



El rol de la metacognición pedagógica en la formación de docentes de ciencias naturales en la Universidad de Costa Rica

The role of pedagogical metacognition in the training of science teachers
at the University of Costa Rica

Volumen 25, Número 2

Mayo - Agosto

pp. 1-32

Marianela Navarro Camacho
Carlos Luis Mena León
Adrian Grimm

Citar este documento según modelo APA

Navarro Camacho, Marianela., Mena León, Carlos Luis., y Grimm, Adrian. (2025). El rol de la metacognición pedagógica en la formación de docentes de ciencias naturales en la Universidad de Costa Rica. *Revista Actualidades Investigativas en Educación*, 25(2), 1-32. <https://doi.org/10.15517/aie.v25i2.62319>

El rol de la metacognición pedagógica en la formación de docentes de ciencias naturales en la Universidad de Costa Rica

The role of pedagogical metacognition in the training of science teachers at the University of Costa Rica

Marianela Navarro Camacho¹

Carlos Luis Mena León²

Adrian Grimm³

Resumen: Esta investigación analiza la aplicación de líneas teóricas centradas en la educación científica y en la justicia social para desarrollar conciencia crítica mediante procesos de metacognición pedagógica en el profesorado en formación inicial de la carrera de Enseñanza de las Ciencias Naturales de la Universidad de Costa Rica. La problemática remite a las barreras en la incorporación de aspectos de justicia social en la educación científica, así como una representación pedagógica desconectada del mundo, lo que resulta en un desinterés por parte del estudiantado, especialmente en el que, por cuestiones de género, diversidad cultural o estrato social, percibe la ciencia como algo ajeno a su realidad. Por lo anterior se realizó una intervención educativa desde agosto de 2021 a julio de 2022 con 17 profesores y profesoras en formación; el estudio es longitudinal y cualitativo. Los datos se recolectaron por medio de cuestionarios, revisión de unidades didácticas, grupos focales y observaciones. Con la intervención educativa realizada, se observó que la exposición a las teorías de socioconstructivismo transformativo, la transculturalidad crítica y el enfoque educativo STEAM se mejoró la comprensión de aspectos socioculturales complejos, como la equidad de género, la diversidad cultural y el reconocimiento de las propias positionalidades como personas docentes. Con ello se llega a promover la interdisciplinariedad desde una educación científica contextualizada que considera aspectos políticos, económicos, sociales y culturales desde una perspectiva de justicia social.

Palabras clave: metacognición pedagógica, justicia social, ciencia contextualizada

Abstract: This research analyzes the application of theoretical lines focused on science education and social justice to develop critical awareness through pedagogical metacognition processes among pre-service teachers in the Natural Sciences Teaching program at the University of Costa Rica. The problem refers to the barriers in the incorporation of aspects of social justice in scientific education, as well as a pedagogical representation disconnected from the world, which results in a lack of interest on the part of students, especially those who, due to gender issues, cultural diversity or social stratum, perceive science as something alien to their reality. Therefore, an educational intervention was carried out from August 2021 to July 2022 with 17 pre-service teachers; the study is longitudinal and qualitative. Data was collected through questionnaires, review of teaching units, focus groups, and observations. Through the educational intervention, it was observed that exposure to the theories of transformative socioconstructivism, critical transculturalism, and the STEAM educational approach improved the understanding of complex sociocultural aspects, such as gender equity, cultural diversity, and the recognition of one's own positionalities as teachers. This promotes interdisciplinarity through contextualized scientific education that considers political, economic, social, and cultural aspects from a social justice perspective.

Keywords: pedagogical metacognition, social justice, contextualized science

¹ Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. Dirección electrónica: MARIANELA.NAVARROCAMACHO@ucr.ac.cr Orcid <https://orcid.org/0000-0003-1624-810X>

² Universidad Católica de Costa Rica, San José, Costa Rica. Dirección electrónica: cmena88@gmail.com Orcid <https://orcid.org/0009-0000-8041-6767>

³ Leibniz Institute for Science and Mathematics Education, Kiel, Alemania. Dirección electrónica: grimm@leibniz-ipn.de Orcid <https://orcid.org/0000-0003-2701-3349>

Artículo recibido: 17 de octubre, 2024

Enviado a corrección: 21 de enero, 2025

Aprobado: 7 de abril, 2025

1. Introducción

Las ciencias naturales han sido moldeadas por dinámicas hegemónicas que restringen el acceso equitativo al conocimiento, por lo que su democratización, desde una perspectiva de justicia social, es esencial. Esto implica no solo garantizar la comprensión de este saber, sino también fomentar la participación en su construcción y aplicación. En este marco, la metacognición pedagógica puede desempeñar un papel crucial al permitir que el profesorado reflexione críticamente sobre su práctica y asuma un rol transformador, el cual impulse el acceso inclusivo al conocimiento científico y cuestione las estructuras de poder que históricamente han marginado a ciertos grupos.

Con este objetivo, se desarrolló un proceso formativo en los marcos teóricos del socioconstructivismo transformativo y el enfoque STEAM, desde una perspectiva de transculturalidad crítica para la justicia social. Al respecto, las personas investigadoras conceptualizan la justicia social, en el ámbito educativo, como el principio que garantiza una distribución equitativa de recursos y oportunidades que posibilite la adecuada inclusión de las personas en la vida social y política. Esto también implica el respeto a los derechos humanos y la comprensión de las estructuras de poder que perpetúan la desigualdad.

En ese sentido, incluir la diversidad cultural, la equidad de género y la sostenibilidad ambiental, junto con una reflexión crítica sobre la producción y el uso del conocimiento, en la enseñanza de las Ciencias Naturales, es clave para cuestionar los obstáculos sistémicos que limitan el acceso a la ciencia y que han hecho creer que solo ciertos grupos producen ciencia. Este enfoque se sustenta en la idea del pluriverso, un mundo donde quepan muchos mundos (Escobar, 2017; Kayumova y Dou, 2022), que promueve una ciencia más diversa e inclusiva.

Fomentar las vocaciones científicas sigue siendo un desafío global, especialmente en contextos donde persiste un modelo pedagógico propedéutico, que provoca desinterés y altas tasas de deserción en carreras científicas (Galagovsky, 2010, Polino 2012). Investigaciones como la de Kumar y Lauermann (2018) encuentran que las creencias y estereotipos del profesorado sobre la diversidad cultural influyen negativamente en su capacidad para atender las necesidades de estudiantes diversos. El reconocimiento de la persona estudiante por parte del profesorado parece ser central para que pueda empezar a identificarse con las ciencias naturales y así pensar en obtener una carrera en esta área de conocimiento (Archer et al., 2022; Carlone y Johnson, 2007; Çolakoğlu, et al., 2023). Además, desarrollar procesos educativos social y culturalmente relevantes para el estudiantado también es una forma de interesar e involucrar a todas las personas en la ciencia, incluidas aquellas tradicionalmente

excluidas por su origen étnico, condición socioeconómica o género (Rodríguez y Navarro-Camacho, 2021).

En el ámbito nacional es importante señalar que, en Costa Rica, los resultados obtenidos en Pruebas PISA (Programme for International Student Assessment, por sus siglas en inglés) reflejan deficiencias en la capacidad del sistema educativo para conectar el conocimiento científico con la realidad del estudiantado. Lo anterior está relacionado con el desarrollo de habilidades como la creatividad e innovación, el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la toma de decisiones (Binkley et al., 2012).

Un problema asociado a lo expuesto en el párrafo anterior tiene que ver con las dificultades que enfrentan las personas docentes para adaptarse y responder de manera efectiva a los desafíos y oportunidades que plantean las nuevas políticas educativas fundamentadas en el marco de los derechos humanos. Sobre este aspecto las políticas del Ministerio de Educación Pública de Costa Rica proponen el desarrollo de habilidades del siglo XXI que fomentan el trabajo en equipo, la inter, multi y transdisciplinariedad, y el desarrollo del pensamiento sistémico y crítico (Ministerio de Educación Pública [MEP], 2016).

Se parte del supuesto de que, sin un cambio profundo en los enfoques pedagógicos, será difícil superar las barreras y concretar una verdadera transformación curricular acorde con los estándares y nuestra perspectiva de justicia social. La implementación de estas políticas requiere más que simples ajustes: demanda el desarrollo de la conciencia y posicionalidad crítica del profesorado para que sea sensible ante temas importantes a nivel social y cultural.

En resumen, esta investigación desarrolla una intervención de 18 meses con profesorado en formación inicial (PFI) para fomentar la metacognición pedagógica. A través de experiencias auténticas que reconocen identidades, desigualdades y diversas concepciones de la ciencia, experiencias que permiten la reflexión de la práctica educativa para determinar si contribuye a la reproducción de desigualdades o a la transformación social.

2. Referentes Teóricos

2.1. Educación transcultural crítica y socio constructivismo transformativo

El socioconstructivismo transformativo (por sus siglas en inglés, sTc de ahora en adelante,) es una teoría que sintetiza la educación transcultural crítica, orientada hacia la justicia social, con el constructivismo social, que se centra en el aprendizaje. Se caracteriza por reconocer que los contextos sociales, históricos e institucionales no solo influyen en el

aprendizaje, sino que también condicionan el acceso a las oportunidades educativas. Este enfoque es particularmente relevante en sociedades diversas, donde enseñar para la comprensión no solo es un reto pedagógico, sino también una oportunidad para dismantlar las barreras estructurales que perpetúan la inequidad (Rodríguez, 2011/1998). Para ello, se propone diseñar propuestas pedagógicas inclusivas y culturalmente relevantes que respondan a las realidades del estudiantado.

En este marco, aprender a enseñar para comprender no se limita a la transmisión de contenidos, sino que implica la incorporación activa de la conciencia crítica como ejes transformadores del proceso educativo. La educación transcultural crítica, desde esta perspectiva, parte del principio fundamental de que todas las personas tienen el derecho a recibir oportunidades equitativas para el éxito académico (Rodríguez, 2011/1998). No obstante, como señalan May y Sleeter (2010), este derecho no se materializa con cambios superficiales en el currículo, como la simple inclusión de mujeres científicas o figuras históricas minoritarias. Dichos esfuerzos, aunque bien intencionados, pueden reforzar estereotipos al presentar a estas personas como excepciones que solo triunfan en contextos extraordinarios. De este modo, se corre el riesgo de perpetuar la idea de que solo unas pocas personas pueden superar las barreras estructurales, cuando el objetivo debería ser dismantlar dichas barreras (Rodríguez, 2011/1998).

Al respecto, Rodríguez, (2011/1998) propone cuatro elementos que deben guiar la planificación didáctica:

- a) conversación dialógica: este proceso educativo va más allá de la simple conversación, busca promover el pensamiento crítico y la argumentación fundamentada mediante estrategias pedagógicas que fomenten la expresión y el diálogo profundo;
- b) actividad auténtica o transformativa: las actividades educativas no solo deben desarrollar habilidades cognitivas, sino también actitudes y procedimientos que preparen a las personas estudiantes para interactuar en un mundo socialmente complejo;
- c) metacognición: se refiere a la capacidad del alumnado para autorregular sus procesos de aprendizaje, desarrollando conciencia sobre sus propios desafíos y avances, esto es crucial para fomentar la autonomía intelectual. La persona docente podrá desarrollar procesos metacognitivos en el estudiantado en la medida en que ella misma sea capaz de realizar procesos profundos de metacognición;

- d) reflexividad: las actividades deben conectar el aprendizaje con la vida cotidiana, de manera que los y las estudiantes puedan reflexionar sobre cuestiones de equidad social, acceso a recursos esenciales, como el agua potable o la atención médica, y la desigualdad estructural en torno a la etnia, el género o el nivel socioeconómico.

Por su parte, la transculturalidad crítica destaca la ciencia como una parte integral de la cultura, no como un conocimiento elitista separado de la vida cotidiana. Este enfoque respeta la autoidentificación cultural y étnica de los y las estudiantes, valorando la diversidad en el aula a partir de un análisis crítico de las estructuras de poder que moldean la cultura. Asimismo, se nutre del sTc, al concebir el aprendizaje como un proceso de mediación social y cultural, donde el trabajo colaborativo y el papel del lenguaje son fundamentales para entender el mundo (Rodríguez, 2011/1998).

2.2. La metacognición pedagógica

La metacognición en general refiere al conocimiento y control de los propios procesos cognitivos. Desde lo educativo se espera que la metacognición sea un proceso que le permita a la persona que aprende la autorregulación de su aprendizaje, de manera que este sea más profundo.

Este término está relacionado con aspectos como el pensamiento crítico y el aprendizaje reflexivo desarrollado por Swartz y Perkins (1990). También, podría relacionarse con el concepto de práctica reflexiva, que explora cómo las personas profesionales, entre estas, los y las docentes, pueden aprender, a través de la reflexión, sobre su propia práctica y experiencia (Schön, 1992), y desde lo pedagógico, con los planteamientos de Freire (1970) y hooks (1994, 2003, 2009), sobre la combinación de práctica y reflexión.

Es así como, desde la concepción de los autores, la metacognición pedagógica se refiere a la habilidad de las personas docentes para analizar de forma crítica su propio proceso de enseñanza y aprendizaje, y reflexionar sobre cómo sus contextos socioculturales y personales influyen en sus prácticas educativas. Esta capacidad no solo abarca el dominio de los contenidos y las metodologías, sino también la comprensión de cómo el conocimiento construido impacta en la formación de habilidades, valores y actitudes en el estudiantado. De esta manera, se fomenta un análisis continuo de cómo la enseñanza puede contribuir a la formación de una visión de mundo más amplia y crítica.

2.2.1. Elementos fundamentales de la metacognición y su relación con la praxis pedagógica

A continuación, se explica cada uno de los elementos fundamentales de la metacognición aplicados a esta investigación, a partir de Favell, (1979) y Ozturk (2024).

1. Regulación metacognitiva: remite al control y organización de los procesos cognitivos relacionados con la praxis pedagógica, y comprende los siguientes aspectos:

- planificación: diseño de unidades didácticas que incorporan de forma articulada los elementos que conforman los dos marcos teóricos empleados en la investigación: el sTc y STEAM;
- monitoreo: consiste en vigilar durante la implementación de la unidad didáctica, la mediación pedagógica y la respuesta del estudiantado, con el propósito de ajustar las estrategias en tiempo real, según las intenciones formativas planteadas en la etapa de planificación;
- evaluación: revisión posterior a la implementación, incluye aspectos de mediación pedagógica, interacciones con estudiantes y entre estudiantes, así como resultados de aprendizaje, con el fin de identificar aciertos, errores y áreas de mejora.

2. Tipos de conocimiento metacognitivo: refieren a cómo cada persona entiende y gestiona su propio aprendizaje. Seguidamente, se explica cada tipo de conocimiento metacognitivo en relación con el proceso formativo del PFI.

- conocimiento declarativo: apunta al ¿qué debe enseñar? La persona docente comprende qué contenidos, habilidades, actitudes y destrezas debe enseñar y cuáles tareas debe realizar para concretarlo, para ello identifica sus fortalezas y debilidades;
- conocimiento procedimental: ¿cómo lo debe enseñar? Son las estrategias y habilidades que utiliza para enseñar. En este caso se debe entender bien la guía procedimental que aportan tanto el enfoque STEAM como el sTc, y saberlos articular, por ejemplo, incorporar el diseño de ingeniería para resolver problemas, la conversación dialógica para discutir situaciones socio-científicas; o bien, diseñar experiencias auténticas que tomen en cuenta el contexto socio-cultural;
- conocimiento condicional: ¿cuándo y por qué aplicar ciertas estrategias? El profesorado en formación inicial tiene la capacidad de discernir en qué situaciones es más efectivo usar ciertas estrategias y cómo aplicarlas según el contexto.

3. Consciencia metacognitiva: este elemento se relaciona con la percepción y el reconocimiento de los propios procesos de pensamiento, por lo que implica estar consciente de:

- los propios estados cognitivos: conocer cuándo se entiende o se desconoce algo;
- las limitaciones y capacidades personales: reconocer las propias áreas de fortaleza y las que requieren desarrollo.

La consciencia metacognitiva permite que los individuos tomen decisiones informadas sobre cómo proceder en las distintas situaciones de aprendizaje.

4. Juicios metacognitivos: se refieren a las evaluaciones y valoraciones que los individuos hacen sobre su propio aprendizaje y desempeño. Incluyen:

- autoevaluación: el juicio sobre la eficacia y eficiencia de las estrategias utilizadas, así como sobre el grado de comprensión alcanzado, en este caso refiere a la eficiencia de las unidades didácticas diseñadas;
- sentimientos de confianza o incertidumbre: que pueden influir en la toma de decisiones y en la persistencia ante desafíos. Estos juicios son cruciales para ajustar comportamientos y estrategias, pues le permiten a la persona mejorar su rendimiento y adaptarse a nuevas situaciones.

En conjunto, estos elementos facilitan una regulación efectiva del propio proceso de aprendizaje, ya que promueven una mayor autonomía y capacidad para enfrentar y resolver problemas. No obstante, la capacidad de respuesta depende de muchos factores, como la personalidad, la relevancia o significado que tenga la tarea asignada, así como el esfuerzo y el tiempo que implique lo que, a su vez, está vinculado con el interés, la motivación y la voluntad (Ozturk, 2024).

2.3 La Educación STEAM

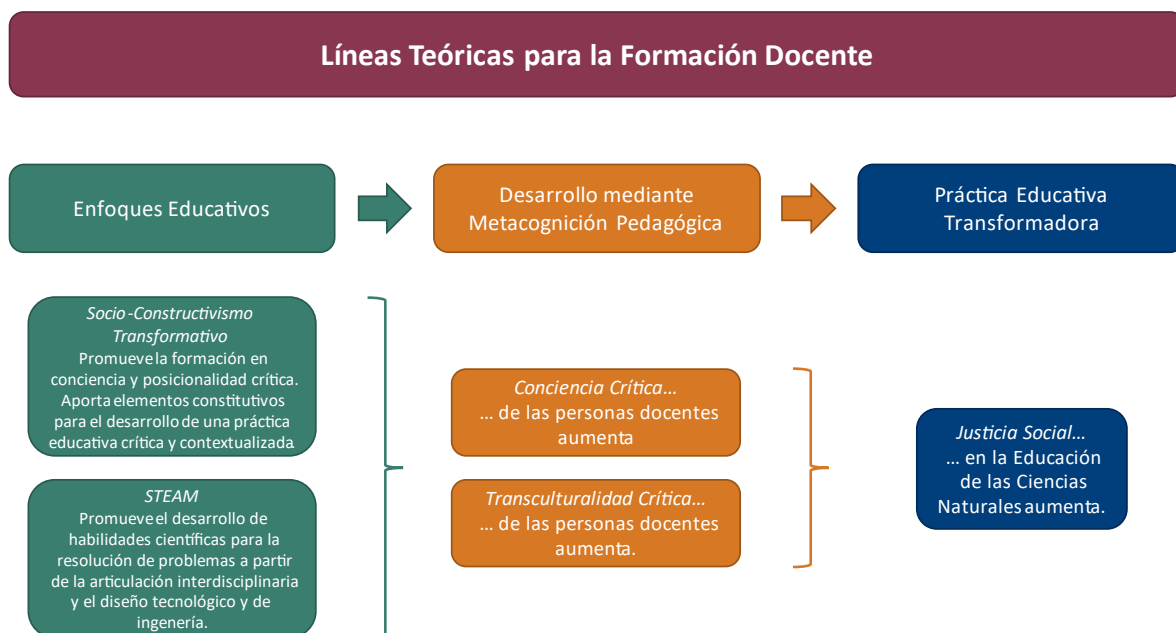
El acrónimo STEM, acuñado en los años 90 por la *National Science Foundation (NSF)* en Estados Unidos, hace referencia a las áreas de ciencia (science), tecnología (technology), ingeniería (engineering) y matemáticas (math). Inicialmente estuvo centrado en el ámbito científico y tecnológico, sin embargo, el concepto de STEM evolucionó rápidamente para incluir la educación, dando origen a la Educación STEM. Este enfoque educativo propone promover políticas y reformas curriculares que fomenten las vocaciones científico-tecnológicas y la alfabetización científica ciudadana desde edades tempranas, con el objetivo de preparar a las nuevas generaciones para enfrentar los retos del mundo actual (Sanders, 2008).

Autores como Sanders y Wells defienden la idea de que una educación integradora STEM va más allá de la enseñanza tradicional de las disciplinas científicas. Este enfoque se basa en el uso de diseños tecnológicos e ingenieriles que integran intencionalmente contenidos y procesos de las ciencias y las matemáticas, creando una experiencia educativa más coherente y significativa. Según estos autores, la educación STEM se beneficia al incorporar otras áreas del conocimiento, como el lenguaje, las artes y los estudios sociales, lo cual crea una educación verdaderamente interdisciplinaria que refleja mejor las complejidades del mundo real. A esta nueva interpretación se le dio el acrónimo de STEAM (Sanders, 2010).

En línea con esta visión, la nueva política curricular costarricense subraya la importancia de crear ambientes de aprendizaje innovadores que potencien tanto la creatividad como el conocimiento, y que fomenten desde la primera infancia formas de aprendizaje activas y participativas (MEP, 2016). Esta política refleja una comprensión profunda de la educación STEAM como un recurso transformador que no solo forma a futuros profesionales en ciencia y tecnología, sino que también prepara a ciudadanos críticos y responsables. Esta coherencia entre la política educativa y el enfoque STEAM subraya la relevancia de adaptar los sistemas educativos a las demandas actuales por medio del ofrecimiento de oportunidades al estudiantado para desarrollar habilidades fundamentales que le permitan prosperar en una sociedad cada vez más compleja e interconectada.

Es así como los marcos teóricos que fundamentan esta intervención educativa aportan una guía didáctica y habilidades en la formación de los PFI en diferentes dimensiones según se representa en la Figura 1:

Figura 1: Articulación de las líneas teóricas empleadas para la formación de los PFI



Fuente: Elaboración propia, a partir de los marcos teóricos y resultados obtenidos en la investigación, 2024.

3. Metodología

3.1. Enfoque

Este proyecto promueve la justicia social a través del desarrollo de una conciencia crítica, el empoderamiento y el aprendizaje colaborativo. Desde esta perspectiva, se adoptó un enfoque cualitativo para reunir y analizar los datos, lo que permitió abordar las complejas realidades del proceso educativo (Moje et al., 2001). En ese sentido, el sTc ofrece una estructura que facilita la construcción de narrativas de acción, lo que implica una representación honesta y detallada de las barreras y éxitos que las personas participantes experimentaron durante su proceso formativo. Estas narrativas no solo revelan desafíos individuales, sino que también reflejan las tensiones estructurales que las futuras personas docentes enfrentan al incorporar prácticas pedagógicas transformadoras (Rodríguez, 2015).

3.2. Unidades de análisis

Las personas participantes de este estudio fueron 17 estudiantes de la carrera de Bachillerato en la Enseñanza de las Ciencias Naturales de la Universidad de Costa Rica, quienes cursaron las asignaturas: *Didáctica de las Ciencias* (I semestre, 2021), *Experiencia*

Los contenidos de este artículo están bajo una licencia [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)



Docente en Ciencias (II semestre, 2021) y Seminario en la Enseñanza de las Ciencias (I semestre, 2022), por lo que la población fue seleccionada por conveniencia. La cantidad de estudiantes varió de 23 a 17 en los tres semestres de duración del estudio, por lo que la información obtenida de los 6 estudiantes que no estuvieron en todo el proceso no fue tomada en cuenta para la investigación. La selección de los cursos respondió a la necesidad de observar el desarrollo profesional en un contexto real y progresivo en el que las futuras personas docentes (que se encuentran en un nivel avanzado de la carrera) integran las teorías estudiadas en sus prácticas pedagógicas.

En cuanto al proceso formativo, este consistió en la modelación de talleres que integraran el sTc, el enfoque STEAM y la transculturalidad crítica desde una perspectiva de justicia social. Después de recibir los talleres el profesorado en formación inicial diseñó sus propias unidades didácticas, las cuales fueron revisadas por la investigadora principal para verificar que se incorporaran de manera coherente y articulada los marcos teóricos empleados. Posteriormente, estas unidades didácticas fueron implementadas en contextos educativos diversos bajo la supervisión de la investigadora principal. (Ver Anexo N°1).

3.3. Técnicas de recolección

Se aplicaron un pretest y dos posttest; la naturaleza de los datos obtenidos fue de carácter cualitativo. El pretest administrado al inicio de la intervención tuvo como objetivo explorar vivencias relacionadas con la diversidad cultural y con la diversidad de género, motivaciones vocacionales, conocimientos previos sobre las teorías estudiadas y la autoevaluación de la competencia para enseñar ciencias naturales. Con el fin de evaluar los cambios en estos aspectos, se realizaron dos posttest: uno a la mitad de la intervención y otro al finalizar el estudio.

Igualmente, se desarrollaron tres grupos focales separados por sexo para conocer los procesos metacognitivos que mediaron la reflexión pedagógica (Anexo N°2: preguntas grupos focales). Durante la implementación de las unidades didácticas se realizaron observaciones no participantes de las clases desarrolladas por el PFI para documentar los resultados obtenidos en el desarrollo de sus prácticas educativas.

3.4. Procesamiento de análisis

Para el análisis de los datos, se utilizó un manual de categorías establecidas *a priori* a partir de los referentes teóricos (Ver Anexo N°3), de los datos surgió una categoría adicional

que refiere a la identidad STEM. La codificación se realizó empleando el software de análisis de datos cualitativos ATLAS.ti 2023. Las respuestas del pre y posttest, la codificación de los grupos focales y las notas de campo de las observaciones permitieron interpretar los procesos de metacognición del PFI, así como los cambios que introdujeron en sus prácticas educativas a partir de los referentes teóricos estudiados. Estos resultados se discutieron entre las personas investigadoras y se hizo devolución a los sujetos participantes para validar el proceso de interpretación realizado. Los tres métodos de recolección de datos permitieron la triangulación, lo que refuerza la validez de los hallazgos al capturar tanto los resultados objetivos como las percepciones subjetivas de las personas participantes.

La participación fue voluntaria, se solicitó el consentimiento informado. El estudio se clasifica como longitudinal, lo que permite seguir a las personas del estudio a lo largo de tres cursos semestrales, lo que ofrece una visión más completa de su desarrollo profesional.

4. Resultados y Discusión

La presentación de los datos obtenidos en la investigación muestra en primer lugar los resultados del pretest y de los dos posttest para describir el contexto y aspectos de la identidad, vivencias relacionadas con género, etnia, exposición a la diversidad cultural, situaciones de discriminación y motivaciones vocacionales. Además, se analizan los cambios en las construcciones de los sujetos participantes en relación con los conceptos fundamentales de la investigación.

En segundo lugar, se analizan las experiencias y los procesos de metacognición pedagógica que desarrolló el profesorado en formación inicial al implementar unidades didácticas basadas en los enfoques educativos sTc y STEM en centros educativos públicos de educación secundaria, ubicados en diferentes regiones de la Gran Área Metropolitana (región central de Costa Rica). Estos datos se recopilaron a partir de lo expresado en las preguntas realizadas en los grupos focales, las cuales propiciaban procesos metacognitivos en relación con la pedagogía desarrollada: dificultades, logros, desafíos, dudas, contrastaciones, reflexiones y posicionamientos en relación con la fundamentación de su práctica educativa en los marcos teóricos propuestos.

4.1. Escogencia de la carrera docente

En relación con la pregunta sobre la escogencia de la docencia como profesión, las personas participantes indican principalmente el deseo de generar cambios a nivel social, de

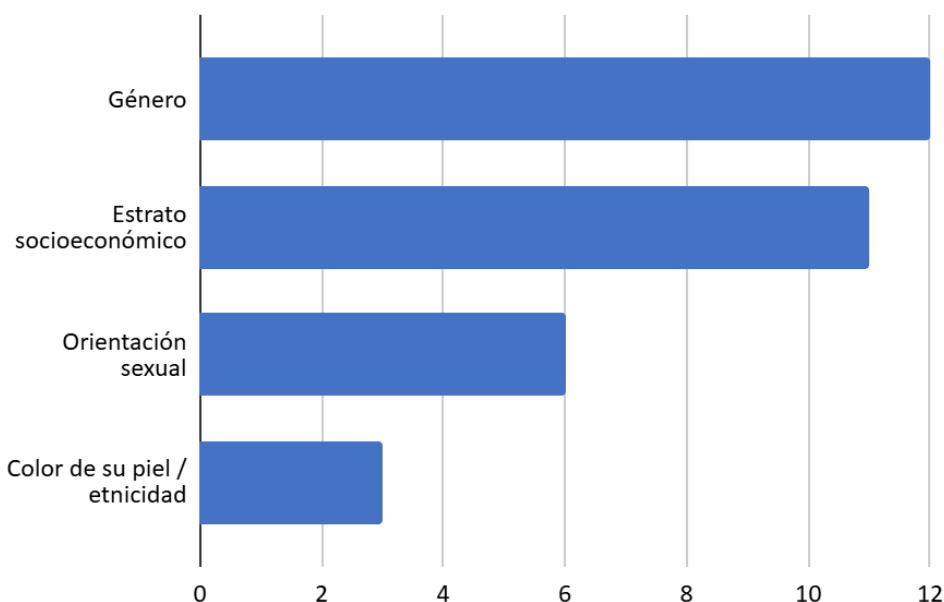
enseñar y promover la importancia de la ciencia. Estas expectativas surgen, según los informantes, de experiencias tanto positivas como negativas con personas docentes de Ciencias Naturales durante la educación secundaria, así como con experiencias directas con la naturaleza. Las respuestas sugieren tres elementos que, al parecer, propiciaron la escogencia de la carrera: el sentido de agencia, el modelaje de antiguas personas docentes y el gusto por la naturaleza. Estos hallazgos concuerdan con otras investigaciones que indican que el reconocimiento del profesorado por parte de las y los estudiantes es un elemento importante para la escogencia de carreras relacionadas con las ciencias naturales (Çolakoğlu et al., 2023; Carlone y Johnson, 2007).

Lo descrito en el párrafo anterior también está vinculado con dos fines primordiales de la educación científica: alfabetizar científicamente a la ciudadanía y promover vocaciones científicas y tecnológicas. Al respecto, la labor de la persona docente es fundamental para motivar y fomentar el aprendizaje de las ciencias naturales con los dos fines antes mencionados. Desde la perspectiva de la alfabetización ciudadana, aprender ciencias es un derecho que les permite a las personas comprender, ejercer y participar críticamente en el mundo científico-tecnológico en el que viven. En cuanto a la promoción de vocaciones científicas y tecnológicas es una necesidad del contexto actual, aunque estas carreras a menudo prestigiosas y bien remuneradas suelen estar dominadas por ciertos grupos (hombres mayoritariamente de estratos socioeconómicos medios o altos), excluyendo a mujeres, personas de bajos recursos económicos, minorías étnicas y personas no binarias (Ministerio de Ciencia Tecnología y Telecomunicaciones, 2017; El Malaalani, 2021; *European Institute for Gender Equality*, 2023). En este sentido, el profesorado debe estar consciente de ello para reflexionar y actuar en la reducción de brechas de acceso y así promover una mayor equidad en el acceso a las ciencias naturales.

4.2. Vivencia de algún tipo de discriminación

Esta pregunta se consideró importante por cuanto le permite al profesorado en formación pensar en la existencia de injusticias, las cuales se normalizan y se justifican bajo la premisa de que el sistema funciona de ese modo. Es así como se hizo la consulta sobre la vivencia de algún tipo de discriminación. Los resultados obtenidos se representan en la Figura 2.

Figura 2
Vivencias de discriminación según percepciones del PFI participante



Fuente: Construcción del programa *Qualtrics* a partir de las respuestas de los sujetos participantes de la Cohorte II Pretest (2021).

Según muestra la Figura 2 las personas participantes indican haber tenido experiencias discriminatorias, principalmente por género (12), por estrato socioeconómico (11), debido a su orientación sexual (6) y etnicidad (3). Otras situaciones vividas fueron: discriminación por residir en zona rural, corporalidad y acceso a la práctica de deportes. Como se verá posteriormente, la discriminación por aspectos de género emerge como categoría de interés en la discusión realizada en los grupos focales. Bell hooks denomina “educación hacia la libertad” a la manera de entender el trabajo de las personas docentes, quienes tienen como tareas fundamentales luchar contra discriminaciones como el racismo, el sexismo y el clasismo (1994, p. 27). Siguiendo la teoría del punto de vista, la posición de sujetos de acción es relevante también cuando hablamos de discriminación (Costanza-Chock, 2020; Gago, 2019). Por tanto, traduciendo lo anterior a nuestro contexto, consideramos relevante la conciencia crítica del PFI en estos temas para que puedan luchar contra cualquier tipo de discriminación.

4.3. Autoidentificación en relación con el grupo étnico y cultural

Otro aspecto considerado fundamental es reflexionar sobre la autoidentificación étnica. Esto permite pensarse como parte de un grupo o grupos. En Latinoamérica resulta fundamental, porque tenemos una ascendencia multiétnica y pluricultural, reconocernos como

parte de ese pluriverso debería de transformarnos en personas más inclusivas y ayudarnos a deconstruir aquellos estereotipos que podrían reproducir situaciones de discriminación en la vivencia de la práctica educativa.

Al respecto, cuando se les pregunta a las personas participantes sobre la autoidentificación por grupo étnico: 19 se identifican como personas mestizas, 7 como personas blancas, 2 como personas mulatas, 2 como afrodescendientes, 1 como indígena y 1 persona como latina. Cabe destacar que se podía elegir más de una opción. Las justificaciones en relación con la elección del grupo étnico mestizo gira alrededor de considerarse una mezcla de varias etnias. Una de las personas elige otro grupo y se autoidentifica como latina indica que posee características fenotípicas variadas. La persona que seleccionó indígena no justifica su elección. Las personas que seleccionan el grupo blanco mencionan que se autodeterminan de esa manera porque ambos padres son de esta etnia, o por su color de piel. Por otra parte, las personas que seleccionan afrodescendiente indican que son personas de ascendencia afrocaribeña y por su color de piel.

La elección de la etnicidad causó mucho interés en el grupo participante, precisamente, porque indicaron que nunca se habían cuestionado al respecto. Este tema surge como un tema de relevancia en relación con la identidad étnico-cultural de la persona docente, su reconocimiento e implicaciones en las interacciones que se propician en la práctica educativa.

4.4. Experiencias previas con grupos culturales étnicos distintos

Respecto a las experiencias previas con grupos étnico-culturales, 11 personas seleccionaron que no han tenido este tipo de experiencias, 6 personas indicaron que habían tenido experiencias con otros grupos culturales, mencionan: voluntariados y campamentos en territorios indígenas. Las personas participantes comentan que este tipo de experiencias no se propician ni abordan durante su formación en la carrera. Este es un vacío por retomar en los cursos de la carrera, porque Costa Rica es un país multiétnico y pluricultural, por lo que las personas docentes pueden trabajar en contextos de alta diversidad cultural y deben estar preparadas para un abordaje desde el contexto de los derechos humanos y la justicia social.

4.5. Socioconstructivismo transformativo como fundamento teórico para incorporar la transculturalidad

En la aplicación del pretest uno de los elementos que se pretendía diagnosticar refería a las concepciones previas sobre transculturalidad crítica. Al respecto, se encontró que las

personas participantes tenían un nivel inicial de entendimiento del concepto y una actitud positiva hacia la educación transcultural, otras indicaron tener una noción vaga o del todo desconocer el concepto. Ejemplos de conceptualizaciones que demuestran cierto nivel de entendimiento del concepto son las siguientes:

Una educación inclusiva en la cual mediante estrategias se logre incorporar aspectos de las múltiples etnias y grupos culturales que impida la segregación y discriminación. Una educación donde a partir de las diversas perspectivas de los alumnos se pueda crear un aprendizaje significativo para todos. (E2, Qualtrics, Pre Test- Cohorte II, p.23).

La educación transcultural se define como la integración de los diferentes aspectos culturales de la sociedad, ya que Costa Rica se compone de diversas culturas, y muchas veces olvidamos que no somos una sociedad homogénea ... La importancia de la educación (...) sobre la conciencia de la diversidad cultural, tanto a nivel país y a nivel local. Lo cual permitiría al estudiantado ampliar sus conocimientos sobre transculturalidad y realidades de otras personas como ciudadanos del mundo. (E3, Qualtrics, Pre Test- Cohorte II, p.23)

En estas conceptualizaciones se encuentran construcciones que aportan elementos como el reconocimiento de los diferentes grupos culturales del país, la necesidad de educar contra la discriminación y segregación, así como la identificación de una ciudadanía mundial. Este reconocimiento aporta a la comprensión de un sistema educativo pluriverso (Escobar 2017, Kayumova y Dou 2022), en el cual el sistema educativo invita a todas las personas de una sociedad sin homogenizar sus culturas. Entendido de esta manera, ser ciudadano del mundo crea conexión sin borrar diferencias, es decir, que en vez de borrar se reconozcan y aprecien las diferencias culturales.

A pesar de que algunas personas participantes mostraron una comprensión más amplia del término, otras presentaron nociones bastante limitadas o total desconocimiento. Una persona, por ejemplo, comentó “no tener noción del término” (E4, Qualtrics, Pre Test - Cohorte II, p.23). Al analizar las respuestas, se identificó que quienes tenían un entendimiento más profundo del concepto de transculturalidad crítica habían tenido contacto con grupos étnicos indígenas o se interesaban por campos de conocimiento como la arqueología o la sociología. Por el contrario, quienes mostraron conceptos vagos o declararon no conocer el término señalaron que nunca habían explorado temas relacionados con la transculturalidad.

A partir de este primer acercamiento, se llevó a cabo una serie de procesos formativos durante la intervención. Estos procesos incluyeron talleres en los que se modelaron prácticas educativas fundamentadas en los principios del sTc, incorporando elementos de transculturalidad, y la integración disciplinar propuesta por el enfoque STEAM. Al finalizar cada taller, se realizaba una deconstrucción pedagógica para identificar los elementos teóricos aplicados durante los talleres. Posteriormente, se brindó acompañamiento al PFI participantes en la creación de unidades didácticas que tuvieran pertinencia social y cultural, de acuerdo con los contextos en los que serían implementados (Ver Anexo N°1). Se llevaron a cabo observaciones de clases y se proporcionó retroalimentación sobre la incorporación de los enfoques teóricos empleados. En el diseño de unidades didácticas, la incorporación de elementos sociales y culturales representó un desafío para la mayoría del PFI, quienes, en algunos casos, mostraron resistencia argumentando que su prioridad era enseñar el contenido científico.

Esta postura refleja una concepción de la ciencia como un conocimiento canónico, desvinculado del contexto social y cultural. La dificultad se hizo aún más evidente en la enseñanza de contenidos altamente abstractos, como la configuración electrónica o los números cuánticos, donde la conexión con aspectos sociales parecía menos intuitiva. Sin embargo, durante las observaciones de clases se evidenció que el estudiantado de educación secundaria mostraba mayor motivación e interés cuando los temas científicos se relacionaban con situaciones de la vida cotidiana. Esto sugiere que articular el conocimiento científico con experiencias cercanas al entorno del estudiantado no solo favorece la comprensión, sino que también puede contribuir a una enseñanza de las ciencias más significativa e inclusiva.

A pesar de los procesos de formación anteriormente mencionados, se puede decir que el concepto de transculturalidad crítica sigue siendo de difícil comprensión, lo que hace aún más compleja su incorporación en la práctica. Aunque el estudiantado parece ser consciente de la necesidad de formarse en este aspecto, la mayoría de las dudas surgen en relación con su integración efectiva en la práctica educativa y su vinculación con la educación científica. Lo anterior se evidencia en los siguientes comentarios recopilados al final de la intervención.

Tal vez de las principales dudas era (...) hacer la guía porque es muy detallado, muy complejo (...) tenés que tener claro (...) lo que vas a dar, porque (...) no a todos los contenidos se acopla.(...) La primera se me hizo súper sencillo porque (...) se tocaron temas (...) como cuidado de la salud, pero la segunda unidad (...) siento que no lo logré (E3, Qualtrics, Post Test- Cohorte II hombres, p.3)

(...) yo quisiera decir que el manejo del tiempo también fue muy complicado porque como condensar esa unidad para trabajar en dos lecciones fue algo más como contrarreloj y para las actividades era poco para el tiempo presupuestado. (...) todas las demás actividades que iban haciendo se alargan mucho o surgen muchas preguntas entonces a mí me costó mucho el tiempo (E1, Qualtrics, Post Test- Cohorte II hombres, p.4).

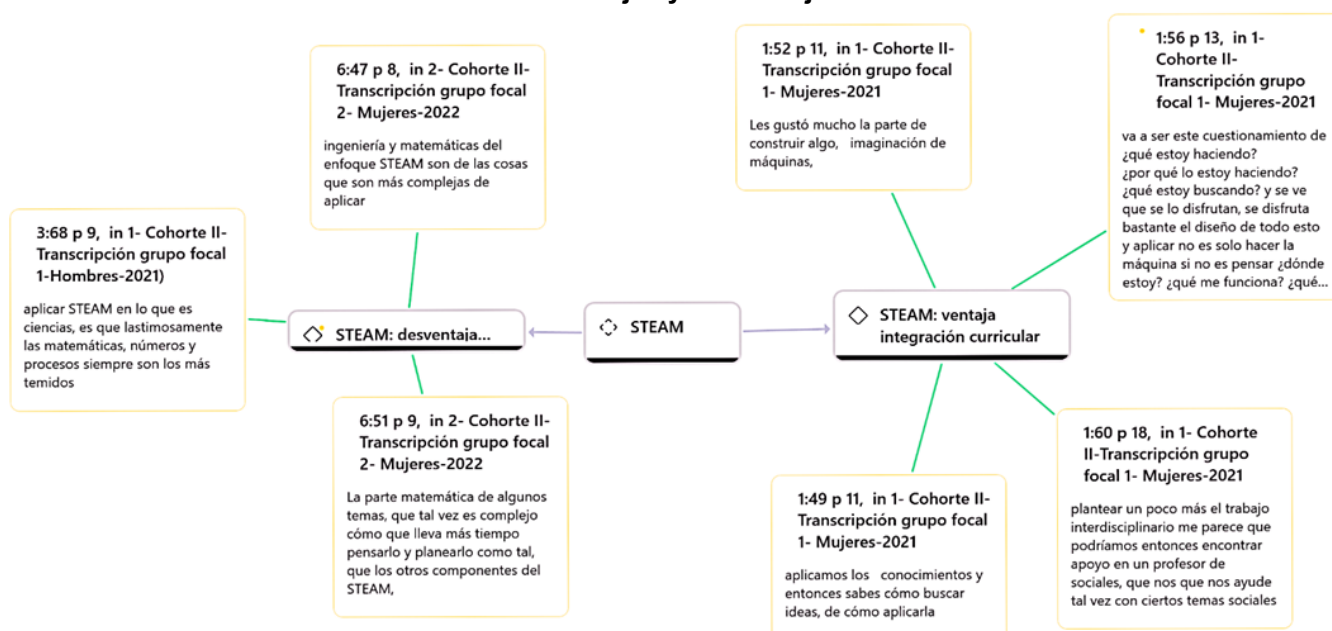
El manejo del tiempo y la naturaleza de los contenidos abordados son elementos que las personas participantes consideran difíciles de solventar en la planificación e implementación de unidades didácticas con relevancia social y cultural. Lo anterior porque los marcos teóricos empleados proponen una forma diferente de concebir la praxis pedagógica, por ejemplo, la conversación dialógica que implica un diálogo profundo y el planteamiento de buenas preguntas constituyen parte fundamental de la interacción, de ahí que las discusiones pueden consumir una parte importante del tiempo de lección, lo que fue considerado como pérdida de tiempo por una parte del PFI. La implementación de propuestas educativas novedosas que se distancian del apego al contenido y al currículo, generan resistencia porque estos elementos están profundamente arraigados en la cultura educativa tradicional. Por esta razón, es necesario promover, en los procesos de formación inicial de personas docentes, la metacognición pedagógica que les permitan desafiar las normas educativas para fomentar el cambio.

4.6. Enfoque STEAM

Al analizar sus prácticas de enseñanza y aprendizaje, el PFI indica que el mayor reto en la implementación del enfoque STEAM fue la integración de disciplinas, en particular la matemática y el diseño de ingeniería. Específicamente, destacaron que la matemática genera temor en el estudiantado (Ver Figura 3), lo que dificulta su aplicación en las clases de ciencias. Lo anterior se pudo constatar durante las observaciones, pues cuando el tema en estudio requería el uso de las matemáticas o se les solicitaba desarrollar tareas de alto nivel cognitivo, como resolver problemas o crear soluciones mediante el diseño de ingeniería, algunas personas estudiantes mostraban resistencia. En este contexto, se evidenció que la mayoría del PFI lograba mediar eficazmente estos desafíos, mientras que una minoría mostró inseguridad al tener que replantear la enseñanza de la ciencia desde una perspectiva distinta a la tradicional.

A pesar de la complejidad y el reto que implica la mediación pedagógica STEAM, el profesorado participante reconoce su potencial pedagógico y didáctico. Al respecto comentaron que el diseño de ingeniería propicia el cuestionamiento sobre aspectos como: ¿por qué un artefacto funciona?, ¿cómo lo hace? y si se puede mejorar tomando en cuenta el impacto ambiental y los costos de producción. Además, señalaron que el enfoque representa una oportunidad para coordinar experiencias educativas interdisciplinarias al incorporar otras áreas del currículo, y reportaron un mayor disfrute del proceso de enseñanza y aprendizaje por parte del estudiantado (Ver Figura 3).

Figura 3
STEAM: ventajas y desventajas



Fuente: Construcción propia a partir de los grupos focales (2023)

4.6.1. Identidad STEM

Un aspecto que es importante mencionar es cómo las personas formadas en ciencias naturales conforman una identidad STEM, la cual se caracteriza por un apego al conocimiento científico en detrimento de otro tipo de conocimientos y saberes. Lo anterior tiene relación con la noción de ciencia y el reduccionismo epistemológico al cual se someten, aunado a la jerarquización del conocimiento y el poder que este campo del saber posee en la actualidad. Carlone y Johnson conceptualizan la identidad STEM como ser reconocido, poder mostrar su identidad STEM y percibirse competente en STEM (2007). La identidad STEM se desarrolla por medio de varios elementos claves que incluyen el reconocimiento por parte de las personas

docentes, por ejemplo, el sentimiento de pertenencia y el interés de las personas estudiantes (Çolakoğlu et al., 2023). Al respecto, en las personas docentes en formación se detecta una tensión entre el contenido de naturaleza científica y su integración con temas de índole sociocultural. Al respecto manifestaron:

(...) tengo cierto conflicto con el tema de transculturalidad, más que nada porque por la naturaleza de nuestra carrera, el interés en temas sociales se deja mucho de lado entonces si no es por interés propio (...) que una tiene sobre ciertos temas, ya sean de género, de etnia, de desigualdad social si a uno le interesan. En la carrera por ejemplo en la malla curricular no está tan fuerte, no está tan presente, entonces es común escuchar (...) compañeros o compañeras que reproducen ciertos estereotipos. (E3, Qualtrics, Post Test- Cohorte II mujeres, p.3).

(...) yo tengo como una polaridad ahí bastante marcada porque yo estudio una ciencia pura, (...) agradezco mucho haber ingresado a enseñanza de las ciencias primero porque las ciencias puras son muy cerradas en el aspecto social, (...) y muchas veces eso es muy conflictivo. Cuando yo entré a enseñanza de las ciencias, (...) me di cuenta de lo necesario que es en una ciencia integral en el aspecto social, es imprescindible, no se puede hacer investigación si no se sabe hablar con las personas (...) porque resulta que eres una persona científica que no sabe cómo comunicarse con una persona que estaba en esa comunidad para mí eso es absurdo. Creo que esto es fundamental dentro de la carrera que se lo enseñé a uno desde el inicio, desde los primeros cursos (...) (E1, Qualtrics, Post Test- Cohorte II mujeres, p.4)

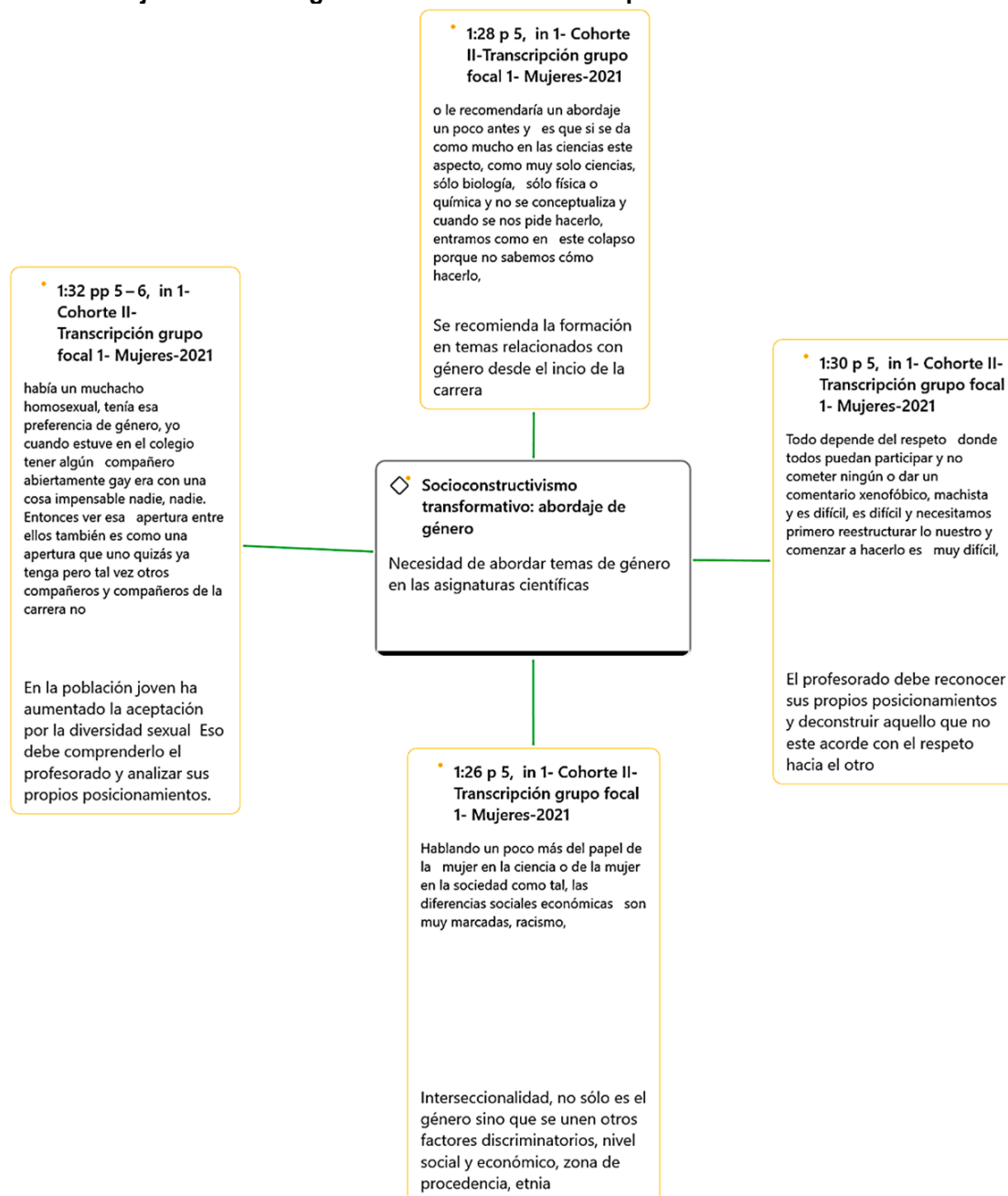
En este sentido, Snow (1995) critica el reduccionismo académico provocado por la polarización entre las ciencias naturales, las ciencias sociales y las humanidades. Señala el abismo entre disciplinas y advierte sobre el "autoempobrecimiento" que esto genera. La crítica sigue siendo actual, ya que "parece no haber lugar donde las dos culturas se encuentren" (Snow, 1995, p.32). Lo anterior se evidencia en la resistencia del PFI para integrar temas socioculturales en el estudio de los temas científicos, otros manifiestan su interés, pero advierten de su escasa preparación.

4.7. Sobre el abordaje de género

El abordaje de género fue un tema clave para este grupo, principalmente para las personas de género femenino. Las participantes del grupo focal femenino destacaron la

importancia de educar para la equidad de género desde los primeros años de la formación docente porque han observado actitudes machistas y homofóbicas por parte de compañeros y compañeras. Consideran esta situación preocupante, ya que desde la docencia se pueden reforzar estereotipos que perpetúan la discriminación y la desigualdad. En contraste, en el grupo focal de hombres, este tema no emergió con la misma importancia. En la Figura 4 se incluyen algunas de las percepciones del grupo de mujeres.

Figura 4
Abordaje del tema de género en la formación del profesorado de ciencias



Fuente: Construcción propia a partir de transcripciones de los grupos focales (2023)

4.8. Sobre la metacognición pedagógica

En esta investigación, resulta particularmente relevante pensar en los procesos de metacognición pedagógica y en la autorreflexión de las personas docentes en relación con

elementos que conforman su identidad, así como en la influencia de los procesos formativos que les permitieron movilizarse hacia una educación científica transformadora durante la intervención. En la Figura 5 se presentan algunas percepciones al respecto.



Fuente: Construcción propia a partir de transcripciones de los grupos focales (2023)

Como se observa en la Figura 5, la intervención educativa logra procesos de metacognición pedagógica en aspectos que se refieren al tipo de conocimiento declarativo y procedimental (qué debe enseñar y cómo) porque reconocen la importancia de empoderar al estudiantado al generar un ambiente de aprendizaje colaborativo donde sea protagonista y tenga voz.

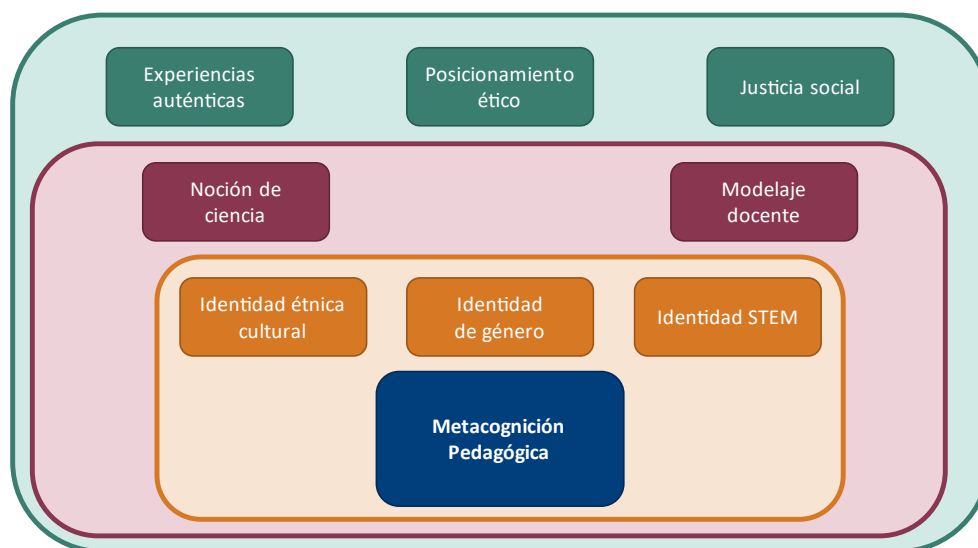
De los comentarios de las personas participantes también rescatamos una concepción de ciencia evolucionada, donde ya no se tiene esa noción “naive” de una ciencia pura, neutra, sin texturas o vínculos con otras áreas de conocimiento o con el mundo. Por el contrario, se hace alusión a una ciencia como construcción social que se puede cuestionar y que ayuda a cuestionar. Además, incorporan aplicaciones directas de la ciencia, así como aspectos éticos, por ello una de las personas participantes cuestiona su preparación en aspectos morales, éticos y deontológicos. En esta reflexión se identifica una conciencia metacognitiva que les permite preguntarse sobre sus propias limitaciones y capacidades personales.

El trabajo en grupo fue reconocido por el profesorado en formación inicial como una estrategia clave para generar sinergias, facilitar la resolución de problemas y fomentar un aprendizaje compartido que, además, fortaleció la convivencia. Estas reflexiones corresponden a juicios metacognitivos, que implican la evaluación consciente de la efectividad de las estrategias empleadas. Durante las observaciones se evidenció que la dinámica grupal permitió a algunas de las personas docentes identificar los roles asumidos por las personas participantes y mediar en el proceso para promover la equidad y desafiar estereotipos de género.

Asimismo, las personas participantes creen en el poder de la educación para promover el cambio, buscando mejorar la calidad de vida de las personas y contribuir al bien común. Lo que contribuye al desarrollo del sentido de agencia desde la elaboración de juicios metacognitivos que permiten la evaluación crítica de la labor educativa.

A partir de los hallazgos encontrados se identifican elementos que resultan fundamentales para promover procesos de metacognición pedagógica enfocados en la justicia social. Estas dimensiones se indican en la Figura 6.

Figura 6
Elementos que influyen en los procesos de metacognición pedagógica según este estudio



Fuente: Construcción propia a partir de los datos del estudio (2024)

Tal y como se representa en la Figura 6, el elemento central es la metacognición pedagógica y, en un segundo nivel, las identidades como procesos de autorreflexión para reconocer identidades étnicas/culturales, de género y STEM. Así, la reflexión de las identidades, el entendimiento de la ciencia, la transculturalidad crítica y la justicia social, influyeron en el desarrollo de conciencia crítica de las futuras personas docentes. Estas reflexiones provocaron un cambio paulatino pero tangible en el diseño e implementación de prácticas educativas pertinentes y significativas.

En resumen, el proceso formativo permitió al PFI deconstruir posicionamientos de poder, marginalidad y discriminación, así como reconocer su lugar en el mundo, sus deberes y derechos. Este ejercicio los llevó naturalmente a cuestionar su concepción de la ciencia y su influencia en la práctica educativa.

5. Conclusiones

Al inicio de la intervención el profesorado en formación inicial presentó una conciencia metacognitiva incipiente sobre su identidad étnico-cultural, lo que puede generar dificultades para reconocer aspectos de diversidad cultural y diversidad de género en su práctica educativa, dado que es un aspecto que pasa desapercibido. Al respecto, las políticas

educativas del país exigen currículos más inclusivos y conectados con la vida cotidiana del estudiantado, se asume que las personas docentes están preparadas para ello. En ese sentido, la formación en sTc y la transculturalidad crítica permitió un avance en este aspecto reconociendo sus propias identidades lo que los hizo conscientes de la necesidad de reconocer al otro desde un sentido de alteridad.

El estudio de los marcos teóricos fue clave para reconsiderar las concepciones de ciencia y su enseñanza. Por lo que, a lo largo de la formación, se observó un mayor entendimiento de la necesidad de contextualizar la enseñanza de forma que sea relevante a nivel social y cultural para el estudiantado. Al respecto, aspectos como la equidad de género, fueron considerados de gran relevancia, especialmente para las mujeres, sin embargo, tanto hombres como mujeres indicaron la necesidad de prepararse más en este tema.

A pesar de estos avances, las personas docentes en formación reconocieron las limitaciones para integrar de manera efectiva la transculturalidad crítica en sus prácticas educativas, señalan que se requiere de mayor tiempo de formación para saber abordar de manera pertinente el tema desde la educación científica. A pesar de la dificultad, se identificaron juicios metacognitivos relacionados con: el sentido de agencia y una mayor disposición para el abordaje de cuestiones de índole socio científicas, diversidad cultural y equidad de género desde una perspectiva de justicia social. Sobre la diversidad cultural mencionaron la necesidad conocer diferentes contextos culturales para tener un mayor entendimiento de la diversidad étnica y cultural del país y a partir de ello desarrollar actitudes y acciones críticas que deriven en prácticas educativas que promuevan la inclusión.

El mayor desafío se detectó en el PFI con una fuerte identidad STEM, su apego a la noción de ciencia canónica, neutral y aséptica, es decir, sin vínculos ni texturas con el mundo, les dificulta la incorporación de aspectos sociales y culturales en el diseño de las unidades didácticas, consideran que se pierde rigor científico, pues así no lo enseñaron sus referentes en la docencia de las ciencias naturales.

La integración disciplinar que propone el enfoque STEM también se detectó como un aspecto de alta complejidad en la planificación didáctica e implementación. Aspectos como la incorporación de las matemáticas y el diseño de ingeniería requieren creatividad para disponer de recursos y tiempo para la investigación que permita propuestas didácticamente potentes. A lo anterior se suma la adecuación de los métodos de evaluación propuestos por las normativas institucionales. A pesar de lo anterior se diseñaron propuestas didácticas novedosas y que generaron interés y motivación en el estudiantado (Anexo 1).

La principal limitación del estudio fue la pandemia, que restringió la cantidad de talleres presenciales para la modelación de los enfoques sTc-STEAM, afectando así el proceso de aprendizaje. Dado que, la implementación de este tipo de currículos exige no sólo la comprensión rigurosa de los marcos teóricos que los sustentan, sino también un cambio actitudinal para desafiar las prácticas educativas tradicionales. Por tanto, los resultados de la investigación evidencian la necesidad de extender el tiempo de exposición a estos enfoques para lograr una mejor apropiación y aplicación.

6. Agradecimientos

Le agradecemos a Alberto J. Rodríguez de la Universidad de Houston, Estados Unidos, por las discusiones y aprendizajes teóricos y prácticos que permitió un mayor entendimiento de la teoría presentada en este artículo.

7. Referencias

- Archer, Louis., Calabrese Barton, Angela., Dawson, Emily., Godec, Spela., Mau, Ada., y Patel, Uma. (2022). Fun moments or consequential experiences? A model for conceptualising and researching equitable youth outcomes from informal STEM learning. *Cultural Studies of Science Education*, 17, 405–438. <https://doi.org/10.1007/s11422-021-10065-5>
- Binkley, Marilyn., Erstad, Ola., Herman, Joan., Raizen, Senta., Ripley, Martin., Miller-Ricci, May., Rumble, Mike. (2012). Defining Twenty-First Century Skills. En Patrick Griffin y Esther Care (Eds.), *Assessment and teaching of 21st century skills: Methods and approach* (pp. 17-66). <https://doi.org/10.1007/978-94-017-9395-7>
- Carlone, Heidi., y Johnson, Angela. (2007). Understanding the Science Experiences of Successful Women of Color: Science Identity as an Analytic Lens. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(8), 1187–1218. <https://doi.org/10.1002/tea.20237>
- Çolakoglu, Jasmine., Steegh, Aneke., y Parchmann, Ilka. (2023). Reimagining informal STEM learning opportunities to foster STEM identity development in underserved learners. *Frontiers in Education*, 8, 1–16. <https://doi.org/10.3389/educ.2023.1082747>
- Costanza-Chock, Sasha. (2020). *Design justice: Community-led practices to build the worlds we need*. The MIT Press.
- El-Mafaalani, Alladin. (2021). *Mythos Bildung* (2nd ed.). Kiepenheuer & Witsch (KiWi).
- Escobar, Arturo. (2017). *Designs for the Pluriverse: Radical Interdependence, Autonomy, and the Making of Worlds*. Duke University Press. <http://www.jstor.org/stable/j.ctv11smqs6>
- European Institute for Gender Equality. (2023). *Gender Equality Index 2023: Towards a green transition in transport and energy*. https://eige.europa.eu/publications-resources/publications/gender-equality-index-2023-towards-green-transition-transport-and-energy?language_content_entity=en

- Freire, Paulo. (1970). *Pedagogy of the Oppressed*. Penguin Random House UK.
- Gago, Verónica. (2019). *La potencia feminista. O el deseo de cambiarlo todo*. Traficantes de Sueños.
https://traficantes.net/sites/default/files/pdfs/TDS_map55_La%20potencia%20feminista_web.pdf
- Galagovsky, Lidia. (2010). *Didáctica de las ciencias naturales. El caso de los modelos científicos*.
- Hooks, Bell. (1994). *Teaching to Transgress—Education as the Practice of Freedom*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203700280>
- Hooks, Bell. (2003). *Teaching Community—A Pedagogy of Hope*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203957769>
- Hooks, Bell. (2009). *Teaching Critical Thinking—Practical Wisdom*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203869192>
- Kayumova, Shakhnosa., y Dou, Remy. (2022). Equity and justice in science education: Toward a pluriverse of multiple identities and onto-epistemologies. *Science Education*, 106(5), 1097–1117. <https://doi.org/10.1002/sce.21750>
- Kumar, Revathy., y Lauermann, Fani. (2018). Cultural Beliefs and Instructional Intentions: Do Experiences in Teacher Education Institutions Matter. *American Educational Research Journal*, 55(3), 419-452. <https://doi.org/10.3102/0002831217738508>
- Ministerio de Ciencia Tecnología y Telecomunicaciones. (2017). *Política Nacional para la igualdad entre mujeres y hombres en la formación, el empleo y el disfrute de los productos de la ciencia y la Tecnología, las Telecomunicaciones y la innovación 2018-2027*. <http://10.10.234:8080/handle/123456789/92>
- Ministerio de Educación Pública. (2016). *Educar para una Nueva Ciudadanía. Programa de Estudio de ciencias. Tercer ciclo de Educación General Básica*.
- May, Stephen., y Sleeter, Christine E. (2010). *Critical multiculturalism: Theory and praxis*. Routledge
- Moje, Elizabeth B., Collazo, Tehani., Carrillo, Rosario., y Marx, Ronald W. (2001). “Maestro, what is ‘quality?’”: Language, literacy, and discourse in project-based science. *JRST*, 38(4), 469-498. <https://doi.org/10.1002/tea.1014>
- Ozturk, Nesrin. (2024). Revisiting Flavell’s Theory of Metacognition for Metacognitive Responsiveness. *Kuramsal eğitim bilim dergisi*, 17(2), 257–271. <http://dx.doi.org/10.30831/akueg.1232284>
- Polino, Carmelo. (2012). Las ciencias en el aula y el interés por las carreras científico-tecnológicas: un análisis de las expectativas de los alumnos de nivel secundario en Iberoamérica. *Revista Iberoamericana de Educación*, 58, 167-191. <https://doi.org/10.35362/rie580479>

- Rodríguez, Alberto., y Navarro-Camacho, Marianela. (2021). Exposing the invisibility of marginalized groups in Costa Rica and promoting Pre Service- Teachers' Critical Positional Practice. In Alberto J. Rodríguez y Regina L. Suriel (Eds.), *Equity in STEM Education Research* (pp. 125-146). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-3-031-08150-7_7
- Rodríguez, Alberto J. (2011/1998). Strategies for counterresistance: Toward sociotransformative constructivism and learning to teach science for diversity and for understanding. *Journal of Research in Science Teaching*. (Re-pinted in the 2011 Special issue on multicultural science education, equity and social justice). [http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199808\)35:6%3C589::AID-TEA2%3E3.0.CO;2-I](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199808)35:6%3C589::AID-TEA2%3E3.0.CO;2-I)
- Rodriguez, Alberto J. (2015). Managing institutional Sociocultural and Institutional Challenges through Sociotransformative Constructivism: A Longitudinal Case Study of a High School Science Teacher. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(4), 448–460. <https://doi.org/10.1002/tea.21207>
- Sanders, Marck. (2008). STEM education. *The Technology Teacher*, 68(4), 20-26. <https://vtechworks.lib.vt.edu/handle/10919/51616>
- Sanders, Marck E. (2010). *Integrative STEM education*. <http://web.archive.org/web/20110807171941/http://www.soe.vt.edu/istemed/index.html>
- Schön, Donald A. (1992) *La Formación de Profesionales Reflexivos: Hacia Un Nuevo Diseño de la Enseñanza y el Aprendizaje en Las Profesiones*. Paidós.
- Snow, Charles Percy. (1995). *As duas culturas. A uma segunda leitura*. Editora da Universidade de São Palo.
- Swartz, Robert., y Perkins, David. (1990). Teaching Thinking: Issues and Approaches. Routledge. https://www.routledge.com/Teaching-Thinking-Issues-and-Approaches/Hobson-Perkins/p/book/9781138648432?srsId=AfmBOooHYpJKOZJR55sCwmSZXZga5_IYOzaOVsm2nLg-Gj0ly50IHEFy

8. Anexos

Anexo 1. Ejemplos de unidades didácticas diseñadas por el PFI

Nombre de la Unidad Didáctica	Temática abordada	Relevancia social y cultural
Implementación de las composteras con el método Takakura en un Liceo de Heredia, Costa Rica 2022	Uso del compostaje como una solución sostenible para el manejo adecuado de residuos sólidos orgánicos.	Mejorar la salud comunitaria al reducir la acumulación de residuos, generar un cambio cultural hacia prácticas sostenibles y disminuir el impacto ambiental mediante la reducción de desechos.
Sistema de captación de agua pluvial: Una propuesta didáctica para mentes curiosas	Diseño de un dispositivo para cosecha de agua pluvial como una alternativa viable para reducir la demanda de agua potable, promoviendo su uso en actividades como el riego, el lavado y la recarga acuífera.	Concientizar sobre la importancia del agua, la búsqueda de soluciones prácticas frente a su escasez, y la promoción de hábitos responsables que favorezcan el equilibrio ambiental y el bienestar de las comunidades.
Percepción de la corporalidad y el vínculo con la autoestima en estudiantes de séptimo año en un colegio público de Santa Ana, 2022	Influencia de factores como la autoestima, la corporalidad y su autopercepción en la adolescencia.	Atender las necesidades emocionales y sociales de los estudiantes de séptimo año, etapa de transición entre la educación primaria y secundaria caracterizada por significativos cambios físicos, sociales y emocionales.
La concientización de la acidificación oceánica, identificando los niveles de acidez en sustancias de uso cotidiano.	Acidificación oceánica, causada por el aumento de las emisiones de dióxido de carbono debido a la quema de combustibles fósiles.	Fomentar una ciudadanía ambientalmente consciente, capaz de enfrentar los desafíos del cambio climático y sus repercusiones globales.
Género y Genética	Promoción de la curiosidad científica y perspectiva crítica sobre la igualdad de género y el rol de las mujeres en el ámbito académico y científico.	Destacar la importancia de la equidad, la visibilidad de las mujeres en áreas históricamente dominadas por hombres y el reconocimiento de sus aportes al avance científico y social.
La química del amor	Importancia de la química en las relaciones humanas, enfocándose en las reacciones químicas que ocurren durante el enamoramiento y cómo estas influyen tanto a nivel biológico como social.	Fomentar una comprensión integral del amor, que trascienda lo biológico y considere las implicaciones emocionales, éticas y sociales, construyendo relaciones basadas en el respeto y la igualdad.
ComiMundo	Exceso o insuficiencia en la alimentación pueden generar desequilibrios metabólicos que derivan en riesgos para la salud y afectan la calidad de vida.	Promover una educación nutricional que impulse decisiones alimentarias conscientes, impactando positivamente el bienestar físico y la calidad de vida futura.

Fuente: Elaboración propia a partir de las unidades didácticas elaboradas por los PFI, 2024

Anexo 2. Preguntas grupo focal

Preguntas:

1. ¿En qué grupo étnico se ubican ustedes? Pueden explicar brevemente su elección
2. ¿Qué impresiones tienen ustedes del enfoque sTc?

Sondeo:

- a. ¿Cuáles son las principales dudas que tiene en relación con el enfoque sTc?
- b. ¿Qué aspectos les parece que son beneficiosos y por qué?
- c. ¿Cuáles son los principales problemas que tiene para implementar sTc?

Extra: ¿En qué forma es el marco sTc diferente a otras formas de enseñar/aprender ciencias?

d. Extra: ¿En qué forma el marco sTc integra la educación transcultural?

- 3- ¿Que impresiones tienen ustedes del enfoque STEAM?

Sondeo:

- a. ¿Cuáles son las principales dudas que tiene en relación con el enfoque STEAM?
 - b. ¿Qué aspectos les parece que son beneficiosos y por qué?
 - c. ¿Cuáles son los principales problemas que tiene para implementar STEAM?
- 4- ¿En cuál (es) asignaturas científicas (física, química, biología o geología) creen que sería más fácil incorporar sTc y por qué?
 - 5- ¿En cuál (es) asignaturas científicas (física, química, biología o geología) creen que sería más difícil incorporar sTc y por qué?
 - 6- ¿En cuál (es) asignaturas científicas (física, química, biología o geología) creen que sería más fácil incorporar STEAM?
 - 7- ¿En cuál (es) asignaturas científicas (física, química, biología o geología) creen que sería más difícil incorporar STEAM? Explique por favor
 - 8- Tienen algo más que les gustaría agregar? ¿Alguna sugerencia para hacer su programa más beneficioso?

Anexo 3. Categorías de análisis

Categorías	Subcategorías
Desarrollo de habilidades	_ Científicas: tales como problematización, generación de hipótesis, clasificación, análisis, síntesis. _ De investigación: búsqueda de información confiable, redacción de un proyecto, manejo de datos, diseño de metodología. _ De pensamiento crítico: entendimiento crítico, actitud, crítica, acción crítica (Grimm, et al.2024) _ Sociales: trabajo en equipo, interrelaciones personales sanas, expresión oral, interacción.
Epistemología (Construcción del conocimiento científico)	Noción de ciencia: concepción de ciencia como un conocimiento obtenido a través de su lógica interna y métodos de la ciencia tomando en cuenta el contexto y aspectos sociales, políticos económicos y éticos.
Identidad cultural Conjunto de creencias, tradiciones, símbolos, costumbres y valores que proporciona identidad y sentido de pertenencia a los sujetos en conforman una comunidad. (Diccionario Real Academia Española).	No hay subcategorías
Identidad étnica Comunidad humana definida por afinidades raciales, lingüísticas, culturales, etcétera. (Diccionario Real Academia Española)	No hay subcategorías
Procesos empíricos (Refieren a experiencias)	Experimentación en la enseñanza de la ciencia
Metacognición pedagógica	_ Regulación metacognitiva: refiere al control y organización de los procesos cognitivos relacionados con la praxis pedagógica. _ Tipos de conocimiento metacognitivo: refieren a cómo cada persona entiende y gestiona su propio aprendizaje. _ Consciencia metacognitiva: este elemento se relaciona con la percepción y el reconocimiento de los propios procesos de pensamiento. _ Juicios metacognitivos: Se refieren a las evaluaciones y valoraciones que los individuos hacen sobre su propio aprendizaje y desempeño.
Relación teoría – práctica (Evidencia de las teorías que fundamentan la práctica educativa)	Sin categorías
Socio constructivismo transformativo Enfoque educativo fundamentado en la justicia social y la transculturalidad crítica	Abordaje de género Conversación dialógica Relevancia social y cultural de la práctica educativa Reflexividad para reconocer nuestros privilegios o carencias Sentido de agencia: educar para transformar Metacognición: ser consciente del propio proceso de aprendizaje
STEAM	Integración curricular Carencias formativas Acceso a recursos didácticos y tecnología Uso del tiempo Diseño tecnológico y de ingeniería

Revista indizada en



Distribuida en las bases de datos:

