



Prácticas interculturales de enseñanza de las ciencias para la inclusión cultural

- Intercultural Science Teaching Practices for Cultural Inclusion
- Práticas interculturais de ensino de ciências para inclusão cultural

Forma de citar este artículo:

Tovar-Gálvez, J. C. (2025). Prácticas interculturales de enseñanza de las ciencias para la inclusión cultural. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 57, 138-155. <https://doi.org/10.17227/ted.num57-21291>

Resumen

El profesorado de ciencias necesita apoyo didáctico para llevar la inclusión cultural al aula. Hay políticas, teoría y conciencia sobre la diversidad y la inclusión cultural, pero el profesorado necesita aprender a implementarlas. Una solución son las Prácticas Interculturales de Enseñanza de las Ciencias (PIEC) para incluir diversas epistemologías en el aula. Metodológicamente, la investigación basada en el diseño guía el desarrollo de las PIEC a través de tres ciclos iterativos. El resultado es una PIEC de planificación y otra de implementación. En conclusión, la evidencia demuestra que la profesora guía al estudiantado a construir explicaciones desde diversas epistemologías.

Palabras clave


diálogo intercultural; enseñanza de las ciencias; epistemología; formación de docentes, pluralismo

Abstract

Science teachers need instructional support to bring cultural inclusion into the classroom. While there are policies, theories, and awareness regarding diversity and cultural inclusion, teachers need to learn how to implement them effectively. One solution is the Intercultural Teaching Practices for Science Education (ITPSE), designed to incorporate diverse epistemologies in the classroom. Methodologically, design-based research guides the development of ITPSE through three iterative cycles. The outcome is one ITPSE for planning and another for implementation. In conclusion, the evidence suggests that the teacher guides students in constructing explanations from various epistemological perspectives.

Keywords

intercultural communication; science teaching; epistemology; teacher education; pluralism

Julio César Tovar-Gálvez*  

* Doctor en Ciencias de la Educación por la Universidad Martin-Luther Halle-Wittenberg, Halle, Sajonia-Anhalt, Alemania. joule_tg@yahoo.com

Artículo de investigación

Fecha de recepción: 09/03/2024
Fecha de aprobación: 16/08/2024
Fecha de publicación: 01/01/2025



Resumo

Os professores de ciências precisam de apoio didático para trazer a inclusão cultural para a sala de aula. Existem políticas, teorias e consciência sobre a diversidade e a inclusão cultural, mas os professores precisam aprender a implementá-las. Uma solução são as Práticas Interculturais de Ensino de Ciências (PIEC) para incluir diversas epistemologias na sala de aula. Metodologicamente, a pesquisa baseada em design orienta o desenvolvimento de PIECs por meio de três ciclos iterativos. O resultado é um PIEC de planejamento e outra PIEC de implementação. Em conclusão, a evidência mostra que a professora orienta os alunos na construção de explicações a partir de diversas epistemologias.

Palavras-chave

comunicação intercultural; ensino de ciências; epistemologia; formação de professores; pluralismo

Introducción

El profesorado de ciencias necesita apoyos didácticos específicos para llevar la inclusión cultural al aula. La palabra apoyos hace referencia a estrategias, modelos, actividades, rutinas, prácticas, herramientas y demás elementos que ayuden a llevar las teorías a la práctica. Aunque existen políticas educativas sobre inclusión cultural en el aula, estas no son claras para el profesorado (Stefoni *et al.*, 2016) o presentan una visión de inclusión reduccionista (Rodríguez y Morrison, 2019). Por otro lado, la investigación educativa muestra que el profesorado es consciente de la diversidad cultural, pero manifiesta no saber cómo incluirla en la práctica o cómo usar la teoría en el aula (Cépeda *et al.*, 2019; Díez-Gutiérrez *et al.*, 2012; Lund, 2022; Orduz *et al.*, 2018; Tarozzi, 2012). En el campo de la didáctica de las ciencias hay avances que reconocen los conocimientos de comunidades no hegemónicas como contenido a enseñar (Castaño-Cuéllar, 2021), pero es necesario avanzar en cómo enseñarlos. Finalmente, la didáctica de las ciencias aporta múltiples modelos o propuestas; sin embargo, unos están más cercanos a la inclusión cultural que otros (Tovar-Gálvez y Acher, 2019).

Antecedentes

Ante la pregunta: ¿a través de qué apoyos didácticos podemos ayudar al profesorado a llevar la inclusión cultural al aula de ciencias?, este artículo propone las Prácticas Interculturales de Enseñanza de las Ciencias (PIEC). En otras publicaciones sobre este tema se presentó el proceso de diseño de las PIEC, por lo que son publicaciones dirigidas a profesionales de la investigación educativa, docencia universitaria y legislación. En cambio, este artículo presenta al profesorado la dimensión didáctica de las PIEC, sin negarle su posibilidad de investigación

en el aula. Para ello, el artículo no se centra en el proceso investigativo de diseño de las PIEC, sino en las PIEC en sí mismas, las razones, uso y perspectivas. La presentación de las PIEC se hace a través de un caso real de una profesora colombiana que las usó en su clase de química.

Diseñar y divulgar unas PIEC contribuye a la transformación didáctica, educativa y social que requiere el contexto culturalmente diverso. Existe diversidad cultural por la composición de la población en los países y por la inmigración. En el caso de Colombia, esta es una nación cultural y étnicamente diversa (Constitución Política de Colombia, 1991). Aproximadamente el 4,4 % de la población se autoidentifica como indígena; alrededor del 7 % se identifica como negro(a), mulato(a), afrodescendiente, afrocolombiano(a), raizal o palenquero(a); y el resto de los habitantes como mestizo(a), blanco(a) o sin etnia (DANE, 2018). Adicionalmente, el 31,8 % de la población colombiana se identifica como campesino(a) (DANE, 2020). Sin embargo, es un hecho que los currículos oficiales excluyen a las comunidades no hegemónicas (Baronnet y Morales, 2018; Martínez *et al.*, 2021; Ocoró, 2021). Ello se evidencia en que las culturas no hegemónicas no hacen parte de lo que se enseña en el aula. Mientras que las asignaturas del currículo oficial, incluida la ciencia, representan a las culturas occidentales u occidentalizadas (de tradición europea moderna).

Las PIEC son una alternativa para llevar la inclusión cultural a la práctica, pues el profesorado cuenta con un apoyo que le guía a: a) reconocer la existencia de otros saberes y formas de saber diferentes a los de la ciencia escolar (Olivé, 2009); b) validar dichos saberes y formas de saber no hegemónicos por su valor intrínseco y aporte a la comprensión e intervención en la realidad (El-Hani y Souza, 2008); y c) usar dichos saberes y formas de

saber como contenido a enseñar, involucrando al estudiantado a participar en esos saberes y formas de saber (López y Küper, 1999).

Marco teórico

El puente epistemológico como referente para la inclusión cultural

Para Tovar-Gálvez (2021), quien parte de la idea inicial de Castaño-Cuellar (2009), el puente epistemológico es la descripción del proceso didáctico (planificación, enseñanza, aprendizaje y evaluación) desde una relación inclusiva entre la epistemología de las ciencias y epistemologías no hegemónicas. Una epistemología es el sistema de saberes o ideas, procedimientos o prácticas, normas o valores, dispositivos o instrumentos, entre otros elementos, a través de los cuales una comunidad produce conocimiento, bienes y servicios. El profesorado puede tomar el puente epistemológico como referente para involucrar al estudiantado en aprendizajes desde una relación inclusiva entre epistemologías. Algunos productos de aprendizaje pueden ser la construcción de explicaciones, modelos, soluciones a problemas o desarrollo de proyectos, entre otros.

En la metáfora, los puentes conectan lugares distantes a través de una pasarela común. Así, en lo didáctico, cada epistemología a enseñar, la de las ciencias y las de otras comunidades, corresponde a un punto final y distante del puente. Cada epistemología posee su dominio, lo que la hace independiente, y está compuesta por ideas, prácticas y normas, entre otros elementos. Mientras que la pasarela corresponde al conjunto de elementos que tienen un objetivo similar entre las diversas epistemologías y que motivan el intercambio o comunicación. De esta forma, el estudiantado cruza las fronteras del dominio epistemológico de su cultura, transita por el camino común de intercambio y se adentra en el nuevo dominio (de la ciencia y otras comunidades). Esto puede ocurrir en cualquier momento y en cualquier dirección. El sustento de los puntos finales del puente es el pluralismo epistemológico, que reconoce la existencia de diferentes epistemologías válidas en sí mismas, además de la epistemología de las ciencias (Cobern y Loving, 2001; El-Hani y Mortimer, 2007; Olivé, 2009; Sedano, 2013). El sustento de la pasarela del puente es la interculturalidad, entendida como diálogos e intercambios simétricos entre diversas epistemologías (Aikenhead y Michell, 2011; Castaño-Cuellar, 2009; Teo, 2013; Walsh, 2009).

Existen diferentes posiciones respecto al tránsito entre epistemologías (culturas). En primer lugar, para autores como Kuran y Sandholm (2008), los individuos pueden moverse entre culturas. Específicamente, Bang y Medin (2010) argumentan que los estudiantes pueden navegar entre epistemologías y adoptarlas simultáneamente. Desde otra perspectiva, los sujetos pueden adaptarse a diferentes contextos culturales (Berray, 2019; Seiler, 2013). Sin embargo, otras

posiciones argumentan que los individuos pueden hibridar culturas (Grimberg y Gummer, 2013) o construir identidades culturales permanentemente (Anzaldúa, 2016).

El puente epistemológico ha sido expresado en dos principios prácticos que ayudan a diseñar diferentes tipos de apoyos a la enseñanza (como las PIEC), pero que también aportan a evaluar la contribución de esos apoyos diseñados.

Principio de independencia epistemológica

Este principio declara que existen diversas epistemologías, además de las científicas, con su propia naturaleza, dominio y validez interna. Desde este principio, el profesorado identifica los diferentes dominios epistemológicos independientes que conformarán los puntos finales del puente. Dichos dominios epistemológicos son lo que se enseñará de cada cultura en el aula. Además de identificar cada dominio, la relación inclusiva se garantiza cuando una epistemología no es asumida como la *real* o no es más privilegiada que la(s) otra(s), o cuando no es usada para estudiar, criticar, evaluar o validar-invalidar a las demás epistemologías.

Principio de similitud epistemológica

Este principio declara que existen elementos con un objetivo similar entre los diferentes dominios epistemológicos, lo que facilita el intercambio y diálogo. Desde este principio, el profesorado identifica las ideas, prácticas y normas, entre otros elementos, de cada epistemología que pueden tener un objetivo similar. Estos conformarán la pasarela común del puente. Reconocer y hacer uso de los elementos similares no va en detrimento de

la independencia de cada dominio epistemológico. Estos elementos son los que motivan la comunicación e interacción en la relación inclusiva entre culturas.

Las explicaciones de situaciones como producto del aprendizaje

Las explicaciones son el producto de aprendizaje hacia el cual el profesorado guiará al estudiantado a través de las PIEC en esta ocasión. Una explicación es el significado que un sujeto o comunidad asigna a las cosas y fenómenos desde unos referentes ontológicos y epistemológicos particulares (Tovar-Gálvez, 2021). Así, al reconocer la diversidad cultural y la diversidad epistemológica, es posible aceptar la diversidad de explicaciones sobre un mismo fenómeno. Desde esta perspectiva y desde el puente epistemológico, el profesorado propone al estudiantado un fenómeno que les motive a participar en las diferentes epistemologías. Finalmente, el estudiantado propone explicaciones desde cada dominio epistemológico sobre tal fenómeno.

Para el diseño de las PIEC se toma la estructura que McNeill y Krajcik (2012) proponen para una explicación científica, y aquí se generaliza para cualquier dominio epistemológico. Los autores describen que una explicación se compone de una conclusión, evidencia y razonamientos. La conclusión es un enunciado o conjunto de enunciados que dan cuenta de una situación desconocida o problema. La evidencia es el conjunto de datos o información recolectada empíricamente o a través de la experiencia, y que está relacionada con la situación problema. Los razonamientos son la interpretación de la evidencia desde las ideas o saberes de la epistemología empleada.

Metodología

Fundamento metodológico para el diseño de las PIEC

El diseño de las PIEC se realizó a través de la investigación basada en el diseño (*Design-Based Research-DBR*). La DBR es un intermedio entre la investigación y el diseño (Sloane, 2006) para producir soluciones prácticas a problemas educativos prácticos (Akker *et al.*, 2006). El problema de esta investigación es la falta de apoyos prácticos para la enseñanza intercultural de las ciencias, y la solución son las PIEC. Además, el diseño de estas soluciones vincula a la comunidad en busca de sus metas, a través de la validación de su experiencia (Walke, 2006). En este caso, dos profesoras y un profesor, de diferentes instituciones educativas, aportaron evidencia sobre su propio desempeño usando las PIEC en el aula, pero también reflexionando y retroalimentando el funcionamiento de las PIEC para su rediseño.

Por otro lado, para Mckenny y Reeves (2012), la DBR consiste en una serie de ciclos iterativos. Los ciclos consisten en diseño-ensayo-rediseño, hasta que la propuesta orienta a las comunidades al resultado esperado. En este caso, fueron necesarios tres ciclos, cada uno en una institución educativa diferente.

Además, según Edelson (2006), la DBR produce no solo innovaciones educativas, sino también resultados teóricos y metodológicos. En esta investigación: a) la innovación educativa es una PIEC de planificación y otra de implementación, junto con las herramientas guía; b) el resultado teórico es el puente epistemológico, las explicaciones como producto del aprendizaje y las situaciones que motivan al estudiantado a transitar entre epistemologías; y c) el resultado metodológico es la descripción de la trayectoria de diseño de las PIEC. La sección de resultados de este artículo es la versión final de las PIEC, para que el profesorado las pueda usar, para que formadores de profesorado las enseñen y para que sean estudiadas en diferentes contextos.

Trayectoria del diseño de las PIEC

A lo largo del primer ciclo (Tovar-Gálvez y Acher, 2021) se diseñó el primer conjunto de PIEC utilizando el puente epistemológico (Tovar-Gálvez, 2021). Un profesor de química de un colegio público en Landázuri, Santander, Colombia, implementó estas PIEC. El profesor, junto con sus estudiantes de entre 14 y 16 años, necesitó 4 clases (2 horas cada una) para implementar la propuesta. La evidencia indicó la debilidad del diseño para orientar al profesorado en concretar las explicaciones de los estudiantes. Así, se introdujo una teoría auxiliar sobre las explicaciones (McNeill y Krajcik, 2012) y se creó un segundo diseño de PIEC.

Durante el segundo ciclo (Tovar-Gálvez, 2023a), una profesora de química de un colegio público en Bogotá, Colombia, implementó el segundo conjunto de PIEC.

La profesora, con sus estudiantes de entre 12 y 14 años, necesitó 8 clases (1 hora cada una) para implementar la propuesta. Nuevamente, la evidencia indicó la debilidad del diseño para guiar al profesorado en conectar el contenido con el resultado del aprendizaje. Por ello, se introdujo una teoría auxiliar sobre las situaciones a explicar por parte del estudiantado (Eder y Adúriz-Bravo, 2008; Wartha *et al.*, 2013) y se creó un tercer diseño de PIEC.

Durante el tercer ciclo (Tovar-Gálvez, 2023b), una nueva profesora de química en otro colegio público de Bogotá implementó el tercer conjunto de PIEC. La profesora, junto con sus estudiantes de entre 11 y 12 años, necesitó 4 clases (2 horas cada una). La evidencia mostró que las herramientas guía no brindaban indicaciones claras para conectar los contenidos a enseñar y las explicaciones. Como solución, las herramientas guía para planificación y explicaciones se refinaron con los aportes de Sandoval (2003).

Contexto del tercer ciclo que ilustra los resultados a presentar

Para ilustrar los resultados se elige el tercer ciclo, ya que es allí donde el diseño de las PIEC muestra solidez en la definición de desempeño, tareas e indicaciones. Es decir, la evidencia reportada por la profesora muestra que no es necesario rediseñar las PIEC, sino profundizar en los instrumentos guía de planificación y explicaciones.

La institución se ubica en una zona marginalizada de Bogotá, a donde llegan personas de diferentes zonas del país y del extranjero, desplazadas por las limitaciones económicas, la inestabilidad política o el conflicto armado. La diversidad del país se refleja tanto en la zona como en la institución educativa. La profesora reconoce la diversidad cultural en su aula y manifiesta que algunos estudiantes

se identifican como indígenas y otros como afrocolombianos. Ella también menciona que los niños(as) nacidos en la ciudad están cada vez más alejados de la cultura de sus familias y no muestran interés en regresar al territorio original de sus comunidades.

Resultados y análisis

El resultado que se presenta a continuación es el diseño final de las PIEC, el cual se logra al finalizar el ciclo 3 de implementación. Cada PIEC incluye la descripción del desempeño docente esperado, las tareas para lograr dicho desempeño y las indicaciones.

Versión final de la PIEC de planificación. Construyendo el puente epistemológico

El objetivo es construir el puente epistemológico entre la epistemología de la ciencia y las epistemologías no hegemónicas durante la planificación del proceso de enseñanza y aprendizaje. Algunas epistemologías no hegemónicas podrían pertenecer a culturas afrodescendientes, indígenas, campesinas, inmigrantes y otras comunidades. Las culturas no hegemónicas pueden ser llamadas “tradicionales” o “no occidentales”, como una expresión más reconocible para el estudiantado. El profesorado cuenta con tres tareas para lograr este desempeño:

Tarea de planificación 1

Proponga una situación cotidiana para involucrar al estudiantado en su explicación utilizando diversas epistemologías. El objetivo de aprendizaje del estudiantado es participar en ambas epistemologías. El resultado de aprendizaje del estudiantado es la explicación de la misma situación desde cada epistemología.

- Indicación 1: la epistemología es un sistema de saberes o ideas, valores y normas, experiencias o prácticas, materiales y dispositivos o instrumentos que las comunidades utilizan para producir conocimientos, bienes y servicios. La ciencia es una epistemología emergente de la cultura occidental. Las culturas diferentes a la occidental u occidentalizadas tienen otras epistemologías.
- Indicación 2: el fenómeno se contextualiza presentándolo al estudiantado como una situación. La situación que explicará el estudiantado es un evento, experiencia, acontecimiento, anécdota o actividad del contexto cotidiano. La situación debe ser fácilmente comprensible para el estudiantado, narrada de forma sencilla y describir un fenómeno que no puedan explicar fácilmente desde ninguna de las epistemologías de la clase. Al final, una pregunta guía motivará al estudiantado a proponer explicaciones utilizando el contenido de cada epistemología. Los contenidos a enseñar y las actividades didácticas se centran en explicar la situación. Recuerde: contexto + fenómeno + pregunta.

En el caso estudiado, a partir de esta tarea, la profesora propuso a sus estudiantes una situación cotidiana que es de interés para ellos y, por ende, tienen información al respecto:

En los últimos años se ha incrementado la moda de las perforaciones corporales o comúnmente denominados *piercing*. Muchos perforadores en diversos lugares del mundo recomiendan el uso de la sal marina (en proporciones específicas) durante el proceso de curación debido a sus propiedades como cicatrizante. ¿Por qué se usa la sal marina? [Extraído de la guía de planificación].

Según se observa, la profesora identifica el fenómeno de absorción del agua por parte de la sal (propiedad higroscópica) y lo pone en el contexto de la sanación de las heridas de *piercing*, creando así una situación. Además, plantea una pregunta motivadora.

Tarea de planificación 2

Organice los saberes y experiencias de cada cultura como contenidos independientes, según las categorías: ideas, prácticas de producción y prácticas de legitimación, para involucrar al estudiantado en la propuesta de explicaciones del fenómeno descrito en la situación.

- Indicación 3: una *idea* es una conexión entre conceptos, valores y prácticas que tiene el poder de describir o dar cuenta de fenómenos. Las *prácticas de producción* son todas las experiencias que las comunidades realizan a partir del conocimiento para originar información, bienes, productos, servicios o nuevos conocimientos. Por ejemplo, en un ámbito indígena, los rituales sagrados o la elaboración de productos (ropa, medicina, cerámica y otros) serían prácticas de producción. En ciencia,

los procedimientos de laboratorio son prácticas de producción. Las *prácticas de legitimación* son todas las experiencias que las comunidades realizan a partir de normas para apoyar, regular, normalizar, reconocer y difundir sus conocimientos y productos. Esas normas delimitan el dominio de cada epistemología. Por ejemplo, en un ámbito indígena, las comunidades legitiman (incorporan) saberes cuando los jóvenes escuchan la sabiduría de una persona mayor. En ciencia, las comunidades legitiman (validan) el conocimiento utilizando protocolos estandarizados para regular los procedimientos. Recuerde que cada idea y práctica que planea enseñar debe proporcionar elementos para que los estudiantes expliquen la situación de estudio. También puede replantearse si los alumnos pueden explicar la situación propuesta a partir de esos contenidos (de ambas epistemologías) e introducir cambios.

- Indicación 4: usted pone en práctica la *independencia epistemológica* cuando define los contenidos propios de cada cultura (ideas y prácticas). Asimismo, esto también sucede cuando se les da a ambas epistemologías la misma relevancia para fines de enseñanza y aprendizaje (producir explicaciones). Finalmente, usted también pone en práctica este principio cuando aborda y utiliza dichos contenidos con el estudiantado sin mezclarlos, sin explicar uno desde el otro y sin evaluarlos uno desde el otro.

A partir de esta tarea, la profesora planificó los contenidos de química y de las comunidades indígenas (Wayú y Muisca) y campesinas

colombianas. La siguiente tabla es una síntesis de lo que ella planificó:

Tabla 1. Planificación de la profesora basado en la herramienta de planificación

Idea científica	Idea tradicional
Estructura y propiedades de la materia: sustancias y mezclas. Capacidad de la sal para absorber agua (propiedad higroscópica).	Propiedades de la sal marina como curativo. Conocimiento asociado a las comunidades indígenas Wayú y Muisca, y a campesinos colombianos.
Práctica de producción científica	Práctica de producción tradicional
Determinación de la propiedad higroscópica de la sal. Pesar antes y después de calentarla en microondas.	Salazón de carne cruda para ver si la carne se preserva o no al cabo de unos días.
Práctica de legitimación científica	Práctica de legitimación tradicional
Identificación de posibles errores procedimentales al pesar. Comparar entre grupos los datos de las réplicas de pesaje realizadas.	Preguntar a adultos cómo se conservaba la carne cuando no había refrigerador. Compartir lo aprendido con compañeros de clase.

Fuente: adaptado de la herramienta de planificación diligenciado por la profesora.

En la tabla 1, se puede ver que la profesora organiza saberes y prácticas de las comunidades indígenas y campesinas colombianas y de la química en las mismas categorías. De esta manera, diferencia los dominios epistemológicos a enseñar y desde donde el estudiantado construirá las explicaciones.

Tarea de planificación 3

Identifique similitudes entre las prácticas científicas y las prácticas de otras culturas para involucrar al estudiantado en el cruce de fronteras epistemológicas, el tránsito entre epistemologías y la participación en cada dominio para construir explicaciones.

- Indicación 5: las diferentes comunidades tienen puntos en común en los procesos de producción de

conocimiento. Algunos elementos similares o comunes son prácticas de observación, prácticas de comunicación, normas de regulación, valores, metas y deseos, lenguajes específicos, expertos, prácticas de producción y prácticas de legitimación.

- Indicación 6: usted pone en práctica la *similitud epistemológica* cuando identifica los elementos comunes entre las diferentes culturas, que tienen objetivos equivalentes. Asimismo, logra esto cuando involucra a sus estudiantes en reconocer dichas similitudes y a usarlas como un motivo para moverse entre epistemologías. Por ejemplo, la observación es una práctica empleada por comunidades afro, indígenas, campesinas y científicas. Aunque dicha práctica es diferente para cada comunidad o cultura (independiente en su procedimiento), las diferentes versiones tienen un objetivo similar: que las personas la utilicen para recolectar información sobre un fenómeno. Esa información obtenida puede ser usada para explicar una situación.
- Indicación 7: recuerde que durante todo el proceso del puente epistemológico tenemos el objetivo de hacer uso del principio de independencia epistemológica. Algunos de los errores más comunes son que los estudiantes usen el lenguaje de la ciencia para hablar de lo tradicional y viceversa. Asimismo, puede suceder que los estudiantes usen la instrumentaria y herramientas del laboratorio de ciencias para llevar a cabo las prácticas tradicionales. Teniendo esto en cuenta, por favor recuerde que, durante el proceso de participar en las prácticas que son similares entre sí, también se conserva la independencia.

Retomando el caso, la profesora mostró a los estudiantes la similitud de las epistemologías en su estructura, ya que ambas tienen ideas, prácticas de producción y prácticas de legitimación, aunque sean diferentes entre sí. Para ello, sugirió a los estudiantes que usaran tablas comparativas; por ejemplo: a) una tabla mostraba la idea de cada epistemología; b) otra tabla mostraba, en una columna, los datos de la determinación de la propiedad higroscópica de la sal y, en otra columna, información sobre la salazón de la carne; c) otra tabla registraba, en una columna, los resultados de comparación y rechazo de datos por desviación de la media y, en otra, información recolectada de la comunicación con la comunidad.

Versión final PIEC de implementación. Enseñando a producir explicaciones desde el puente epistemológico

El objetivo es enseñar al estudiantado a producir explicaciones desde el puente epistemológico. Para lograr este objetivo, el profesorado debe involucrar al estudiantado en la puesta en práctica de los contenidos planificados desde cada epistemología y enfocarlos hacia el objetivo y resultado del aprendizaje.

El profesorado cuenta con tres tareas para lograr este desempeño.

Tarea de implementación 1

Involucre a los estudiantes en prácticas de producción científicas y de otras culturas para obtener evidencias sobre el fenómeno a explicar.

Siguiendo esta tarea, la profesora guio a los estudiantes en una práctica de laboratorio en la que los grupos de trabajo pesaron la sal, luego la pusieron en el microondas y, posteriormente, la pesaron de nuevo. Una vez hallada la diferencia de peso, obtuvieron el peso del agua evaporada, evidenciando que la sal absorbe agua. Cada grupo realizó varias réplicas del experimento. Asimismo, la profesora guio al estudiantado en una experiencia de salazón de pedazos de carne cruda, como era la tradición popular para preservar la carne cuando no había refrigerador. A unos pedazos les pusieron sal y a otros no, y los guardaron en un lugar a la sombra. Al cabo de unos días, los grupos observaron los pedazos de carne comprobando su estado a través del olor y color.

Tarea de implementación 2

Involucre a los estudiantes en prácticas de legitimación del conocimiento científico mediante la validación interna y social, y prácticas de legitimación del conocimiento de otras culturas mediante la incorporación a la comunidad.

Para cumplir con esta tarea, la profesora propuso al estudiantado entrevistar a personas adultas de la comunidad sobre la conservación de la carne a través de la salazón. Así, el estudiantado recibió el conocimiento tradicional a través de la palabra. Posteriormente, intercambió ese conocimiento en el salón de

clases. Algunos compartieron el audio de las respuestas, otros presentaron pósteres o carteles explicando el proceso, y otros narraron lo escuchado. De igual manera, durante una clase, los estudiantes presentaron las tablas de datos obtenidas durante la práctica de laboratorio. Conjuntamente analizaron cuáles datos estaban más alejados del promedio y, a partir de ello, reflexionaron sobre posibles errores de procedimiento.

Tarea de implementación 3

Involucre al estudiantado en la producción de explicaciones sobre un mismo fenómeno y desde cada epistemología, haciendo uso de la información obtenida con el desarrollo de las prácticas de cada comunidad y las respectivas ideas.

- Indicación 8: las explicaciones deben contener una conclusión, evidencia y razonamiento. Una *conclusión* es una afirmación, proposición, declaración u oración que da cuenta de la situación estudiada. La *conclusión* es una construcción que el estudiantado produce después de participar en las diversas epistemologías para estudiar la situación. La *evidencia* es información o datos sobre la situación que el estudiantado ha recogido durante las prácticas de producción y legitimación. El *razonamiento* es el conjunto de interpretaciones de datos utilizando la idea correspondiente a cada epistemología.

La profesora decidió llevar a cabo esta tarea por medio de una construcción colectiva de las explicaciones (tabla 2), ya que era la primera vez que sus estudiantes lo hacían. Al inicio de todo el proceso, ella había mostrado al estudiantado la estructura de las explicaciones con el objetivo de que estuvieran conscientes

de a dónde se llegaría y qué se necesitaría para ello. Y antes de empezar la construcción colectiva de las explicaciones, presentó a los estudiantes un ejemplo provisto por el investigador.

Tabla 2. Explicación construida colectivamente en la herramienta de explicaciones

Situación a explicar	
¿Cómo la sal marina ayuda a cicatrizar las heridas del piercing?	
Explicaciones desde cada cultura	
Conclusión desde el punto de vista científico	Conclusión desde el punto de vista tradicional
La sal extrae el agua y limpia la perforación. Protege y desinfecta la herida, ya que al absorber agua los microorganismos no sobreviven.	La sal evita que se pudra porque la sal no permite que crezcan bichos.
Evidencias desde la práctica de producción científica	Evidencias desde la práctica de producción tradicional
1) Tubo de ensayo con sal 2) Tubo de ensayo con sal deshidratada 3) Tubo de ensayo con sal en ambiente durante 8 días Grupo 1 1) 29,8g 2) 28g 3) 30g Grupo 2 1) 30,3g 2) 28,9g 3) 30,7g Grupo 3 1) 30g 2) 20,7g 3) 28,4g Grupo 4 1) 30g 2) 28g 3) 29,4g Grupo 5 1) 30g 2) 29,2g 3) 29,4g Grupo 6 1) 28,6g 2) 27,5g 3) 30,1g Grupo 7 1) 33,4g 2) 30,5g 3) 33,7g	Grupo 1. Con sal: no se pudrió Sin sal: se pudrió Grupo 2. Con sal: no se pudrió Sin sal: se pudrió, huele mal Grupo 3. Con sal: no se pudrió, pero hay mal olor Sin sal: se pudrió y tiene mal olor Grupo 4. Con sal: no se dañó, pero huele mal Sin sal: se pudrió y huele mal Grupo 5. Con sal: no se pudrió Sin sal: se pudrió Grupo 6. Con sal: no se pudrió Sin sal: se pudrió Grupo 7. Con sal: no se pudrió Sin sal: se pudrió, se ve negra y huele mal
Resultados de la validación del conocimiento científico	Resultados de la incorporación del conocimiento tradicional
Comprobamos que la sal absorbe agua, ya que la mezcla aumentó de peso cuando estuvo 8 días en la nevera, y ese peso corresponde a la humedad del aire de la nevera. Existieron errores de manipulación de los materiales y proceso de peso.	La sal ayuda a que no se pudra la carne, lo que se evidencia en la apariencia (olor, aspecto). Las personas que transmiten el conocimiento lo hacen de generación en generación.
Interpretación desde la idea científica	Interpretación desde la idea tradicional
Se comprobó que la sal es una mezcla higroscópica y absorbe agua y humedad. Podemos repetir varias veces el procedimiento para minimizar los errores.	La sal ayuda a que la carne no se pudra. La sal no solo se utilizaba en la cocina, sino también como moneda de trueque. La sal era tan valiosa como el petróleo. Quien tenía sal, tenía poder.
Similitudes entre las culturas	
¿Qué aspectos hay en común entre ambas formas de producir conocimiento?	
Ambas tienen sus propios procedimientos. Para producir conocimiento desde la química, se realizó la experimentación frente a mezclas y propiedad higroscópica. Y desde lo tradicional, se saló la carne para comprobar que no se daña.	

¿Qué aspectos hay en común entre ambas formas de legitimar conocimiento?

Existen normas y reglas: en el caso de lo químico, comparamos los datos por grupos, seguimos un procedimiento específico; en lo tradicional, se sala la carne, se comprueba si se pudrió o no, y se pregunta a la familia, al carnicero y cocineros acerca de la sal y sus efectos en la carne.

¿Qué otros procesos en común hay entre ambas formas de producir conocimiento?

Cada uno tiene su propio lenguaje: en lo científico, usamos términos como *mezcla*, *descomposición*, *higroscópico*; en lo tradicional, *pudrir*, *color*, *olor*. Ambos tienen que comprobarlo y transmitirlo: en lo científico, a través de artículos científicos y medios de comunicación, repitiendo varias veces para garantizar los resultados; en lo tradicional, por observación, preguntando y contando.

Fuente: tomado del reporte enviado por la profesora al investigador.

El cuadro anterior muestra que la profesora guió al estudiantado en la construcción de explicaciones desde la química y desde el conocimiento indígena y campesino colombiano. El formato ayuda a visualizar los principios del puente epistemológico. Así, verticalmente se encuentran los elementos que estructuran la explicación independiente desde cada epistemología, mientras que, horizontalmente, se evidencian las similitudes estructurales de las dos epistemologías. Adicionalmente, al responder las preguntas finales, el estudiantado identifica otras similitudes entre las epistemologías. Por otro lado, las posibles limitaciones de los estudiantes en el reporte de datos y los razonamientos respectivos son entendibles, ya que era la primera vez que incursionaban en este tipo de producto de aprendizaje.

Discusión

¿Por qué la profesora del caso logra la inclusión cultural a través de las PIEC?

La profesora logró inclusión cultural a través del uso de las PIEC, teniendo en cuenta lo dicho sobre la inclusión cultural en la introducción: a) reconocer (Olivé, 2009), b) validar (El-Hani y Souza, 2008) y c) usar (López y Küper, 1999) otras epistemologías como contenido curricular. Ello es evidente, pues a través del proceso de planificación e implementación, la profesora reconoció la existencia de otros sistemas

de pensamiento diferentes a la ciencia. En este caso, identificó el conocimiento proveniente de comunidades indígenas (Wayú y Muisca) y campesinas colombianas sobre la sal. Asimismo, la profesora validó esos sistemas de pensamiento como referentes para explicar la realidad, al igual que la ciencia. Finalmente, utilizó los sistemas de pensamiento indígena y campesino como contenidos a enseñar.

¿Por qué las PIEC guían a la profesora a implementar el puente epistemológico en el aula?

Las PIEC guiaron a la profesora a planificar y llevar a la práctica el puente epistemológico entre la ciencia escolar y las epistemologías de comunidades indígenas y campesinas colombianas. Las PIEC describen objetivos y proponen tareas con indicaciones para guiar al profesorado a implementar los dos principios prácticos del puente epistemológico.

Así, la profesora del caso logró plasmar en su planificación y acción el *principio de independencia epistemológica*. Esto se evidencia porque definió para cada epistemología una idea (mezclas en química y sal para indígenas y campesinos), una práctica de producción (determinar propiedades higroscópicas y salazón de la carne) y una práctica de legitimación (comparación de datos y compartir en comunidad). De igual manera, no mezcló, explicó, subordinó ni validó o invalidó una

epistemología desde la otra, lo que asegura la independencia de cada dominio a enseñar. La evidencia de lo anterior se aprecia en la tabla 1, basada en la herramienta de explicaciones. Asimismo, la herramienta de planificación (tabla 2) muestra que el estudiantado y la profesora construyeron colectivamente una explicación de la situación desde la química y otra desde lo indígena y campesino.

Por otro lado, la profesora también logró plasmar el *principio de similitud epistemológica*. Esto se evidencia porque propuso actividades comunes o similares entre las epistemologías, motivando el cruce de fronteras y tránsito entre sistemas de pensamiento. Este es el camino o pasarela que une a los puntos finales del puente. Específicamente, la profesora propuso una situación a explicar desde los contenidos indígenas y campesinos que ella conocía y desde los contenidos de la química del currículo oficial. Este objetivo común entre las epistemologías de explicar una situación fue la primera motivación para que el estudiantado se movilizara entre epistemologías para obtener los elementos necesarios para construir las explicaciones. Asimismo, la profesora involucró al estudiantado en prácticas de producción y legitimación de la química escolar y las comunidades colombianas elegidas por ella. Cuando el estudiantado participa en las actividades de ambos sistemas de pensamiento, están transitando entre las epistemologías. De igual manera, la herramienta guía para las explicaciones (tabla 2) preguntó al estudiantado por similitudes entre epistemologías, obteniendo respuestas coherentes respecto a las prácticas y lenguaje especializado.

¿Cuál es la contribución de las PIEC a la inclusión cultural?

Aquello que el profesorado logra con el uso de las PIEC contribuye a la inclusión cultural. Primero, de manera general, las PIEC son un apoyo para que el profesorado rompa con el problema descrito por Ocoró (2021) en torno al currículo como una forma de perpetuar la exclusión étnico-racial. Si bien el profesorado no puede modificar el currículo oficial, al implementar en sus clases las PIEC logra *reconocer, validar y usar* sistemas de pensamiento de comunidades no representadas en el currículo. Este es un paso para romper con la exclusión estructural e institucionalizada, pero desde el aula de clase y por decisión del profesorado.

Por otro lado, las PIEC contribuyen a que el profesorado lleve la interculturalidad al aula y no se quede solo en actividades generales para ofrecer información, celebrar o conmemorar en ciertos días o el folclore de las comunidades. Estas PIEC se apoyan, en parte, en el reconocimiento del pluralismo epistemológico propuesto por Olivé (2009). Asimismo, la interculturalidad se hace específica en términos de relaciones simétricas entre sistemas de pensamiento de comunidades culturalmente diferenciadas (Walsh, 2009). En el caso de las PIEC, el profesorado pone en diálogo intercultural a dos epistemologías en torno al producto de aprendizaje del estudiantado.

Conclusión

Las PIEC son una opción para apoyar al profesorado de ciencias a llevar la inclusión cultural al aula. Los motivos por los cuales las PIEC aportan a tal objetivo son que están diseñadas: a) desde el referente del puente epistemológico, que describe el proceso didáctico desde el pluralismo y la interculturalidad; b) desde el referente de las prácticas de enseñanza, lo cual garantiza que están dirigidas a la realidad del profesorado; c) desde evidencia empírica provista por el profesorado en servicio; y d) para ser flexibles y adaptables, porque el profesorado elige las actividades a través de las cuales desarrolla las tareas.

El caso a través del cual se ilustran las PIEC muestra que la profesora logró planificar e implementar el puente epistemológico. Así, a través de las tareas de las PIEC, la profesora: a) propuso una situación cotidiana que motivó al estudiantado a participar en las diferentes epistemologías para explicarla; b) organizó como contenidos a enseñar la epistemología de la química y la epistemología de comunidades indígenas (Wayú y Muisca) y campesinas colombianas; c) involucró al estudiantado en prácticas de producción y legitimación de ambas epistemologías para recolectar información respecto a la situación a explicar; y d) involucró al estudiantado en la construcción de explicaciones sobre la situación desde cada epistemología.

Referencias

- Aikenhead, G. y Michell, H. (2011). *Bridging Cultures: Indigenous and Scientific Ways of Knowing Nature*. Pearson Education.
- Akker, J. van den., Gravemeijer, K., McKenney, S. y Nieveen, N. (2006). Introduction to Educational Design Research. En J. van den Akker, et al. (eds), *Educational Design Research* (pp. 1-8). Routledge.
- Anzaldúa, G. (2016). *Borderlands/La Frontera. The New Mestiza*. Capitan Swing Libros.
- Bang, M. y Medin, D. (2010). Cultural Processes in Science Education: Supporting the Navigation of Multiple Epistemologies. *Science Education*, 94(6), 1008-1026. <https://doi.org/10.1002/sce.20392>
- Baronnet, B. y Morales-González, M. (2018). Racismo y currículum de educación indígena. *Ra Ximhai*, 14(2), 19-32. <https://bit.ly/3DGiexA>
- Berray, M. (2019). A Critical Literary Review of the Melting Pot and Salad Bowl Assimilation and Integration Theories. *Journal of Ethnic and Cultural Studies*, 6, 142-151. <https://doi.org/10.29333/ejecs/217>
- Castaño-Cuéllar, N. (2009). Construcción social de universidad para la inclusión: la formación de maestros con pertinencia y en contexto, desde una perspectiva intercultural. En D. Mato (coord.), *Educación superior, colaboración intercultural y desarrollo sostenible/buen vivir. Experiencias en América Latina* (pp. 183-206). IESALC y Unesco.
- Castaño-Cuéllar, N. (2021). Perspectivas ontológicas y epistemológicas en las concepciones acerca de la vida desde la cosmogonía Muruy en La Chorrera, Amazonas, Colombia. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 50, 77-93. <https://doi.org/10.17227/ted.num50-12732>
- Céspedes, N., Castro, D. y Lamas, P. (2019). Concepciones de interculturalidad y práctica en aula: estudio con maestros de comunidades shipibas en el Perú. *Educación*, 28(54), 61-86. <https://dx.doi.org/10.18800/educacion.201901.004>

- Cobern, W. y Loving, C. (2001). Defining "Science" in a Multicultural World: Implications for Science Education. *Science Education*, 85, 50-67. [https://doi.org/10.1002/1098-237X\(200101\)85:1%3C50::AID-SCE5%3E3.0.CO;2-G](https://doi.org/10.1002/1098-237X(200101)85:1%3C50::AID-SCE5%3E3.0.CO;2-G)
- Constitución Política de Colombia. (1991). Artículos 1, 7 y 10. 7 de julio de 1991 (Colombia).
- DANE. (2018). *Results of the National Population and Housing Census*. DANE.
- DANE. (2020). *Encuesta de Cultura Política (ECP). Identificación subjetiva de la población campesina 2019*. DANE.
- Díez-Gutiérrez, E., Salas, A., Urbano, C., Prada, E., Palomar, V. y Guatierri, J. (2012). La educación intercultural: percepciones y actitudes del profesorado. *Revista Iberoamericana de Educación*, 58(1), 1-15. <https://doi.org/10.35362/rie5811464>
- Edelson, D. (2006). What We Learn When We Engage in Design: Implications for Assessing Design Research. En J. van den Akker, K. Gravemeijer, S. McKenney y N. Nieveen (eds), *Educational Design Research* (pp. 156-165). Routledge.
- Eder, M. y Adúriz-Bravo, A. (2008). La explicación en las ciencias naturales y en su enseñanza: Aproximaciones epistemológica y didáctica. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 4(2), 101-133. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8667902>
- El-Hani, C. y Souza, F. de. (2008). Valuing Indigenous Knowledge: To Call It "Science" Will not Help. *Cultural Studies of Science Education*, 3, 751-779. <https://doi.org/10.1007/s11422-008-9129-6>
- El-Hani, Ch. y Mortimer, E. (2007). Multicultural Education, Pragmatism, and the Goals of Science Teaching. *Cultural Studies of Science Education*, 2, 657-702. <https://doi.org/10.1007/s11422-007-9064-y>
- Grimberg, B. y Gummer, E. (2013). Teaching Science from Cultural Points of Intersection. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(1), 12-32. <https://doi.org/10.1002/tea.21066>
- Kuran, T. y Sandholm, W. (2008). Cultural Integration and its Discontents. *The Review of Economic Studies*, 75(1), 201-228. <https://doi.org/10.1111/j.1467-937X.2007.00469.x>
- López, L. y Küper, W. (1999). La educación intercultural bilingüe en América Latina: balance y perspectivas. *Revista Iberoamericana de Educación*, 20, 17-85. <https://doi.org/10.35362/rie2001041>
- Lund, D. (2022). *Interculturalidad en la enseñanza : visiones, prácticas y relevancia en Perú* [Tesis de maestría, Linköping University]. Digitala Vetenskapliga Arkivet. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:liu:diva-182999>
- Martínez-Tovar, J., Pomares, D., Sierra, M. y Martínez, M. (2021). Racismo y segregación en Colombia: salud, educación y trabajo en la población afrodescendiente

- del pacífico. *Trans-Pasando Fronteras*, 16, 93-122. <https://doi.org/10.18046/ref.i16.4102>
- McKenny, S. y Reeves, T. (2012). *Conducting Educational Design Research*. Routledge.
- McNeill, K. y Krajcik, J. (2012). *Supporting Grade 5-8 Students in Constructing Explanations in Science: The Claim, Evidence, and Reasoning Framework for Talk and Writing*. Pearson.
- Ocoró, A. (2021). El papel del currículo en la reproducción de desigualdades étnico-raciales. Una mirada al caso argentino en perspectiva latinoamericana. *Revista INTEREDU*, 1(4), 41-68. <http://dx.doi.org/10.32735/S2735-65232021000490>
- Olivé, L. (2009). Por una auténtica interculturalidad basada en el reconocimiento de la pluralidad epistemológica. En L. Tapia (coord.), *Pluralismo epistemológico* (pp. 19-30). CLACSO y CIDES-UMSA.
- Orduz, F., Acevedo, O. y Ramírez, M. (2018). La interculturalidad en las aulas: hacia una pedagogía de paz. En S. Carrillo, B. Sanabria, V. Bermúdez y J. Espinosa (eds.), *Actores en la educación: una mirada desde la psicología educativa* (pp. 62-82). Universidad Simón Bolívar.
- Rodríguez, A. y Morrison, D. (2019). Expanding and Enacting Transformative Meanings of Equity, Diversity and Social Justice in Science Education. *Cultural Studies in Science Education*, 14(2), 265-281. <https://doi.org/10.1007/s11422-019-09938-7>
- Sandoval, W. (2003). Conceptual and Epistemic Aspects of Students' Scientific Explanations. *The Journal of the Learning Sciences*, 12(1), 5-51. <https://www.jstor.org/stable/1466633>
- Sedano, W. (2013). La enseñanza de la química orgánica desde la perspectiva de la interculturalidad. *Nousitz. Revista de Investigación Científica y Tecnológica*, 54, 821-831. https://www.researchgate.net/publication/349870233_La_ensenanza_de_la_quimica_organica_desde_la_perspectiva_de_la_interculturalidad
- Seiler, G. (2013). New Metaphors about Culture: Implications for Research in Science Teacher Preparation. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(1), 104-121. <https://doi.org/10.1002/tea.21067>
- Sloane, F. (2006). Normal and Design Sciences in Education: Why Both are Necessary. En J. van den Akker et al. (eds), *Educational Design Research* (pp. 9-44). Routledge.
- Stefoni, C., Stang, F. y Riedemann, A. (2016). Educación e interculturalidad en Chile: Un marco para el análisis. *Estudios Internacionales*, 48(185), 153-182. <https://dx.doi.org/10.5354/0719-3769.2016.44534>
- Tarozzi, M. (2012). Intercultural or Multicultural Education in Europe and the United States. En B. Della Chiesa, J. Scott y Ch. Hinton (eds.), *Languages in a Global World: Learning for Better Cultural Understanding* (pp. 393-406). OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264123557-28-en>
- Teo, T. (2013). Different Perspectives of Cultural Mediation: Implications for the Research Design on Studies Examining its Effect on Students' Cognition. *Cultural Studies of Science Education*, 8, 295-305. <https://doi.org/10.1007/s11422-012-9437-8>
- Tovar-Gálvez, J. (2021). The Epistemological Bridge as a Framework to Guide Teachers to Design Culturally Inclusive Practices. *International Journal of Science Education*, 43(5), 760-776. <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1883203>
- Tovar-Gálvez, J. (2023a). Bringing Cultural Inclusion to the Classroom through Intercultural Teaching Practices for Science

Education (ITPSE) and Guiding Tools. *Science Education*, 107(5), 1-25. <https://doi.org/10.1002/sce.21798>

Tovar-Gálvez, J. (2023b). Intercultural Teaching Practices for Science Education to Support Teachers in Culturally Diverse Classrooms. *Teaching Education*, 34(4). <https://doi.org/10.1080/10476210.2023.2167975>

Tovar-Gálvez, J. y Acher, A. (2019, 4-5 de julio). *Relaciones entre la epistemología de las ciencias y las epistemologías tradicionales: contribuciones a la práctica didáctica* [ponencia]. #CIMIE19. VIII Congreso Internacional Multidisciplinar de Investigación Educativa, Lleida, España. <https://bit.ly/3r1hbVQ>

Tovar-Gálvez, J. y Acher, A. (2021). Diseño de prácticas interculturales de enseñanza de las ciencias basado en evidencia. *Enseñanza de las Ciencias*, 39(1), 99-115. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2891>

Walke, D. (2006). Toward Productive Design Studies. En J. Van den Akker et al. (eds.), *Educational Design Research* (pp. 9-18). Routledge.

Walsh, C. (2009). *Interculturalidad, estado, sociedad: luchas (de)coloniales de nuestra época* (pp. 61-152). Universidad Andina Simón Bolívar y Abya-Yala.

Wartha, E., Silva, E. y Bejarano, N. (2013). Cotidiano e Contextualização no Ensino de Química. *Química Nova na Escola*, 35(2), 84-91. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3627.0243>