

**La integración de las ciencias y la ingeniería en aulas bilingües de doble inmersión:
Modelos de desarrollo profesional docente en Massachusetts y Puerto Rico**

Marialuisa Di Stefano, PhD
University of Massachusetts, Amherst

Elenita Irizarry-Ramos, Ed. D.
University of Massachusetts, Amherst

Rafael Cuevas-Rivera, Ed. D.
Baystate Academy Charter Public School

Alberto Esquinca, PhD
San Diego State University

Idalis Villanueva-Alarcón, PhD
University of Florida

Yokaira Lopez-Tifa, M. Ed.
University of Massachusetts, Amherst

En este estudio se exploran los resultados de la implementación de un programa de desarrollo profesional docente (PDPD) orientado a la enseñanza-aprendizaje de las ciencias y de la ingeniería (C&I) en dos escuelas primarias con programas Bilingües de Doble Inmersión (BDI) ubicadas en Massachusetts y Puerto Rico. El PDPD fue diseñado a partir de la realidad multilingüe y multicultural de los actores escolares de dichos centros y fue impartido por un equipo multilingüe y multicultural de profesores de educación superior en Estados Unidos. El PDPD contó con la participación de 24 profesores de educación primaria bilingüe. El ejercicio de desarrollo e implementación del PDPD analizado se desarrolló durante dos trimestres lectivos (verano y otoño del año 2021). El documento presenta un análisis de cómo los profesores integraron el uso del bilingüismo dinámico (García, 2014) y de estrategias de alfabetización bilingüe en sus prácticas curriculares y pedagógicas en C&I. Los resultados del análisis estadístico sugieren que el PDPD condujo a mejoras tanto en los conocimientos y como en las capacidades pedagógicas de los profesores para integrar los principios y estrategias estudiados en sus aulas, aunque esto no se ve reflejado de manera uniforme.

El propósito del estudio es: (1) fortalecer los programas de formación profesional para maestros BDI con el objetivo de que sean lingüística y culturalmente relevantes; (2) estudiar cómo los maestros BDI desarrollan estrategias para la enseñanza de la ciencia y la ingeniería en español e inglés y cómo desarrollan una identidad como docentes BDI de ciencia e ingeniería; (3) destacar la importancia del aprendizaje de las ciencias y la ingeniería en la educación Bilingües de Doble Inmersión (BDI) para contrarrestar percepción de que el aprendizaje del idioma afecta negativamente el aprendizaje de contenidos curriculares, dado que la enseñanza de contenidos tradicionalmente se da en inglés.

Keywords: educación bilingüe, lenguaje dual, ciencias, ingeniería

Introducción

En el contexto latinoamericano, un programa educativo que enseña todos los contenidos en una lengua diferente al lenguaje oficial del país puede ser considerado un programa bilingüe y de lenguaje dual, mientras que, en el contexto de los Estados Unidos, las escuelas primarias de educación Bilingües de Doble Inmersión (BDI) tienen planes de estudio en los cuales la inmersión no es completa, es parcial y puede ir desde el 50/50 al 90/10. En el primer caso la enseñanza se realiza la mitad del tiempo en español y la otra mitad en inglés. En el segundo caso la mayor parte de los contenidos se estudian en inglés (90%) y la menor parte en español (10%).

Los docentes de escuelas primarias de educación bilingüe de doble inmersión (BDI) tienen necesidades específicas a la hora de enseñar ciencia e ingeniería (C&I) que no necesariamente son las mismas comparadas a otros docentes. Henderson y Palmer (2020) sugieren que los docentes de C&I en programas BDI enfrentan dificultades en la disponibilidad de recursos prácticos que ayuden a mejorar el desempeño de sus estudiantes. Según las autoras, a muchos docentes BDI en programas que integran C&I deben enseñar sus clases en español, sin embargo, los materiales de instrucción disponibles están escritos en inglés. A la falta de materiales disponibles en español para enseñar C&I, se añade que cada profesor debe ajustar sus clases a los diferentes modelos de programa bilingües y de lenguaje dual. Por ejemplo, en Massachusetts el modelo de enseñanza se conoce como un modelo de lenguaje dual. En este modelo al menos la mitad de la instrucción (50%) debe darse en el lenguaje acompañante, que en nuestro caso es el español (Di Stefano y colegas, 2023; Nieto, 2009). Por ende, todos los materiales deben estar disponibles en ambos idiomas. Mientras tanto, el modelo de Puerto Rico se conoce como la iniciativa bilingüe (Di Stefano y colegas, 2022b; PRDE, 2017), donde el porcentaje de enseñanza en español y en inglés no está estrictamente definido, el idioma de los textos y materiales, así como la lengua de instrucción puede variar considerablemente entre programas y escuelas.

Trasfondo

En el caso de Massachusetts, por lo general los estudiantes provienen de familias de clase trabajadora latina y a su vez son caracterizados como aprendices del inglés (*English Learners* o ELs por su sigla en inglés). Esta población, frecuentemente carece de fondos para asumir el costo de materiales o recursos y especialmente aquellos cultural y lingüísticamente adecuados a su proceso de aprendizaje. Similar a los otros estados, Massachusetts financia las escuelas públicas con una combinación de impuestos locales sobre la propiedad y fondos estatales que juntos representan aproximadamente el 95 por ciento de la financiación escolar. Una cantidad mucho menor (alrededor del 5 por ciento) proviene de subvenciones federales. En general, estos fondos no consideran la necesidad de materiales y entrenamiento específico para los maestros que trabajan en programas BDI. La mayoría de los maestros que participaron en este estudio enseñan en distritos que sirven principalmente estudiantes de origen Hispano o Latino (Hispano por su identificación federal, a la cual preferimos la definición de Latino) (DESE, 2022).

En el caso de Puerto Rico, aunque el contenido escolar se introduce tanto en español como en inglés, la mayoría de los estudiantes consideran español como su primer idioma. El Departamento de Educación de Puerto Rico (2017) clasificó veinte escuelas bilingües que utilizan el modelo 90/10 (90% del contenido es enseñado en inglés y 10% en español). Los modelos 90/10 por lo general existen principalmente en escuelas privadas donde las familias de los estudiantes que dominan el español desean que sus hijos/as aprendan y tengan dominio del inglés. Generalmente los

estudiantes de las escuelas privadas vienen de familias con más recursos económicos, mientras que los estudiantes de escuelas públicas provienen de familias con menos recursos económicos (Disdier, 2019). Otra diferencia fundamental es el proceso de admisión a las escuelas privadas, el cual es regulado por exámenes de admisión. Además, las escuelas privadas pueden descartar estudiantes si no mantienen el promedio académico establecido por la escuela. En Puerto Rico, los maestros tienen la opción de obtener una licencia en educación bilingüe, aunque no es un requisito de enseñanza. En general, la preparación de los maestros es llevada a cabo principalmente en español y se enfoca en la enseñanza del inglés como segundo idioma.

Marco Teórico

Fundamentamos nuestra investigación en el marco teórico de pedagogías que sostienen la lengua y la cultura de poblaciones multiculturales y multilingües (*Culturally Sustaining Pedagogies* - CSP, por sus siglas en inglés). El marco teórico CSP busca fomentar el pluralismo cultural y lingüístico. Además, este marco teórico propone una visión expansiva, crítica y sumativa de la escolarización mediante una perspectiva donde se valoran las identidades y prácticas culturales de estudiantes de comunidades e idiomas minorizados (Alim et al., 2020); es decir comunidades e idiomas que sufren una situación que los fuerza a permanecer en una categoría de minorías, aunque en algunos casos representan números mayores en ciertas comunidades. Por ejemplo, esto es el caso de la heterogénea comunidad Latina en EE. UU. y también el caso de la diferencia de poder y estatus de capital social entre el idioma español y el inglés en Puerto Rico.

Adoptamos una perspectiva sociocultural sobre la alfabetización y la alfabetización bilingüe basándonos en el trabajo de académicos como Street (1984, 1993) y Luke (1991, 1997). Esta perspectiva enfatiza que las prácticas de alfabetización no son habilidades cognitivas aisladas y estáticas, sino que están moldeadas por los contextos sociales y culturales en los que ocurren. También nos basamos en el concepto de alfabetización bilingüe continua (Hornberger, 1989), que destaca la diversidad de formas en que los bilingües usan varios idiomas al escribir y comunicarse. Esta perspectiva es particularmente relevante para comprender las dinámicas de poder y el privilegio lingüístico. Desde este punto de vista, la alfabetización bilingüe no se trata solo de poseer habilidades en dos idiomas, sino que está moldeada por las prácticas ideológicas que prevalecen en un contexto social determinado. Las personas bilingües pueden aprovechar una gama completa de recursos lingüísticos cuando el contexto social lo permite, utilizando el translenguaje para comunicarse e interactuar de manera fluida y flexible, de tal manera que trascienda las fronteras lingüísticas.

Marco Empírico

Esta investigación está alineada con investigaciones previas en las que se subraya la necesidad de desarrollo profesional de calidad para los maestros de educación BDI, comenzando desde los programas de educación y enfocados en disciplinas no solamente en idiomas. Además, contribuye con fundamentos educativos que permiten a los maestros BDI abogar por el marco teórico CSP en clases de ciencia e ingeniería.

Aguirre-Muñoz y Pando (2021) proponen un modelo para conceptualizar el conocimiento profesional de los docentes de ciencias y matemáticas que incorpora tanto el conocimiento de la materia como el de la alfabetización disciplinaria para apoyar el desarrollo del lenguaje inglés de los estudiantes durante la enseñanza de estas disciplinas. Las investigadoras examinaron la eficacia

de dos enfoques de desarrollo profesional, uno centrado en el conocimiento de la materia y el otro en el conocimiento pedagógico. Los resultados mostraron que ambos enfoques de desarrollo profesional condujeron a un aumento en los puntajes generales de conocimiento del contenido de ciencias, pero solo el enfoque de desarrollo profesional centrado en la materia condujo a un aumento significativo en la calidad de la instrucción.

Conceptualización del conocimiento disciplinario de los docentes

Para investigar cómo un programa de desarrollo profesional docente (PDPD) afecta la percepción de los docentes sobre las prácticas de apoyo cultural y lingüístico en la enseñanza de C&I en programas BDI, es necesario definir los objetivos del PDPD. Para ello se utiliza el modelo de conocimiento profesional docente de Shulman (1986), que divide el conocimiento del contenido en tres categorías: conocimiento de la materia, conocimiento del contenido pedagógico y conocimiento lingüístico.

El conocimiento de la materia se refiere a la comprensión que tiene un maestro sobre un área de contenido específica: conceptos, principios y relaciones. Implica el conocimiento de la estructura del tema, cómo está organizado y cómo se puede transmitir de manera efectiva a los estudiantes. Mientras que el conocimiento pedagógico involucra conocimiento de las formas más útiles de representar y formular un tema para hacerlo comprensible al alumnado. Este conocimiento incluye comprender cómo presentar el contenido de manera articulada a los conocimientos previos y su comprensión y cómo abordar los conceptos erróneos comunes. Por otra parte, el conocimiento lingüístico es el currículo del idioma y los materiales que los maestros usan para enseñar los objetivos específicos del idioma dentro de un nivel determinado. Esto incluye, el conocimiento de los estándares y expectativas para los estudiantes en un nivel de grado en particular, los libros de texto y los materiales de instrucción.

Juntos, estos dominios de conocimiento permiten a los maestros reconocer las demandas cognitivas que se imponen a cada estudiante. Sin embargo, este modelo de conocimiento profesional es insuficiente para satisfacer las necesidades de los estudiantes de inglés (EL). El PDPD también debe incluir el conocimiento de los procesos y estrategias para brindar instrucción de contenido de manera que anime a los EL a participar de manera significativa en las actividades del aula (Howard et al, 2018), lo que incluye el uso del lenguaje específico de la disciplina que se aproxima a las normas disciplinarias.

El modelo de Shulman (Figura 1) enfatiza la importancia de la interacción entre el conocimiento pedagógico de la materia, conocimiento lingüístico de la materia y conocimiento de estrategias pedagógicas para EL. Los maestros que poseen una base fuerte en la intersección de estas fuentes pueden ayudar a los estudiantes a aprender y comprender el contenido de manera más efectiva. Además, pueden usar este conocimiento para ayudar a los estudiantes a cumplir con las expectativas del plan de estudios.

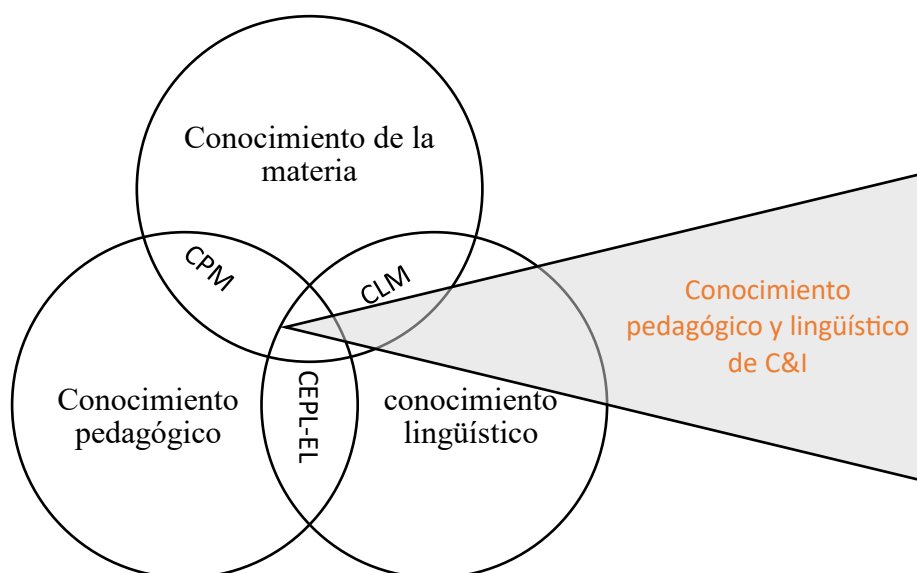


Figura 1

Adaptación del Dominios de conocimiento profesional y dominios de conocimiento amalgamados para profesores de ciencias e ingeniería que sirven aprendices de inglés (EL por sus siglas en inglés) de Shulman (1986, según citado en Aguirre-Muñoz & Pando, 2021).; CPM= conocimiento pedagógico de la materia; CLM= conocimiento de lingüístico de la materia; CEPL-EL = conocimiento de estrategias pedagógicas y lingüísticas para EL.

Propósito del estudio

En este estudio, nos enfocamos en la intersección de la enseñanza bilingüe dentro de materias de ciencia e ingeniería ya que la literatura sugiere una escasez de contenidos en el idioma del español que sean apropiados tanto lingüística como culturalmente (Johnson & Atwater, 2014). Con esta intersección queremos fomentar la diversidad lingüística y cultural en la comunidad de aprendizaje donde hay estudiantes los cuales el inglés no es el idioma principal de comunicación (García, 1991).

Como parte de un estudio auspiciado por la Fundación Nacional de las Ciencias (*National Science Foundation*, NSF, por sus siglas en inglés), 24 maestros de programas BDI fueron reclutados para participar en talleres gratuitos de desarrollo profesional. Doce de los participantes son maestros en Puerto Rico mientras que los otros doce enseñan clases en Massachusetts, aunque sus países de origen son diversos. A consecuencia de los talleres, una sub-cohorte de maestros BDI fue creada en la cual se mantiene una relación de confianza con miembros del equipo investigativo y en las cuales formaron un grupo de apoyo mutuo y colaboración.

El propósito del estudio es: (1) fortalecer los programas de formación profesional para maestros BDI con el objetivo de que sean lingüística y culturalmente relevantes; (2) estudiar cómo los maestros BDI desarrollan estrategias para la enseñanza de la ciencia y la ingeniería en español e inglés y cómo desarrollan una identidad como docentes BDI de ciencia e ingeniería; (3) destacar la importancia del aprendizaje de las ciencias y la ingeniería en la educación Bilingüe de Doble Inmersión (BDI) para contrarrestar percepción de que el aprendizaje del idioma afecta negativamente el aprendizaje de contenidos curriculares, dado que la enseñanza de contenidos tradicionalmente se da en inglés.

Importancia de la investigación

El desarrollo profesional para educadores BDI es clave para el éxito de este tipo de programas (Guerrero & Lachance, 2018; Howard et al., 2018). Sin embargo, Guerrero y Guerrero (2009) muestran que los programas de preparación de maestros no propician el desarrollo del lenguaje acompañante o *partner language* para propósitos académicos y sociopolíticos. Incluso, Aquino-Sterling (2016) notó que rara vez se hacen integraciones curriculares del contenido de ciencia e ingeniería con el aprendizaje de idiomas. Este asunto se puede evidenciar en la falta de desarrollo profesional para docentes BDI en el tema de integración de las ciencias e ingeniería con los idiomas acompañantes.

Preguntas de investigación

Tomando en cuenta los contextos socioculturales y políticos de tanto de Massachusetts como Puerto Rico, las diferencias curriculares de los programas académicos y los diferentes grados que instruyen los participantes, se formularon las siguientes preguntas de investigación que fueron analizadas con base en un taller profesional realizado en abril del 2021 con los maestros BDI de grados elementales.

- ¿Cómo percibieron los maestros sus cualidades pedagógicas después del taller?
- ¿Cuáles son las prácticas científicas y de ingeniería más comunes usadas en su salón de clases?
- ¿Cómo integran los principios de la educación BDI en la enseñanza de ciencia e ingeniería, incluyendo prácticas culturales y lingüísticamente adecuadas?
- ¿Cuáles son los recursos que se identifican como necesarios para apoyar sus prácticas pedagógicas en la enseñanza de ciencia e ingeniería?

Postura de los investigadores

Este trabajo es de naturaleza colaborativa e interdisciplinaria. Los investigadores son especialistas en educación y en investigación educativa en educación científica e ingeniería. La primera autora es una educadora multilingüe y multicultural que se especializa en el desarrollo de la biliteracidad en programas BDI con enfoque en ciencia, tecnología, ingeniería, arte y matemáticas (STEAM, por sus siglas en inglés). La segunda autora es una educadora bilingüe que ha sido maestra de educación bilingüe secundaria por más de una década y actualmente se especializa en el desarrollo de la biliteracidad en programas BDI con enfoque en diversidad, equidad e inclusión. El tercer autor es profesor de Educación Física nivel de escuela superior, quien trabajó en el desarrollo de planes estratégicos educativos para el mejoramiento académico en las áreas de matemáticas, español y ciencias. Además, colaboró en la revisión del currículo de Educación Física en Puerto Rico para el año 2010. El cuarto autor es transfronterizo de la comunidad queer, inmigrante de México, sociolingüista, exmaestro de lenguaje, y educador de maestros bilingües con especialidad en la educación de las ciencias e ingeniería. La quinta autora es una educadora bilingüe y bicultural que se especializa en educación científica e ingeniería; ella también tiene entrenamiento profesional como ingeniera y científica. La sexta autora es una afrolatina y bilingüe emergente con experiencia como educadora entre Puerto Rico, Guatemala, España y Massachusetts; actualmente estudiante doctoral enfocada en apoyar la unicidad de ser maestrxs (termino inclusivo y de género neutral) bilingües en Estados Unidos y desarrollo de currículo de lenguaje dual en ciencia K-5.

Revisión de Literatura

Introducción

Estados Unidos considera la educación científica como una prioridad máxima debido a factores sociales y económicos (Hughes et al., 2022). No obstante, está rezagado con respecto a otros países desarrollados en habilidades relacionadas con las ciencias. Incluso, el rendimiento en ciencias se ha mantenido estancado durante las últimas dos décadas según lo medido por la evaluación PISA (OECD, 2019). El informe científico de la Evaluación Nacional del Progreso Educativo (NAEP, 2019) encontró que solo alrededor del 30% de los maestros de cuarto grado ofrecieron a sus estudiantes oportunidades para participar en actividades científicas una o dos veces durante el año escolar y se observó además que los estudiantes que tenían acceso con mayor frecuencia a este tipo de actividades se desempeñaban mejor que aquellos que tenían acceso limitado.

Dado que el aprendizaje de las ciencias comienza en los grados de primaria, este es un período crítico para que los estudiantes comprendan los conceptos fundamentales y transversales que potencien su posterior rendimiento y logros académicos. Sin embargo, las disparidades en el rendimiento en ciencias se han identificado desde el inicio del proceso formativo, lo que indica la necesidad de programas que se centren en los primeros años de la escuela primaria y preescolar, especialmente para los estudiantes bilingües emergentes (BE)¹ que están aprendiendo contenido y prácticas de ciencias además del idioma principal de instrucción.

Los profesionales de la educación que se encargan de fomentar las habilidades lingüísticas y académicas de los estudiantes deben abordar los métodos más efectivos para apoyar los procesos de aprendizaje de los niños que no hablan inglés como primera lengua (Jones, 2014). Babaci-Wilhite (2019) sugiere que la incorporación de las artes en el aprendizaje basado en la indagación, utilizando los idiomas locales y las referencias culturales, puede mejorar el aprendizaje y promover los derechos humanos. Sin embargo, integrar las artes en la educación STEM y apoyar a los maestros en la promulgación de una instrucción basada en la indagación plantea un desafío importante.

Pedagogías de apoyo cultural y lingüístico

Las pedagogías de apoyo cultural y lingüístico son enfoques educativos que valoran y se basan en la diversidad de los antecedentes culturales y lingüísticos de los estudiantes para apoyar su éxito académico. Su objetivo es desarrollar las competencias bilingües y biculturales de los estudiantes mediante la integración de sus lenguas maternas y culturas en el plan de estudios, fomentando la conciencia crítica sobre cuestiones de poder, identidad y justicia social. Utilizar pedagogías de apoyo cultural y lingüístico en la educación STEM implica diseñar e implementar prácticas educativas que sustenten las prácticas culturales y lingüísticas de los estudiantes y desarrollen sus identidades científicas y matemáticas.

Los autores (Esquinca y colegas, 2021) investigaron cómo se enseña y aprende la ingeniería en las aulas de educación bilingüe de doble inmersión (BDI) de cuarto grado durante un estudio etnográfico desarrollado por un periodo de dos años. Adicionalmente, los profesores crearon un entorno que promovió el desarrollo de alfabetizaciones disciplinarias de ingeniería en dos idiomas.

¹ El término usado en la literatura en inglés es *Emergent bilinguals* (EB)

Este enfoque tiene como objetivo crear un entorno de aprendizaje que promueva la inclusión y la equidad, donde los estudiantes se sientan respaldados y comprometidos. Algunos estudios incluyen el uso de los idiomas nativos de los estudiantes para enseñar conceptos de STEM, diseñar lecciones que sean culturalmente relevantes para las experiencias de los estudiantes y brindar oportunidades para que los estudiantes conecten STEM con sus comunidades y culturas.

La literatura ha demostrado que los programas de educación bilingüe de doble inmersión (BDI) aportan en la creación de entornos de aprendizaje social equitativos y a la adopción de una mayor conciencia intercultural (ver Howard et al., 2018; Lindholm-Leary & Genesee, 2010). Sin embargo, estudios recientes han destacado cómo aún los programas bilingües y de lenguaje dual pueden perpetuar el inglés como lenguaje hegemónico y las ideologías monoglósicas, lo que lleva a la separación de idiomas y a la falta de comprensión de las culturas, los idiomas y los antecedentes de los estudiantes (Chávez-Moreno, 2019; Martínez, 2017; Valdez et al., 2016; Cervantes-Pronto, 2014; Palmer et al., 2014).

Diversos estudios argumentan que las historias científicas, teorías, contribuciones y formas de ser y saber, pertenecientes a poblaciones históricamente no dominantes, contribuyen a la falta de sentido de pertenencia e influye en que los estudiantes minoritarios opten en menor medida por campos STEM (Vakil & Ayers, 2019; Sánchez et al., 2018). Incluso, Mejía et al. (2018) argumentan que, para servir mejor a los grupos minoritarios, es imprescindible adoptar enfoques que valoren positivamente los conocimientos de los estudiantes en las clases de ciencias o usar sus herencias culturales para comprender problemas de ingeniería y diseñar soluciones. Proporcionar las oportunidades para que los estudiantes bilingües de familias de clase trabajadora e inmigrantes participen en el aprendizaje de ciencia e ingeniería en su lengua materna puede ser un medio eficaz para el desarrollo del lenguaje, incluso en la educación BDI. De lo contrario se puede crear una desconexión entre contenidos y lenguaje.

PDPD de ciencia e ingeniería en programas BDI en EE. UU.

El estado actual del desarrollo profesional C&I en los programas BDI en los EE. UU. aún es limitado. Si bien en todo el país hay un interés creciente en la educación bilingüe en décadas recientes, todavía se requiere mayor atención hacia la educación C&I, particularmente en este tipo de programas.

Por ejemplo, la Fundación Nacional para la Ciencia (NSF por sus siglas en inglés) ha financiado proyectos para mejorar las oportunidades de aprendizaje STEM para estudiantes del idioma inglés, incluidos aquellos en programas BDI. Se han diseñado diversos programas BDI centrados en la adquisición del lenguaje y la conciencia cultural en lugar de educación STEM. Sin embargo, algunas iniciativas y esfuerzos recientes han sido orientadas a incorporar la educación STEM en los programas BDI.

Lee y Fradd (1998) postulan que la comunicación en ciencias y matemáticas no está separada de las tareas y actividades que requieren comunicación. Los temas STEM en programas bilingües brindan a los estudiantes el conocimiento necesario para crear oportunidades para la comunicación científica y matemática que media la experiencia de la investigación, la resolución de problemas y el razonamiento. Los patrones de discurso en una comunidad de práctica provienen de valores, conocimientos y actitudes de la comunidad. Por otra parte, Aguirre-Muñoz y Gregory (2019) señalan que el modelaje del lenguaje y las estrategias de lenguaje explícito hacen que el lenguaje de las ciencias y las matemáticas sea transparente para los estudiantes y permite que los maestros puedan desarrollar y reforzar normas para hablar sobre ciencias y matemáticas.

Las oportunidades de desarrollo profesional para maestros STEM en programas bilingües también están creciendo. En STEM-BDI, los maestros pueden secuenciar actividades y objetivos de contenido que maximicen el aprendizaje para los estudiantes de inglés. STEM-BDI proporciona un uso flexible del conocimiento profesional que puede consolidar el aprendizaje conceptual. Los estudiantes bilingües emergentes pueden usar todos sus recursos lingüísticos para unir sus antecedentes y experiencias con nuevos conocimientos en una lección. Aguirre-Muñoz y Pando (2021) recomiendan que el docente tenga un conocimiento bien desarrollado de los registros disciplinarios clave en el uso y las tareas del lenguaje, junto con conocimiento pedagógico del contenido, estrategias del desarrollo del idioma inglés y conocimiento lingüístico disciplinario, para maximizar el aprendizaje conceptual de los estudiantes bilingües emergentes.

Contexto y motivación breve con resultados del estudio

Los autores (Di Stefano y colegas, 2022a, 2022b) realizaron un estudio de método mixto a través de un instrumento bilingüe previamente validado. El propósito fue comprender las perspectivas de los maestros BDI de primaria sobre la enseñanza de ciencias e ingeniería (C&I) en Massachusetts y Puerto Rico con el objetivo de crear un desarrollo profesional enfocado en ciencias e ingeniería. Los hallazgos del estudio sugieren que se necesita un enfoque integrado de lenguaje de contenido y basado en activos culturales para crear modelos de desarrollo profesional BDI en sintonía con ubicaciones específicas, modelos de programas de inmersión dual y niveles de grado. Se incluyen las implicaciones de nuestros hallazgos transferidos a las prácticas académicas de los profesores de BDI. Mientras todavía hay progreso en la integración de la educación STEM en los programas BDI, hay signos positivos de crecimiento e interés en esta área.

Metodología

Este estudio es parte de un proyecto de investigación plurianual que utiliza metodología mixta concurrente (Creswell & Plano, 2018). Estaremos enfocándonos en la segunda fase del estudio en el cual los maestros participan en un taller de desarrollo profesional organizado por los investigadores. Utilizamos una estrategia de selección con variación de muestreo determinada y máxima (Creswell, 2014) para reclutar los participantes. Trabajamos con dos cohortes de maestros BDI, uno en Massachusetts y otro en Puerto Rico (originalmente n=24; 12 participantes por cada área geográfica). En la Tabla 1, presentamos la información demográfica de los participantes finales quienes completaron el estudio (n=21).

Tabla 1
Demografía de los participantes (N=21)

#	Categoría	Subcategorías	Porcentaje (%)	Frecuencias (N)
1	Grado de enseñanza	Kindergarten	23.8%	5
		Primer grado	4.7%	1
		Segundo grado	9.5%	2
		Tercer grado	14.2%	3
		Cuarto grado	9.5%	2
		Quinto grado	4.5%	1

2	Idiomas usados para enseñar C&I en tu escuela	Español	4.5%	1
		Inglés	33%	7
		Ambos	61.9%	13
3	Estados o Territorio de EE. UU.	Massachusetts	47.6%	10
		Puerto Rico	52.3%	11
4	Años de experiencia docente en BDI	0-3	33%	6
		4-5	9%	2
		6+	57%	12
5	Años totales de experiencia docente	0-3	28%	4
		4-5	19%	3
		6+	66.6%	14
6	Idioma en el cuál enseña	Español	33.3%	7
		Inglés	33.3%	7
		Ambos	33.3%	7
7	Edad	18-29 años	28.5%	6
		30-49 años	57.1%	12
		50-59 años	14.2%	3
8	Género con el cual se identifica	Femenino	80.9%	17
		Masculino	19%	4
		Non-binario	0	0
9	Conceptos o unidades principales de ciencia que enseña (más de una respuesta permitida)	Químico	10.41%	5
		Biológico	25%	12
		Físico	20.8%	10
		Geológico	18.7%	9
		Ambiental	25%	12
		Otro	0	0
10	Conceptos o unidades principales de ingeniería que enseña (más de una respuesta permitida)	Diseño	21.33%	16
		Resolución de problemas	26.6%	20
		Matemáticas aplicadas	10.6%	8
		Creación de modelos	17.3%	13
		Trabajos en equipo	24%	18
		Otro	0	0

Organizamos un taller de desarrollo profesional basado en el marco teórico CSP y apoyamos a los participantes en la implementación de unidades curriculares en programas BDI en sus escuelas. Seleccionamos Massachusetts y Puerto Rico por la familiaridad de los investigadores con los idiomas y las culturas de estas regiones, la nueva política BDI en Massachusetts (Look Act, 2017) y la iniciativa bilingüe de Puerto Rico (PRDE, 2017); además por la falta de estudios acerca de la educación BDI que incluye cohortes de maestros en Puerto Rico, cuyo contexto cultural resalta la complejidad de los modelos y enfoques en comparación con programas BDI en Estados Unidos. En la Tabla 2, presentamos las características de los programas BDI en las dos áreas geográficas de investigación.

Tabla 2

Descripción de modelos estudiados: Massachusetts y Puerto Rico

	Massachusetts (Modelo de educación bilingüe de doble inmersión)	Puerto Rico (Iniciativa bilingüe)
Descripción del modelo y contexto	Los distritos escolares en Massachusetts han estado implementando modelos BDI desde los 1990s (Nieto, 2009). Actualmente, hay planes de distribución de idiomas de 80/20, 70/30, and 50/50 (el primer número de cada dupla corresponde al porcentaje de tiempo instruccional en idioma distinto al inglés, mientras que el segundo número corresponde al porcentaje de tiempo instruccional en inglés). Las escuelas que siguen un plan 80/20 o 70/30 en los grados K-2 cambian a un plan 50/50 en los grados 3–5.	La gran mayoría de los estudiantes hablan español como su primer idioma, el contenido es enseñado en español e inglés. Además, hay alrededor de veinte escuelas bilingües con modelo 90/10 (90% de instrucción en inglés con 10% en español, este modelo es prevalente en escuelas privadas donde los estudiantes de habla hispana aprenden inglés) (PRDE, 2017).
Política pública	La Ley Relativa a la Oportunidad Lingüística para Nuestros Niños ("Ley LOOK") (H.3705/S.2070) 2017 para promover más flexibilidad para servir a aprendices del inglés.	La iniciativa bilingüe existe desde 2012 (Puerto Rico Departamento de Educación - PRDE, 2017), para promover el desarrollo de más programas de educación bilingüe de doble inmersión en escuelas públicas.
Certificados de enseñanza	Los educadores en escenarios de programas de inmersión dual de lenguaje, enseñando en el idioma par (ej. Español) necesitan la licencia de grado y una certificación de docencia bilingüe (endorsement).	Los educadores pueden adquirir una certificación bilingüe, pero no es un requisito. Programas universitarios de preparación de maestros son principalmente monolingüe en español y se enfocan en temas de la enseñanza de inglés como segundo idioma.

(Adaptado desde Di Stefano y colegas, 2022b)

Para responder a las preguntas de investigación, utilizamos un cuestionario que mide la percepción de la enseñanza de ciencia e ingeniería en el salón de educación bilingüe de doble inmersión (*Science and Engineering Teaching in Bilingual and Dual Language Scale SET-BDL Scale*, por su definición in inglés, véanse Apéndices, y Di Stefano y colegas, 2022b). El instrumento SET-BDL fue validado antes de su implementación en este estudio para los siguientes constructos: (a) perspectivas de docentes BDI acerca de sus cualidades como educadores; (b) reporte de implementación de ciencia e ingeniería en su enseñanza; y (c) prácticas BDI existentes en el contexto de ciencia e ingeniería y prácticas que apoyan el patrimonio cultural y lingüístico de los estudiantes (ver Di Stefano y colegas, 2022b). Además de las respuestas en el cuestionario, también recolectamos información sobre las unidades curriculares, materiales del salón, artefactos, autorreflexiones de los maestros (copia de sus presentaciones a otros colegas, sesiones de Q&A, e implementaciones de unidades curriculares revisadas). Los autores de este estudio obtuvieron la aprobación del comité institucional de IRB para llevar a cabo este estudio con participantes.

Descripción de Análisis Cualitativo

El proceso de análisis de los datos cualitativos se compone de varias etapas, tales como la unificación por categorías y familias, la identificación dentro de un marco temático o la codificación a partir del marco teórico de pedagogías lingüísticas y culturalmente sostenibles (*culturally sustaining pedagogies*, CSP por su sigla en inglés) (Paris & Alim, 2017), para la elaboración de descripciones que puedan aportar a la interpretación de los datos cuantitativos. Los datos se analizaron simultáneamente en ambos idiomas, utilizando codificación holística y provisional, además de codificación de patrones (Saldaña, 2016). Los datos analizados por métodos cualitativos fueron las unidades curriculares, materiales del salón, artefactos, autorreflexiones de los maestros y las preguntas 6, 7, 13, 17 y 18 del cuestionario SET-BDL, ya que es el mecanismo que le permite al participante escribir y expresar sus pensamientos sin ninguna restricción o preguntas cerradas.

Descripción de Análisis Cuantitativo

Dado al limitado tamaño de la muestra, se optó por realizar un análisis estadístico no paramétrico de diferencia de medianas de Wilcoxon, usando las respuestas pre y post de los 21 participantes que completaron las sesiones de desarrollo profesional. La prueba no paramétrica de Wilcoxon compara las medianas de dos grupos emparejados y tiene dos versiones: la prueba de suma de rangos y la prueba de rangos con signo (Creswell & Plano, 2018). En este caso utilizamos la prueba de rango con signo. El objetivo de la prueba es determinar si dos o más conjuntos de pares son diferentes entre sí de forma estadísticamente significativa tras recibir una intervención. Se aplicó el método estadístico de Wilcoxon usando en software de SPSS únicamente a las preguntas 1, 4 y 5 del cuestionario. Su aplicación conlleva el propósito de contestar a la primera pregunta de investigación, ¿Cómo los maestros BDI de grados elementales percibieron sus cualidades pedagógicas después del taller?, y si hubo algún cambio significativo de los 21 participantes del estudio luego de la capacitación ofrecida por los investigadores. Para evaluar la significancia de los resultados se utilizó la tabla referente al 0.005 con el fin de establecer si hubo un cambio en las respuestas. Las preguntas 2, 3, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15 y 16 se evaluaron por medios porcentuales a la cantidad de los 21 participantes que completaron la prueba y se relacionan con características demográficas y profesionales que reflejan características diferenciadas entre grupos.

Resultados

La muestra de profesores participantes se identificó en cuanto a su país de origen o nacionalidad con: Estados Unidos, Puerto Rico, Colombia y México. Sin embargo, es necesario señalar que hubo maestros que se identificaron con múltiples países, lo cual es válido ya que es una representación de su expresión cultural y pertinencia social. Ejemplo de esto, es que en el cuestionario se presentan como: colombianos-bolivianos-estadounidenses, guatemaltecos-hondureños-estadounidenses y otros se identifican como latinoamericanos. Este tipo de respuestas refleja el gran arraigo de los profesionales de la educación a su cultura hispana y su compromiso de ayudar en el crecimiento educativo en el ámbito del bilingüismo.

En cuanto a su identificación étnica, se describe que la totalidad de los participantes (100%) se identificaron como hispanos/latinos/chicanos. Dado que los países que mencionan pertenecen a los territorios latinoamericanos que componen las áreas geográficas del Caribe, Centroamérica y

Suramérica. En cuanto a las licenciaturas que poseen los maestros participantes, tienen certificaciones en educación en el área elemental, especialidad en inglés, pre-escolar, educación especial y ESL. Algunos maestros tienen más de una licenciatura en áreas de especialidad que competen al área elemental. Se identificaron maestros que tienen una licenciatura en español y otros tienen su especialidad en inglés. Adicionalmente, se encontraron maestros con licenciaturas en arte y tecnología, en nivel secundario y otros se encuentran en proceso de obtener su licencia especializada en una materia educativa.

Resultados de análisis estadístico

Los resultados del método de Wilcoxon para evaluar la diferencia en la mediana realizado con el software SPSS para las preguntas del cuestionario 1, 4 y 5 se analizan a continuación. Su aplicación conlleva el propósito de saber si hubo algún cambio significativo de los 21 participantes del estudio luego de la capacitación ofrecida por los investigadores. Para medir y cuantificar los resultados se utilizó la tabla referente al 0.005 ya que nos ayuda a perfilar y direccionalizar si hubo un cambio determinado en las preguntas referentes.

La pregunta 1 del estudio estuvo dirigida a entender cómo el maestro se caracteriza en su proceso estratégico de enseñanza ante el estudiante. Tenemos que indicar que el taller buscaba fomentar o generar conciencia de la importancia de establecer los siguientes criterios en las aulas de clases: Solución de problemas, persona reflexiva, innovador, explorador de soluciones (Tinkerer), persona atenta, comunicador, creativo, cuestionador educativo, persona resiliente y creador de actividad manuales para los estudiantes (Hand on teacher).

Los datos revelan que únicamente hubo cambio de pensamiento e ideas mediante la premisa de ser una persona reflexiva y resiliente. En las demás premisas no hubo un cambio notable, ya que son características estándar de un maestro que lleva consigo una preparación académica suficiente, conduciendo a la aplicación constante en sus estrategias comunes cómo: solucionar problemas, ser innovador, explorar soluciones innovadoras, ser atento, ser comunicador, ser creativo y ser un cuestionador. Igualmente, tenemos que indicar que el 66% de los participantes tiene seis años o más de experiencia educativa.

De las 11 premisas presentadas en la pregunta 1 del cuestionario hubo dos premisas que lograron concienciar el pensamiento de los maestros de manera distinta. Estas se identificaron en ser una persona reflexiva y ser una persona resiliente en el proceso educativo. Por tanto, la capacitación ofrecida brindó una conciencia de que el proceso de enseñanza estratégica debe conllevar un proceso reflexivo para concentrar los esfuerzos en reponer e identificar las necesidades de los estudiantes y reflexionar en las estrategias positivas que han logrado cambio en los estudiantes.

Tabla 3
Wilcoxon Signed Ranks Test Statistics

En su rol actual como educador/a que grado se visualiza como:

Premisas	Z	Sig. Asimt. (2-colas)
Solucionador/a de problemas	0	1
Persona reflexiva	-0.816	0.414
Innovador/a	-1.508	0.132
Colaborador/a	0	1
Ingenioso/a	-0.277	0.782
Persona atenta	-0.447	0.655

Comunicados/a	0	1
Creador/a	-0.447	0.655
Interrogador/a	-0.378	0.705
Resiliente	-1.414	0.157
Educador/a práctico/a	0	1

La resiliencia es de suma importancia para el maestro en los procesos educativos del siglo 21, ya que es la habilidad de reponerse ante las situaciones y problemas que puede enfrentar durante la trayectoria de enseñanza que pretende transmitir a los estudiantes. Esto quiere decir que el taller profundizó, capacitó y generó conciencia en los maestros para reponerse a los posibles obstáculos y lograr ayudarse a sí mismo durante el proceso y brindar apoyo al estudiante.

La pregunta 4 estuvo dirigida a entender la frecuencia con la cual el maestro incorpora los aspectos metodológicos de las ciencias e ingeniería en sus tópicos o materias de enseñanza en sus clases BDI. En esta pregunta las premisas se identifican de las siguientes maneras: comunicación de explicación, definir problemas, desarrollo y usos de modelos, solución de diseños, análisis e interpretación de datos, formulación de argumentos con evidencia, explicación constructiva, formulación de preguntas y planificación investigativa.

Tabla 4
Wilcoxon Signed Ranks Test Statistics

¿Con qué frecuencia incorpora intencionalmente estos aspectos de ciencia y temas de ingeniería en su enseñanza?

Premisas	Z	Sig. Asimt. (2-colas)
Comunicación de explicaciones	-0.832	0.405
Definición de problemas	-1.431	0.152
Desarrollo y uso de modelos	-0.182	0.856
Diseño de soluciones	-0.722	0.47
Análisis e interpretación de data	-0.277	0.782
Aplicación de conceptos computacionales de matemáticas	0	1
Formulación de un argumento a partir de evidencias	-1.795	0.073
Construcción de explicaciones	-1.414	0.157
Realización de preguntas	-2.309	0.021
Planificación para llevar a cabo investigaciones	-0.237	0.813

Según los resultados del estudio se evidencia un cambio en el entendimiento de la aplicación de las ciencias e ingeniería por parte del maestro mediante la capacitación ofrecida en las siguientes premisas: Comunicación de explicación, definición de problemas, creación de diseños, formulación de argumentos con evidencia, explicación constructiva, formulación de preguntas y planificación investigativa.

En las premisas que conllevaron al desarrollo y usos de modelos, análisis e interpretación de datos y formulación de argumentos con evidencia, no se observó algún cambio de pensamiento del maestro. Este resultado puede entenderse teniendo en cuenta que los maestros tienen conocimientos

previos para la implementación de estas premisas. La mayoría de los participantes son maestros experimentados y llevan más de 3 años en la profesión. Debemos resaltar que la muestra en este estudio de profesionales magisteriales son personas comprometidas y receptivas en adquirir modelos metodológicos de enseñanza, ya que reflejan un interés de abarcar y aprender nuevos conocimientos.

La pregunta 5 se orientó a entender con qué frecuencia introducen o aplican el proceso del lenguaje dual o bilingüismo en las ciencias e ingeniería en sus tópicos de enseñanza. Las premisas presentadas a los docentes fueron las siguientes: estrategias para conectar el inglés con el español, cultura lingüística, vocabulario académico específico y contextual con las ciencias e ingeniería, evaluación del contexto del español y del inglés, instrucción diferenciada adaptada a la enseñanza, prácticas de desarrollo de ambos lenguaje simultáneo y otros elementos de importancia específica.

Tabla 5

Wilcoxon Signed Ranks Test Statistics

¿Como educador/a de educación bilingüe de doble inmersión, con qué frecuencia incorpora intencionalmente estos aspectos de ciencia y temas de ingeniería en su enseñanza?

Premisas	Z	Sig. Asimt. (2-colas)
Estrategias para conectar inglés y al español	-0.663	0.507
Cultura asociada a los hablantes del español	-0.909	0.364
Vocabulario académico en español	-0.188	0.851
Visiones contextualizadas de C&I en países del idioma español	-1.035	0.301
Avalúo del contenido en español	-0.036	0.971
Educación diferenciada/ adaptación de metodologías de la enseñanza de acuerdo con los niveles de destreza del idioma	-0.758	0.449
Prácticas bilingües y alfabetización bilingüe para desarrollar dos idiomas simultáneamente	-1.427	0.154

Los resultados muestran que se observa un cambio en el interés de los maestros luego de la capacitación. Su perspectiva luego de participar del taller fue positiva en las siguientes premisas: estrategias para conectar el inglés con el español, cultura lingüística, contextual con las ciencias e ingeniería, instrucción diferenciada adaptada a la enseñanza, prácticas de desarrollo de ambos lenguajes simultáneos y otros elementos que entiende son de importancia específica. Por tanto, el pensamiento o el conocimiento que tenían cambió y aprendieron sobre otras estrategias del programa BDI luego de la capacitación.

No hubo cambio de perspectiva en solo dos premisas que presentaba la pregunta 6 que fueron: vocabulario académico específico y evaluación del contexto del español. Sobre estas dos premisas, es probable que los maestros tuvieran conocimientos previos de cómo implementar estas estrategias en el salón de clase.

No obstante, los resultados muestran que muchas de las premisas presentadas por los investigadores mostraron resultados positivos o recibieron el interés de los profesores para aprender más sobre el programa de BDI. Los maestros aprendieron elementos que desconocían o mayormente sumaron y utilizaron las capacitaciones ofrecidas por el estudio para conocer la implementación de las ciencias e ingeniería en el ámbito BDI o trabajar ambos lenguajes al mismo tiempo. Experimentaron o adquirieron estrategias que no tenían suficientemente claras y vieron con más interés el aprendizaje de nuevos métodos para ayudar a sus estudiantes. Por tanto, si englobamos las tres preguntas que fueron sometidas al método estadístico de Wilcoxon, hubo un cambio de pensamiento estratégico de enseñanza del maestro en las materias de ciencia e ingeniería en español.

Resultados del Análisis Cualitativo

En esta sección nos enfocamos en las preguntas 6 y 7. La pregunta 6 exploraba: **los recursos necesarios para obtener y lograr una enseñanza efectiva en las materias de ciencias e ingeniería**. El estudio muestra que los maestros expresan los siguientes puntos:

1. Aprender y obtener recursos nuevos e interactivos para lograr captar el interés de los estudiantes y motivarlos durante el proceso de enseñanza.
2. Capacitarse en métodos de enseñanza diferenciada para concentrar los esfuerzos en la particularidad y características procesables del estudiante durante el transcurso del proceso educativo.
3. Aprender y conocer métodos de enseñanza diferenciada utilizando los idiomas inglés y español, para lograr brindar la calidad de estudio al estudiante a base de su lenguaje principal.
4. Tener disponibles materiales didácticos que estén dirigidos al programa de educación bilingüe de doble inmersión en español e inglés, que ayuden al entendimiento y captación del estudiante en especial en la materia de ciencias e ingeniería.
5. Contar con guías educativas estructuradas que ayuden y fortalezcan las estrategias metodológicas del maestro en las clases que conlleven la implementación de ambos idiomas.

Las expresiones del maestro reflejan su interés por aprender y atender sus necesidades metodológicas y estratégicas para implementar mejoras en las aulas de clases en las materias de ciencias e ingeniería en el contexto de la integración de dos idiomas. Esto refleja una inquietud de implementación estratégica efectiva y eficaz en las clases en que se usa el bilingüismo en las escuelas.

En la pregunta 7 exploramos el **cambio de comprensión de prácticas pedagógicas de ciencias e ingeniería en clases de educación bilingüe de doble inmersión**. Esta pregunta varía en el aspecto comprensivo en que se desea adquirir la información de los maestros antes y después de la participación del taller de capacitación. La pregunta se ajusta a la información precisa del sentir del participante antes y después del proceso. A continuación, en la Tabla 6, se presenta un resumen de algunas respuestas de los maestros a las preguntas del estudio.

Tabla 6

¿Cómo espera que su participación en este taller y estudio de investigación cambie su comprensión sobre la	¿Cómo ha cambiado su comprensión de las prácticas de enseñanza de ciencias e ingeniería en la clase
--	---

enseñanza de la ciencia y la ingeniería en sus clases de BDI?	bilingüe y después de asistir a este taller y participar en este estudio de investigación?
Las respuestas de los maestros estuvieron relacionadas con: • Expectativas en que el taller de capacitación pueda ayudarlos a obtener herramientas específicas para ser implementadas en las clases que conlleven ambos idiomas. • Ayuda en la adquisición de elementos estratégicos que puedan utilizar los maestros, para captar la atención de los estudiantes. • Procesos que faciliten la enseñanza en las ciencias e ingeniería en una dinámica más fácil para el entendimiento de los estudiantes de nivel elemental. • Cómo hacer del proceso de enseñanza en las clases de ciencias e ingeniería de manera integradora en modo de aplicación de ambos idiomas. • Aplicación del método de enseñanza diferenciada para ayudar a los estudiantes a que dominen ambos idiomas.	Las respuestas de los maestros estuvieron relacionadas con: • Ayuda a fomentar nuevas estrategias para el maestro que puedan incitar al estudiante a aprender en las clases de ciencias e ingeniería, dentro del programa del bilingüismo. • Toma de consciencia de la importancia de aplicar las estrategias de implementación de ambos idiomas en las clases de ciencias e ingeniería. • Comprensión de la diferencia entre ciencias e ingeniería y la importancia de aplicar ambos idiomas para fomentar la dimensión cultural de los estudiantes. • El taller ha profundizado en el pensamiento del maestro, sobre la importancia de integrar ambos idiomas en los cursos ofrecidos en las aulas de clases ya que es sumamente valioso mantener el elemento cultural del estudiante en el ámbito escolar. • Ha despertado en el maestro la curiosidad por mejorar y perfeccionar sus métodos pedagógicos en las ciencias e ingeniería como base angular para integrar el programa de módulos de enseñanza de dos idiomas.

Hubo un efecto en los pensamientos del maestro en cuanto al proceso del uso del bilingüismo en las clases de ciencias en los niveles educativos elementales. Aprendieron las maneras de aplicar, ejecutar y ser conscientes de que el conocimiento lingüístico parte cultural y de la identidad del estudiante y por ello se debe mantener y fomentar. Esto puede lograrse incentivando el aprendizaje de estrategias que ayuden a la formación del estudiante en lo concerniente al bilingüismo y en especial en las ciencias e ingenierías que son materias centrales en el currículo educativo del sistema público.

Entre los hallazgos, se identificó que las perspectivas de los educadores sobre la educación bilingüe difieren entre los maestros que trabajan en programas BDI en Massachusetts, versus los maestros de la iniciativa bilingüe de PR, el nivel (K-1 y 3-5) y también en su autoidentificación cultural. Esto se confirmó utilizando los repertorios lingüísticos de los educadores (español, inglés, o un método pedagógico translingüístico). Los hallazgos de este estudio apoyan la importancia de la fluidez cultural y lingüística en los salones de clases BDI – en concordancia con los principios de las prácticas pedagógicas fundamentadas en el translenguaje (García & Wei, 2014).

Solo una cuarta parte de los educadores se identificó culturalmente en conexión exclusiva con los Estados Unidos, mientras que la gran mayoría se identificó culturalmente con Puerto Rico u

otro país latinoamericano. Los docentes que se identificaron como puertorriqueños, pese a ser territorio americano, resaltan las tensiones ideológicas alrededor del estatus colonial de la isla, y la identidad de los participantes. Este hallazgo puntualiza la necesidad de desarrollo profesional que reconozca la realidades culturales y políticas de los educadores y estudiantes en programas BDI (Davidson-Hunt & O’Flaherty, 2007, Cobb et al., 2003; Musanti et al., 2011).

Limitaciones

Hay varias limitaciones en este estudio. A pesar de la significancia estadística de los resultados cuantitativos, al ser una muestra pequeña, los hallazgos no pueden ser generalizados. A causa de la pandemia del COVID-19, la carga de trabajo de los docentes (participantes del estudio) se vio impactada substancialmente, ya que estos se vieron en la obligación de adquirir más responsabilidades en poco tiempo, lo que repercutió en una menor disponibilidad y disposición de tiempo. Como estrategia para reducir el impacto en el estudio se procedió a trabajar con métodos de interacciones en línea con los participantes.

Discusión y Conclusión

Para este estudio exploratorio escogimos analizar las perspectivas de los educadores sobre sus propias cualidades como docentes, su confianza para incorporar ciencia e ingeniería en el aula, y sus prácticas bilingües en el contexto de ciencia e ingeniería. En base a esto, resaltamos la necesidad de incorporar los diversos trasfondos culturales y lingüísticos en el desarrollo profesional de docentes de programas de educación bilingües de doble inmersión. Desde una perspectiva pedagógica de sostenibilidad cultural, es indispensable incluir a aquellas personas que viven y trabajan en su comunidad, especialmente educadores (Paris & Alim, 2017). La naturaleza de programas de educación bilingüe de doble inmersión permite acceso equitativo a contenido de ciencia e ingeniería en el idioma meta para educadores y estudiantes multilingües (Alfaro & Bartolomé, 2017; Dorner & Cervantes-Soon, 2020). Tal como nuestros hallazgos sugieren, el desarrollo profesional de los docentes debe expandirse más allá de los recursos tradicionales para practicas pedagógicas en inglés (ej. conocimiento del contenido) para reconocer los bienes culturales de los estudiantes.

Este estudio documentó como los educadores participantes se sintieron más confiados en su habilidad de enseñar lecciones de C&I. Los docentes notaron que se sintieron más cómodos dictando el material de C&I en su idioma principal. Además, reportaron que no habían recibido entrenamiento en la enseñanza bilingüe de C&I en sus programas de preparación de maestros. Ellos también expresaron interés en recibir más recursos instruccionales que se reflejen en sus prácticas pedagógicas centradas en C&I, incluyendo el uso pedagógico del translenguaje. A través del taller y el uso de un currículo de la ciencia investigativa, los profesores participantes tuvieron la oportunidad de desarrollar prácticas pedagógicas para desarrollar la C&I fundamentadas en una manera cultural y lingüísticamente respetuosa de sus estudiantes.

Encontramos que las perspectivas de los docentes BDI varían dependiendo de múltiples factores cómo: el modelo programático en el cual los docentes enseñan, la ubicación, el nivel de grado, y la autoidentificación cultural. Esta interseccionalidad de diversidad se vio reflejada en el uso de distintos repertorios lingüísticos de los educadores, resaltando así la fluidez de idiomas y

culturas en el salón de clases BDI. Solo 25% de los docentes se identificaron provenientes de Estados Unidos, la mayoría identificaron provenir de un país latino americano o Puerto Rico, resaltando pues tensiones acerca del colonialismo y nacionalismo. Por tanto, sugerimos que las capacitaciones profesionales de docente se diseñen tomando en consideración las realidades políticas que circunscriben las vidas de los educadores BDI y sus estudiantes.

Los participantes de este estudio diferencian su instrucción usando prácticas bilingües en español e inglés que fomentan la alfabetización en los dos idiomas. Sin embargo, no tuvieron suficiente tiempo para integrar el tercer pilar de educación bilingüe en su contenido curricular, que es la competencia intercultural y conciencia crítica. Ésta es un área fundamental para futuras capacitaciones profesionales ya que los educadores de los grados más altos reportaron enseñar más ciencia e ingeniería, pero no de una manera que estuviera fundamentada en las realidades culturales de las comunidades de sus estudiantes.

Nuestra investigación subraya la necesidad de que el desarrollo profesional docente se amplíe más allá de las prácticas dominantes en inglés, como el conocimiento del contenido, y que incluya el reconocimiento y la reflexión de los activos culturales de los maestros y los estudiantes. Para llevar a cabo nuestro estudio exploratorio, nos centramos en las perspectivas de los maestros de BDI sobre sus cualidades instruccionales, la integración de prácticas de C&I y las prácticas actuales de programas de BDI en el contexto de las C&I.

A partir de los hallazgos, se identificó que las perspectivas de los maestros de BDI diferían según su modelo y ubicación del programa (educación bilingüe de doble inmersión en el contexto de Massachusetts frente a la iniciativa bilingüe en el contexto de Puerto Rico), su nivel de grado (K-2 frente a los grados 3-5) y su autoidentificación cultural. Esto fue confirmado por el uso de diferentes repertorios lingüísticos de los maestros (es decir, español, inglés y una combinación de múltiples variedades de inglés y de español). Juntos, estos hallazgos también apoyan la fluidez de los idiomas y culturas que pueden presentarse en el aula de BDI, un aspecto importante del enfoque basado en el marco teórico CSP, y piden consideraciones adicionales de prácticas de translenguaje en las aulas de BDI (García & Wei, 2014).

Además, cuando se pidió a los maestros de BDI que se identificaran culturalmente con sus países de origen, solo una cuarta parte de los maestros declararon estar conectados únicamente con los Estados Unidos, mientras que la gran mayoría citó un país de América Latina o Puerto Rico. Este último (selección de Puerto Rico, a pesar de ser un territorio de los Estados Unidos) destaca las tensiones existentes en torno a la colonización, el nacionalismo y la extranjería perpetua de estos maestros de BDI que operan en fronteras físicas y metafóricas. Este hallazgo señala la necesidad de considerar sensibilidades situadas (Cobb et al., 2003; Musanti et al., 2011) y “sensibilidades basadas en el lugar” (Davidson-Hunt & O’Flaherty, 2007) en los programas de desarrollo profesional docente (PDPD) que reconozcan las realidades complejas y políticas de los maestros y estudiantes de BDI.

En cuanto a los temas de C&I, todos los profesores BDI reconocieron entender los principios de las prácticas de C&I en los diferentes niveles de grado, pero reconocieron que rara vez tienen la oportunidad de incorporar contenido cultural o lingüístico en estos materiales. Además, esta discrepancia parecía ser más pronunciada por nivel de grado y ubicación. Por ejemplo, en K-2, los profesores de BDI de Massachusetts abordaron más temas de C&I en comparación con los profesores de BDI de Puerto Rico. Si bien ciertamente menos temas abordados no se traducen necesariamente en menos oportunidades de enseñanza y aprendizaje para los estudiantes, implica un énfasis curricular diferencial o una menor alineación con los estándares, como NGSS para la cohorte de Puerto Rico. Vale la pena recordar que el marco curricular de Massachusetts para

ciencia, tecnología e ingeniería es una adaptación de NGSS, incluyendo el texto que se basa en los apéndices de NGSS (Massachusetts DESE, 2016). Como tal, los maestros en Massachusetts pueden haber tenido una exposición más prolongada al proceso de integración de estándares NGSS. Puede ser, sin embargo, que existan diferencias en los materiales y recursos disponibles para los dos modelos de programa.

Esto se evidenció en cómo los profesores de BDI de Puerto Rico se refirieron continuamente a la necesidad de una mayor integración de la cultura con la instrucción del idioma asociado en comparación con los profesores de BDI de Massachusetts, que comunicaron la necesidad de más materiales traducidos al español. No obstante, las diferencias entre los dos modelos de programa apuntan a la necesidad de un desarrollo profesional más individualizado y contextualizado para los profesores de BDI, situado en sus modelos de programa, realidades culturales híbridas y contextos profesionales (Cobb et al., 2003; Musanti et al., 2011). CSP postula que las condiciones de vida y trabajo deben situarse abriendo nuevas formas arraigadas de pensar sobre la educación y formas de fomentar y sostener tanto a los maestros como a los estudiantes en el proceso (Paris & Alim, 2017). Estas formas arraigadas de pensar no pueden ocurrir sin comprender más profundamente las realidades culturales y políticas en las que se encuentran estos profesionales.

Entre las prácticas de BDI existentes, los profesores afirmaron que diferenciaban la instrucción y adaptaban sus métodos de enseñanza a los niveles de competencia lingüística de sus estudiantes. También reconocieron su inclusión de prácticas bilingües y literacidad tanto en inglés como en español simultáneamente. Estos dos hallazgos se corresponden con los primeros dos pilares de la educación bilingüe, pero no con el tercero (competencia intercultural y conciencia crítica) (Howard et al., 2018; Taju Educational Solutions, 2020). Este último señala un área crítica para el futuro PDPD de los profesores de BDI en que estos pilares no pueden ser enseñados sin el tiempo suficiente para crear contenido curricular que refleje los múltiples activos de los profesores (Paris & Alim, 2017; Cobb et al., 2003; Musanti et al., 2011).

Este estudio recomienda que las capacitaciones profesionales para educadores BDI se enfoquen en la integración de competencia intercultural y conciencia crítica con contenido curricular. Los hallazgos sugieren que se reconsidere el uso de materiales que perpetúan la perspectiva monolingüe del rendimiento académico, y promover el uso de prácticas pedagógicas bilingüe y multiculturales en la enseñanza de C&I. Además, se debe apoyar a los docentes a incorporar más materiales C&I contextualizado a la cultura de sus estudiantes. Este estudio hace un llamado a reflexionar sobre alternativas para reconocer el capital social y cultural que poseen los educadores BDI, y sobre todo valorar las voces y experiencias de estos docentes.

Se recomienda que los futuros PDPD para los maestros en servicio se centren más intencionalmente en este aspecto de la educación BDI. En conjunto, los hallazgos de este estudio exploratorio señalan dos consideraciones importantes. Primero, para fomentar y apoyar el desarrollo profesional de los maestros de BDI se debe reconsiderar críticamente la creación de materiales y prácticas que reintroduzcan las visiones dominantes del rendimiento académico en C&I. En segundo lugar, encontramos que los maestros de K-2 reportaron estar igualmente atentos a C&I en comparación con los maestros de niveles superiores, pero estos mismos maestros informaron una menor formación profesional en temas de C&I en este nivel. Ambos niveles también confirmaron la necesidad de presentar materiales culturalmente contextualizados en sus temas de C&I.

Este hallazgo revela una necesidad de formación profesional adicional para los maestros de BDI de primaria para fomentar y mantener C&I en estos programas conectados con sus lenguas y

culturas de origen. Como sugieren Paris y Alim (2017), no es suficiente fomentar estas prácticas fundamentadas en el conocimiento previo de los alumnos, sino que también necesitamos mantener el pluralismo lingüístico y cultural como parte de la educación para la transformación social positiva. En resumen, hacemos un llamado a diseñar modelos de desarrollo profesional de BDI donde los maestros son vistos como profesionales con fondos de conocimiento en lugar de ser vistos desde una perspectiva de déficit. Está claro a partir de nuestros hallazgos que los maestros están especialmente atentos a las necesidades y realidades de su aula y, como tal, hacemos un llamado a modelos e iniciativas de desarrollo profesional que consideren la creación de programas que aprovechen las voces y experiencias de estos maestros bilingües.

Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a los participantes docentes, quienes trabajan incansablemente en programas bilingües de doble inmersión, integrando ciencia e ingeniería en el aprendizaje de dos idiomas. Estamos agradecidos por las valiosas sugerencias y comentarios de los revisores anónimos. Agradecemos al Dr. Daniel Toro González por su consultoría y revisión lingüística, que han mejorado significativamente la calidad y claridad de nuestro manuscrito en su fase final. Este trabajo fue apoyado por el Premio NSF # 1814258 y 2128479, consulte el enlace https://www.nsf.gov/awardsearch/showAward?AWD_ID=1814258&HistoricalAwards=false y https://www.nsf.gov/awardsearch/showAward?AWD_ID=2128479&HistoricalAwards=false. Cualquier opinión, hallazgo, conclusión o recomendación expresada en este material son responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan las opiniones de la Fundación Nacional de Ciencias (National Science Foundation o NSF por su acrónimo en inglés).

Referencias

- Alfaro, C., & Bartolomé, L. (2017). Preparing ideologically clear bilingual teachers: Honoring working-class non-standard language use in the bilingual education classroom. *Issues in Teacher Education*, 26(2), 11-34.
- Alim, S. H., Paris, D., & Wong, C. P. (2020). Culturally sustaining pedagogy: A critical framework for centering communities. In N. S. Nasir, C. D. Lee, R. Pea, & M. McKinney de Royston (Eds.), *Handbook of the Cultural Foundations of Learning* (pp. 261-276). Routledge.
- Aquino-Sterling, C. R. (2016). Responding to the call: Developing and assessing pedagogical Spanish competencies in bilingual teacher education. *Bilingual Research Journal*, 39(1), 50-68. <https://doi.org/10.1080/15235882.2016.1139519>
- Aguirre-Muñoz, Z. & Pando, M. (2021). Conceptualizing STEM teacher professional knowledge for teaching ELs: Initial impact of subject matter and disciplinary literacy PD on content knowledge and practice. *Bilingual Research Journal*, 44(3), 335-359. <https://doi.org/10.1080/15235882.2021.1970654>
- Babaci-Wilhite, Z. (2019). Educational tools to teach STEAM subjects integrating linguistic rights, collaboration, and critical thinking. In Z. Babaci-Wilhite (Ed.), *Promoting Language and STEAM as Human Rights in Education: Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics*, 3-15. https://doi.org/10.1007/978-981-13-2880-0_1
- Cervantes-Soon, C. G. (2014). A critical look at dual language immersion in the new Latin@ diaspora. *Bilingual Research Journal*, 37(1), 64–82. <https://doi.org/10.1080/15235882.2014.893267>
- Chávez-Moreno, L. C. (2019). Researching Latinxs, racism, and white supremacy in bilingual education: A literature review. *Critical Inquiry in Language Studies*, 17(2), 101–120. <https://doi.org/10.1080/15427587.2019.1624966>
- Cobb, P., McClain, K., deSilva Lamberg, T., & Dean, C. (2003). Situating teachers' instructional practices in the institutional setting of the school and district. *Educational Researcher*, 32(6), 13–24. <https://doi.org/10.3102/0013189X032006013>
- Creswell, J. W. (2014). *Research design. Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. SAGE Publications, Inc.
- Creswell, J. W., & Plano, C. V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). SAGE Publications, Inc.
- Davidson-Hunt, I. J., & O'Flaherty, R. M. (2007). Researchers, Indigenous peoples, and place-based learning communities. *Society and Natural Resources*, 20(4), 291-305. <https://doi.org/10.1080/08941920601161312>
- Disdier, O.M., & Cruz, L. (2019). Anuario estadístico del sistema educativo: 2015-2016. *Instituto de Estadísticas de Puerto Rico*. Obtenido de www.estadisticas.pr
- Di Stefano, M., Esquinca, A., & Villanueva Alarcón, I., (Eds.) (2023). *Integrando STEAM: A Guide for elementary bilingual and dual language programs*. Velázquez Press.
- Di Stefano, M., Villanueva, I., Esquinca, A. (2022a). Reconceptualizing bilingual/dual-language teacher education to promote disciplinary biliteracies in STEM. In C.R. Aquino-Sterling, M. Gort, & B.B. Flores (Eds.), *Innovating Curricular & Pedagogical Designs in Bilingual Teacher Education: Bridging the Distance with P-12 Contexts* (pp. 35-50).
- Di Stefano, M., Villanueva Alarcón, I., McEneaney, E., Marte Zorrilla, E., Esquinca, A. (2022b). Exploring bilingual and dual language teachers' perspectives on asset-based professional development in science and engineering. *Bilingual Research Journal*, 45(2), 222-241. <https://doi.org/10.1080/15235882.2022.2118195>

- Dorner, L. M., & Cervantes-Soon, C. G. (2020). Equity for students learning English in dual language bilingual education: Persistent challenges and promising practices. *TESOL Quarterly*, 54(3), 535-547. <https://doi.org/10.1002/tesq.599>
- Esquinca, A., de la Piedra, M. T., & Herrera-Rocha, L. (2021). Engineering design in dual language: How teachers leveraged biliteracy practices to add engineering disciplinary literacy practices, *Bilingual Research Journal*, 44(3), 298-317. <https://doi.org/10.1080/15235882.2021.1970655>
- García, E. (1991). The education of linguistically and culturally diverse students: Effective instructional practices. *National Center for Research on Cultural Diversity and Second Language Learning*. University of California.
- García, O., & Wei, L. (2014). *Translanguaging: Language, bilingualism and education*. Palgrave Macmillan.
- Glesne, C. (2011). *Becoming qualitative researchers* (4th ed.). Pearson Education.
- Guerrero, M., & Guerrero, M. (2009). El (sub) desarrollo del español académico entre los maestros bilingües: ¿Cuestión de poder? *Journal of Latinos and Education*, 8(1), 55-66. <http://dx.doi.org/10.1080/15348430802466795>
- Guerrero, M., & Lachance, J. (2018). *The national dual language education teacher preparation standards*. Dual Language Education of New Mexico/ Fuente Press.
- Henderson, K. I., & Palmer, D. K. (2020) *Dual language bilingual education. Teacher cases and perspectives on large-scale implementation*. Multilingual Matters
- Hornberger, N. H. (1989). Continua of biliteracy. *Review of Educational Research*, 59(3), 271–296. <https://doi.org/10.3102/00346543059003271>
- Howard, E. R., Lindholm-Leary, K. J., Rogers, D., Olague, N., Medina, J., Kennedy, D., Sugarman, J., & Christian, D. (2018). *Guiding principles for dual language education* (3rd ed.). Center for Applied Linguistics.
- Hughes, B. S., Corrigan, M. W., Grove, D., Andersen, S. B., & Wong, J. T. (2022). Integrating arts with STEM and leading with STEAM to increase science learning with equity for emerging bilingual learners in the United States. *International Journal of STEM Education*, 9(1), 1-19. <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00375-7>
- Johnson, N. H., & Atwater, M. M. (2014). The impact of beliefs and actions on the infusion of culturally relevant pedagogy in science teacher education. In M. M. Atwater, M. L. Russell, & M. L. Butler (Eds.), *Multicultural Science Education Preparing Teachers for Equity and Social Justice* (pp. 81-102). Springer.
- Jones, A. (2014). Bilingual education as a professional responsibility for public schools and universities. In D. E. Mitchell & R. K. Ream (Eds.), *Professional Responsibility: The Fundamental Issue in Education and Health Care Reform* (pp. 247-261). Springer International Publishing.
- Lindholm-Leary, K., & Genesee, F. (2010). Alternative educational programs for English learners. In C. D. O. Education (Ed.), *Improving education for English learners: Research-based approaches* (pp. 323–382). Hippocrene Books.
- Luke, A. (1991). Literacies as social practices. *English Education*, 23(3), 131-147.
- Luke, A. (1997). Critical approaches to literacy. In V. Edwards & D. Corson (Eds.), *Encyclopedia of language and education* (pp. 143–151). Kluwer Academic Publishers.
- Martínez, R. A., Hikida, M., & Durán, L. (2015). Unpacking ideologies of linguistic purism: How dual language teachers make sense of everyday translanguaging. *International Multilingual Research Journal*, 9(1), 26–42. <https://doi.org/10.1080/19313152.2014.977712>

- Massachusetts Department of Elementary and Secondary Education (2022). *2022-23 Enrollment by Race/Gender Report (District)*.
<https://profiles.doe.mass.edu/statereport/enrollmentbyracegender.aspx>
- Mejía, J., Revelo, R., Villanueva, I., & Mejia, J. (2018). Critical theoretical frameworks in engineering education: An anti-deficit and liberative approach. *Education Sciences*, 8(4), 158. <https://doi.org/10.3390/educsci8040158>
- Musanti, S. I., Marshall, M., Ceballos, K., & Celedón-Pattichis, S. (2011). Situating mathematics professional development: A bilingual teacher and researchers' collaboration. In K. Téllez, J. Moschkovich, & M. Civil (Eds.), *Latinos and Mathematics: Research on Learning and Teaching in Classrooms and Communities* (pp. 215-232). Information Age Publishing.
- Nieto, S. (2009). Multicultural education in the United States: Historical realities, ongoing challenges, and transformative possibilities. In J. A. Banks (Ed.), *The Routledge international companion to multicultural education* (pp. 79-95). Routledge.
- Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). (2019). *PISA 2018 results (Volume I): What students know and can do*. OECD. <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>
- Palmer, D. K., Martínez, R. A., Mateus, S. G., & Henderson, K. (2014). Reframing the debate on language separation: Toward a vision for translanguaging pedagogies in the dual language classroom. *The Modern Language Journal*, 98(3), 757-772.
<https://doi.org/10.1111/modl.12121>
- Paris, D., & Alim, H. S. (2017). *Culturally sustaining pedagogies: Teaching and learning for justice in a changing world*. Teachers College Press.
- Paris, D., & Alim, H. S. (2014). What are we seeking to sustain through culturally sustaining pedagogy? A loving critique forward. *Harvard Educational Review*, 84(1), 85-100.
<https://doi.org/10.17763/haer.84.1.9821873k2ht16m77>
- Puerto Rico Department of Education (PRDE). (2017). *Consolidated state plan. The elementary and secondary education act of 1965, as amended by the Every Student Succeeds Act*. Retrieved from <https://de.pr.gov/>
- Saldaña, J. (2016) *The coding manual for qualitative researchers*. SAGE Publications, Inc.
- Sánchez, M. T., García, O., & Solorza, C. (2018). Reframing language allocation policy in dual language bilingual education. *Bilingual Research Journal*, 41(1), 37-51.
<https://doi.org/10.1080/15235882.2017.1405098>
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Street, B. (1984). *Literacy in theory and practice*. Cambridge University Press.
- Street, B. (Ed.). (1993). *Cross-cultural approaches to literacy*. Cambridge University Press.
- Vakil, S., & Ayers, R. (2019). The racial politics of STEM education in the USA: Interrogations and explorations. *Race, Ethnicity and Education*, 22(4), 449-458.
<https://doi.org/10.1080/13613324.2019.1592831>
- Valdez, V. E., Delavan, G., & Freire, J. A. (2016). The marketing of dual language education policy in Utah print media. *Educational Policy*, 30(6), 849-883.
<https://doi.org/10.1177/0895904814556750>
- Woolard, K. A. (1998). Introduction: Language ideology as a field of inquiry. In B. Schieffelin, K. Woolard, & P. Kroskrity (Eds.), *Language ideologies: Practice and theory* (pp. 3-47). Oxford University Press.
- Woolard, K. A., & Schieffelin, B. B. (1998). Language ideology. *Annual Review of Anthropology*, 23(1), 55-82. <https://doi.org/10.1146/annurev.an.23.100194.000415>