



## DESAFÍOS DE LA INVESTIGACION DE DISEÑO COMO METODOLOGÍA PARA ANALIZAR LAS PRÁCTICAS DE ENSEÑANZA

María Teresa Castellanos Sánchez

Universidad de los Llanos mcastellanos@unillanos.edu.co

Omaira Elizabeth González

Universidad de los Llanos Omaira.Gonzalez@unillanos.edu.co

Jorge Alejandro Obando Bastidas

Universidad Cooperativa de Colombia jorge.obandob@campusucc.edu.co

### **Resumen**

Esta comunicación expone el paradigma de la Investigación Basada en el Diseño (Design Research DBR) y exhiben los desafíos de la metodología propia del paradigma a través de los experimentos de enseñanza. Se reportan algunos resultados de una investigación que analiza la práctica docente abordando en la formación inicial del profesorado de matemáticas. El propósito del experimento de enseñanza es favorecer la articulación teoría-práctica es mediante el ejercicio de hábitos de reflexión. Los resultados describen de manera sistemática las etapas en la implementación de la metodología basada en la investigación de diseño que involucra la preparación de la instrucción, la revisión y el análisis secuencial de la experimentación a través de ciclos reflexivos y el análisis retrospectivo. Se concluye que el experimento facilitó a futuros profesores centrar su atención en situaciones y tareas profesionales que demandan significar su conocimiento profesional.

### **1. Introducción**

*La Investigación de Diseño* (o Research Based Design, en adelante DBR) en los últimos quince años ha sido reconocida en el campo de la Educación por su potencial para comprender los fenómenos del aprendizaje y la enseñanza (Kelly et al., 2008; Lerman y Tsatsaroni, 2004; Shavelson et al., 2003 citados en Castellanos, 2018). Este paradigma de investigación, es de naturaleza cualitativa, trata de comprender y analizar la complejidad de realidad educativa. Los experimentos de enseñanza son la estrategia metodológica que concreta el paradigma de la Investigación de diseño, el propósito es analizar un contexto educativo real, mediante el diseño y estudio sistemático de formas particulares de aprendizaje, estrategias y herramientas de enseñanza.



El paradigma de la Investigación de diseño se caracteriza por “comprender la realidad educativa a través de la consideración de contextos naturales y su complejidad, y del desarrollo y análisis paralelo de un diseño específico” (Molina et al., 2011. P. 75). Tiene como propósito investigativo, “Analizar el aprendizaje en contexto mediante el diseño y estudio sistemático de formas particulares de aprendizaje, estrategias y herramientas de enseñanza, de una forma sensible a la naturaleza sistémica del aprendizaje, la enseñanza y la evaluación” (op. Cit. p. 76).

*La Investigación de diseño* aporta a los estudios relacionados con el análisis de la práctica docente dos aspectos: permite comprender el por qué y cómo funciona el diseño, y ayuda a plantear adaptaciones que permitan informar de los procesos de reflexión seguidos por los participantes, así como las acciones que contribuyen en ello (Castellanos, Flores y Moreno 2018). La investigación incluye el diseño, implementación y análisis de una propuesta de intervención formativa (en adelante experimento de enseñanza),

*Los experimentos de enseñanza* son los estudios de diseño más frecuentes de la investigación basada en el diseño (Cobb y Gravemeijer, 2008). Esta investigación se ajusta a los experimentos de tipo “uno a uno” donde un equipo de investigación conduce una trayectoria de enseñanza con un pequeño número de estudiantes, con objeto de recrear el escenario del aprendizaje y estudiarlo con profundidad y detalle. Según Molina (2011) el objetivo último del experimento es elaborar un modelo del aprendizaje y/o desarrollo de los alumnos, en relación con un contenido específico, se trata de explicar las formas de actuar y las situaciones puestas en juego en la instrucción.

*Los experimentos de enseñanza* implican la introducción de innovaciones instruccionales en un contexto real de la práctica docente (opuestas a contextos experimentales o de laboratorio) y el análisis del impacto de esos diseños en el proceso de aprendizaje. La aplicación de estrategias (tareas de instrucción, materiales didácticos, etc.) y los hallazgos de la investigación en una intervención ajustan las próximas iteraciones del diseño para construir explicaciones a teorías particulares que se investigan, y para impactar positivamente la práctica.

En este paradigma, *los experimentos de enseñanza* difieren de los estudios dedicados a las innovaciones curriculares, aunque tiene cierta semejanza con estudios evaluativos, su intención va más allá de refinar y precisar teorías o generar modelos eficaces de innovación; la meta son los modelos explicativos. La DBR busca explicar por qué y cómo funcionan los diseños y sugerir adaptaciones para nuevas circunstancias, es una manera de realizar investigación basada en principios teóricos para comprender las relaciones entre teoría, el plan diseñado y la práctica,



al mismo tiempo que se dedica al análisis de cada sesión o intervención para contribuir o explicar teorías contextualizadas sobre la enseñanza y aprendizaje.

Los desafíos de *la Investigación de Diseño*, suponen características particulares para los experimentos de enseñanza (innovaciones de campo) en dos sentidos 1) *hacia la práctica*, para comprender trayectoria de enseñanza, desde su diseño, implementación y evaluación y 2) *hacia la teoría* para comprender y generar explicaciones a teorías de aprendizaje localizadas; estos dos sentidos *marcan la interdependencia entre instrucción e investigación en la Investigación Basada en el Diseño*. En tal sentido, la investigación y el desarrollo instruccional configuran un ciclo continuo de diseño, de intervención (planificación), puesta en práctica, análisis y rediseño (Molina et al., 2011). Esta configuración implica dos niveles de análisis: uno preliminar, de los datos que se recogen sesión tras sesión (análisis durante el desarrollo), y el final, de toda la información recabada, se realiza al terminar todo el desarrollo (análisis retrospectivo).

Internacionalmente, un amplio número de estudios se han basado en el diseño de *experimentos de enseñanza* utilizando la DBR (Simon et al., 2000; Molina et al., 2009; Molina et al., 2012 citados en Castellanos, 2018) y cada vez gana más espacios en la comunidad académica como señalan su presencia en las diferentes investigaciones reportadas en el Handbook of Design Research in Methods in Education del año 2008. Así mismo, hay un creciente número de estudios que han utilizado la DBR para investigar en la formación inicial y continua de profesores.

En particular, en la *formación inicial de profesores de matemáticas* se han desarrollado varios estudios que tienen como escenario de la práctica docente (o prácticum) para abordar situaciones de la enseñanza /aprendizaje y la reflexión en la acción de los profesores (Korthagen y Vasalos, 2005; Peña, 2002; Flores, 2000; Lerner, 1996; Newborn, 1999 Citados en Castellanos, 2017). Cabe destacar las investigaciones que involucran diseños instructivos o estrategias de intervención durante el prácticum para promover la formación de prácticos reflexivos. En el campo de la Educación Matemática los experimentos de enseñanza basados en la DBR han marcado un desafío metodológico importante (Molina et al., 2011);

Un problema detectado en la revisión de la literatura en *Educación Matemática*, es la ausencia de estudios que permitan analizar la práctica docente y el conocimiento profesional usado por los profesores para dar sentido a sus prácticas de enseñanza, de manera que durante esta práctica los futuros profesores establezcan la necesaria relación entre teoría y práctica (Kieran, Krainer



y Shaughnessy, 2013). De igual modo, organismos internacionales vienen promoviendo la práctica docente en la formación inicial para el logro de una educación de calidad (UNESCO, 2012). Sin embargo, la racionalidad técnica derivada del conocimiento teórico no basta para enfrentar la diversidad de situaciones profesionales (Schön, 1992) y la complejidad de la práctica pone a prueba marcos de referencia preestablecidos de los futuros docentes; de este modo, algunos autores apuntan que la reflexión impacta la red ideológica de teorías y creencias, que determinan el modo en que el profesor da significado al conocimiento teórico y práctico.

*La reflexión* en la articulación de la teoría durante la práctica docente, ha sido objeto de diversos estudios cualitativos con profesores en ejercicio, tratando con ello de promoverla y examinar cómo se produce la reflexión sobre y para la práctica (Korthagen, 2010).

En esta investigación se reconoce que *las prácticas de enseñanza* son un escenario, emocional e intelectualmente desafiante para los futuros profesores de matemáticas, y al mismo tiempo una ocasión propicia para implicarlos en procesos de reflexión. Por estas razones, conjeturamos que los futuros profesores de matemáticas otorgan sentido al conocimiento profesional en la medida que reflexionan durante la práctica docente sobre problemas profesionales que lo requieren.

Con la anterior conjetura y basados en referentes teóricos que abordan el aprendizaje reflexivo (Korthagen et al., 2001), la interacción entre teoría y práctica (Korthagen, 2010), el profesor como profesional práctico reflexivo (Castellanos, 2017), hemos diseñado la investigación aprovechando el carácter emergente y naturalista que caracteriza el paradigma de la investigación de diseño, para configurar el prácticum de un programa de formación inicial de profesores de matemáticas como un experimento de enseñanza, que favorezca que futuros profesores realicen ciclos reflexivos según el modelo ALaCT (Korthagen et al., 2001).

*La reflexión sistemática* busca la alternancia entre “acción” y “reflexión”. El modelo ALaCT se identifica con las siglas de las iniciales de su definición (*Action, Looking back on the action, awareness of essential aspects, Creating alternative methods of action y Trial*). A continuación, describimos las cinco etapas que hemos equiparado con acciones para llevar a cabo la reflexión:

**Acción o experiencia:** Se identifica y analiza una problemática, exhibiendo los hechos conflictivos y de duda. La Fase A, se inicia con la descripción y el planteamiento de una situación que problematiza los hechos observados en la práctica; pretende dar sentido al objeto de reflexión concretando en una cuestión.

- Mirar hacia atrás en la acción: Consiste en esbozar una “imagen” de los acontecimientos



que han dado lugar a la problemática. En la Fase L, se examinan y exteriorizan creencias, lo cual conduce a la mirada distante de la realidad.

- Conocimiento de puntos importantes o esenciales: Tomar conciencia de la acción. En la Fase A, se resaltan elementos importantes de la situación que conducen a la concienciación del conocimiento y a profundizar el objeto de la problemática.
- Crear, buscar y preparar alternativas para acción: Significa proponer una solución a la problemática, fruto de las Fases anteriores. En la Fase C, se buscan estrategias para reformular el plan de acción para eventos posteriores.
- Comprobar en una nueva situación: Aplicar la solución en una nueva situación. En esta Fase T, inicia un nuevo ciclo a partir de la aplicación de nuevas alternativas

En este artículo damos respuestas plausibles a la pregunta: ¿Cómo aprovechar la investigación basada en el diseño para intervenir en la formación de profesores de matemáticas durante las prácticas de enseñanza y generar procesos de reflexión? En el cierre del trabajo se aportan reflexiones derivadas del experimento, referentes al potencial y desafíos de esta metodología para promover en la investigación educativa, especialmente la desarrollada en el contexto del prácticum y los aciertos de utilizar esta investigación para explorar el desarrollo del conocimiento matemático del futuro docente durante el prácticum.

## 2. Aspectos metodológicos

De manera particular, esta investigación usó la investigación basada en el diseño como metodología para el diseño, implementación y análisis retrospectivo de un experimento de enseñanza con futuros profesores de matemáticas. Participaron 12 estudiantes de último año del programa de Licenciatura en Matemáticas de la Universidad de los Llanos (Colombia). Se utilizó el análisis secuencial de la experimentación de la instrucción en el experimento. Los datos provienen de protocolos de clase, videos, transcripciones y diario de campo

Para examinar el proceso de reflexión durante el prácticum de Futuros Profesores de Matemáticas (FPM), quisimos investigar en el contexto natural, planificando y ajustando la instrucción de manera sistemática. Por ello, diseñamos un experimento de enseñanza basado en la Investigación basada en el Diseño (DBR) ó “design-based research” (Kelly & Lesh, 2000; Confrey, 2006). En la investigación el experimento de enseñanza durante la práctica docente promueve junto a la adquisición de conocimientos matemáticos y didácticos del álgebra escolar,



la reflexión sobre problemas profesionales de la enseñanza del álgebra.

Los experimentos de enseñanza conforme a la investigación de diseño siguen tres etapas:

1) Planeación del experimento, en la que se planea la instrucción y se atiende a los objetivos formativos en coherencia con los referentes teóricos, esta etapa atiende las variables que definen la instrucción en coherencia con los propósitos de la investigación

2) Experimentación, revisión y análisis preliminar, se pone en marcha la trayectoria de instrucción dando curso a las tareas formativas para el logro de los objetivos de enseñanza/aprendizaje. Se realiza el seguimiento y registro de los hallazgos durante la implementación de la secuencia didáctica

3) Análisis retrospectivo de los datos, posterior a la experimentación y una vez finalizada la secuencia total de instrucción se analiza todo el material recolectado a la luz de las variables definidas para la conclusión de los objetivos de la investigación

En la segunda de estas etapas tienen lugar sucesivas iteraciones de módulos docentes con tres pasos: la planeación del proceso instructivo del módulo, la intervención o implementación de la instrucción, y la revisión y análisis de lo acontecido, antes de planificar el siguiente módulo de intervención (Cobb y Gravemeijer, 2008).

El estudio se realiza en el contexto de la Licenciatura en Matemáticas de la Universidad de los Llanos-Colombia, con 12 futuros profesores (FPM o practicantes) que cursaban el prácticum y a la vez desarrollaban su trabajo de grado (en adelante proyecto de práctica). Los practicantes fueron distribuidos en seis grupos en Instituciones Educativas de Secundaria (IE), con escolares entre 13 y 15 años para llevar a cabo la enseñanza de un tópico de álgebra durante un semestre académico. La investigación sigue el enfoque cualitativo de tipo descriptivo, la toma de datos procede de las producciones de participantes (tareas formativas) y los registros del colectivo de práctica, la descripción sistemática del experimento consiste en revisar y analizar a lo largo de la secuencia de instrucción cada módulo formativo a la luz de los objetivos, conjeturas y el modelo teórico previsto para el experimento.

### **3. Experimento de enseñanza con Futuros Profesores de Matemáticas.**

El objetivo del experimento es promover la reflexión, tratando que los practicantes se inicien en su desarrollo profesional, y que aposenten sus conocimientos profesionales. Siguiendo este presupuesto se eligió para diseñar la intervención formativa el ciclo de reflexión sistemática

ALaCT de (Korthgen, et.al., 2001). Seguimos la propuesta metodológica de la investigación de diseño para el campo de la formación de profesores de Educación Matemática de Castellanos (2018), a continuación, exhibimos la preparación del experimento situándolo en el marco de la investigación y continuamos con la descripción sistemática de la experimentación que se llevó a cabo en intervención formativa. Finalmente, se sintetizan algunos hallazgos en el análisis retrospectivo.

### 3.1. Etapa Uno: Planeación del experimento.

Para preparar el experimento se realizaron distintas acciones como definir los objetivos instruccionales y las conjetura que lo rige; se evaluó el conocimiento y expectativas de los participantes; se diseñaron actividades para orientar el proceso de reflexión; se seleccionaron los contenidos formativos, se concretó la secuencia de intervención y se definieron los aspectos metodológicos para el análisis y la revisión de la instrucción; previamente a la implementación se realizó la validación del diseño. La tabla 1 describe los aspectos tenidos en cuenta para la planeación del experimento a la luz de los propósitos formativos y de investigación

Tabla 1 Aspectos que definen el experimento de enseñanza

Aspecto	Descripción
Objetivos del experimento	El objetivo instruccional busca fomentar en el prácticum las interrelaciones de la teoría con la práctica. Para tal fin hacemos al FPM identificar, definir y afrontar problemas profesionales relacionados con su enseñanza del álgebra escolar, brindándole herramientas teórico-prácticas sobre didáctica del álgebra. De este modo esperamos promover procesos de reflexión sobre las situaciones profesionales.
Conjeturas del experimento:	Conjeturamos que los procesos reflexivos promovidos favorecen al FPM re-significar y usar conceptos (matemáticos y didácticos) para conducir acciones fundamentadas
Contenidos formativos	El diseño instruccional describe los contenidos distribuidos en cuatro módulos formativos (Tabla 2). Se decidió tratar el Análisis Didáctico, tal como lo concibe el grupo de investigación en el que se ubica este trabajo (Rico et. al., 2013). El foco matemático será el álgebra, cuyos contenidos escolares estarán en coherencia con las directrices curriculares (MEN, 1998; 2006).
Expectativas de aprendizaje	Las expectativas declaradas por los FPM manifiestan su necesidad de adquirir conocimientos profesionales que esperan aprender en la práctica (e.g. a proponer tareas, seleccionar y usar recursos, comunicarse en clase y evaluar). Estos

resultados direccionaron la selección de los contenidos formativos del experimento de enseñanza.

Proceso de reflexión	de	Se eligió el modelo ALaCT para crear cuatro ciclos reflexivos y favorecer que los estudiantes recorrieran cinco fases del ciclo, se concibieron reactivos (cuestionamiento para promover la reflexión) por ciclo y tareas formativas por cada fase que involucraron las acciones de: describir, examinar, analizar, evaluar y buscar alternativas a la situación
Variables de investigación	de	Conocimiento profesional del profesor de matemáticas (conocimiento matemático y didáctico del contenido matemático)  La reflexión como dinámica que permite la relación entre la teoría y la práctica (Indicadores de reflexión: problematización, distanciamiento, toma de conciencia)

Fuente: elaboración propia

Otro de los aspectos que definen el experimento y que son tenidos en cuenta lo constituye la Secuencia de intervención La tabla 2 describe los momentos formativos del experimento (módulos), las sesiones programadas para la instrucción de los contenidos al igual que las expectativas de aprendizaje. Para ser coherentes con los objetivos de la investigación cada módulo se asoció a un reactivo de reflexión, los cuales permiten hacer seguimiento y revisión de las variables a estudiar.

Tabla 2 Trayectoria de Instrucción del Experimento de Enseñanza

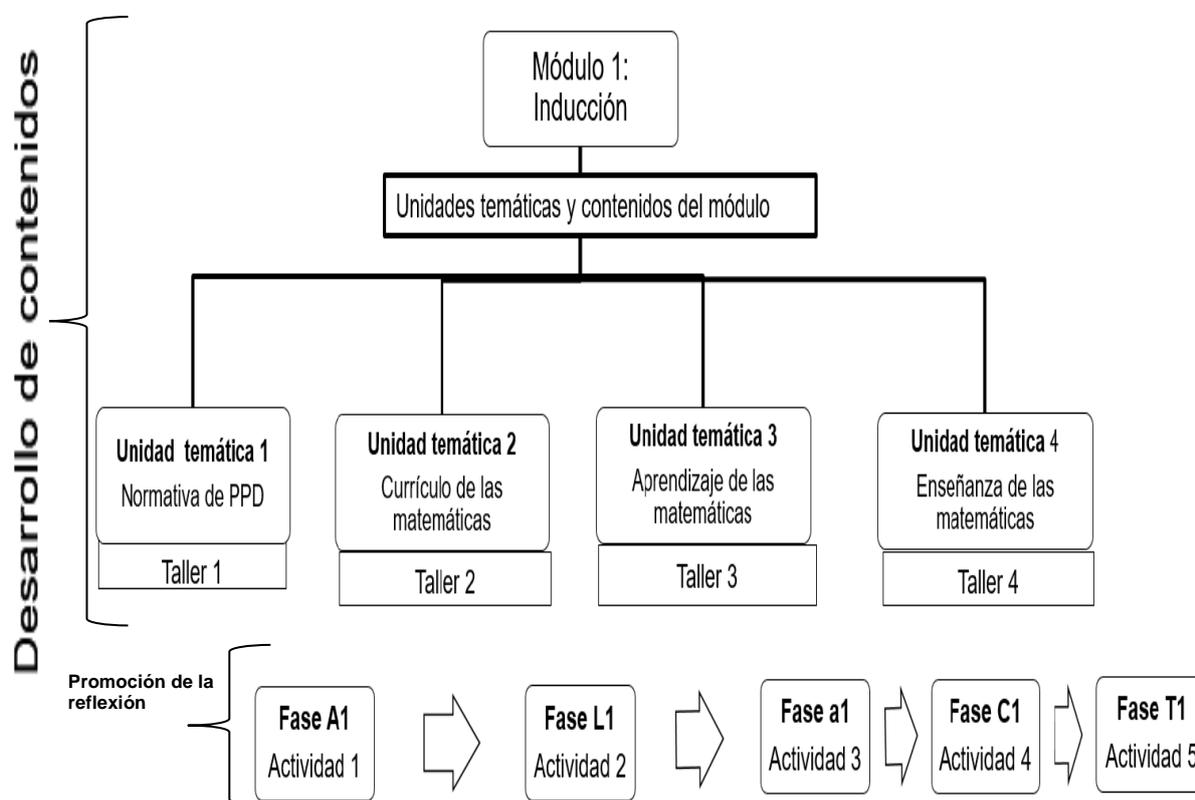
Módulo	Sesión	Ciclo	Contenido Formativo	Expectativas de aprendizaje	Reactivos para a reflexión
Inducción	S1 a S8	C1	Normativa de PPD Análisis Didáctico Lineamientos curriculares	Realiza análisis didáctico a un tópico del álgebra escolar Define problemática del proyecto PPD	Problema que define el proyecto de PPD.
Contexto y aprendizaje	S9 a S15	C2	Currículo de matemáticas: álgebra escolar	Reconoce errores y dificultades del aprendizaje del álgebra de sus escolares.	Diagnóstico del aprendizaje de los escolares.
Enseñanza	S16 a S27	C3	Secuencias didácticas Estrategias de enseñanza	Diseña la planeación de la enseñanza. Implementa secuencias didácticas.	Tareas escolares para la clase
Balance	S28 a S33	C4	Evaluación del aprendizaje y enseñanza	Evalúa alternativas de enseñanza Sustenta resultados del Proyecto de PPD.	Alternativas y re-diseño de secuencias didácticas.

Fuente Castellanos (2017)

La secuencia de instrucción se compone de 33 sesiones. Durante las mismas se llevarán a cabo

4 módulos formativos, en cada uno de los cuales habrá un ciclo de reflexión. Para cada uno de los módulos se conciben las tres etapas del proceso de experimentación: planeación del módulo formativo, implementación del mismo y análisis y/o evaluación de lo acontecido. La etapa de planeación del módulo formativo señala los objetivos instruccionales, los contenidos formativos, las tareas formativas para ser resueltas por los FPM. La etapa de implementación de la instrucción, describe el desarrollo del plan previsto y destaca los elementos relevantes en relación con las tareas formativas y los propósitos de la investigación. La etapa de revisión y análisis, examina lo acontecido, resalta las decisiones en relación con la planeación del módulo siguiente. La Figura 1 ejemplifica para el módulo uno, el trabajo planeado, ilustra de manera paralela la programación de los contenidos y de las acciones reflexivas.

Figura 1. Organización del proceso de experimentación: ejemplo del módulo uno.



Fuente: Castellanos, (2017)

Finalmente, uno de los elementos más relevantes de la preparación del experimento es la definición de los aspectos metodológicos para la revisión y análisis de lo acontecido durante la instrucción. Dicho análisis y revisión se realiza durante la experimentación de manera secuencial como método propio de la investigación de diseño, mediante reuniones del equipo investigador y formador. El proceso radica en agrupar la información recabada en cada módulo,

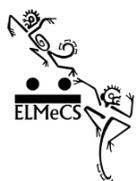
revisando lo ocurrido durante la secuencia de instrucción en dos ámbitos: en relación con el diseño instructivo para ir ajustándolo y en relación con las variables de investigación (conocimiento y reflexión). En estas sesiones se registran dificultades y aciertos de la intervención, se deciden ajustes del diseño de instrucción y se priorizan explicaciones relacionadas con la producción y actuación de los participantes

### 3.2. Etapa dos: Experimentación

Una vez preparado el experimento de enseñanza se implementa la intervención cubriendo la trayectoria de instrucción para los cuatro módulos. En esta etapa se involucran tres pasos: 1) planeación de la trayectoria de instrucción por módulo, 2) implementación de la instrucción y 3) revisión y análisis preliminar, se trata de la evaluación de lo acontecido durante la instrucción de dicho módulo, y cómo repercute en la planeación del siguiente. A continuación, a manera de ejemplo, se sintetizan los principales elementos revelados durante la experimentación del módulo uno

*La planeación de la trayectoria de instrucción para el módulo*, combina el desarrollo de nueve tareas formativas a lo largo de las ocho sesiones. Las tareas formativas son definidas en correspondencia con los propósitos de la asignatura de práctica docente de la licenciatura. Se usan dos tipos de tareas formativas: a) los talleres (cinco para el módulo uno), involucran tareas formativas individuales y grupales, relacionadas con los contenidos formativos del curso; b) las actividades de reflexión (cuatro para el módulo uno), son las tareas propias que realiza un practicante de manera individual durante cada fase reflexiva, en ellas se solicita la producción de documentos y exposiciones asociadas a los reactivos de reflexión definidos en el módulo (ej: Problema definidos en la PPD para el módulo uno). Otras estrategias es el diario de campo, ellos plasman relatos, representan situaciones y experiencias.

*La implementación de la instrucción del módulo uno*, ocurre durante la sesión S1 los FPM participaron en el Taller T1, en el cual manifestaron expectativas y concepciones sobre lo que es la práctica docente. En esta sesión S1 se desarrolló la Actividad A1, observaron un vídeo de clase y describieron su experiencia. Los FPM identificaron incidentes generales, aludieron a problemáticas sobre diversos aspectos del aula y de la Institución Educativa, la mayoría necesitó delimitar la problemática sobre aspectos de la enseñanza/aprendizaje del álgebra. La Tabla 3 reúne las estrategias de indagación usadas para concretar la fase reflexiva A1, se solicitó a los FPM la redacción de la problemática en forma de interrogante, se recomendó la estructura:



¿Cómo/Qué... el sujeto... la acción... el tópico?

Tabla 3. Estrategias de indagación usadas en la fase reflexiva A1

Interrogantes para orientar la descripción	Interrogantes para concretar la cuestión
¿Cuáles fueron los acontecimientos?	¿Quiénes son los sujetos del problema?
¿Qué quería conseguir?	¿Qué inquietud quiere abordar?
¿Qué hizo?	¿Cuál es el contexto del conflicto?
¿Qué pensaba?	¿Cuál es el contexto temático del conflicto?
¿Qué ocurrió durante el desarrollo de la clase?	

Fuente Elaboración propia

*La revisión y análisis preliminar del módulo uno*, se realizó después de cada sesión (S1 a S8), los investigadores realizaron un análisis de los logros de cada sesión a la luz de las variables de investigación y los objetivos de aprendizaje/enseñanza, se registraron las decisiones de cara al rediseño de las planeaciones de los módulos siguientes. La Tabla 4 muestra el análisis realizado al módulo uno, dicho análisis en conjunto favoreció la vigilancia a las conjeturas del experimento y permitió registrar sucesos para la toma de decisiones.

Tabla 4. Decisiones al finalizar el módulo uno.

Decisiones en relación con el funcionamiento del diseño instructivo
<b>1. Ajustar la secuencia de instrucción para:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Abordar los enfoques de la enseñanza del álgebra,</li><li>2. Trasladar los componentes restantes del análisis didáctico a los módulos posteriores,</li><li>3. Completar el análisis didáctico del tópico algebraico,</li><li>4. Aportar referentes y ejemplos sobre errores y dificultades del aprendizaje algebraico,</li><li>5. Ampliar la idea de pensamiento algebraico,</li><li>6. Incluir la actividad matemática en el contexto del álgebra,</li><li>7. Profundizar en el pensamiento variacional y los sistemas algebraicos y analíticos</li></ol>
<b>2. Adecuar tareas formativas para:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Involucrar en los talleres referentes de consulta.</li><li>2. Concretar las solicitudes de los talleres a los contenidos desarrollados.</li><li>3. Rediseñar el T4 en dos apartados (T4.1 tareas matemáticas y T4.2 evaluación)</li></ol>
Decisiones que implican la promoción de la reflexión
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Involucrar nuevas acciones para concretar la fase L del ciclo reflexivo.</li><li>2. Solicitar explicar oralmente y por escrito los fundamentos conceptuales de la problemática</li><li>3. Solicitar examinar fundamentos de la problemática para confrontar con ideas iniciales.</li><li>4. Incluir la verbalización de las razones que definen la problemática (fase L).</li><li>5. Utilizar las concepciones explicitadas por FPM para elegir y aportar en la confrontación.</li><li>6. Crear interrogantes para ampliar la indagación y superar las dificultades (en fases a y L)</li><li>7. Usar los interrogantes construidos como estrategia en los módulos siguientes.</li><li>8. Solicitar realizar, entre pares, análisis de los aspectos que dan origen a la problemática.</li><li>9. Motivar a FPM para profundizar en referentes que les permitan avanzar en la solución</li></ol>

Fuente: Castellanos, (2017)

### 3.3. Etapa Tres: Análisis retrospectivo

En este análisis se procedió a observar los alcances conseguidos durante el primer ciclo reflexivo, en el cual los FPM: Identifican y definen la problemática derivada de sus preocupaciones y/o experiencias de enseñanza, la cual formulara para su proyecto de práctica. El FPM a través de su reflexión va modificando, adaptando y redefiniendo a la dinámica de su práctica. Tal como se ilustran en la Figura 2, en este ciclo las tareas formativas (A1- A5) atendieron a las actividades reflexivas del modelo ALaCT (Korthagen et al., 2001) a lo largo de 8 sesiones (cada una de 2 h de duración)

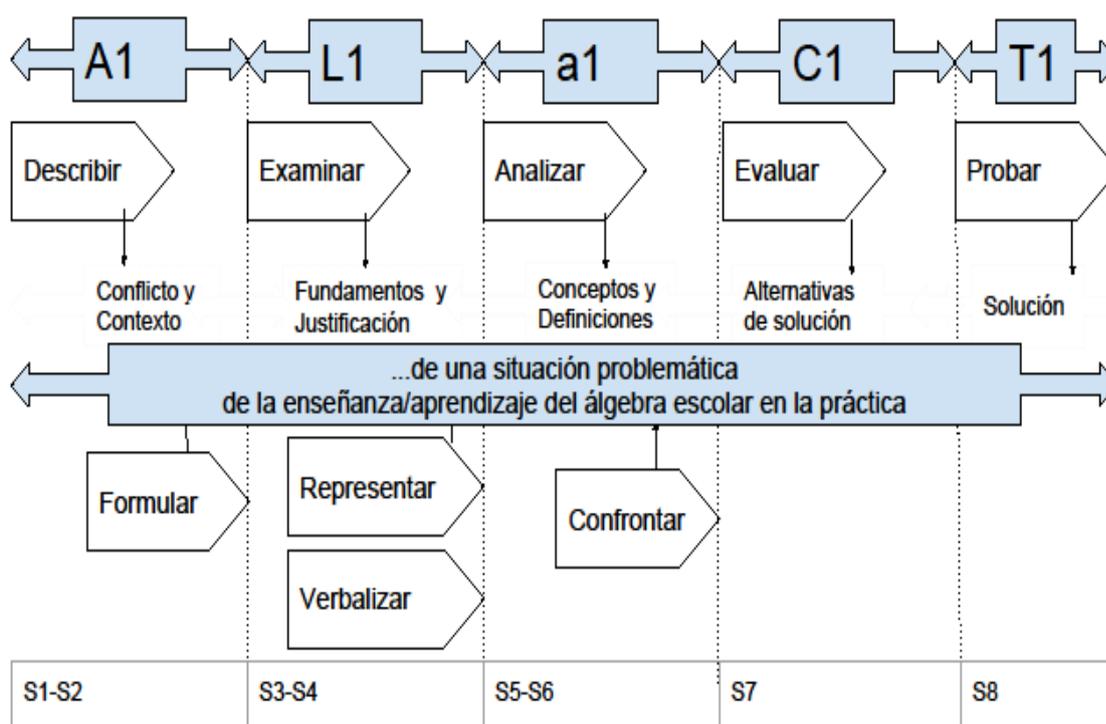


Figura 2. Trayectoria de acciones reflexivas en el ciclo C1. (castellanos, 2017)

Para analizar y caracterización la reflexión de los FPM durante la práctica, cada fase del ciclo reflexivo C1 desarrollado durante el módulo uno, se constituyó en una unidad objeto de estudio (por episodio). La Figura 3 representa el proceso reflexivo en los cinco episodios y las características involucradas en cada uno referido a los problemas profesionales que surgen durante el experimento de enseñanza.

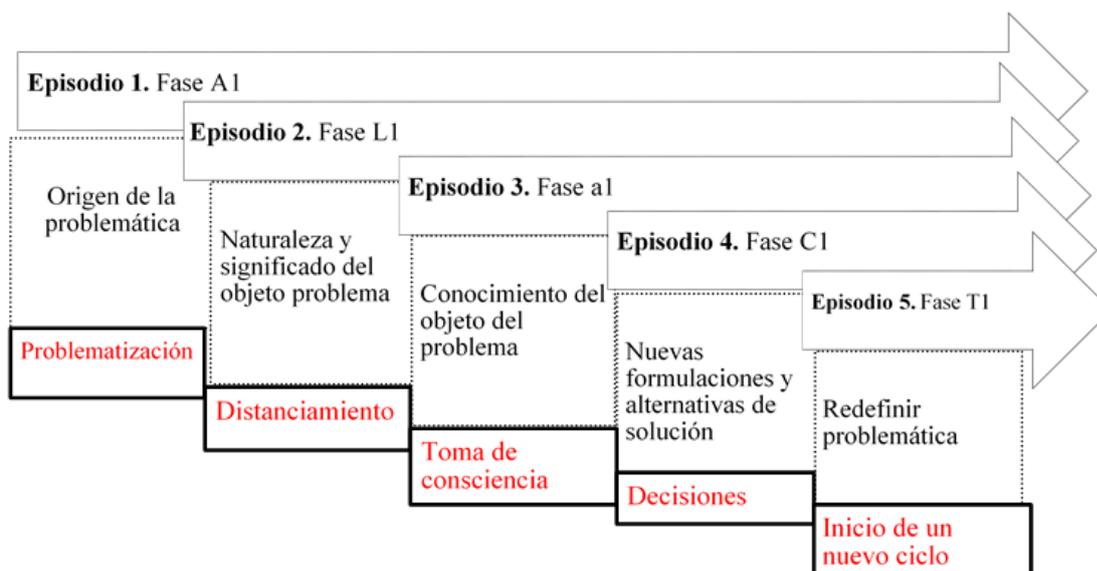


Figura 3. Análisis de la reflexión sobre problemas profesionales del álgebra escolar

De esta manera, se explica el cómo y por qué ocurrieron los procesos y los efectos en la reflexión de FPM, apoyados en los análisis e informes parciales de los cinco episodios. El análisis retrospectivo reúne los análisis preliminares realizados a cada sesión de instrucción, junto a fragmentos de las reflexiones, las que muestran, no solamente el uso de las herramientas y contenidos trabajados, sino también, descripciones e interpretaciones fundamentadas. En síntesis, se puede decir que los FPM han completado las fases reflexivas del ciclo ALaCT (C1 durante el módulo uno), cubriendo las tareas y expectativas del proceso formativo; han reflexionado sobre los problemas de la enseñanza del álgebra, dando curso a diferentes versiones en la formulación.

Las actuaciones y producciones de los FPM dan cuenta de la puesta en práctica de cada una de las fases de reflexión. Las evidencias de las actuaciones y las decisiones de los FPM, revelan el acercamiento a la praxis, el inicio de la formulación reflexiva (problematización), el distanciamiento y la toma de consciencia durante cada ciclo reflexivo.

#### 4. Síntesis y conclusiones

Las conclusiones dan respuesta a la cuestión planteada ¿Cómo aprovechar la investigación basada en el diseño para intervenir en la formación de profesores de matemáticas durante las prácticas de enseñanza y generar procesos de reflexión? En tal sentido se concluye:

Los fundamentos para el diseño del programa formativo siguieron de manera rigurosa las ideas que



concede al profesor como profesional práctico reflexivo (Flores, 2007), iniciando a partir de la identificación de una situación problemática para cada FPM, que arranque de su experiencia práctica docente. El diseño metodológico encuentra acertada la revisión de los fundamentos teóricos del modelo ALaCT (Korthagen et al., 2001), aprovechando aquellas acciones reflexivas que ofrecieran aporte al diseño de las tareas formativas.

La estructura del experimento de enseñanza, así como los objetivos formativos abordados en la experimentación, llevaron a promover por cada uno de los módulos formativos un ciclo de reflexión, inspirado en el modelo ALaCT, para lo cual se estructuraron dos tipos de tareas formativas, las actividades y los talleres. Se concluye que al elegir como principal objeto de reflexión los problemas profesionales se ha permitido dar sentido al conocimiento profesional, planteándolo de manera funcional, con vistas a comprender mejor los problemas planteados y, con ello, ahondar en el origen, fundamento y la naturaleza de algunas de las cuestiones que plantea la enseñanza y el aprendizaje del álgebra. Esto ha conllevado la profundización en el conocimiento profesional de los FPM y de manera menos evidente, a la percepción de diferentes concepciones sobre la enseñanza del álgebra.

Para el cumplimiento de los objetivos se eligió acertadamente el enfoque de la Investigación Basada en el Diseño; se concluye que dicho enfoque permitió guiar la planeación, puesta en práctica y análisis de las intervenciones en el escenario de las prácticas de enseñanza de FPM (o prácticum). Esta metodología aportó sistematicidad a cuatro módulos formativos denominados: Inducción; Contexto; Enseñanza y 4. Balance y permito responder a presupuestos de la investigación.

La Investigación Basada en el Diseño facilitó el diseño y desarrollo de un experimento de enseñanza, que tomó como referencia las características de la reflexión y de las acciones reflexivas que involucra el proceso reflexivo. Se concluye que la etapa tres dedicadas al análisis y revisión del experimento de enseñanza fueron base fundamental en las variables que intervienen en las tareas formativas planeadas y que resultaron adecuadas para delimitar de esta parte del experimento.

## Referencias

- Castellanos, M. T., Flores, P & Moreno, A. (2017). Reflections on future mathematics teachers about professional issues related to the teaching of school algebra. *Bolema*, 31(57), 408-429.
- Castellanos, M.T. (2017) Reflexión de futuros profesores de matemáticas durante las prácticas de enseñanza. Tesis doctoral (no publicada). Universidad de Granada. España
- Castellanos, M.T., Flores, P. & Moreno, A. (2018). The reflection on practicum: A teaching experiment with Colombian students. *Revista Profesorado*, 22(1), 413-439.



- Cobb, P. & Gravemeijer, K. (2008). Experimenting to support and understand learning processes, In A. E. Kelly, R. A. Lesh & J. Baek (Eds.), *Handbook of Design Research Methods in Education. Innovations in Science, Technology, Engineering and Mathematics Learning and Teaching* (pp. 68-95). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Confrey, J. (2006). The evolution of design studies as methodology. In R.K. Sawyer (Ed.). *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (pp. 135-152). Nueva York: Cambridge University Press
- Kelly, A. E. y Lesh, R. A. (2000). *Handbook of research design in mathematics and science education*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Kieran, C., Krainer, K. & Shaughnessy, J.M. (2013). Linking research to practice: Teachers as key stakeholders in mathematics education research. In M. K. Clements (Ed.), *Third International Handbook of Mathematics Education* (Vol. 2, pp.361-392). Springer New York.
- Korthagen, F. (2010). La práctica, la teoría y la persona en la formación del profesorado *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 68 (24,2), 83-102.
- Korthagen, F. A., Kessels, J., Koster, B., Lagerwerf, B. & Wubbels, T. (2001). *Linking Practice and Theory. The Pedagogy of Realistic Teacher Education*. Londres: Lawrence Erlbaum Associates.
- Molina, M., Castro, E., Molina, J. L., Castro E. (2011). Un acercamiento a la investigación de diseño a través de los experimentos de enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 29(1), 75-88.
- Ministerio de Educación Nacional (1998). *Lineamientos curriculares en matemáticas*. Bogotá, Colombia: MEN.
- Ministerio de Educación Nacional (2006). *Estándares básicos de competencias en lenguaje, matemáticas, ciencias y ciudadanas*. Bogotá, Colombia: MEN.
- Rico, L., Lupiáñez, J. L. y Molina, M. (2013). *El análisis didáctico en educación matemática. Metodología de investigación, innovación curricular y formación de profesores*. Granada, España: Universidad de Granada.
- Schön, D. A. (1992). *La formación de profesionales reflexivos. Hacia un nuevo diseño de la enseñanza y el aprendizaje en las profesiones*. Madrid: Paidós