al alcanzar los conceptos umbrales de paralelismo y perpendicularidad. Como resultado, alcanza el nivel de deducción formal.

Seguidamente, el nivel de deducción formal donde se desarrollan secuencias más largas de proposiciones, y se comprenden los axiomas, teoremas y métodos de demostración (Chavarria-Pallarco, 2020). Parte de los conceptos: paralelismo y perpendicularidad (umbrales) alcanzados en el nivel anterior, al trabajar con las demostraciones de las proposiciones de las figuras formadas a partir de esos conceptos (triángulos, cuadriláteros y polígonos en general), se pueden presentar preconcepciones relacionadas a confusión de las características de los postulados y teoremas. Según como se desarrolle el proceso de la geometría, puede crear conflictos cognitivos a partir de las preconcepciones al intentar desarrollar cadenas de razonamiento lógico, bien sea por el método de demostración directa o indirecta (reducción al absurdo) sin lograr concluir con la validez de la tesis.

De esta manera, se inicia un proceso de ruptura epistemológica, al agregar nuevo conocimiento (estructura de teorema: antecedente - argumentos - consecuente) y se establecen nuevas categorías (diferencias entre los axiomas, postulados, teoremas y definiciones) y relaciones significativas (hipótesis - proceso de demostración - tesis) que enriquecen los conceptos anteriores. En consecuencia, el puente hacia el quinto nivel de rigor del Modelo Van Hiele, requiere un cambio conceptual del sujeto sobre su reflexión del concepto método axiomático, pasando, una vez más por la espiral del proceso que lo dirige, una vez más, a un concepto de método axiomático diferente (umbral), con mayor abstracción. Como resultado, alcanza el nivel de rigor.

Finalmente, en el nivel de rigor se conoce la existencia de diversos sistemas axiomáticos, se prescinde de objetos concretos (Chavarria-Pallarco, 2021). Este nivel parte del método axiomático euclidiano (Concepto umbral) alcanzado en el nivel anterior, y al empezar a indagar sobre el quinto postulado de Euclides (o sus equivalentes), se puede presentar la concepción errada de considerar que el mismo se cumple en cualquier contexto (la suma de los ángulos internos de un triángulo es igual a 180°). Nuevamente, se promueve el proceso en espiral para la ruptura epistemológica y el

enriquecimiento, al agregar nuevo conocimiento (geometrías no euclidianas) y se establecen nuevas categorías y relaciones significativas (Geometría Hiperbólica y Geometría Elíptica o Riemanniana).

De esta forma, este último nivel de rigor del Modelo Van Hiele, requiere de un cambio conceptual del sujeto sobre su reflexión del concepto: Quinto postulado de Euclides, pasando, una vez más por la espiral del proceso del cambio conceptual que lo lleva, una vez más, a una concepción de sistemas axiomáticos diferente, con mayor abstracción por conceptualizar de manera distinta. Como resultado, puede alcanzar el nivel más elevado de cambio conceptual, el de un geómetra.

Por lo tanto, se evidencia la importancia de determinar las preconcepciones en cada nivel, porque de no ser superadas traerán consecuencias negativas al ir agregando conceptos más abstractos en el siguiente. Además, considerando que tal como lo indican Aparicio y Hoyos (2008) estas preconcepciones persisten incluso después de recibir explicaciones científicas, es fundamental activar los mecanismos de ruptura epistemológica (conflicto cognitivo) para debilitarlas, presentando situaciones en las cuales esas concepciones no funcionan, para modificar la anterior (enriquecimiento) y alcanzar el concepto umbral.

CONCLUSIONES

Es así como, en el curso Aula Geométrica en cada uno de los niveles del Modelo Van Hiele a través del Análisis de tarea (revisión de los ejercicios de construcción con Geogebra: vídeos, y la participación en el foro correspondiente) se van determinando respecto a los conceptos relacionados a la actividad: preconcepciones, mecanismos que activan los conflictos cognitivos (casos particulares vs casos generales) y derivan en ruptura epistemológica (puesta a prueba de las concepciones iniciales) y enriquecimiento (argumentos), para alcanzar los conceptos umbrales.

Por lo tanto, el diseño instruccional del curso Aula Geométrica por medio del Análisis de Tarea, busca rescatar una enseñanza conceptual de la geometría que permita dotar de una estructura mental a esos procedimientos. De este modo, los futuros profesores pueden sentir y desarrollar el gusto por descubrir y comprender las bases fundamentales por las que transitaban en la antigüedad geómetras como Euclides, Platón, Eratóstenes, entre otros; en lugar de aprender una serie de procedimientos aislados.

En consecuencia, el uso de los recursos informáticos educativos puede favorecer el cambio conceptual en geometría. En este caso, a través de la geometría dinámica se adaptó el diseño del curso virtual Aula Geométrica a las necesidades cognitivas de los participantes, para promover la producción, transferencia y apropiación del conocimiento geométrico en cada nivel hacia los conceptos umbrales. A la vez que se estimula el aprendizaje autónomo y colaborativo, mediante escenarios de relaciones humanas que dan origen a la construcción de significados y por ende a nuevos niveles de cambio conceptual (enriquecimiento).

Revitalizando a la geometría en su carácter visual, a partir de las posibilidades que ofrece el Geogebra para superar la estática de las figuras en el pizarrón, o lo engorroso en términos de tiempo y espacio, de construir figuras bidimensionales y tridimensionales al tratar de cambiar algunos de sus elementos. Pero, sobre todo, la reflexión y metacognición de los procesos aplicados en las construcciones geométricas (cambios conceptuales), dan cuenta de la importancia de las relaciones establecidas entre el Modelo Van Hiele y la teoría de cambio conceptual.

REFERENCIAS

- Aparicio, J. y Hoyos, O. (2008). Enseñanza para el cambio de las representaciones sobre el aprendizaje. *Universitas Psychologica* 7(3). http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-92672008000300010
- Cabero, J. (2015). *Tecnología educativa*. México: Mc Graw Hill.
- Chavarría-Pallarco, N. (2020). Modelo Van Hiele y niveles de razonamiento geométrico de triángulos en estudiantes de Huancavelica. *Investigación Valdizana*, 14(2), pp. 85-95. <https://www.redalyc.org/journal/5860/586063184003/html/>
- Flores Hole, H. (2013a, 7-11 mayo). Evaluando los entornos de arqueología virtual desde las teorías de aprendizaje. JIA 2013 VI Young Researchers in Archaeology Conference, Changes in crisis situations. Past experiences and new perspectives form archeology, Barcelona, España
- Flores Hole, H. (2013b). La investigación cooperativa como modelo de selección de recursos constructivos TIC para la enseñanza del concepto tiempo en historia. (Tesis doctoral). Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España.
- Gil, J., Martínez, A. y Atiaja, N. (2021). El diseño instruccional: ruta necesaria en la educación virtual. *Revista Científica ECOCIENCIA*. <https://revistas.ecotec.edu.ec/index.php/ecociencia/article/view/601/387>
- Hurtado, J. (2012). *Metodología de la Investigación Holística. Guía para la comprensión holística de la ciencia*. Cuarta Edición. Quirón Ediciones S.A.
- Jaime, A. (2013). *Aportaciones a la interpretación y aplicación del Modelo de Van Hiele: La enseñanza de las isometrías en el plano. La Evaluación del nivel de razonamiento (Tesis Doctoral)*. Universidad de Valencia, España.
- Kabaca, T., Karadag, Z. y Aktumen, M. (2011). Concepto erróneo, conflicto cognitivo y cambios conceptuales en geometría: un estudio de caso con futuros maestros. *Mevlana International Journal of Education (MIJE)*. Vol. 1(2), pp.44-55.
- Martínez, L. y Vera, J. (2019). Características de la formación docente para la inclusión de las TIC en la enseñanza de la geometría. Primer Encuentro. Prácticas y propuestas innovadoras en el aula de matemáticas. *Matemáticas*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia. <http://funes.uniandes.edu.co/9928/1/Marti%CC%81nez2014Caracteri%CC%81sticas.pdf>
- Moreira, M. (2017). Aprendizaje significativo como un referente para la organización de la enseñanza. *Archivos de Ciencias de la Educación*, 11(12), e029. <https://doi.org/10.24215/23468866e029>
- Raynaudo, G. y Peralta, O. (2017). Cambio conceptual: una mirada desde las teorías de Piaget y Vygotsky. *Liberabit Revista de Psicología*, 23(1), p.p. 137-148. <https://www.redalyc.org/pdf/686/68651823011.pdf>

- Rondón, Y. (2016). Transposición didáctica. Las TIC en la enseñanza y aprendizaje de la matemática. Colección Mariano Picón Salas. Fundación editorial El perro y la rana. (pp. 51-67). <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/42438/3/articulo3.pdf>
- Rondón, Y. (2023). Cambio conceptual en geometría a través de recursos informáticos educativos en educación media general. (Tesis doctoral). Universidad de Los Andes, Venezuela.
- Rondón, Y. y Luzardo, H. (2018). Una Mirada al Diseño Instruccional: Educación presencial, semipresencial (b-learning) y virtual (e-learning). Editorial académica Española (EAE).
- Ruíz, C. (2006). Geometría estática vs. geometría dinámica. En investigación en el aula de matemáticas. España: Sociedad Andaluza de Educación Matemática Thales (SAEM) y Departamento de Didáctica de la Matemática de la Universidad de Granada.
- Vosniadou, S., Lawson, M., Stephenson, H y Bodner, E. (2021). Enseñar a los estudiantes a aprender: Preparar el terreno para el aprendizaje permanente. Serie Prácticas Educativas. Traducido por Claudia Patricia Pulido. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000378839_spa/PDF/378839spa.pdf.multi