

Lenguaje, bilingüismo y alfabetización

Estudios de neuroimagen funcional con tecnologías portables en comunidades rurales o en situación de vulnerabilidad del estado de Puebla.



Maria Fernanda Arellano Curiel



PUEBLA
Un gobierno *presente*



Secretaría
de Educación

CONCYTEP
Consejo de Ciencia
y Tecnología del Estado
de Puebla

Lenguaje, bilingüismo y alfabetización

Estudios de neuroimagen funcional con tecnologías portables en comunidades rurales o en situación de vulnerabilidad del estado de Puebla

Maria Fernanda Arellano Curiel

Correo de correspondencia: mfac.phd@gmail.com

Lenguaje, bilingüismo y alfabetización

Estudios de neuroimagen funcional con tecnologías portables en comunidades rurales o en situación de vulnerabilidad del estado de Puebla.

Maria Fernanda Arellano Curiel

Citación sugerida: Arellano, M.F. (2023). Lenguaje, bilingüismo y alfabetización. Estudios de neuroimagen funcional con tecnologías portables en comunidades rurales o en situación de vulnerabilidad del estado de Puebla. Puebla, México: Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla (CONCYTEP).

Lenguaje, bilingüismo y alfabetización

Estudios de neuroimagen funcional con tecnologías portables en comunidades rurales o en situación de vulnerabilidad del estado de Puebla.

Las opiniones vertidas en el presente documento son responsabilidad única de las y los autores, y no representa la postura de la institución que edita.

Maria Fernanda Arellano Curiel

Sergio Salomón Céspedes Peregrina

Gobernador Constitucional del Estado de Puebla

Javier Aquino Limón

Secretario de Gobernación del Estado de Puebla

Gabriela Bonilla Parada

Presidenta del Sistema Estatal para el
Desarrollo Integral de la Familia

María Isabel Merlo Talavera

Secretaria de Educación del Estado de Puebla

Eduardo Castillo López

Presidente de la Junta de Gobierno y Coordinación Política
del H. Congreso del Estado Libre y Soberano de Puebla

Margarita Gayosso Ponce

Presidenta del Tribunal Superior de Justicia del Estado de
Puebla

Victoriano Gabriel Covarrubias Salvatori

Director General del Consejo de Ciencia y Tecnología
del Estado de Puebla

Luis Gerardo Aguirre Rodríguez

Responsable del Área de Publicaciones

Eduardo Jáuregui Sainz de Rozas

Frida Tenorio Espinosa

Jesús Iglesias Castelán

Corrección de estilo

Laura Alejandra Fernández Gutiérrez

Diseño editorial y de portada

Primera edición, México, 2023

Publicado por el Consejo de Ciencia y Tecnología de Puebla
(CONCYTEP) B Poniente de La 16 de Sept. 4511,
Col. Huexotitla, 72534. Puebla, Pue.

ISBN: 978-607-8901-73-9

CÓDIGO IDENTIFICADOR CONCYTEP: C-L-2023-09-125

La información contenida en este documento puede ser reproducida total
o parcialmente por cualquier medio, indicando los créditos
y las fuentes de origen respectivas.

Maria Fernanda Arellano Curiel

Autora

Índice

<i>Agradecimientos</i>	1
<i>Abstract</i>	3
<i>Resumen</i>	4
Capítulo 1	7
Introducción	7
Capítulo 2	11
Brechas estructurales.....	11
Capítulo 3	13
Capas de vulnerabilidad	13
Capítulo 4	16
Rezago educativo y analfabetismo	16
Capítulo 5	18
Lenguaje, lengua y bilingüismo.....	18
Capítulo 6	21
Contexto educativo de la población indígena en Puebla.....	21
Capítulo 7	25
Empoderamiento de los pueblos indígenas en la investigación	25
Capítulo 8	28
Políticas públicas, utilidad y ética	28
Capítulo 9	33
Neurociencia para diseños basados en evidencia.....	33
Capítulo 10	36
Conceptos relevantes de las neurociencias	36
Capítulo 11	42
Evaluación neurocognitiva	42
Capítulo 12	46
Infraestructura a partir de ecosistemas escalables y sostenibles	46
Familia	47
Escuelas-laboratorio	47
Personas pertenecientes al sector gubernamental	48
Apropiación social del conocimiento	49
Capítulo 13	51
Consideraciones para el desarrollo de protocolos de investigación en la Sierra Norte del estado de Puebla	51
Objetivo general	51
Selección del equipo académico.....	52
Aprobación ética y presupuestal con las instancias locales	53
Selección de la muestra de estudio.....	54
Apropiación social del conocimiento	54

Diseño experimental.....	56
Selección de los instrumentos de evaluación.....	57
Equipo tecnológico	57
Tareas experimentales	58
Procedimiento para la recolección, preprocesamiento y análisis de los datos.....	58
Plan de la difusión y socialización de resultados.....	59
Conclusiones	61
Referencias	64
Lista de figuras	78
Semblanza	79

Agradecimientos

El desarrollo del presente documento es el resultado del diálogo y la disposición de un número importante de personas cuyo interés en las humanidades, la ciencia, la tecnología y la innovación (HCTI), con una perspectiva social, ha marcado su trayectoria profesional. En primer lugar, al Dr. Victoriano Gabriel Covarrubias Salvatori, director general del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla (CONCYTEP), así como a todas y todos sus colaboradores, por sumar esfuerzos para contribuir en el desarrollo de soluciones a problemáticas prioritarias a partir de la investigación en HCTI.

Al Dr. Edmundo Antonio Gutiérrez Domínguez, director general del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) y a sus colaboradores, el Dr. Daniel Durini Romero, la Dra. Patricia Guzmán y el Dr. Carlos Alberto Reyes García, cuyo trabajo, en este centro de investigación público, refleja su interés para mantenerse a la vanguardia tecnológica y en la apropiación social del conocimiento (ASC) para el desarrollo del bienestar social.

A la Dra. Karla Rubio Nava, directora del Laboratorio Internacional EPIGEN, y a la Mtra. Mirta Isabel Figueroa Fernández, directora del Centro universitario de Participación Social (CUPS) de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, cuyos comentarios, orientación y experiencia permitieron enfocar y delimitar el alcance de esta propuesta inicial.

A la Mtra. Andrea González, directora general de la asociación Talokan México, por permitirme visitar las casas de lectura ubicadas en la Sierra Norte del estado de Puebla y conocer su propuesta comunitaria, así como las principales problemáticas de la zona detectadas.

Al Dr. José Luis Flores Guerrero, investigador de la University College London y docente de Universidad de la Salud del Estado de Puebla, por su experiencia e iniciativa en la divulgación de la ciencia desde una perspectiva internacional, cuya aplicación se fundamenta en ejes regionalizados y colaboraciones multidisciplinarias.

Al Dr. Cristian Zaelzer, miembro de la Universidad de McGill y de la Universidad de Concordia, así como presidente de la organización Convergence, por su propuesta en la integración de disciplinas científicas como visuales y en las potencialidades de América Latina como referente para el desarrollo de la divulgación y la ASC.

A la Dra. Kaja Jasinska del laboratorio BOLD en la Universidad de Toronto, quien ha realizado importantes contribuciones al estudio del bilingüismo y la alfabetización utilizando tecnologías de neuroimagen portables en comunidades rurales en África Subsahariana, y a Brian Kalakula, encargado del desarrollo de colaboraciones de investigación del Instituto de Ontario para Estudios en Educación de la misma universidad, por sus comentarios y retroalimentación en el desarrollo de colaboraciones interinstitucionales de carácter internacional.

Al Mtro. Macario Lauro Bautista Ramírez, director de Investigación y Posgrado de la Universidad Intercultural del Estado de Puebla, así como a la Dra. Nancy Elizabeth Wence Partida, coordinadora de la Maestría en Ambientes Interculturales de Aprendizaje, cuya retroalimentación permitió vislumbrar algunas formas de vinculación inicial a nivel interinstitucional, tanto nacional como internacional, en materia de mesas de diálogo sobre educación indígena y bilingüismo.

Finalmente, de forma personal a mi familia, que gracias a su apoyo incondicional he podido alcanzar cada uno de mis objetivos. Las palabras no son suficientes para describir su relevancia en mi vida.

Abstract

In Puebla, illiteracy and school dropout rates are higher than the national average. This has high and direct implications for people in terms of income, security, and well-being and at social level, in terms of employability and economic growth, and equity. This document analyzes the relevance and feasibility of developing neuroimaging studies with portable technologies in rural or vulnerable communities in Puebla. This type of technology has provided valuable contributions to the neural bases of a complex cognitive process such as literacy. Since this is a difficult object of study, the analysis draws diverse areas of study but does not exhaustively analyze specific schools of thought since its objective is to provide an overview to culminate with a series of considerations for the development of research protocols in the Sierra Norte of the state of Puebla. The axes of this proposal are the initiatives for the resolution of educational and public health problems that respond at the international level to target 4.6.1. of the goal four of the SDGs, at the national level to the vision and justification of the National Reading Strategy Pronaces-Education and the Pronaii oriented to promoting literacy as a strategy for social inclusion. At the state level, the sectorized program of the state Ministry of Education in terms of reducing inequalities, and the institutional plan of Council of Science and Technology of the State of Puebla (CONCYTEP) in strategies one, three, and the cross-cutting strategy of Indigenous People. Finally, it is hoped that this document will open reflections on the design of public policies and government programs that will promote the linkage and collaboration of key local, national, and international actors in favor of the state of Puebla and its citizens.

Keywords: Language, bilingualism, literacy, fNIRS, research protocol

Resumen

En Puebla, las cifras de analfabetismo y deserción escolar son mayores que la media nacional, teniendo implicaciones altas y directas en las personas en cuanto al ingreso, su seguridad y bienestar, mientras que a nivel social en términos de empleabilidad, crecimiento económico y equidad. En este documento se analiza la pertinencia y la viabilidad de desarrollar estudios de neuroimagen funcional con tecnologías portables en comunidades rurales o en situación de vulnerabilidad del estado de Puebla. Este tipo de tecnologías han brindado aportes valiosos sobre las bases neuronales de un proceso cognitivo complejo como el de la alfabetización, siendo este un objeto de estudio difícil. El análisis se nutre de diversas áreas de estudio, pero no analiza de forma exhaustiva escuelas de pensamiento específicas, ya que su objetivo es brindar una visión general para culminar con una serie de consideraciones para el desarrollo de protocolos de investigación en la Sierra Norte del estado de Puebla. Los ejes de esta propuesta son las iniciativas para la resolución de problemas educativos y de salud pública que responden a nivel internacional a la meta 4.6.1. del objetivo cuatro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). A nivel nacional se insertan en la visión y justificación de la Estrategia Nacional de Lectura PRONACES-Educación y los PRONAI, programas orientados al fomento de la lectoescritura como estrategia para la inclusión social. A nivel estatal, se apegan al programa sectorizado de la Secretaría de Educación estatal en materia de la disminución de las desigualdades y al plan institucional del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla (CONCYTEP), en la estrategia uno, tres y la transversal de Pueblos Originarios. Finalmente, se espera que este documento aperture reflexiones para el diseño de políticas públicas y programas de gobierno que permitan promover la vinculación y colaboración de actores clave locales, nacionales e internacionales en favor del estado de Puebla y de sus ciudadanas y ciudadanos.

Palabras clave : Lenguaje, bilingüismo, alfabetización, fNIRS, protocolo de investigación



Figura 1
Nube de palabras clave

“Puesto que las guerras nacen en la mente de los hombres y las mujeres, es en la mente de los hombres y las mujeres donde deben erigirse los baluartes de la paz”

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO)

Capítulo 1

Introducción

El alfabetismo es un conocimiento básico (Real Academia Española [RAE], 2023) que permite a las personas acceder a la movilidad social, reducir condiciones de pobreza y llevar vidas saludables, productivas y satisfactorias. Los costos que genera no tener esta habilidad son altos y directos en el ingreso, la seguridad y el bienestar a nivel individual; mientras que, a nivel social, repercute en términos de empleabilidad, crecimiento económico y equidad. En Puebla, la población en condición de analfabetismo es de un 6.6%, siendo mayor a la media nacional que es de 4.6%, por lo que el estado se posiciona en el quinto lugar con esta problemática (Camarillo López, 2022; Centro Universitario de Participación Social [CUPS] y Benemérita Universidad Autónoma de Puebla [BUAP], 2022; De la Rosa Priego, 2021).

En este sentido, México se ha sumado al esfuerzo internacional de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en el 2015. El objetivo cuatro, destinado a la educación, establece “garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos” (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], 2017, p. 4). Adicionalmente, en su punto 4.5 refiere garantizar el acceso a la educación a población en condición de vulnerabilidad, por ejemplo, personas con discapacidad, pueblos indígenas o en condiciones de pobreza, por mencionar algunos. También en el punto 4.6 señala la necesidad de generar competencias de alfabetización (lectura, escritura y aritmética) en jóvenes y personas adultas (UNESCO, 2017, p. 4).

En México se ha establecido al analfabetismo como una problemática prioritaria en el Programa Nacional Estratégico de Educación (PRONACES-Educación) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT, 2022), actualmente Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT). Este forma parte de la Estrategia Nacional de Lectura, y de forma específica ha marcado la visión que dirigen los Proyectos Nacionales de Investigación e Incidencia (PRONAI), orientados al fomento de la lectoescritura como estrategia para la inclusión social (CONAHCYT, 2021).

En el estado de Puebla, los esfuerzos se han dirigido por lo establecido en el Plan Estatal de Desarrollo, particularmente en el programa sectorizado a la Secretaría de Educación en materia de la disminución de las desigualdades. En este último, el

Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla (CONCYTEP, 2019) contribuye con su plan institucional con la estrategia “Impulsar la formación integral del factor humano en humanidades, ciencia, tecnología e investigación” con la línea de acción “1. Impulsar programas y proyectos sobre ciencia, tecnología y humanística en las zonas de mayor vulnerabilidad” y “4. Sensibilizar a docentes para apoyarse en pedagogías efectivas, a través de la cultura Maker y disciplinas STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemáticas)” (pp. 40-41).

También esta institución colabora con la estrategia tres “Vincular el conocimiento con la sociedad para disminuir las desigualdades”, la línea de acción “1. Vincular a los investigadores con el sector público, productivo, científico y académico mediante el establecimiento de convenios de colaboración”, y la línea de acción “2. Vincular la ciencia con la sociedad mediante la generación y transferencia del conocimiento y su aplicación en las 32 regiones del estado”. Adicionalmente, aporta la estrategia transversal de Pueblos Originarios en su línea de acción “1. Impulsar proyectos de investigación de interculturalidad, migración y lengua materna” (CONCYTEP, 2019, pp. 43-44).

Dada la complejidad de la problemática, las intervenciones que se desarrollarán a partir de iniciativas públicas y privadas, por comunidades locales, nacionales e internacionales, pueden y deben retomar los avances metodológicos y tecnológicos aplicados en diversos contextos. Sin embargo, es necesario que se generen herramientas *ad-hoc*¹ para guiar y medir la implementación de dichas intervenciones, traducidas a programas de prevención e intervención basadas en evidencia, con el objetivo de que se respalde su sostenibilidad y se prevengan posibles resultados negativos (National Research Council et al., 2015).

Los estudios de neuroimagen funcional con tecnologías portables son herramientas innovadoras y complementarias que han brindado información relevante en problemas educativos y de salud pública. No obstante, son pocos los estudios generados en el contexto mexicano y, especialmente, en grupos con condiciones de vulnerabilidad y problemáticas asociadas al analfabetismo. En este sentido, parece un trabajo pendiente el regionalizar el avance de las diversas disciplinas que utilizan estas herramientas tecnológicas para coadyuvar en estrategias que puedan ser utilizadas en contextos y poblaciones específicas como las que se encuentran en el estado de Puebla.

Por lo anterior, este documento se ha nutrido de propuestas teóricas y metodológicas de diversas áreas de estudio, pero no analiza de forma exhaustiva escuelas de pensamiento específicas, ya que busca brindar una visión general. Es por ello

1 (2022, octubre 18). *ad hoc* | Definición | Diccionario de la lengua española | RAE - ASALE. Se recuperó el octubre 20, 2022 de <https://dle.rae.es/ad%20hoc>

que además incluye ejemplos de algunas investigaciones en diversos contextos y se exponen características particulares del estado de Puebla que invitan a la reflexión. Subsecuentemente, el material está conformado por 15 capítulos. El primero contempla esta breve introducción para continuar con el capítulo 2 “Brechas estructurales” que aborda, de forma inicial, conceptos como pobreza, desigualdad y brechas estructurales.

El capítulo 3 “Capas de vulnerabilidad” incluye la propuesta establecida por Florencia Luna (2021), con respecto al análisis de la vulnerabilidad mediante capas, y la propuesta de Burghard y colaboradores (2017) asociada a la “vulnerabilidad pedagógica”. En el capítulo 4 “Rezago educativo y analfabetismo” se analizan y describen dichas problemáticas además de retomar algunas cifras publicadas por el Consejo Nacional de Población (2021) y del Instituto de Estadística de la UNESCO (2022).

En el capítulo 5 “Lenguaje, lengua y bilingüismo” se revisan estos conceptos, así como el de “habla, dialecto e idioma”, y se enfatiza la necesidad de una visión interdisciplinar para la aproximación y estudio de los mismos. Adicionalmente, se incluye de forma breve aspectos asociados a las familias lingüísticas de las lenguas indígenas en México y la relevancia del bilingüismo en el estudio del alfabetismo desde las neurociencias.

En el capítulo 6 “Contexto educativo de la población indígena en Puebla” se retoman datos sobre la población en condición de analfabetismo y rezago educativo en el estado, y se relacionan estos aspectos con la presencia de lenguas indígenas. Se señalan las variantes lingüísticas con mayor presencia en el estado, siendo la familia Yuto-nahua y Totonaco-tepehua, y se retoma el estudio de Bosco (2017) con respecto a la brecha de aprendizajes entre comunidades indígenas y no indígenas.

En el capítulo 7 “Empoderamiento de los pueblos indígenas en la investigación” se analiza la relevancia de la participación activa de las comunidades involucradas en el objetivo de entretejer su cosmovisión con los aportes del conocimiento científico y la innovación tecnológica, para generar puntos de encuentro, cuyo propósito máximo debe ser contribuir a la resolución de sus necesidades y preocupaciones, así como en su bienestar.

En el capítulo 8 “Políticas públicas, utilidad y ética” se abordan de forma general la Ley General de Educación, Ley General de los Derechos de las Niñas, Niños y Adolescentes, y la Ley General de Derechos Lingüísticos de los Pueblos Indígenas. Posteriormente, se describe el concepto de “utilidad” aplicado a los aportes basados en ciencia para el diseño de políticas públicas propuesto por Lipina y Álvarez González (2011). Finalmente, se incluyen los principios para

el trabajo con las comunidades indígenas de la Organización Panamericana de la Salud.

En el capítulo 9 “Neurociencia para diseños basados en evidencia” se retoma la Aplicación de las Neurociencias en Políticas Públicas también por Lipina y Álvarez González (2011), y se introduce el concepto perspectiva interseccional formalizado por Crenshaw (1989) con la visión de tomar en consideración convenciones sistémicas más amplias en dichas aplicaciones y diseños.

En el capítulo 10 “Conceptos relevantes de las neurociencias” se aborda de forma breve aspectos relacionados a la actividad neuronal, los procesos cognitivos y las funciones ejecutivas, y sus implicaciones en el desarrollo neurocognitivo, el lenguaje y la alfabetización; también se incluye una breve introducción a herramientas de neuroimagen y su aplicación al estudio del aprendizaje.

En el capítulo 11 “Evaluación neurocognitiva” se aborda de forma más específica puntos relevantes sobre tecnologías de neuroimagen con énfasis en equipos que pueden ser portables y que representan un menor costos, como la Electroencefalografía (EEG) y la Espectroscopia Funcional del Infrarrojo Cercano (fNIRS). Así mismo, se establece que dichas herramientas pueden complementarse con pruebas neuropsicológicas siempre y cuando dichos instrumentos estén regionalizados.

En el capítulo 12 “Infraestructura a partir de ecosistemas escalables y sostenibles” se retoman las problemáticas asociadas a la condición de analfabetismo desarrolladas por R. Martínez y A. Fernández (2010); posteriormente, se señala que la familia, las escuelas-laboratorio, los agentes comunitarios y las personas pertenecientes al sector gubernamental son actores clave, junto con la Apropiación Social del Conocimiento (ASC) para generar dicha infraestructura. Finalmente, se incluye un apartado con la propuesta de Álvarez y Wong (2010) sobre las dimensiones para el diseño de proyectos de investigación para el desarrollo comunitario.

El capítulo 13 “Consideraciones para el desarrollo de protocolos de investigación en la Sierra Norte del estado de Puebla” incluye apartados en los que se describe la metodología, el objetivo general, la selección del equipo académico, la consulta previa y la generación de comité coordinador, la aprobación ética y presupuestal con las instancias locales, la selección de la muestra de estudio, consideraciones para el diseño experimental y la selección de los instrumentos de evaluación que contempla el equipo tecnológico y las tareas experimentales, el procedimiento para la recolección de datos, el preprocesamiento y análisis de los datos, y sugerencias para el plan de la difusión y socialización de resultados. Finalmente, se presentan las conclusiones y se enlistan las referencias consultadas.

Capítulo 2

Brechas estructurales

La pobreza genera millones de niñas y niños con trastornos de aprendizaje. Este fenómeno complejo y multidimensional enmarca conceptos de ingreso, derechos fundamentales, capacidades, privaciones y bienestar asociados a la educación, salud, alimentación, seguridad social y vivienda (Lipina, 2016; Política Social de UNICEF y Dirección General Adjunta de Análisis de la Pobreza del CONEVAL, 2016).

México, al igual que otros países de América Latina y el Caribe, es un país diverso y con contrastes. Esto repercute en aspectos históricos y contemporáneos de desigualdad, brechas estructurales y vulnerabilidad. La desigualdad se ha relacionado con la pobreza, pero conceptualmente es diferente (Gaudin y Pareyón Noguez, 2020). Esta hace alusión a “distribuciones asimétricas e injustas que afectan aspectos cruciales de las vidas de las personas que se encuentran en desventaja” (El Colegio de México A.C., 2018).

Además, estas desigualdades se pueden clasificar en términos de oportunidades al hablar del acceso a derechos, particularmente en algunos grupos sociales, por ejemplo, personas con discapacidad, en situación de calle, migrantes, pueblos originarios y mujeres, y en términos de resultados, al referirse a indicadores establecidos como el ingreso y bienestar (Gaudin y Pareyón Noguez, 2020).

Las estrategias para abordar dichas problemáticas pueden tener enfoques hacia lo micro, es decir, de forma individual, o hacia lo macro, como el cambio climático, la urbanización, la digitalización, la protección de áreas forestales y el agua (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2021).

Una propuesta de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), que permite la comprensión de las desigualdades y sirve como guía para las políticas públicas y la priorización en la cooperación internacional, es la de “brechas estructurales” o “brechas estructurales del desarrollo”, ya que toma en cuenta la heterogeneidad de los países (Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica, y Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto, 2016; Rivas Valdivia y Gaudin, 2021).

Una desigualdad puede considerarse como brecha si limita el crecimiento económico y el desarrollo sostenible e inclusivo. En este sentido, las brechas se pueden

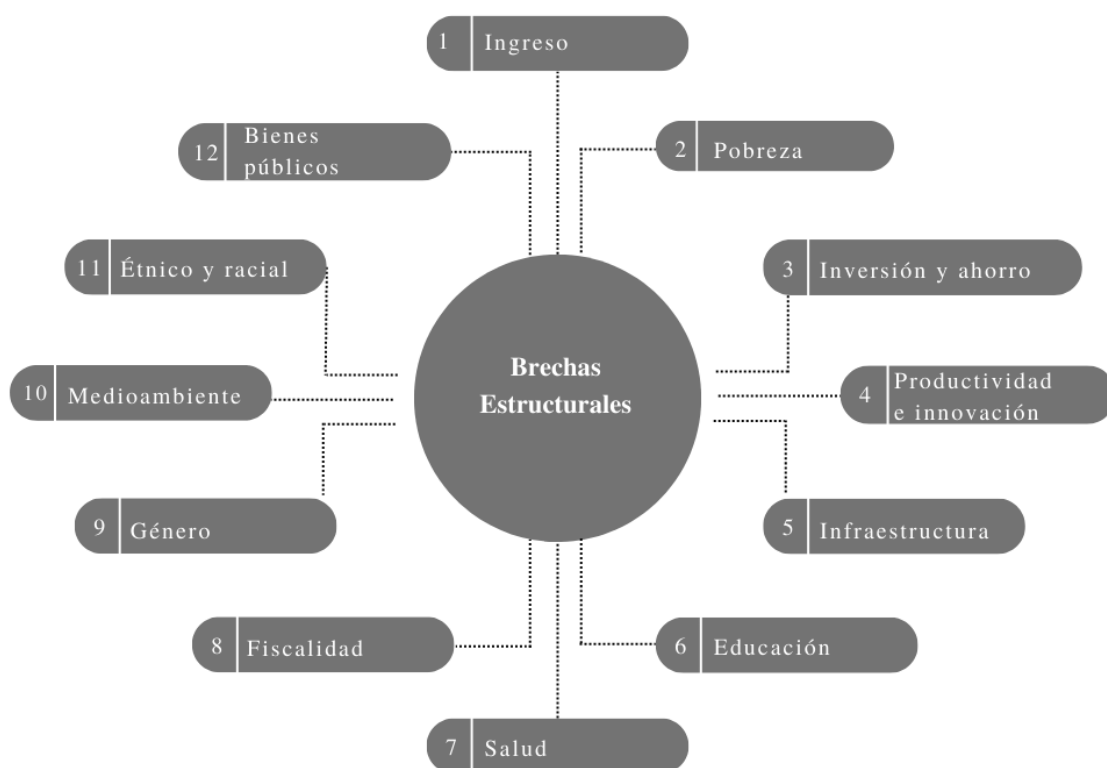
clasificar como horizontales cuando se miden entre países y verticales cuando se miden de forma interna (región o país) (Rivas Valdivia y Gaudin, 2021).

A su vez, existen doce brechas estructurales (Figura 2) desarrolladas a partir de las necesidades básicas. Estas se interrelacionan y representan desigualdades entre grupos que se caracterizan por factores de identidad esenciales y coyunturales (Gaudin y Pareyón Noguez, 2020).

La desigualdad y las brechas estructurales en México implican un obstáculo para el desarrollo sostenible, el crecimiento económico y el bienestar individual y social (Rivas Valdivia y Gaudin, 2021). Superarlas representa transitar a economías y sociedades más incluyentes (Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica, y Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto, 2016).

Figura 2

Doce brechas estructurales



Nota. Elaboración propia con base en “Diagnóstico de las brechas estructurales en México: una aproximación sistémica general” (p. 20), por J. Rivas Valdivia y Y. Gaudin, 2021.

Capítulo 3

Capas de vulnerabilidad

El concepto de vulnerabilidad puede tener una visión tradicional cuando hace referencia a personas que son clasificadas en subpoblaciones con características específicas donde hay condiciones necesarias para pertenecer a ellas.

Sin embargo, Florencia Luna (2021) establece que este concepto se tiene que observar cómo dinámico y relacional porque está vinculado al contexto y a las circunstancias. Esto quiere decir que no hay una única forma de vulnerabilidad. A esto se le ha titulado “capas de vulnerabilidad”, donde pueden coexistir diversos tipos o “capas”. Además, puede presentarse un “efecto cascada” y hay condiciones-estímulo que posibilitan la “actualización” de dichas capas, llegando, incluso, a la vulneración de la persona. Para esta autora, cada capa implica diferentes dimensiones, por ejemplo, la etnia, la situación socioeconómica, el género, la salud, el acceso a la tecnología, entre otras.

Factores como una crianza positiva, la alfabetización y la educación se vuelven herramientas protectoras en algunas de estas capas y pueden aumentar la posibilidad de tener una mejor calidad de vida. Es por ello que el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF, 2018) menciona que el derecho a la educación brinda en la población infanto-juvenil las herramientas necesarias para poder ejercer los demás derechos.

En este sentido, la calidad en la educación puede promover la movilidad social porque permite romper las brechas a partir de tener acceso a otras posibilidades, por ejemplo, trabajos con mejores condiciones y mayor calidad (Cruz Cortés, 2022; El Colegio de México A.C., 2018).

El Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE) ha realizado diversas investigaciones con el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV) y el UNICEF, en las que coinciden con lo siguiente:

Las poblaciones en condiciones de mayor vulnerabilidad social tienden a obtener los resultados educativos más bajos debido a factores como el trabajo infantil, la escolaridad de los padres, las carencias alimentarias, condiciones precarias de salud; o bien a condiciones de las escuelas como una plantilla de personal incompleta, falta de servicios de orientación y educación especial, carencia de recursos materiales o tecnológicos, falta de equipamiento o no funcionalidad del mismo, mal estado de la infraestructura y condiciones de gestión escolar. (Leyva Barajas y Guerra García, 2019, p. 9)

En relación con esto, se puede encontrar que personas adultas con altos niveles de vulnerabilidad social vivieron, durante su infancia y adolescencia, brechas estructurales y desigualdad que influyeron en el estancamiento de su movilidad social para alcanzar mejores condiciones de vida.

De acuerdo con Lipina y Álvarez González (2011), las experiencias adversas durante estas etapas tienen impactos considerables en “múltiples circuitos cerebrales involucrados en la adquisición progresiva de aprendizajes esenciales para la inclusión social en contextos educativos y laborales durante todo el ciclo vital”.

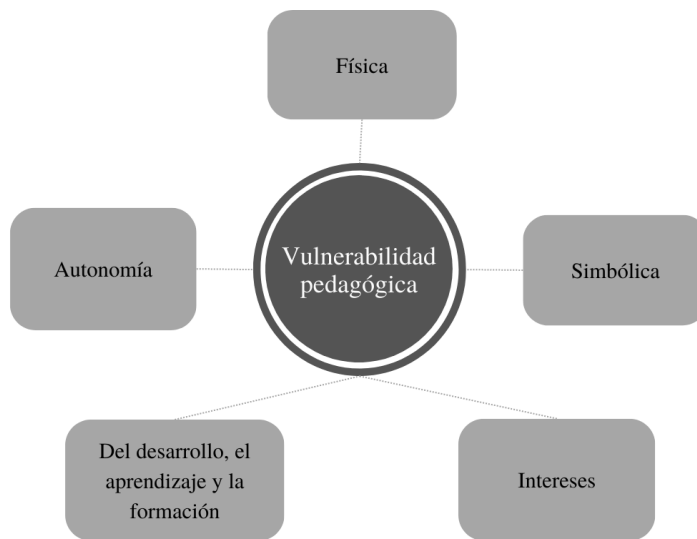
Millones de niñas, niños y adolescentes se encuentran en condiciones de analfabetismo y rezago educativo (Cruz Cortés, 2022). Al analizar las brechas educativas en México se encuentra una vulnerabilidad social asociada a entornos de enseñanza-aprendizaje que se ha titulado “vulnerabilidad pedagógica”. Esta propuesta por Burghard y colaboradores en el 2017, en Cortés e Islas (2021), comprende cinco dimensiones (Figura 3).

La dimensión física refiere a violencia física; la dimensión simbólica a la violencia psicológica; la dimensión de intereses a la violación de normas y principios; la dimensión de autonomía a la obstrucción del desarrollo de la personalidad; y finalmente la dimensión del desarrollo, aprendizaje y la formación a la falta de condiciones para garantizar el desarrollo integral por aspectos culturales o necesidades específicas (Cortés e Islas, 2021).

En México, esto se ve reflejado en las diferencias relevantes en el logro educativo entre los estados del país, los cuales tienen contextos socioeconómicos y culturales diversos (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OECD], 2022)

Figura 3

Dimensiones de la vulnerabilidad pedagógica



Nota. Elaboración propia con base en “La brecha digital como una nueva capa de vulnerabilidad que afecta el acceso a la educación en México” (p. 180), por F. Cortés y D. Islas, 2021, *Revista Academia y Virtualidad*, 14 (7).

Capítulo 4

Rezago educativo y analfabetismo

La vulnerabilidad pedagógica y sus dimensiones parecen no lejanas cuando se observa que en México, a pesar de que la educación es un derecho para todas las personas y la educación básica incrementa su cobertura cada año (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2020), existen millones de niños, niñas y adolescentes que no van a la escuela o tienen alta probabilidad de abandonarla (Ramos, 2019).

Recordando que en esta problemática influyen factores ambientales causados por aspectos sociales y económicos que se presentan como capas de vulnerabilidad (Luna, 2021), el Consejo Nacional de Población (2021) reportó que en el 2017 las principales razones de abandono escolar en personas de 12 a 19 años fueron:

porque no le gustó o pensaban que no es apto o apta para la escuela (29.4% de mujeres y 41.4% de hombres)... no haber podido pagar los gastos escolares, con mayor porcentaje entre las mujeres (20.4%) que en los hombres (15.0%); en tercer lugar debido a un embarazo.

A este atraso o deserción se le conoce como rezago educativo, aludiendo a que personas de la misma edad no se encuentran en el mismo grado escolar o estando en el mismo, presentan niveles de aprendizaje con alta discrepancia.

Este concepto se aborda desde diversas perspectivas y su definición puede variar de acuerdo a las diferentes instituciones que lo evalúan, entre ellas la Secretaría de Educación Pública, el INEGI o el Consejo Nacional de Evaluación de Política de Desarrollo Social. Sin embargo, en términos generales, el rezago educativo detona baja eficiencia terminal y/o altos niveles de analfabetismo, siendo este último considerado como “la manifestación más grave” (Cruz Cortés, 2022; González, 2020; González Torres, 2018).

Para este documento se puede hablar de cuatro conceptos clave relativos al punto anterior. El primero se refiere a la alfabetización como acción de enseñar a una persona a leer y a escribir; el segundo al alfabetismo como conocimiento básico de lectoescritura; el tercero al analfabetismo como estado en el que no se sabe leer y escribir (en México, los datos solo contemplan a personas de 15 años o más); finalmente, el cuarto al analfabetismo funcional como condición donde, a pesar

de tener conocimientos básicos de lectoescritura, no se tienen habilidades para funcionar en contextos personales y profesionales (Cortés e Islas, 2021; Gómez, 2016; INEGI, 2020).

Al respecto, el Instituto de Estadística de la UNESCO estima que alrededor 250 millones de niñas y niños no adquieren competencias básicas en lectoescritura y 771 millones de jóvenes y adultos en el mundo no saben leer ni escribir, de los cuales el 66% son mujeres (UNESCO, 2022a).

En México, las cifras ascienden a cinco millones de personas (Cortés e Islas, 2021) y se concentran en cinco estados, siendo Puebla uno de ellos con un 6.6% de la población en condición de analfabetismo (De la Rosa Priego, 2021; Hernández, 2022).

Capítulo 5

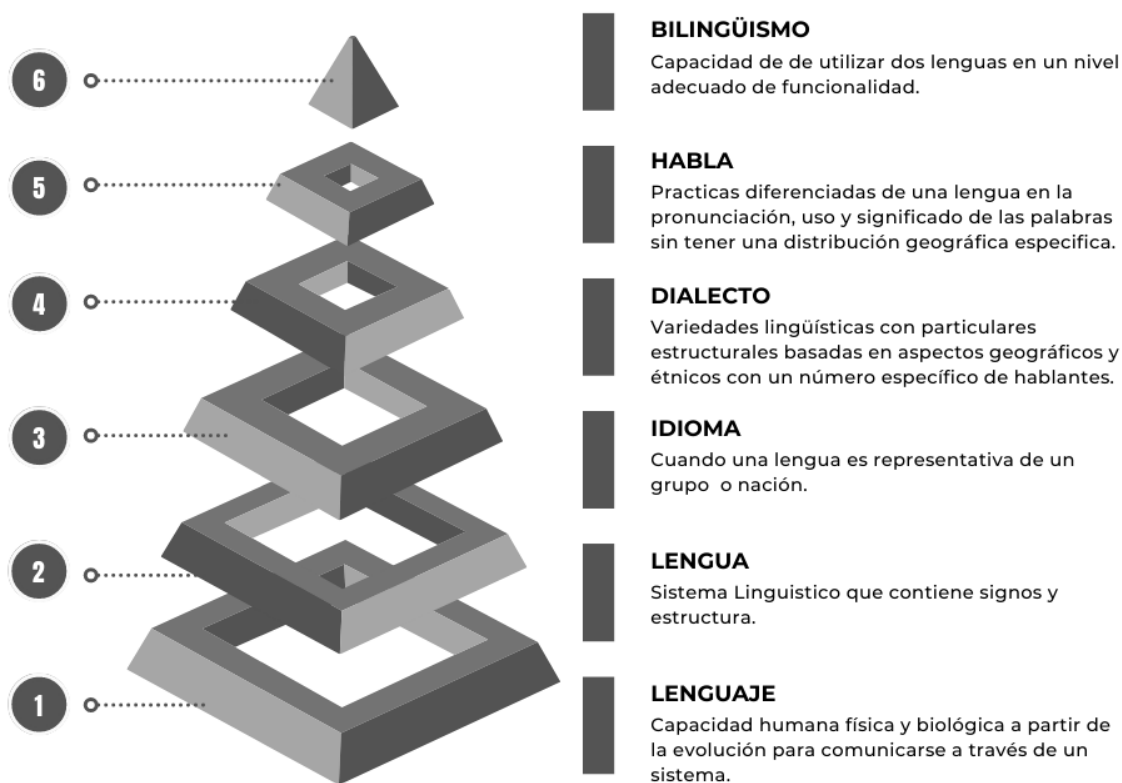
Lenguaje, lengua y bilingüismo

La alfabetización tiene un proceso específico de enseñanza en el que las redes neuronales preestablecidas para el lenguaje se solapan con las utilizadas en la lectoescritura (Jasińska et al., 2021; Tydzień Mózgu, 2022). A este respecto, los conceptos de habla, dialecto, idioma, lengua, lenguaje y bilingüismo se entrelazan para referirse a un aspecto complejo y fundamentalmente humano (Figura 4).

Derivado de las dificultades para establecer una adecuada delimitación y comprensión de ellos, es necesaria una visión interdisciplinar de la lingüística, la filología, las neurociencias, la psicología, la educación, la comunicación, la antropología, entre otras (Daza, 2005; Solovieva y Quintanar Rojas, 2020).

Figura 4

Conceptos del lenguaje al bilingüismo



Nota. Elaboración propia con base en Cortés e Islas, 2021; Daza, 2005; *Influencia de las lenguas indígenas en el español actual de México*, 2020; Real Academia Española, 2022a, 2022b; Solovieva y Quintanar Rojas, 2020.

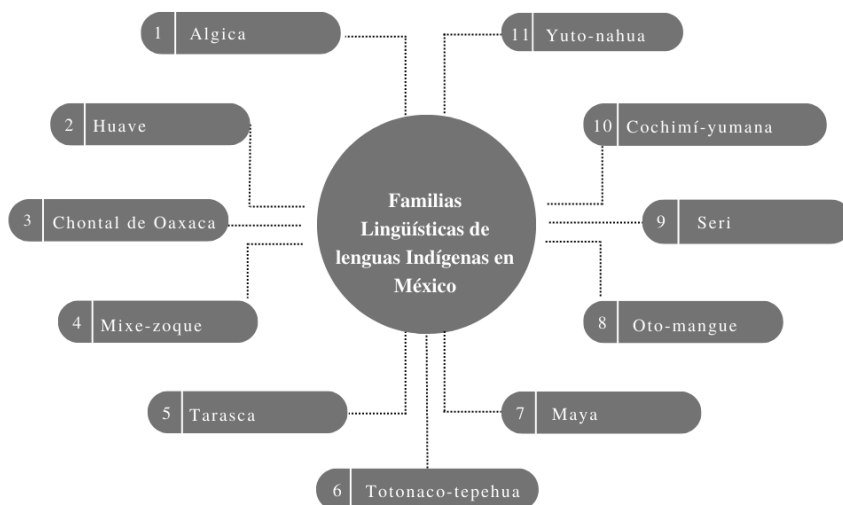
Para el propósito de este material, el concepto de lenguaje hace alusión a una característica propia de los seres humanos que, además de ser un elemento central de la dinámica social, subyacen en ella procesos físicos y biológicos que están asociados al desarrollo ontogenético, es decir, del individuo, y filogenético, con referencia a la especie (Daza, 2005; Gabelli, 2014; Solovieva y Quintanar Rojas, 2020).

En algunos contextos, los conceptos de idioma y lengua se utilizan de forma indistinta, sin embargo, se ha retomado el concepto idioma para referir a una lengua cuando es representativa de un grupo o nación, además de que en su configuración histórica conserva algunas rasgos lingüísticos y fonéticos (Daza, 2005; Real Academia Española, 2022a, 2022b). Por otra parte, se entiende lengua como sistema lingüístico que tiene signos, niveles y reglas; esta se enseña y depende de aspectos sociopolíticos y geográficos (Daza, 2005). Además, es un elemento fundamental para la construcción de la identidad y el desarrollo de las dinámicas socioculturales (Santos Cano, 2015).

En el caso de México, existen 69 lenguas en el territorio, 68 de ellas son lenguas indígenas que se agrupan en 11 familias lingüísticas por sus similitudes estructurales, léxicas e históricas (Figura 5). La número 69 es el español y hasta el 2003 era la única reconocida como lengua nacional por gozar de mayor estima social; a esta subordinación de las lenguas indígenas se le conoce como diglosia (Biblioteca de Publicaciones Oficiales del Gobierno de la República, 2018; Secretaría de Cultura, 2020).

Figura 5

Familias lingüísticas de las lenguas indígenas en México



Nota. Elaboración propia con base en "Siempre florecerá la palabra; lenguas indígenas de México contra su extinción" por Secretaría de Cultura, 2020.

Estas familias lingüísticas pueden también estar conformadas por variantes lingüísticas conocidas como dialectos. En ellos, los rasgos son influidos por aspectos geográficos y socioculturales, y en México se encuentran 364 variantes en el territorio (Daza, 2005; Secretaría de Cultura, 2020).

Por otra parte, el habla hace referencia a subgrupos que tienen prácticas particulares en el plano fonético (sonidos) o léxico (conjunto de palabras en una lengua), y que sin una distribución geográfica específica se diferencian en una misma cultura (Daza, 2005).

Bilingüismo

La exposición a dos o más lenguas tiene una influencia importante, tanto en el individuo como en las comunidades, llevando a la posibilidad de desarrollar condiciones de bilingüismo o multilingüismo. De forma básica, se le puede definir como la capacidad para utilizar dos o más lenguas a un nivel adecuado de funcionalidad. No obstante, estas condiciones se definen y se estudian desde diversas perspectivas disciplinarias como la sociolingüística, que se enfoca en sociedades bilingües; la psicolingüística, que se enfoca en procesos cognitivos (Pérez, 2013), o la neurociencia cognitiva, que se enfoca en los cambios estructurales y funcionales del cerebro (Jasińska y Petitto, 2014).

En esta línea, también se han presentado diversos tipos de clasificación. Algunos de ellos son los referidos por Pérez (2013) y Sarli y Justel (2019) que se enlistan a continuación:

- Edad de la adquisición: temprano-tardío
- Temporalidad: simultáneos-secuencial
- Nivel de dominio: balanceados-no balanceados
- Tipo de aprendizaje compuesto-coordinado-subordinado
- Utilización: genuino-semibilingüe

Dado que el aprendizaje de la lectura es una habilidad adquirida que depende de muchas capacidades lingüísticas, cognitivas, sociales y culturales (Jasińska *et al.*, 2021), estudiar el bilingüismo ha permitido obtener información sobre cómo el cerebro se adapta a la diversidad cultural (Del Castillo Hernández, 1997; Kuwabara *et al.*, 2020; Tydzień Mózgu, 2022), y cómo la interrelación entre la forma de pensar, la lengua, la cultura y los sistemas biológicos generan cambios anatómicos y funcionales mediables (Diamond, 1985) asociados a la adquisición y uso de una segunda lengua (Abutalebi *et al.*, 2015; Hastedt *et al.*, 2022; Jasińska, 2013; Jasińska *et al.*, 2016; Jasińska y Petitto, 2014; Madaio *et al.*, 2019; Sarli y Justel, 2019).

Capítulo 6

Contexto educativo de la población indígena en Puebla

En Puebla se encuentran 32 regiones que agrupan a 217 municipios; 53 de ellos son considerados de marginación alta y muy alta. El estado tiene un 2% más de población analfabeta que la media nacional, siendo Huehuetla la región con mayor porcentaje (28.1%). El rezago educativo es 8.2%, más que la media nacional, siendo Tepexi de Rodríguez la región con mayor porcentaje en esta condición (60.9%) y la Sierra Negra la región con menor grado de promedio escolar (4.95%) (CUPS y BUAP, 2022; UNESCO, 2022b; Secretaría de Educación y Gobierno de Puebla, 2019).

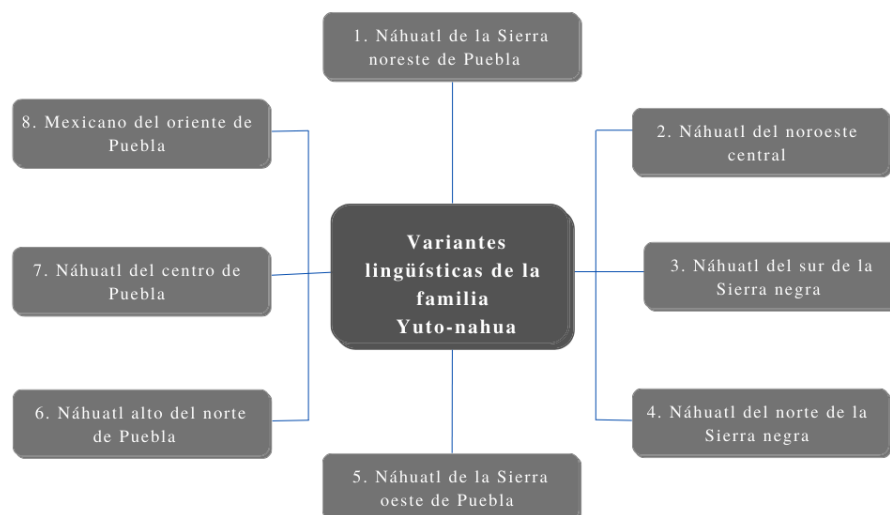
Como se ha mencionado en párrafos anteriores, las personas más afectadas por la condición de analfabetismo son mujeres y/o personas que forman parte de comunidades indígenas (Cortés e Islas, 2021). No obstante, se tiene poca información relacionada a los efectos neurofisiológicos y neurocognitivos en estos contextos y condiciones, donde aprender a leer y a escribir es una tarea desafiante, pero hacerlo en una lengua que no es la materna puede ser más complejo (Ball *et al.*, 2022; Zamora y Ajcuc, 2022).

En este sentido, Puebla se distingue por la presencia de personas que pertenecen a comunidades indígenas y hablantes de lenguas originarias. De acuerdo con la Ley de Derechos, Cultura y Desarrollo de los Pueblos y Comunidades Indígenas del Estado de Puebla (2020), el 89.8% de las lenguas con mayor presencia son el náhuatl (73%) y el totonaco (16.8%). Sin embargo, también se registran el mazateco (2.9%), popoloca o n'guiva (2.6%), otomí (1.6%) y mixteco (1.3%).

En el caso del náhuatl, Puebla es el estado con mayor presencia de hablantes del país, seguido de Veracruz, Hidalgo, Guerrero, San Luis Potosí y Estado de México (Fernández Martínez, 2022). En datos del 2015, se registraron un total de 682,465 personas hablantes de esta lengua, con mayor porcentaje de mujeres, ubicadas en la Sierra Norte y Sierra Nororiental de Puebla, principalmente en los municipios de Huitzilán, Cuetzalan, Pahuatlán y Zongozotla. Además, en las diferentes regiones del estado, el náhuatl muestra una diversidad de variantes lingüísticas de la familia yuto-nahua (Figura 6) (Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas, 2021; Instituto Poblano de los Pueblos Indígenas, 2017).

Figura 6

Variantes lingüísticas de la familia yuto-nahua en las diferentes regiones del estado

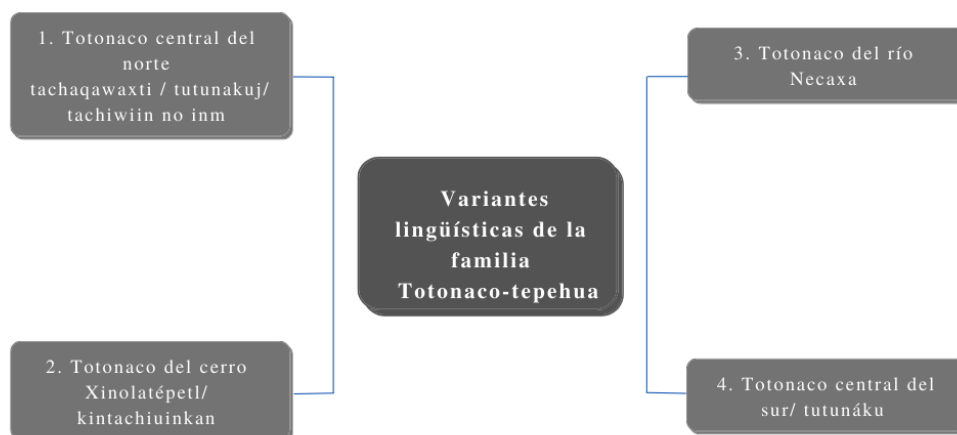


Nota. Elaboración propia con base en “Nahuas”, por el Instituto Poblano de los Pueblos Indígenas, 2017. Disponible en <https://ippi.puebla.gob.mx/es/notas-y-articulos/etnias/nahuas-2>

Con respecto al totonaco, siendo la segunda con más presencia en el estado, se registraron 152,562 personas hablantes ubicadas en la Sierra Norte y Sierra Nororiental de Puebla en los municipios de Nanacatlán, Huehuetla, Francisco Z. Mena, Hermenegildo Galeana, Xicotepec, Huauchinango y Zacatlán, por mencionar algunos, y en los que se encuentra una diversidad de variantes relacionadas a la familia lingüística totonaco-tepehua (Figura 7) (Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas, 2021; Instituto Poblano de los Pueblos Indígenas, 2017).

Figura 7

Variantes lingüísticas de la familia totonaco-tepehua en las diferentes regiones del estado



Nota. Elaboración propia con base en “Totonacas”, por el Instituto Poblano de los Pueblos Indígenas, 2017. Disponible en <https://ippi.puebla.gob.mx/es/notas-y-articulos/etnias/totonacas-2>

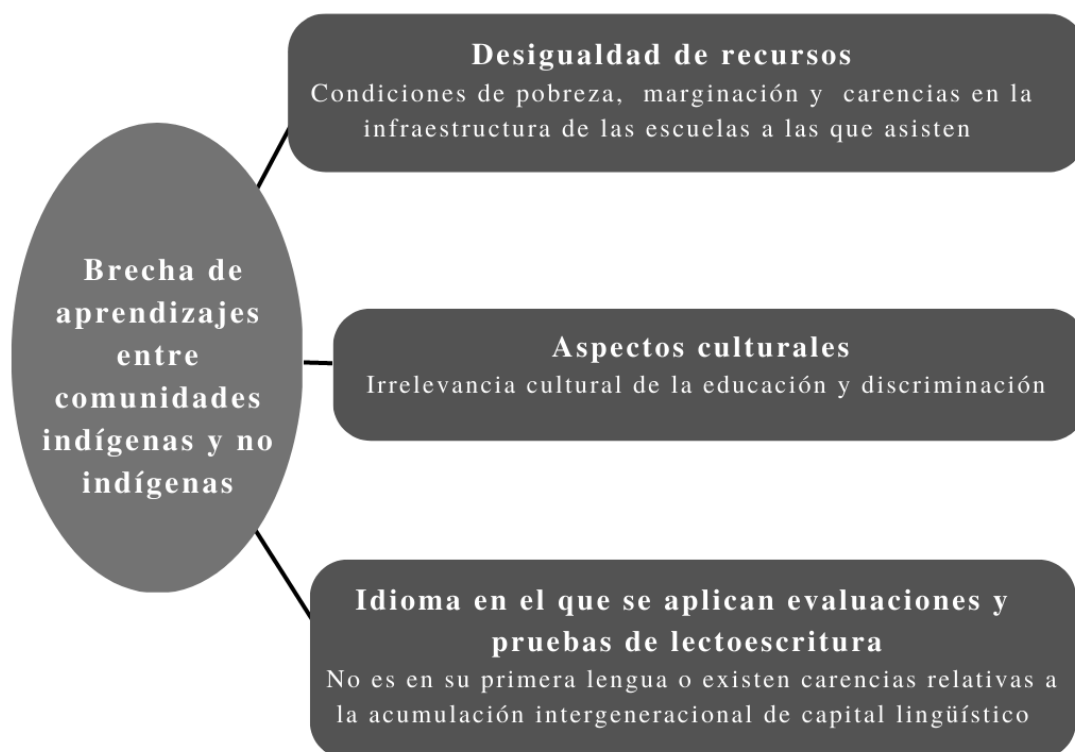
Con relación a lo anterior, es relevante considerar que en México el 10% de las y los adolescentes que solo hablan una lengua indígena van a la escuela (Ramos, 2019), lo que agrega una capa de vulnerabilidad asociada al rezago educativo. No obstante, aquellas personas que tienen una condición de bilingüismo, al hablar otra lengua indígena o español, si bien pueden alcanzar mayores oportunidades, también pueden ser consideradas en rezago educativo en una o ambas lenguas (González Torres, 2018).

En esta línea, Bosco (2017) refiere que existen enfoques diversos que pueden explicar la brecha de aprendizajes entre comunidades indígenas y no indígenas. El primero alude a la desigualdad de recursos, el segundo a aspectos culturales y el tercero al idioma en el que se aplican evaluaciones y pruebas de lectoescritura (Figura 8).

Estos enfoques enfatizan aspectos distintos, pero no son excluyentes. Sin embargo, en su investigación realizada en Colombia, los factores socioeconómicos fueron los más relevantes, explicando entre el 45% y 65% de la brecha de aprendizajes.

Figura 8

Brecha de aprendizajes entre comunidades indígenas y no indígenas



Nota. Elaboración propia con base en “Los alumnos indígenas en México: Siete hipótesis sobre el rezago en los aprendizajes de nivel primario” (p. 83), por E. B. Bosco, 2017. *REICE: Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 15(3).

Esto coincide con los datos publicados por el UNICEF México, donde en Puebla la pobreza es el factor de mayor peso para que las y los estudiantes dejen de asistir a la escuela. Así, el 60% de las y los adolescentes que se encuentran en pobreza extrema abandonan sus estudios después de la secundaria (Ramos, 2019).

Estos aspectos permean la dificultad para alcanzar la educación superior en el país (Estrada, 2011); además, para aquellas personas que logran alcanzarla, se presenta una diferencia terminal del 297% entre la población no indígena que concluye contra la indígena (Universidad Intercultural del Estado de Puebla, 2022b).

Lo anterior tiene efectos en el desarrollo de las personas y sus condiciones de vida, no solo porque el estatus socioeconómico y la educación influyen en la posibilidad de hacer uso de otros derechos, también porque estos aspectos se han asociado al desarrollo del cerebro, a índices de actividad cerebral y al desempeño cognitivo (Farah, 2018; Kolb, 2009; Paredes-Arturo *et al.*, 2018).

Ejemplo de ello es un estudio realizado en un contexto europeo donde se encontraron correlaciones significativas entre los años de educación con el aumento del volumen de la materia gris, las conexiones neuronales y el metabolismo (Arenaza-Urquijo *et al.*, 2013; Paredes-Arturo *et al.*, 2018).

En esta misma línea, hay estudios que han asociado el bilingüismo con el retraso del diagnóstico de demencias hasta por cinco años (Abutalebi *et al.*, 2015). Es decir, tanto los años educativos como el bilingüismo tienen un efecto neuro-protector, no solo en la infancia y la juventud, sino también en las y los adultos mayores.

Como se ha mencionado en secciones anteriores, existen pocos datos recuperados en población mexicana sobre estas relaciones desde las herramientas que ofrece la neurociencia, como la neuroimagen. Esta información puede dar más elementos sobre cómo influir o mejorar las condiciones de aprendizaje, mitigar experiencias adversas en el desarrollo neurocognitivo o, inclusive, conocer cuál es el estado actual de los efectos de la desigualdad o el bilingüismo en el país.

Capítulo 7

Empoderamiento de los pueblos indígenas en la investigación

El bilingüismo en el contexto mexicano se establece a partir de la función de la lengua, indígena o español, en el “tejido de la vida cotidiana” (Vaughan y Singer, 2018). Por ejemplo, en el municipio de Cuetzalan, ubicado en la Sierra Norte de Puebla, existe un grado importante de bilingüismo náhuatl-español. La primera tiene un alto uso en las dinámicas internas de las comunidades, mientras que el español se usa como “vínculo interétnico con la población totonaca y mestiza” (Del Castillo Hernández, 1997, p.69).

En términos educativos, la integración de las lenguas indígenas al sistema educativo mexicano sigue siendo un trabajo inacabado, donde incluso, en el enfoque intercultural, se prioriza el español frente a la lengua materna (Nava, 2022; Santos Cano, 2015). A este respecto, los estudios de neuroimagen ofrecen oportunidades de proveer de información crítica sobre esta dinámica, lo que puede conducir al avance teórico-práctico de la alfabetización y tener implicaciones relevantes en política pública (Black *et al.*, 2015).

Un ejemplo de ello son estudios realizados sobre personas bilingües tempranas, quienes presentan un mejor desempeño en la conciencia fonológica y la lectura que las monolingües, prediciendo una mejor capacidad lectora (Tydzień Mózgu, 2022). No obstante, al abordar problemáticas sociales de grupos específicos, es necesario que dichas personas se vuelvan colaboradoras activas de los proyectos de investigación; esto contribuye en al menos tres objetivos: la sostenibilidad, el empoderamiento (Luna, 2021) y la pertinencia en el diseño del estudio.

De acuerdo con la Dra. Suzanne Stewart, el empoderamiento de la población indígena genera dos posibilidades relevantes. Por una parte, contribuye a que miembros de la misma comunidad aprendan a adaptarse a las condiciones del mundo contemporáneo, dándole a la población más joven oportunidades de aprender cosas nuevas sobre sí mismos y sobre el mundo. Por otra parte, les permite generar estrategias para conservar su identidad cultural (Ontario Institute for Studies in Education [OISE], 2011).

Por ello, al momento de explorar posibilidades de solución es indispensable tener un enfoque comunitario-participativo donde se fomente la generación del

diálogo y la articulación entre el conocimiento de pueblos originarios y el científico convencional de corte occidental (Universidad Intercultural del Estado de Puebla, 2022a).

Este enfoque permite conocer cuáles son las preocupaciones y prioridades de cada colaborador, y también cuáles son las aportaciones o posibles beneficios. En el caso de los colaboradores con conocimientos de HCTI, es necesario brindar información científica relevante, útil y accesible (Estrada, 2011) para la comprensión de los objetivos, procedimientos y posibles resultados.

Por otra parte, la voz de los colaboradores que forman parte de la comunidad es fundamental para orientar dichos objetivos, procedimientos y usos de los resultados. Un ejemplo simple, pero de gran importancia, es dar nombre a la comunidad con la que se trabaja y evitar genéricos; esto es algo que se ha solicitado en diversas partes del mundo y México no es la excepción (Nava, 2022; Ontario Institute for Studies in Education, 2011).

*“Estos pueblos tienen su propio nombre, nosotros no somos indígenas, somos pueblos nahuas, los de Tlapa y toda la región son indios me’phaa o tu’un savi y los de la Costa Chica de Guerrero son **ñomnda**, amuzgos”
-Martín Tonalmeyotl (Nava, 2022).*

Otro aspecto a considerar es que, en términos generales, la cultura establece lo que se debe aprender y a qué edad (Ardila y Moreno, 2001), a lo que Manghi Haquin *et al.* (2016) aperturan la siguiente pregunta: “¿alfabetizamos para reproducir la estructura social o para transformar la estructura social?”

Al abordar temas de educación indígena es relevante comprender el significado de la educación en estos contextos específicos donde las perspectivas están basadas en enfoques comunitarios, culturales y espirituales (OISE, 2011). Al mismo tiempo, es necesario considerar que en estos contextos permanece una violencia estructural asociada particularmente a aspectos de género (Hernández-Nava *et al.*, 2020).

En conclusión, la cultura de los pueblos originarios tiene una cosmovisión y riqueza cultural importante. Aspectos como el lenguaje, la espiritualidad y la relación con la naturaleza son elementos que tienen mucho que aportar a la visión occidental contemporánea. Por otra parte, problemáticas asociadas al rezago educativo, alfabetización, violencia de género, manejo de adicciones y desarrollos tecnológicos son temáticas en las que la perspectiva occidental puede aportar.

Capítulo 8

Políticas públicas, utilidad y ética

De acuerdo con Manghi Haquin *et al.* (2016), en países latinoamericanos los conceptos de alfabetización y de educación están ligados a las políticas educativas que se entrelazan con la movilidad social. En el marco jurídico del Estado mexicano, se puede hablar de tres leyes relevantes:

- Ley General de Educación
- Ley General de los Derechos de las Niñas, Niños y Adolescentes
- Ley General de Derechos Lingüísticos de los Pueblos Indígenas

Las dos primeras hacen alusión a que la educación es “un derecho inherente de las personas y, por lo tanto, debe garantizar un servicio educativo de calidad a todas las niñas, niños y adolescentes sin importar sus condiciones sociales, étnicas o lingüísticas” (Leyva Barajas y Guerra García, 2019, p. 7).

La tercera establece que:

las autoridades educativas federales y las entidades federativas garantizarán que la población indígena tenga acceso a la educación obligatoria bilingüe e intercultural; y que los profesores que atiendan la educación básica bilingüe en comunidades indígenas hablen y escriban la lengua del lugar, y conozcan la cultura del pueblo indígena de que se trate (Santos Cano, 2015, p.5).

Esto es relevante porque como se ha revisado un número importante de niñas, niños y adolescentes de poblaciones indígenas en México se encuentran en rezago educativo o en peligro de estarlo; además, esta problemática se ha disparado por los efectos de la pandemia por COVID-19, cuando paradójicamente la educación es la herramienta que puede proveer a estos grupos etarios estabilidad y estrategias para afrontar el estrés en el contexto post pandémico actual (UNICEF, 2020b; Ramos, 2019).

Como resultado de lo anterior, en la agenda educativa del país, el analfabetismo y el analfabetismo funcional son un problema nacional prioritario (CONAHCYT, 2022) en el que se han propuesto iniciativas como la convocatoria Proyectos Nacionales

de Investigación e Incidencia Orientados al Fomento de la Lectoescritura como Estrategia para la Inclusión Social, que tuvo como objetivo “generar los conocimientos y llevar a cabo acciones que contribuyan a resolver problemas prioritarios nacionales, tales como el analfabetismo, el analfabetismo funcional, las deficiencias en las capacidades lectoras y de escritura de niñas, niños y jóvenes” (CONAHCYT, 2021, p. 2).

Esto refleja la necesidad de ampliar conocimiento regionalizado para diseñar programas educativos y de alfabetización “eficaces, preventivos y correctivos” (da Silva Pinto y Agrela Rodríguez, 2022) con base en los avances generados por diferentes áreas de estudio como las neurociencias, la ciencias psicológicas, las del lenguaje y las de la educación que exploran procesos neurocognitivos y sociales que subyacen en la teoría y práctica educativa, así como a sus implicaciones en contextos adversos (Black *et al.*, 2015).

No obstante, la percepción de utilidad es un primer reto asociado al desarrollo y aplicación de estos conocimientos (Lipina y Álvarez González, 2011). Por ejemplo, el comprender los efectos de pertenecer a un estrato socioeconómico y enfrentar adversidades han sido objeto de estudio de ciencias como la economía y la sociología (Farah, 2018), y sus aportaciones han tenido una perspectiva útil y, por lo tanto, aplicación en el espectro político.

Por otra parte, las neurociencias al involucrar un análisis biológico y cultural no son lejanas a prioridades sociales² y su desarrollo ha sido relevante al desmitificar creencias carentes de evidencia o reafirmar esfuerzos ya consolidados (Kolb, 2009; Lipina y Álvarez González, 2011; Shonkoff y Levitt, 2010).

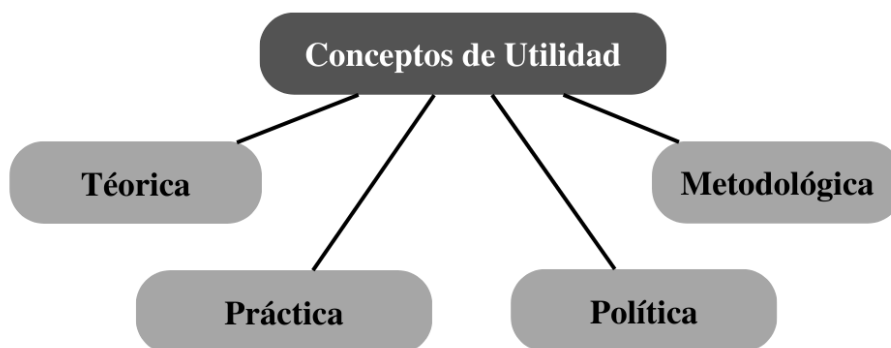
Ejemplo de ello es la inversión realizada por la Comisión Europea en el Proyecto Cerebro Humano (Human Brain Project), la iniciativa BRAIN en los Estados Unidos con el presidente Barack Obama (Pykett, 2015) o la incorporación en Chile de políticas para la infancia basadas en los hallazgos de las neurociencias cognitivas (Calquin Donoso *et al.*, 2019).

En este sentido, Lipina y Álvarez González (2011) sugieren considerar cuatro formas de pensar la utilidad sobre los conocimientos de las Humanidades, Ciencia, Tecnología e Innovación (HCTI) (Figura 9).

2 Problemas de pobreza, prevención y tratamiento de enfermedades, intervención en experiencias de maltrato, negligencia y violencia, experiencias migratorias o su aplicabilidad en los proyectos para el desarrollo comunitario.

Figura 9

Concepto de utilidad en la comprensión científica del diseño de políticas públicas



Nota. Elaboración propia con base en “Contribuciones de la neurociencia cognitiva al diseño de políticas científicas y sociales para niños en situación de pobreza” (p. 244), por S. J. Lipina y M. Á. Álvarez González, 2011. *Revista Interamericana de Psicología*, 45(2).

La primera se refiere a la utilidad teórica, la cual no tiene necesariamente una aplicación inmediata, por lo que no suele ser utilizada por diseñadores de políticas públicas. No obstante, es altamente valorada por actores académicos. La segunda es la utilidad metodológica, que es más atractiva para los diseñadores de políticas públicas porque se enfoca en la aplicación de conocimientos en proyectos de menor tiempo y costos. La tercera implica la utilidad práctica, que tiene una aplicación inmediata, es la más utilizada y puede reducir la importancia de las demás. Finalmente, la utilidad política indica que el poder es un “atributo intrínseco de la cultura política” que puede ser utilizado para el beneficio social (Lipina y Álvarez González, 2011).

El segundo reto consiste en comprender que para hacer uso del desarrollo de la HCTI es necesario localizar evidencia de calidad. Romero-Rodríguez *et al.* (2020) reflexionan sobre la importancia de tener buenas estrategias para encontrar información útil y veraz en el contexto actual que se caracteriza por avances constantes en la tecnología, acceso abierto al Internet y mayor contenido disponible con el potencial de transformar el entorno social.

Para ello, es necesario generar un vínculo entre las personas que diseñan políticas públicas, las que ejecutan programas de gobierno, las que generan investigaciones y datos duros, y las comunidades usuarias. Con esta dinámica se pueden detectar en menor tiempo y con mayor precisión fuentes confiables con la orientación necesaria.

Además, se toman en consideración las limitaciones que puede presentar la evidencia, como el tipo de revisión a la que fue sujeta, la validez de los datos, la reproducibilidad de los estudios, la presión en la academia por publicar, los sesgos

de las y los investigadores, y, finalmente, los conflictos de intereses como la procedencia del financiamiento (Universidad Estadual de Campinas, 2018).

En el ámbito de las neurociencias, es relevante puntualizar que los conocimientos que anteceden a su aplicación de forma general y, particularmente en temas educativos, proceden de estudios de neuroimagen en condiciones de laboratorios universitarios u hospitalarios que, si bien son de países occidentales (Jasińska y Guei, 2018), son realizados en grupos que no corresponden a las características poblacionales y condiciones de México o particularmente del estado de Puebla.

Esto es relevante, ya que, en las poblaciones pertenecientes a grupos indígenas, la cultura y las carencias asociadas a la salud, a la seguridad social y a la educación intervienen en el neurodesarrollo (Paredes-Arturo *et al.*, 2018) y el desarrollo cognitivo. En este sentido, la evaluación de un grupo cultural ajeno utilizando los mismos instrumentos, procedimientos y normas puede dar lugar a errores conceptuales en la evaluación (Ardila y Moreno, 2001) y sesgos en su aplicación.

Al igual que otras ciencias y desarrollo tecnológico existen debates importantes en las aproximaciones teóricas y disciplinarias, como en las implicaciones éticas referentes a aspectos culturales, socioeconómicos y políticos. Por lo anterior, de acuerdo a Meza Salcedo (2017), se han establecido “códigos, normas, leyes y guías” que mantienen dos líneas: el principalísimo y la de Derechos Humanos.

Tradicionalmente, ambas han tenido una visión individualista, no obstante, este autor señala la relevancia de mantener una perspectiva colectiva-comunal. En el caso del principalísimo, existen diversos principios internacionales³ de bioética establecidos para el desarrollo de investigaciones con población indígenas. Para este documento se retoman los establecidos por la Organización Panamericana de la Salud (OPS) (Figura 10).

3 Algunos ejemplos incluyen la Declaración Universal de Bioética y Derechos Humanos, o la Declaración de Helsinki.

Figura 10

Principios para el trabajo con las comunidades indígenas de la Organización Panamericana de la Salud

Nota. Elaboración propia con base en “Una visión de salud intercultural para los pueblos indígenas de las Américas” (p. 219), por la Organización Panamericana de la Salud, 2008.

Uno de los principios expuestos por la OPS refiere al derecho de autodeterminación. En este sentido, Urrego Mendoza *et al.* (2017) mencionan que es indispensable la participación activa de estos grupos en el ciclo completo de la investigación con el objetivo de considerar en el diseño la ejecución y difusión, “la cosmovisión, las filosofías y los modos de entender y producir el conocimiento de cada pueblo”(p. 829), recordando que la información generada tendrá una connotación positiva o negativa de acuerdo a su intencionalidad y aplicación.

Capítulo 9

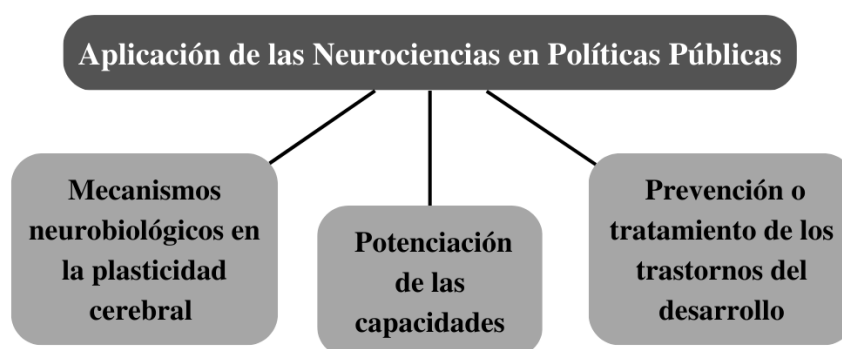
Neurociencia para diseños basados en evidencia

El estudio de las neurociencias ha brindado información sobre la influencia recíproca de los mecanismos neurobiológicos, los procesos cognitivos y las expresiones conductuales (Nelson y Bloom, 1997). Las temáticas desarrolladas buscan comprender procesos que van desde el procesamiento de los sentidos humanos hasta la representación del conocimiento; además, sus aplicaciones abarcan diversas esferas como la salud, economía, tecnología, educación y políticas sociales.

Con respecto a esta última, sus avances pueden contribuir particularmente en temas asociados a condiciones de vulnerabilidad y desigualdad (Farah, 2018), a partir de la comprensión de mecanismos neurobiológicos en la plasticidad cerebral, potenciación de las capacidades y la prevención o tratamiento de los trastornos del desarrollo (Figura 11).

Figura 11

Aplicación de las neurociencias en políticas públicas



Elaboración propia con base en “Contribuciones de la neurociencia cognitiva al diseño de políticas científicas y sociales para niños en situación de pobreza” (p. 244), por S. J. Lipina y M. Á. Álvarez González, 2011. *Revista Interamericana de Psicología*, 45(2).

Los puntos anteriores están altamente vinculados con el objetivo número cuatro de la Agenda 2030 (United Nations Development Programme, 2023) enfocado a la educación, concepto que se concibe como un proceso complejo en el que influyen aspectos físicos-biológicos, cognitivos y psicosociales configurados en un espacio temporal y geográfico específico (Broderick y Blewitt, 2015; León, 2007; Papalia et al., 2015; Pykett, 2015).

En este sentido, es relevante considerar que en México se encuentran grupos diversos y heterogéneos. Por lo tanto, para comprender este problema complejo y generar políticas basadas en evidencia resulta necesario utilizar una perspectiva interseccional.

Este concepto tiene sus orígenes en 1850 y fue formalizado en los ochentas por Crenshaw (1989). Se utilizó originalmente para comprender cómo los sistemas de opresión y discriminación se entremezclan y tiene repercusiones en las experiencias y posibilidades de las mujeres negras. Sin embargo, se ha retomado como un marco contextual para una mejor comprensión sobre grupos marginados en distintos contextos (STEM, Salud, Político) y retomando otras identidades o posiciones sociales (Bauer, 2021a, 2021b).

En esta perspectiva se aborda la interconexión de factores o categorías que influyen la experiencia de un fenómeno de discriminación o, en este caso particular, de desigualdad. Su uso implica tener cierto conocimiento de múltiples categorías y variables. Sin embargo, para Pontón (2017) lo más relevante es definir dónde se va a aplicar y cuáles son las estructuras a analizar.

Tener más información con una perspectiva interseccional en el estado de Puebla es relevante dada la diversidad que le caracteriza. Esto puede dar herramientas para generar rutas de movilidad social en grupos e individuos donde variables o factores de segmentación (Rivas Valdivia y Gaudin, 2021), como el género, la edad, la zona donde se vive, la condición de alfabetización, la etnia, la raza e incluso el clima, el acceso a la tecnología, el tipo de nutrición y crianza tienen una implicación directa en la calidad de vida de la personas (Pontón, 2017; Soto, 2020).

Desde este marco, se asume que existen diversos efectos de acuerdo a las identidades o posiciones sociales, su vinculación y su interdependencia (Bauer, 2021a), por lo que permite revisar el diseño, ejecución y análisis de una investigación, tomando en consideración convenciones sistémicas más amplias (Metcalf *et al.*, 2018). Por ejemplo, el funcionamiento de las redes neuronales asociadas a la lectura dentro de un programa de alfabetización puede ser diferente en un adolescente con discapacidad que vive en una zona urbana del estado de Puebla que en una mujer mayor de edad indígena en una zona rural del mismo estado.

Es así que utilizar un análisis interseccional permite generar intervenciones en comunidades específicas (Bauer, 2021b) con mejores resultados al considerar a las personas como un todo y no solo una parte de su identidad (Metcalf *et al.*, 2018). En este sentido, la perspectiva de interseccionalidad aborda un enfoque clave que puede ser aplicado en el diseño de estudios neurocognitivos, utilizando tecnologías portables de neuroimagen funcional y considerando el análisis de las capas de vulnerabilidad en contextos bilingües indígenas (Luna, 2021).

Lo anterior tiene importantes implicaciones en la comprensión de la experiencia humana como individuos, grupos y sociedades, y repercusiones a nivel teórico, práctico, metodológico y político (Lipina y Álvarez González, 2011).

Capítulo 10

Conceptos relevantes de las neurociencias

La neurociencia se distingue por tener un enfoque multidisciplinario que busca comprender el sistema nervioso, los procesos cognitivos y la conducta. En este documento se retoman aportes de las neurociencias conductuales, particularmente de la neurociencia cognitiva y la neuropsicología, con el objetivo de abordar la vinculación entre la alfabetización, el lenguaje y el bilingüismo derivada de sus aportes para la comprensión del desarrollo neurocognitivo.

La neurociencia cognitiva se encuentra situada entre la psicología cognitiva y las neurociencias, y tiene un énfasis en la cognición y la activación cerebral en sujetos sanos mediante el uso de herramientas de neuroimagen (Passingham, 2016; Portellano, 2011; Redolar Ripoll, 2013). Por otra parte, la neuropsicología se encuentra situada entre la psicología y la neurología, y se enfoca en el estudio del cerebro y su relación con la actividad mental superior en seres humanos con énfasis en aspectos patológicos (Matute, 2012; Portellano, 2011).

El desarrollo del sistema nervioso cerebral ocurre a la par del desarrollo cognitivo (Jasińska y Guei, 2018; Matute, 2012) y ambos están influenciados por factores socioculturales, genéticos y epigenéticos que se encuentran en constante interacción y pueden manifestar expresiones y consecuencias diversas (Álvarez y Wong, 2010; Shonkoff y Levitt, 2010).

En esta línea, la cognición se ha definido como “el proceso de integración, transformación, codificación, almacenamiento y respuesta de los estímulos sensoriales” (Portellano, 2011, p.4). En otras palabras, la cognición permite adquirir, procesar y utilizar información del entorno para formar cuerpos de conocimiento y hacer uso de ellos.

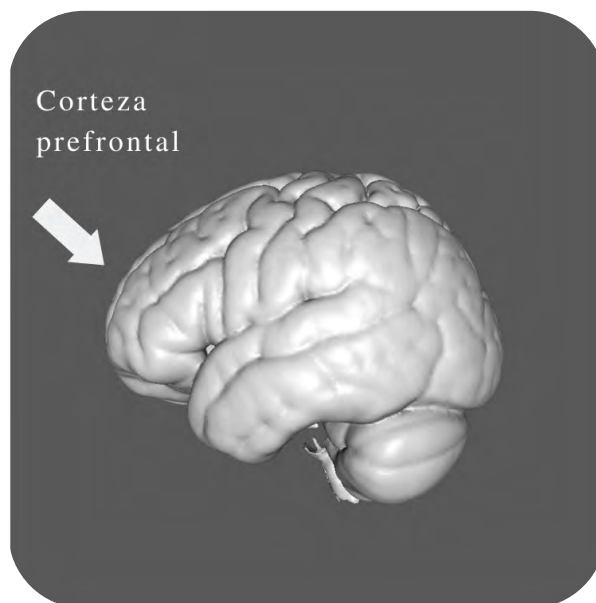
Para Tomasello (2000), el desarrollo cognitivo se logra cuando niñas y niños se convierten en adultos cognitivamente competentes en el contexto de un mundo socialmente estructurado por artefactos simbólicos, como la lectoescritura y la aritmética, que utilizan sistemas inventados culturalmente para representar el lenguaje hablado y las cantidades (Carreiras *et al.*, 2015).

Por otra parte, Ardila y Moreno (2001) indican que la cultura influye en la aplicación de los procesos cognitivos básicos, sin embargo, son universales en el ser humano y pueden ser medidos a través de pruebas neuropsicológicas.

Estas pruebas analizan la estrecha relación que tiene la actividad cerebral y las funciones psicológicas superiores (FPS) o procesos cognitivos de orden superior (PCOS), como las funciones ejecutivas (FE), que a su vez dependen de una región del cerebro conocida como corteza prefrontal (Figura 12), las cuales pueden predecir el desempeño académico y el desarrollo de la persona durante su vida adulta (Varas Ramos, 2021).

Figura 12

Corteza prefrontal



Nota. Imagen retomada y adaptada con el visor de imágenes de investigación médica “Mango” de “TemplateFlow: a community archive of imaging templates and atlases for improved consistency in neuroimaging R”, por R. Ciric, W. H. Thompson, R. Lorenz, M. Goncalves, E. MacNicol, C. J. Markiewicz, Y. O. Halchenko, S. S. Ghosh, K. J. Gorgolewski, R. A. Poldrack, O. Esteban, 2022, bioRxiv 2021.02.10.430678; doi:10.1101/2021.02.10.430678 CC-BY 4.0 (Ciric *et al.*, 2022).

En este sentido, la maduración y especialización de áreas cerebrales permean rutas neuroanatómicas para el desarrollo de habilidades cognitivas (Rosselli y Matute, 2012). Dichas rutas se han asociado con el concepto de neuroplasticidad, que hace alusión a la capacidad del cerebro para cambiar su estructura y funcionalidad neuronal en respuesta a experiencias o estímulos ambientales (Álvarez y Wong, 2010; Rapoport y Gogtay, 2008). Ejemplos de ello son los estudios mencionados anteriormente que señalan que, a más años educativos, más volumen de materia gris, más conectividad cerebral y cambios en el metabolismo (Arenaza-Urquijo *et al.*, 2013).

Este tipo de estudios se realizan con herramientas de neuroimagen estructural como la imagen por resonancia magnética (MRI por sus siglas en inglés), tomografía computarizada (CT por sus siglas en inglés) o imágenes con tensor de difusión (DTI por sus siglas en inglés) (Hirsch *et al.*, 2015), y funcional como la electroencefalografía (EEG por sus siglas en inglés), la magneto-encefalografía (MEG por sus siglas en inglés), la imagen por resonancia magnética funcional (fMRI por sus siglas en inglés) y la espectroscopia funcional por infrarrojo cercano (fNIRS por sus siglas en inglés), que permiten visualizar la diversidad que se presenta tanto en los cerebros como en su activación, siendo seguras y no invasivas, por lo que se han realizado estudios incluso con bebés (Diego Neurociencias, 2021; Gazzaniga, 2009; Gazzaniga *et al.*, 2019).

Aplicados a los aspectos de la alfabetización, estas tecnologías han ayudado a detectar áreas relevantes sobre el lenguaje en los hemisferios cerebrales, como el giro frontal inferior o el giro temporal superior (Jasinska y Petitto, 2013), y también funciones predominantes como el reconocimiento de fonemas en el hemisferio izquierdo y la prosodia que es la entonación emocional del lenguaje en el derecho (Rosselli y Matute, 2012).

A este respecto, las investigaciones aplicadas al bilingüismo, al retomar variables como la edad de adquisición o el nivel de transparencia de la lengua o de la ortografía, que se refiere a que cada una de las letras tiene generalmente solo un sonido, han permitido conocer cómo se representa y procesa el lenguaje en el cerebro y cómo sus bases neurales permiten el desarrollo de la lectoescritura (Abutalebi *et al.*, 2015; Ball *et al.*, 2022; Francis, 2005; Jasińska *et al.*, 2016, 2019; Jasinska y Petitto, 2013; Petitto *et al.*, 2012; Wright *et al.*, 2022).

No obstante, hay que recordar que los procesos cognitivos no se encuentran localizados en zonas específicas, sino que los mecanismos de funcionamiento son a través de sistemas, circuitos y redes neuronales complejas (Li *et al.*, 2022). Otras capacidades lingüísticas detectadas que predicen el éxito de la lectura son el conocimiento del léxico o vocabulario a través de la memoria y la conciencia fonológica en la que existe comprensión y manipulación de los patrones de sonido, especialmente de las unidades básicas (fonemas) y que facilita la vinculación del sonido con la representación gráfica (grafemas) de la propia lengua (Ball *et al.*, 2022; Jasińska *et al.*, 2021; Madaio *et al.*, 2020; Tydzień Mózgu, 2022).

Por otra parte, es necesario señalar que existen amplios cuerpos de conocimiento para las poblaciones con discapacidad auditiva (Kovelman *et al.*, 2009, 2014; Kubus *et al.*, 2015; Petitto *et al.*, 2000; Wright *et al.*, 2022) o visual (Arboleda Taborda *et al.*, 2018; Burton *et al.*, 2002; Sadato, 2006) que resulta necesario analizar para su aplicación particular en los subgrupos diversos México, pero que no se retoman en este documento.

En cuanto a la lectura inicial o alfabetización temprana, se necesitan componentes adicionales asociados al desarrollo de lenguaje oral como el desarrollo de redes sensoriales y motoras que convergen en circuitos sensorio-motores y fonoarticulatorios, aspectos visuales-ortográficos, velocidad al nominar, la autorregulación, la atención y la memoria, por mencionar algunos, que se logran mediante los procesos de socialización (Diego Neurociencias, 2021; Gómez *et al.*, 2007; Jasińska *et al.*, 2016, 2019; Perdue *et al.*, 2022).

Con respecto a la dinámica neuronal, en la actividad lectora hay una vinculación mediante fibras o vías nerviosas (sustancia blanca) de diversas áreas del cerebro que están separadas por varios centímetros (Yeatman *et al.*, 2012). Estas fibras comunican regiones visuales asociadas al procesamiento ortográfico en el lóbulo occipital, con regiones auditivas asociadas al procesamiento fonológico y con regiones de procesamiento lingüístico, particularmente en el hemisferio izquierdo (Costandi, 2012).

En este hemisferio se encuentra la corteza occipitotemporal ventral (OTv) y específicamente el giro fusiforme lateral denominado área visual de formación de palabra (VWFA por sus siglas en inglés), que es una región relevante del circuito cerebral que responde selectivamente a las palabras en su forma visual, conectando su procesamiento con el lingüístico (Basque Center on Cognition, Brain and Language [BCBL], 2019a; Grande y López-Higes, 2015; Tydziej Mózgu, 2022). En esta línea, el procesamiento fonológico es respaldado por el tálamo izquierdo, el giro frontal inferior (IFG) derecho e izquierdo, cíngulo posterior derecho y giro occipital medio izquierdo (Perdue *et al.*, 2022).

Por otra parte, Ball *et al.* (2022) señalan que el modelo triangular de lectura contempla la interacción entre redes ortográficas, fonológicas y semánticas para la predicción de resultados positivos en la lectura. Respecto a esto, se ha propuesto al menos dos métodos de enseñanza: el primero llamado lectura global con énfasis en lo léxico-semántico y el segundo llamado lectura analítica con énfasis en la ortografía y fonología (Centro Interdisciplinario en Cognición para la Enseñanza y el Aprendizaje [CICEA], 2017).

Así mismo, se han presentado estudios que indican una vinculación entre el desarrollo de la alfabetización y la aritmética mediante conexiones de sustancia blanca (Bathelt *et al.*, 2017), pese a que utilizan una lateralización distinta (Carreiras *et al.*, 2015), puntualizando que un indicador de mayor desempeño cognitivo y maduración cerebral es el incremento de esta sustancia (Rosselli y Matute, 2012).

Esta información resulta relevante para las políticas asociadas a la educación, dado que en México la mitad de las niñas y niños que se encuentran en el último año de primaria presenta bajos resultados en lenguaje y comunicación (Ramos, 2019). Además, en los programas educativos hay una prevalencia del español, que es una lengua transparente, a diferencia, por ejemplo, del inglés que es una lengua opaca, y dicha característica varía en cada lengua indígena del país. Lo anterior es relevante porque influye en la estrategias de enseñanza-aprendizaje durante la alfabetización o la bi-alfabetización, como en el caso de la educación intercultural, donde las diferencias ortográficas de la lengua tienen efectos en el aprendizaje de la lectura (Jasińska *et al.*, 2019).

Con respecto a lo anterior, existe un estudio realizado en hablantes del español, inglés, hebreo y chino, que indica que el éxito de la alfabetización se manifiesta en la activación de una red neuronal común, tanto en el procesamiento del habla como en la ortografía, sin importar la representación gráfica (Rueckl *et al.*, 2015). Sin embargo, otro estudio realizado en un contexto Kaqchikel-español en Guatemala por Zamora y Ajcuc (2022) sugiere que el desarrollo de los componentes neurofisiológicos y procesos neurocognitivos en la alfabetización se relaciona con la identidad cultural.

En el caso del náhuatl o el totonaco no se han realizado estudios para tener información de este tipo, es decir, en términos generales existen pocos estudios asociados a lenguas indígenas y a procesos de bi-alfabetización (Tydzień Mózgu, 2022). Esto resulta relevante porque como se ha mencionado las niñas y los niños bilingües de las comunidades indígenas enfrentan desafíos adicionales, como asignar letras y sonidos en dos sistemas diferentes (Jasińska *et al.*, 2019); además de que en el caso de las lenguas indígenas la formalización en términos de “sistema” se sigue desarrollando.

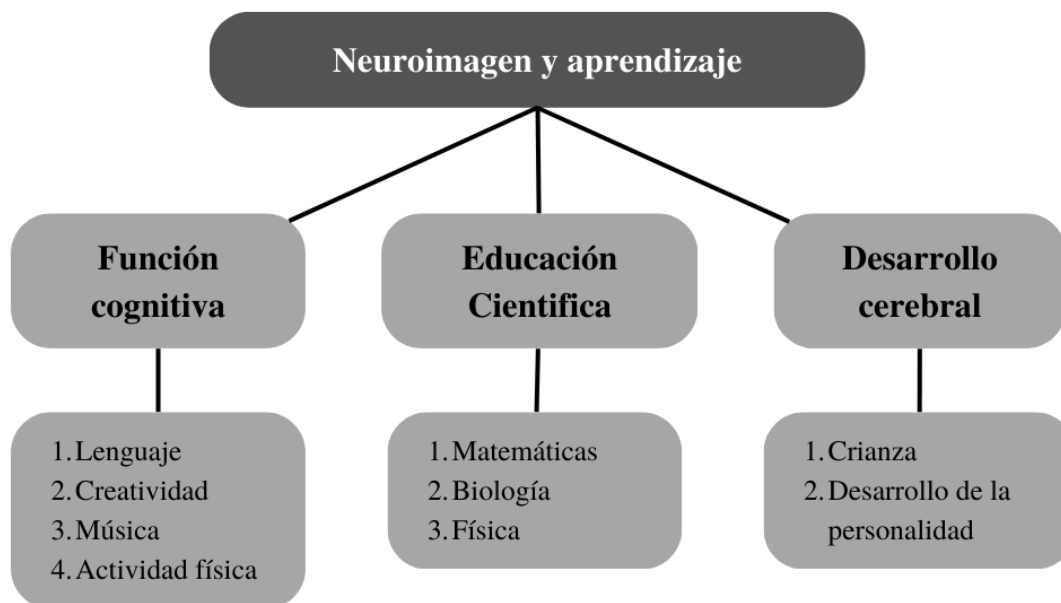
Por otra parte, para desarrollar las habilidades de lecto-escritura es necesario estimular las regiones cerebrales y adquirir procesos cognitivos específicos a partir de entornos lingüísticos, como el hogar, la escuela, la comunidad e incluso intervención de especialistas (Ball *et al.*, 2022; da Silva Pinto y Agrela Rodríguez, 2022; Gómez *et al.*, 2007). Este último punto es porque, tanto para estrategias de prevención como de intervención en problemas asociados al lenguaje, el bilingüismo

y la alfabetización se necesitan identificar “procesos cognitivos potencialmente vulnerables” (Álvarez y Wong, 2010) .

Una estrategia utilizada por dichos especialistas en otros contextos son los estudios de neuroimagen, por ejemplo, la resonancia magnética nuclear (MRI), que incluye la funcional (fMRI) y la estructural (sMRI), y que de acuerdo con Wu *et al.* (2021) han tenido buenos resultados al conectar el proceso de aprendizaje con mecanismos cerebrales en tres temas principales y nueve subtemas (Figura 13).

Figura 13

Neuroimagen y aprendizaje



Nota. Elaboración propia con base en “A Systematic Review of MRI Neuroimaging for Education Research” (p. 1), por C. Wu, T. Lin, G. Chiou, C. Lee, H. Luan, M. Tsai, P. Potvin y C. Tsai, 2021. *Frontiers in Psychology*, 12.

Por lo tanto, este tipo de métodos han permitido comprender la compleja relación entre el desarrollo neurocognitivo del cerebro y las experiencias que intervienen en él (Jasińska y Guei, 2018). Finalmente, es necesario contemplar que estos métodos aplicados al bilingüismo aún tienen limitaciones, como el tamaño de la muestra, poblaciones objetivo, problemas en la replicación, el ruido en las muestras y los métodos para el análisis de los datos (Navarro-Torres *et al.*, 2021).

Capítulo 11

Evaluación neurocognitiva

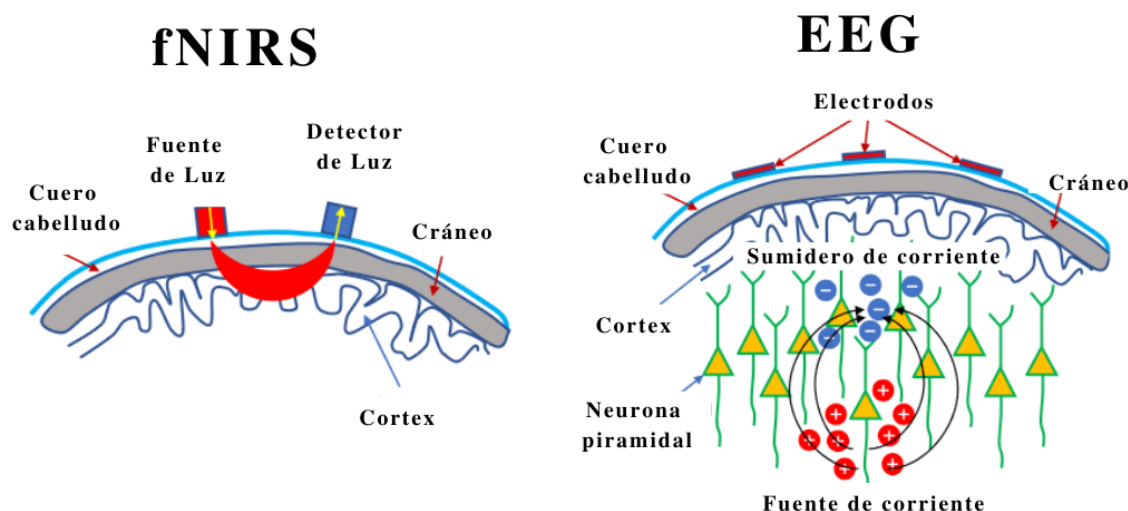
Como se ha mencionado en secciones anteriores, el desarrollo y uso de tecnologías de neuroimagen en el ámbito de la neurociencia coadyuvan en la comprensión del funcionamiento del cerebro a través de la interfaz cerebro-computadora (Xu y Zhong, 2018). Estas herramientas permiten obtener datos que relacionan partes del cerebro y su funcionalidad a partir de un estímulo que depende de una pregunta clínica o de investigación (Johns Hopkins University, 2017).

Tienen dos aproximaciones principales: las que evalúan aspectos estructurales (anatómicos) y las que evalúan aspectos funcionales (metabólicos y electroquímicos). Cada método tiene sus limitaciones y ventajas, por lo que un enfoque que contemple varias herramientas puede ayudar a profundizar en preguntas de investigación complejas (University of Oxford, 2022).

Dentro de los métodos funcionales existen a su vez dos categorías. La primera está enfocada en capturar la fluctuación de señales de actividad eléctrica en el cuero cabelludo como el EEG o el MEG. Por su parte, la segunda busca captar respuestas hemodinámicas y metabólicas en la actividad neural como el fNIRS o el fMRI (Li *et al.*, 2022).

Ambas categorías permiten conocer fenómenos cognitivos bajo condiciones experimentales al registrar bio-señales de la actividad cortical, donde a mayor activación neuronal, mayor intensidad de la señal (amplitud de magnitud) (Lupiáñez Castillo *et al.*, 2016; Maestú Unturbe *et al.*, 2007).

El presente documento se centra en el EEG y el fNIRS por sus características no invasivas (Figura 14) y de portabilidad que han influido en el incremento de su uso en la práctica clínica y en la investigación en grupos cuyas capas de vulnerabilidad están asociadas a bajos ingresos, edad, discapacidad, escolaridad o estatus socioeconómico (Grote *et al.*, 2021; Madaio *et al.*, 2019; Maguire y Schneider, 2019; Williams *et al.*, 2019; Li *et al.*, 2022)

Figura 14*Funcionamiento del fNIRS y del EEG*

Nota. Adaptación y traducción propia de "Concurrent fNIRS and EEG for Brain Function Investigation: A Systematic, Methodology-Focused Review" (p. 2), por R. Li, D. Yang, F. Fang, K. S. Hong, A. L. Reiss y Y. Zhang, 2022. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 22 (15), 5865. <https://doi.org/10.3390/s22155865> (CC BY 4.0).

El EEG es una técnica que se utiliza desde hace más de 100 años. Su funcionamiento consiste en captar señales eléctricas que se generan a partir de la activación de conjuntos de neuronas piramidales al recibir y enviar información a través de electrodos (uno de referencia y uno de tierra), dando una unidad de medida en voltios (Li *et al.*, 2022; Lupiáñez Castillo *et al.*, 2016).

Los avances tecnológicos han permitido reducir los costos y optimizar estas herramientas en cuanto a la complejidad de preparación para la obtención de datos de las ondas cerebrales (Xu y Zhong, 2018). También, se han generado intervenciones con el uso de dispositivos móviles donde la interpretación se hace de manera remota por las y los especialistas (Williams *et al.*, 2019). Finalmente, se han podido conocer patrones de lectura asociados al momento de activación por estímulos ortográficos, fonológicos y semánticos, logrando reconocer aquellos que tienen más ventaja, lo cual ha sido relevante para programas de intervención (Landi *et al.*, 2022).

Por otra parte, el fNIRS es una tecnología cuyas primeras publicaciones en el área tienen aproximadamente 30 años y cuyo uso en la investigación ha reflejado un aumento de 9.8%, del 2004 al 2019 (Boas *et al.*, 2014; Lucas Adell, 2020; The Society for functional Near Infrared Spectroscopy, 2022).

Esta técnica silenciosa, en comparación con el fMRI, tiene como unidad de medida la estimación de parámetro o beta, y utiliza una luz infrarroja que viaja a través

del cuero cabelludo (1 a 2 cm), pasando por el cráneo hasta llegar a los tejidos corticales, captando en ellos señales de tipo hemodinámico (Blanco *et al.*, 2022; Boas *et al.*, 2014; Lupiáñez Castillo *et al.*, 2016).

Lo anterior se refiere a los cambios en la hemoglobina (oxihemoglobina (HbO) o desoxihemoglobina (HbR)), que es una proteína que se encuentra en la sangre y transporta oxígeno hacia las neuronas para que puedan metabolizar la glucosa que requieren para tener energía durante alguna actividad (Lucas Adell, 2020); por ejemplo, en tareas fonológicas donde se pueden observar cambios en ellas durante el procesamiento de fonemas (Diego Neurociencias, 2021).

Ambas tecnologías presentan ventajas y desventajas, por lo que es recomendable tomar en consideración aspectos como el tamaño de la muestra, y los artefactos y artificios que ocurren en la interacción entre la persona y el aparato tecnológico para la obtención de los datos de movimientos, mal funcionamiento de los detectores o el ruido (Blanco *et al.*, 2022; Sartori *et al.*, 2015).

En el caso específico de las técnicas antes descritas, el EEG presenta una alta resolución temporal en comparación con fNIRS, pero este último supera al fMRI; por otra parte, el EEG parece ser menos intuitivo de interpretar (Landi *et al.*, 2022) y es muy vulnerable a los artefactos de movimiento, lo que puede inhibir la medición en entornos naturales, al contrario del fNIRS, que presenta una buena resistencia y puede aplicarse en entornos clínicos y naturales. No obstante, tiene limitaciones en la profundidad de penetración y baja relación señal-ruido (Li *et al.*, 2022).

Las investigaciones actuales buscan mejorar métodos de corrección de los artefactos en ambas tecnologías, además de su aplicación en entornos más naturalistas, particularmente donde hay condiciones de escasos recursos o poco acceso a este tipo de herramientas (Ayaz *et al.*, 2022).

Algunos ejemplos de estudios con tecnologías portables utilizando este tipo de propuesta se han realizado en África Subsahariana rural (Jasińska y Guei, 2018), República de Guinea (Williams *et al.*, 2019), Bangladesh e India (Blasi *et al.*, 2019), China (Zhang *et al.*, 2006), Jordania, Estados Unidos y Canadá (Arredondo, 2021).

Finalmente, en el caso de México, este tipo de investigación puede promover, tanto la comprensión de la alfabetización en comunidades bilingües o monolingües como la detección de trastornos en el desarrollo a través de instrumentos

o actividades *ad hoc*. Por ejemplo, los instrumentos que se utilizan en la evaluación neuropsicológica buscan encontrar alguna alteración o disfunción cerebral (Rosselli y Matute, 2012), pero se pueden emplear para conocer el estatus de ciertas áreas cognitivas.

Para lo anterior, es necesaria la adaptación de aquellos que están posicionados en el mercado (Álvarez y Wong, 2010), sobre todo porque dichos instrumentos han sido administrados con baja frecuencia a poblaciones indígenas en Latinoamérica (Ardila y Moreno, 2001), en México y particularmente en Puebla, por lo tanto, no tienen una validez adecuada. No obstante, otra opción es la construcción de dichas herramientas a partir de los procesos neurocognitivos de interés, mismas que tendrán que ser revisadas por el equipo académico, siguiendo metodologías específicas.

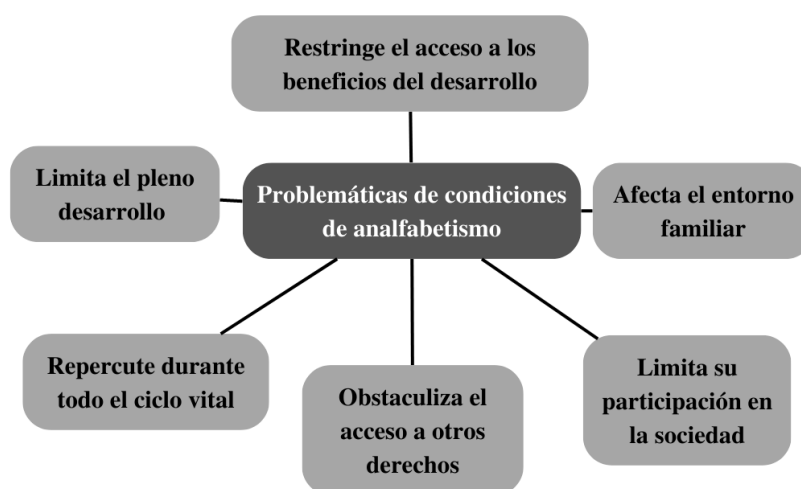
Capítulo 12

Infraestructura a partir de ecosistemas escalables y sostenibles

La División de Desarrollo Social de la CEPAL y la UNESCO (Martínez y Fernández, 2010) han establecido las problemáticas que conlleva una condición analfabeta (Figura 15).

Figura 15

Problemáticas asociadas a la condición de analfabetismo



Nota. Elaboración propia con base en “Impacto social y económico del analfabetismo: Modelo de análisis y estudio piloto” (p. 5), por R. Martínez y A. Fernández, 2010. Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/3747>

Hay que considerar que el aprendizaje en la alfabetización, además de ser un proceso mental, es una práctica social (Manghi Haquin *et al.*, 2016), donde las experiencias adversas tienen consecuencias físicas, mentales y sociales (Shonkoff y Levitt, 2010). Para ello, el objetivo de usar herramientas de neuroimagen es comprender el desarrollo de la lecto-escritura, que se caracteriza por ser una actividad compleja que requiere de pequeñas tareas que involucran diferentes partes del cerebro (Varas Ramos, 2021), en ambientes de alto riesgo de analfabetismo (Jasińska y Guei, 2018).

Por lo anterior, tanto las investigaciones como los programas públicos enfocados en combatir el analfabetismo y el analfabetismo funcional deben contemplar la identificación de capas de vulnerabilidad con efectos cascada y sus detonantes, así como la comprensión del desarrollo cognitivo en contextos de bilingüismo en

comunidades indígenas, teniendo como objetivo diseñar elementos protectores y de empoderamiento para minimizar las condiciones de desigualdad y riesgo social (Lipina y Álvarez González, 2011; Luna, 2021; Ontario Institute for Studies in Education, 2011). Para ello, es necesario generar infraestructuras sólidas a través de ecosistemas escalables y sostenibles mediante la vinculación de los actores claves que se describen a continuación.

Familia

En las intervenciones directas con las poblaciones objetivos, la familia tiene un papel relevante para el desarrollo de la alfabetización de las niñas y niños (Madaio *et al.*, 2019). Existen estudios como el de Farah (2018) que señalan que las intervenciones con padres y madres de familia no modifican el estrato socioeconómico de las personas, pero sí tienen un impacto relevante en la estructura y funcionalidad de los cerebros de las niñas y niños, por ejemplo, evitar ciertas pérdidas o promover el aumento de tamaño en algunas regiones o sus interconexiones.

Escuelas-laboratorio

En el caso de las escuelas, una estrategia utilizada en diversos países como Estados Unidos (Saracho, 2019), España (BCBL, 2019b), Canadá (OISE, 2022), Alemania, República Checa, Inglaterra, Francia, Austria (Universität Bielefeld, 2022) y China (Wong, 2008) es la escuela laboratorio.

Esta propuesta, iniciada por el pedagogo John Dewey hace más de 200 años en la Universidad de Chicago (Saracho, 2019), hace referencia a la vinculación entre escuelas de preescolar a secundaria que están asociadas a universidades y cuyo objetivo es la enseñanza, el entrenamiento y la investigación en profesionales en formación (Lab School Paris, 2020), siguiendo una metodología que resulta similar al entrenamiento que reciben médicos durante su formación en hospitales.

Cabe resaltar que en estas instancias educativas hay profesores investigadores que, mediante metodologías de investigación, evalúan e informan sobre las prácticas educativas basadas tanto en teóricas actuales como clásicas, mediante el diseño de experiencias específicas (OISE UofT, 2018). En ellas, las niñas y niños que asisten a estas escuelas tienen programas educativos que buscan mejores estrategias de enseñanza-aprendizaje basados en evidencia.

Lo anterior resulta relevante, porque de acuerdo con Carmen López, jefa de Educación de UNICEF México, “ir a la escuela no es suficiente; los niños, niñas y adolescentes tienen derecho a aprender” (Ramos, 2019).

Agentes comunitarios

Otro aspecto relevante para dicha sostenibilidad es la coordinación de otros agentes que influyen en el contexto comunitario (Álvarez y Wong, 2010), derivado de que el desarrollo de componentes neurofisiológicos y procesos neurocognitivos se relacionan con la identidad cultural (Zamora y Ajcuc, 2022). En estos agentes se encuentran líderes de la comunidad, asociaciones civiles, grupos de encuentro y profesores locales cuyo rol es necesario para orientar los esfuerzos y generar un acercamiento entre grupos que parecen aislados, con el objetivo de generar espacios interculturales (Manghi Haquin *et al.*, 2016).

La tecnología no tiene por qué estar desligada de la cultura y las costumbres, puesto que puede abrir nuevas posibilidades y brindar soluciones más integradoras, generando innovaciones tecnológicas y metodológicas regionalizadas sostenibles. El método científico, junto con las cosmovisiones y saberes ancestrales, forman parte del tejido social, por lo que, de forma colectiva, deben buscar soluciones para un desarrollo sostenible en el que se mejore la calidad de vida de las personas (Álvarez y Wong, 2010; ETNOCIENCIAS +MUJER +ETNIAS +CONOCIMIENTO, 2021).

Ejemplo de ello son estudios realizados en la comunidad Wichí Lawet en Argentina (Taverna *et al.*, 2018), en comunidades hablantes de Attié en África (Madaio *et al.*, 2020), o en comunidades de Mae Mai en Tailandia (Mangkhang *et al.*, 2021). En el caso de Puebla, se han desarrollado diversas iniciativas en favor de ello. Un ejemplo desde la sociedad civil es el programa de alfabetización ‘Creciendo Juntos’ en la Central de Abastos, diseñado a partir de la población y que imparte también cursos para reducir otros niveles de rezago educativo (Cruz Cortés, 2022), o “las Casas de Lectura Talokan”, que son bibliotecas comunitarias para niñas, niños y jóvenes de la Sierra Norte del estado (La Ruleta Staff, 2020).

En el caso de actores académicos, se distingue la iniciativa realizada por la BUAP, a partir de las campañas de alfabetización del CUPS, las cuales recibieron el Premio Internacional de Alfabetización UNESCO-Confucio 2020 (UNESCO, 2022b).

Personas pertenecientes al sector gubernamental

En el aspecto gubernamental están los diversos programas del Instituto Estatal de Educación para Adultos, como el enfocado a personas con discapacidad visual, el de regularización a menores desertores del sistema escolarizado o el programa educativo para hablantes de lengua indígena (náhuatl, totonaco y otomí) (Gobierno de Puebla, 2023). Estas iniciativas, como las anteriores, generalmente se mantienen aisladas, por lo que es recomendable generar vinculaciones para

el intercambio de información. Esto puede promover estudios comparativos que permitan evaluar las estrategias y desempeño del proceso de enseñanza-aprendizaje en contextos específicos del estado de Puebla.

Además, con ayuda de investigaciones básicas y clínicas desde las herramientas de neuroimagen se puede aportar a la integración de conocimientos sobre el desarrollo del cerebro (Shonkoff y Levitt, 2010) y las estrategias antes mencionadas, generando mecanismos de intervención más efectivos. No obstante, es relevante destacar que la neurociencia no diseña proyectos educativos o políticas públicas por sí misma, lo que hace es brindar información relevante para la construcción, implementación y evaluación de las mismas (CICEA, 2017).

Apropiación social del conocimiento

En términos más generales, el esfuerzo generado por diferentes cuerpos de conocimiento dentro de HCTI tiene como principio el bienestar social, el cuidado del ambiente y el crecimiento económico del país (CONAHCYT, 2020b). El programa institucional del CONAHCYT declara que la ciencia será un verdadero derecho humano cuando se ejecute desde la infancia, en beneficio de la sociedad, combatiendo la marginación y respetando el ambiente (CONAHCYT, 2020a, p. 25).

Es por ello que estos desarrollos deben aportar a la construcción de sociedades de conocimiento más sostenibles y democráticas que promuevan la protección de los derechos humanos (Vessuri, 2016). De esta forma, se pueden reducir, a través de la implementación y evaluación de políticas públicas y programas de gobierno más efectivos (Lipina, 2016), las desigualdades, las brechas estructurales y las capas de vulnerabilidad y su impacto en aspectos de movilidad social y bienestar.

Por otra parte, las y los representantes de la UNESCO establecen que los cinco campos vitales que permiten el desarrollo humano sostenible son: la educación, las ciencias naturales, las ciencias sociales y humanas, la cultura, la comunicación y la información (Vessuri, 2016). Es por ello que los avances científicos y sus posibles aplicaciones pierden importancia social si el público no especializado no los puede aprovechar (Blanco López, 2004; Estrada, 2011). Para lograr esto es necesaria la vinculación entre ciencia y sociedad mediante una cultura científica. Una forma de lograr esta vinculación es impulsando la ASC.

Este concepto se define como un proceso en el que una sociedad pone a disposición de todos sus miembros el conocimiento científico y tecnológico para que puedan adaptarlo y aplicarlo a sus propias necesidades. América Latina es el principal promotor de este concepto, que está estrechamente relacionado con los ODS (Romero-Rodríguez et al., 2020).

Alineados a estos esfuerzos, el CONCYTEP (2019) y el CONACHYT (2022) han realizado iniciativas que convergen en el trabajo encaminado a la reducción de la pobreza y elevar la calidad de la educación. En esta línea, y alineado al plan estatal de desarrollo de Puebla 2019-2024, el programa institucional del CONCYTEP se orienta a la reducción de las desigualdades y la promoción de la inclusión social mediante estrategias aplicadas a la ASC, particularmente en la infancia.

Entre ellas se distinguen programas de verano, cursos, talleres, visitas a las áreas remotas del estado con el programa de vehículos de la ciencia, programas de televisión, un sitio web, así como el desarrollo de una revista y libros de libre acceso. Esos programas son relevantes porque permiten reducir brechas sociales y fomentar la movilidad social, así como promover el bienestar psico-social mediante un enfoque regionalizado, inclusivo y lo más horizontal posible (CONCYTEP, 2019).

Aprender ciencia generalmente no incluye la adquisición de nuevas ideas o conceptos, sino la modificación o integración de elementos que se usan en otras áreas; de esta forma, se genera una vinculación de la ciencia con la vida cotidiana (Blanco López, 2004) e incluso con saberes tradicionales. Esto es relevante tanto para las personas tomadoras de decisiones, pero también para la sociedad y particularmente para aquellas personas cuya alfabetización no se ha logrado.

Finalmente, recordando que la educación es un derecho básico y habilitador, los proyectos de investigación que se desprenden este requieren de, al menos, seis dimensiones (Figura 16) para promover el desarrollo comunitario (Álvarez y Wong, 2010), mismos que forman parte de las bases necesarias para la generación de ecosistemas escalables y sostenibles.

Figura 16

Dimensiones de proyectos de investigación para el desarrollo comunitario



Nota. Adaptado de “Neurociencias y Comunidad: La oportunidad del neurodesarrollo” (p.33), por M. Á. Álvarez y A. Wong, 2010, *PSIENCIA. Revista Latinoamericana de Ciencia Psicológica*, 2(1).

Capítulo 13

Consideraciones para el desarrollo de protocolos de investigación en la Sierra Norte del estado de Puebla

El neurodesarrollo es un proceso multifactorial y complejo en el que factores genéticos y socioculturales no siguen trayectorias fijas, por lo que los entornos y las interacciones en ellos tienen consecuencias en el aprendizaje, el comportamiento y la salud durante todo el ciclo vital (Shonkoff y Levitt, 2010; Wong, 2008).

En esta línea, la alfabetización se ha reconocido como derecho humano y el acceso a ella es indispensable para el futuro de niñas, niños y adolescentes por ser un instrumento para superar la vulnerabilidad social y aspirar a otros derechos. No obstante, la educación formal puede ser insuficiente para fomentar la alfabetización temprana, especialmente en contextos de bajos recursos o donde hay alto grado de adversidad (da Silva Pinto y Agrela Rodríguez, 2022; Madaio *et al.*, 2020; Manghi Haquin *et al.*, 2016).

Por lo anterior, en este documento se han revisado investigaciones realizadas en diversas partes del mundo, cuyo objetivo ha sido brindar información sobre el lenguaje, el bilingüismo y el proceso de alfabetización. Así mismo, se ha propuesto realizar estudios de neuroimagen funcional con tecnologías portables, no invasivas y de menor costo para evaluar actividades cognitivas específicas (Portellano, 2011) que se involucran en la adquisición de la lectoescritura en entornos naturalistas.

Subsecuentemente, en esta sección se propone una serie de consideraciones en la implementación de proyectos de investigación para el desarrollo comunitario con énfasis en la alfabetización desde la perspectiva de las neurociencias, las ciencias cognitivas y la psicolingüística (Taverna *et al.*, 2018) en la Sierra Norte de Puebla.

Objetivo general

Derivado de la complejidad referida a lo largo del documento, es relevante considerar que estudios de esta naturaleza se desarrollan por fases dinámicas y adaptables en el marco de lo posible. Es por ello que el objetivo general de dichos proyectos puede delimitarse dentro del marco de “evaluar actividades cognitivas involucradas en la adquisición de la lectoescritura y su respuesta neuronal en

entornos naturalistas y bilingües en la Sierra Norte de Puebla.” No obstante, al ser indispensable la participación de diversos actores, dicho objetivo puede ser reformulado con el propósito de que la información que se busque obtener promueva modelos educativos alternativos y/o complementarios que respondan a las necesidades de la población indígena en el estado, integrando una perspectiva intercultural, comunitaria y participativa.

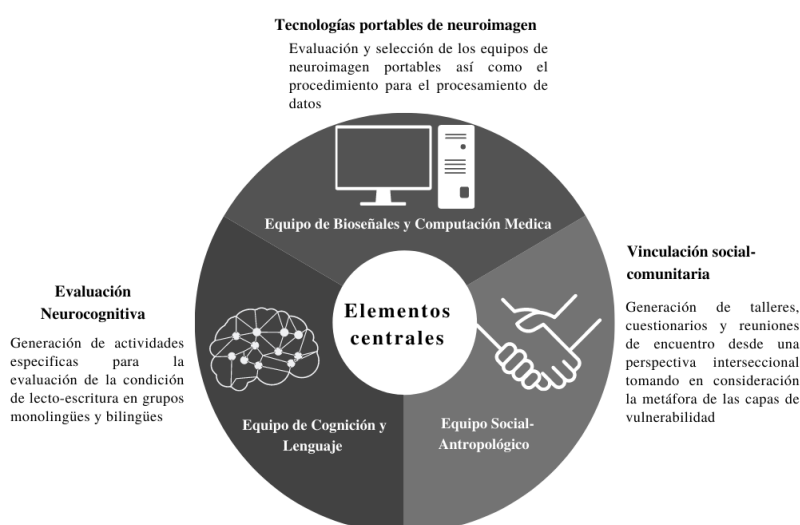
Selección del equipo académico

Derivado del carácter transdisciplinario, se contemplan al menos tres equipos de expertos. El primero, con énfasis en aspectos neurocientíficos, psicolingüísticos y educativos, deberá seleccionar o desarrollar las herramientas de evaluación neurocognitiva; el segundo, con énfasis en dinámicas sociales y antropológicas, deberá proveer estrategias de vinculación con la comunidad, así como enfatizar la integración de conocimientos entre los diversos actores; y el tercero, con énfasis en bioseñales y cómputo médico, proveerá el equipo tecnológico para la captura de datos, así como todo lo relacionado a la captura y procesamiento de la información (Figura 17).

Adicionalmente, se busca que en dichos equipos académicos se integren asistentes de investigación locales mediante contratación y capacitación, con el objetivo de reducir posibles brechas con la comunidad asociadas a barreras culturales o de lenguaje, y cuyo papel es fundamental para la sostenibilidad del proyecto.

Figura 17

Orientaciones del equipo académico



Nota. Elaboración propia.

Consulta previa y generación de comité coordinador

Durante el proceso de diseño es fundamental generar un comité coordinador para la consulta previa a la implementación, mismo que se mantendrá activo durante todo el proyecto. Para lo anterior, se requiere de la selección de representantes de las partes interesadas. Su tarea principal consiste en la generación de acuerdos (Urrego Mendoza *et al.*, 2017) en los que se homologuen las problemáticas y necesidades planteadas por el equipo de investigación, la comunidad y las organizaciones locales.

Además, dicho comité evaluará la pertinencia de la investigación y guiará su diseño en términos de selección y aprobación del grupo objetivo, el espacio donde se ejecutará el experimento, la transparencia de procedimientos y métodos, y el objetivo final, garantizando que los resultados sean en beneficio de las y los participantes, y de la comunidad.

Aprobación ética y presupuestal con las instancias locales

Durante el desarrollo de todas las fases del proyecto es esencial tomar en consideración las diversas capas de vulnerabilidad en la población y los posibles problemas éticos que se derivan de ellas. Por lo anterior, es necesario que durante cada procedimiento se salvaguarden sus derechos mediante lo referido en el marco internacional del “principalísimo”, como lo expuesto en la Declaración de Helsinki y/o en la Organización Panamericana de la Salud (revisar capítulo 8).

Para ello, es necesario brindar en un espacio seguro, empático y cordial, con información clara, transparente y concisa sobre los procedimientos, los beneficios, los riesgos, el manejo de los datos, la finalidad del estudio, el usos de los resultados y el derecho a negarse a participar o continuar en el proyecto (Carreño Rimaudo *et al.*, 2021; Pelcastre-Villafuerte *et al.*, 2018).

Este proceso es uno de los elementos más relevantes (Páez Moreno, 2017) y debe ser acompañado del diseño de un consentimiento informado para mayores de 18 años y/o tutores, y un procedimiento de asentimiento para las y los participantes cuando son menores de edad. No obstante, dado que las poblaciones con las que se trabajará pueden pertenecer a comunidades indígenas que se encuentran con una condición de rezago educativo o analfabetismo, es necesario hacer adaptaciones en el procedimiento, por ejemplo, el apoyo de intérpretes o líderes comunitarios.

Selección de la muestra de estudio

Para la selección de las y los participantes es recomendable iniciar con la técnica “observación naturalista”. De acuerdo con (Kantowitz *et al.*, 2009), esta actividad se caracteriza por un registro sistemático que proporciona datos para generar una investigación más controlada en la fase de experimentación. Por lo tanto, es relevante delimitar la observación sobre conductas específicas en el fenómeno de estudio, así como la reacción del participante observado.

Con respecto a lo anterior, dichas observaciones se pueden realizar en espacios abiertos como plazas comunitarias, bibliotecas públicas y mercados, o en escenarios más específicos, aulas educativas, instancias de salud o incluso los hogares de las familias que así lo acepten. En este tipo de aproximación se busca conocer las perspectivas propias de la comunidad elegida para alinear el diseño del proyecto de forma situada (Manghi Haquin *et al.*, 2016).

Una vez seleccionados a las y los participantes, se debe mantener presente su autodenominación y visión, promoviendo la participación comunitaria para entretener los conocimientos sobre el neurodesarrollo y la alfabetización (Álvarez y Wong, 2010), con el objetivo de diseñar herramientas *ad hoc*. Así mismo, se debe generar un diagnóstico inicial sobre la situación sociodemográfica y estatus de vulnerabilidad en el que se incluyan variables como la edad, la identidad sexual, el nivel de escolaridad, la autodenominación, el número de lenguas que se hablan, entre otros factores.

En este diagnóstico se pueden utilizar los criterios mínimos a evaluar que se exponen en el artículo “Consentimiento informado en investigación y vulnerabilidad social” de Páez Moreno (2017), los cuales abordan aspectos de rezago educativo, acceso a servicios de salud, acceso a seguridad social, calidad y espacios de vivienda, servicios básicos de vivienda y acceso a la alimentación. No obstante, sería recomendable incluir criterios más específicos que se tendrán que consensuar con el equipo de investigación.

Apropiación social del conocimiento

Esta actividad conlleva un acercamiento hacia los conocimientos y cosmovisión de cada grupo colaborador, por lo que debe de realizarse de forma bidireccional. Para ello, es recomendable seguir y adecuar el modelo estratégico propuesto por Pelcastre-Villafuerte *et al.* (2018), que tiene seis áreas que se describen a continuación.

La primera busca identificar y enfatizar las necesidades de la comunidad más que las normativas de un sector en particular; en el caso de esta propuesta, necesidades

educativas. Esto tiene como objetivo generar estrategias en la “apropiación y compromiso”, y para ello se requiere la participación de diversos actores.

La segunda consiste en identificar a las personas que dan la atención de manera local y que son valoradas; en este caso pueden ser docentes o personas de la sociedad civil que se han encaminado a promover procesos de alfabetización.

La tercera busca que las decisiones sean tomadas de forma “colectiva” de acuerdo a las y los autores, ya que es fundamental porque promueve la “recuperación de la confianza” en comunidades aisladas.

La cuarta involucra la generación de materiales basados en la etnoeducación para su difusión, mientras que la quinta busca generar un “canal de comunicación” para sumar esfuerzos y promover la colaboración. Finalmente, la sexta busca garantizar la permanencia de las acciones mediante el compromiso de los actores.

Figura 18

Modelo estratégico propuesto por Pelcastre-Villafuerte y colaboradores (2018)



Nota. Adaptado de “Salud y personas adultas mayores indígenas: La doble capa de vulnerabilidad” (p. 365), por B.E. Pelcastre-Villafuerte, S. Meneses Navarro y L. Reyes Gómez, 2018, *Las ciencias sociales y la agenda nacional. Reflexiones y propuestas desde las Ciencias Sociales*, 11.

Con respecto a la difusión por parte de las y los investigadores, además de tomar en cuenta las metodologías de etnoeducación que de acuerdo con UNICEF (2020a) consideran el “reconocimiento de la diversidad epistémica y de las pedagogías propias como referentes base para la creación e innovación didáctica, la investigación y la producción de materiales educativos”, es recomendable utilizar las estrategias e infraestructuras para la divulgación científica que fueron referidas en secciones anteriores.

Esto tiene como objetivo aumentar la comprensión del objetivo del estudio, del diseño experimental y del funcionamiento de la tecnología antes, durante y después del experimento. Esto puede considerarse como una Jornada de Divulgación Científica, pero también como un espacio de encuentro y participación comunitaria.

Adicionalmente, es recomendable utilizar materiales audiovisuales en versiones traducidas en la lengua de la comunidad con ayuda de un intérprete local. Se pueden ocupar como referencia los desarrollados por la Universidad de Standford para el estudio “Girl BAND: Girl Behavior and Neuro-development” (Stanford Medicine, 2023) o los utilizados en el BCBL (2021).

Dichos materiales se pueden emplear en formato de taller y complementados con información dirigida a diferentes grupos etarios, por ejemplo, tutores y menores de edad, como la propuesta del laboratorio D.E.N. Lab de la University of Iowa (2023), previo a la fase de recolección de datos.

Diseño experimental

Dada la complejidad en las técnicas de neuroimagen en aspectos de la recolección, tratamiento y análisis de los datos (Venturelli, 2018), la fase inicial deberá basarse en una orientación exploratoria cuyo objetivo sea identificar aspectos relevantes del fenómeno y detallar el proceso metodológico. Se sugiere identificar y detallar las variables independientes, es decir, aquellas que se manipulan durante el proceso experimental, las dependientes que solo se observan y las de control que se mantendrán constantes; esto es fundamental para controlar en la medida de lo posible el problema de variación extraña que ocurre con mayor frecuencia en los estudios que se llevan a cabo fuera del laboratorio (Kantowitz *et al.*, 2009).

Posteriormente, durante la fase experimental es necesario haber identificado y seleccionado *cuáles* son los dominios a evaluar en términos cognitivos-lingüísticos, *cuándo* es el tiempo oportuno en términos de edad o etapa de desarrollo de la población objetivo y el *cómo* evaluarlos al seleccionar el tipo de instrumentos,

material y tareas o actividades que generan los estímulos para la obtención de los datos (Álvarez y Wong, 2010). Para lo anterior, es recomendable desarrollar un manual experimental en el que se especifique tanto los procedimientos como la justificación. Esto es beneficioso, en primer lugar, porque permite guiar las acciones para cumplir con criterios de calidad en los procedimientos y, en segundo lugar, como herramienta de consulta durante la capacitación de las y los asistentes de investigación locales.

Adicionalmente, se sugiere revisar la propuesta establecida por Jasińska y Guei (2018) en su video-artículo “Neuroimaging Field Methods Using Functional Near Infrared Spectroscopy (NIRS) Neuroimaging to Study Global Child Development: Rural Sub-Saharan Africa [Métodos de neuroimagen en campo utilizando neuroimagen funcional de espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS) para estudiar el desarrollo infantil global: África Subsahariana rural]”. En este material se detallan los procedimientos que utilizan para el establecimiento de laboratorios móviles con tecnologías portables que se ocupan para el estudio de las bases neuronales de la lectura en niñas y niños en Costa de Marfil. A continuación, se retoman algunos puntos clave de dicha propuesta.

Selección de los instrumentos de evaluación

Equipo tecnológico

En esta propuesta se sugiere, como equipo tecnológico, la espectroscopia funcional de infrarrojo cercano (fNIRS) y/o la electroencefalografía (EEG), que se distinguen por ser técnicas de neuroimagen no invasivas al permitir medir la actividad cerebral durante la producción de lenguaje, la lectura y escritura. Dichos instrumentos tecnológicos se encuentran en instituciones de la entidad (BUAP, 2013; INAOE, 2017), mismos que pueden ser solicitados al generar vinculaciones interinstitucionales.

Una vez aprobado el equipo tecnológico, las y los expertos en análisis de bioseñales deberán:

1. Seleccionar la metodología y el *software* para el procesamiento de datos, así como el análisis estadístico con base en el *hardware* disponible
2. Prever los mecanismos y estrategias para tratar los artefactos y artificios que ocurren en la interacción con el usuario
3. Realizar una evaluación de los requisitos técnicos para la transportación, instalación y mantenimiento del equipo en el espacio aprobado por el comité coordinador

4. Seleccionar los servicios o equipo adicional para el resguardo de copias de seguridad de los datos obtenidos

Tareas experimentales

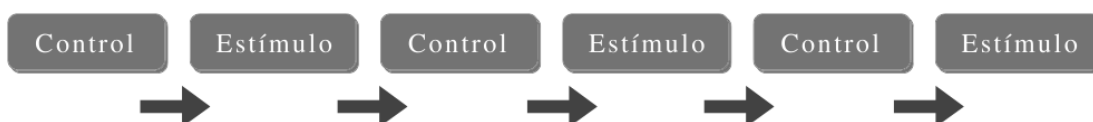
Para obtener los datos es recomendable generar tareas específicas “breves y fáciles de administrar”, así como “adaptarse a las condiciones de vida” (Ardila y Moreno, 2001). Estas se pueden diseñar a partir de actividades utilizadas en la evaluación neurocognitiva (Álvarez y Wong, 2010) y de forma específica en “protocolos de evaluación logopédica, psicológica, psicopedagógica y neuropsicológica desde diversos enfoques y posturas teóricas de los autores” (Solovieva y Quintanar Rojas, 2020, p. 17).

Una vez seleccionadas, es importante generar un proceso de adecuación cultural, particularmente en aquellos que utilicen estímulos como imágenes, video, audios, juguetes y libros, y en herramientas para recabar de datos como guías de entrevistas y cuestionarios (Blasi *et al.*, 2019). Lo anterior debe realizarse retomando la recomendación de personas locales, por ejemplo, como refiere Nava (2022), en lugar de utilizar vocabulario como “el tigre, el león, la jirafa”, preferir “tocatl (araña), el tecuane (jaguar), chichi (perro), coyotl (coyote)”.

Una vez alcanzados estos requisitos y seleccionado el estímulo, se deberá detallar el proceso para la ejecución, así como la cantidad de ciclos de repeticiones estímulo-control (Figura 19) con base en los requisitos del equipo tecnológico.

Figura 19

Ejemplo de ciclos de repeticiones estímulo-control



Nota. Elaboración propia.

Procedimiento para la recolección, preprocesamiento y análisis de los datos

Durante este proceso es importante obtener la captura de datos sin interrupciones y evitando afectar las actividades normales de las y los participantes. Adicionalmente, el orden de las actividades iniciales consiste en:

1. Firma del consentimiento informado y/o asentimiento de la persona participante
2. Asignación de un número identificador
3. Aplicación del cuestionario sociodemográfico que debe estar alineado a una perspectiva interseccional y a la propuesta de análisis de capas de vulnerabilidad. Además, deberá incluir cuando menos:
 - a. aspectos educativos en términos de acceso, permanencia, egreso y calidad
 - b. aspectos económico-geográficos como región, municipio y localidad, así como nivel de rezago
 - c. aspectos específicos de alfabetización como condición alfabeta, analfabeta funcional o analfabeta de acuerdo con criterios preestablecidos, por mencionar algunos
 - d. aspectos relacionados al bilingüismo y autodenominación
4. Ejecución de tareas y recopilación de actividad neuronal utilizando la EEG o la fNIRS en el que se realiza:
 - a. toma de medidas de la cabeza
 - b. colocación del gorro, así como de los optodos emisores de luz y detectores en el cuero cabelludo
 - c. ejecución de pruebas control
 - d. ejecución de los ciclos tareas experimentales
 - e. respaldo de los datos registrados a partir de los bioseñales
5. En el preprocesamiento de los datos “crudos” se preparan los datos que se utilizarán en el análisis subsecuente, utilizando diversas técnicas para:
 - a. la eliminación de ruido y artefactos
 - b. la corrección y normalización de las variaciones de la señal
6. Posteriormente en el análisis de los datos se debe utilizar métodos estadísticos apropiados o para:
 - a. extraer información útil de los datos preprocesados
 - b. identificar patrones de actividad neuronal asociados a las tareas diseñadas para evaluar los dominios cognitivos-lingüísticos

7. Para la interpretación y discusión de resultados hay que tomar en consideración que:

- a. en los datos obtenidos en estudios con herramientas de neuroimagen se analiza la diferencia entre los datos control y los datos experimentales
- b. se debe tener en cuenta los antecedentes culturales y lingüísticos de las y los participantes

Plan de la difusión y socialización de resultados

Esta actividad dirigida por el comité coordinador tiene como objetivo presentar la metodología aplicada y los resultados a los grupos colaboradores y a otros actores que influyen en la toma de decisiones. La relevancia de esta acción consiste, en primer lugar, en la sensibilización y visibilización de las problemáticas en la comunidad, así como sus necesidades, valores y cosmovisión. En segundo lugar, busca validar la metodología desarrollada y los resultados obtenidos mediante su replicación, porque, como mencionan Kantowitz *et al.* (2009, p. 55), es la razón última para hacer experimentos en investigación. En tercer lugar, promueve la promoción del diálogo entre colaboradores y actores externos para la toma de decisiones de pasos subsecuentes orientados a la implementación o reformulación de programas de intervención.

Para alcanzar lo antes mencionado, se requiere:

1. Materiales de difusión para pares y materiales de divulgación para diversos grupos etarios: consiste en la preparación de materiales complementarios como video-cápsulas, audio-cápsulas, carteles, folletos, presentaciones, material didáctico o libros. En el caso de los segundos, estos deben realizarse de forma que sean accesibles y comprensibles para los participantes y sus familias, así como para otros miembros de las comunidades indígenas.
2. Eventos de difusión y divulgación: consiste tanto en la organización como la asistencia a eventos como conferencias, mesas redondas, talleres, ferias científicas, asambleas o eventos culturales, mismos que pueden ser grabados y difundidos por otros canales de comunicación como radios comunitarias, internet o televisión.
3. Evaluación de los resultados del plan de la difusión y socialización: consiste en el uso de indicadores previamente establecidos y colegiados en el comité coordinador, buscando evaluar a qué nivel los objetivos fueron alcanzados.

Conclusiones

Como se planteó al inicio de este documento, el análisis desarrollado en los capítulos anteriores se nutrió de diversas áreas de estudio que permitieron visualizar aspectos particulares asociados al lenguaje, el bilingüismo y la alfabetización, para finalmente culminar con una serie de consideraciones en el desarrollo de protocolos de investigación en la Sierra Norte del estado de Puebla.

Si bien no se hizo una revisión exhaustiva de escuelas de pensamiento específicas, se retomaron aspectos esenciales para brindar una visión general sobre esta temática y las problemáticas derivadas en el estado de Puebla. No obstante, como cualquier propuesta de esta naturaleza es evidente una serie de limitaciones. La primera es que, al aportar una visión general, existe el riesgo de sobre simplificar las problemáticas que se abordan y sus descripciones, así como las propuestas de solución desde las diversas perspectivas teóricas.

En segundo lugar, para el desarrollo de una propuesta interdisciplinar más completa y tangible se requiere mayor análisis y retroalimentación de un equipo conformado por diversas disciplinas, donde el diálogo permitirá cubrir las limitantes en las fronteras de unas u otras.

En tercer lugar, es recomendable enfatizar que esta es una propuesta inicial cuyo objetivo final ha sido aperturar reflexiones para el diseño de políticas públicas y programas de gobierno que permitan promover la vinculación y colaboración de actores clave locales, nacionales e internacionales en favor del estado de Puebla y de sus ciudadanas y ciudadanos.

Por lo anterior, a continuación, se enlistan los diez puntos más relevantes del documento:

1. El alfabetismo es una capacidad que coadyuva en el bienestar, la seguridad, la equidad y la movilidad social de las personas. En ella influyen factores socioambientales como las brechas estructurales, las capas de vulnerabilidad y problemáticas de corte interseccional, así como procesos neurocognitivos que incluyen el “pensamiento, lenguaje, memoria, atención, percepción y movimientos complejos” (Portellano, 2011), mismos que están estrechamente relacionados con el funcionamiento del cerebro (Wu *et al.*, 2021).
2. Dada su relevancia, se han sumado esfuerzos de actores provenientes de esferas tanto públicas como privadas, desde lo internacional hasta lo local, algunos de los cuales se han señalado en el documento. Sin embargo,

aún persiste una brecha significativa en la tasa de analfabetismo entre las diferentes regiones del país, donde el estado de Puebla es uno de los más afectados, particularmente sus residentes, pertenecientes a las comunidades indígenas y hablantes de lenguas originarias. Las lenguas con mayor presencia en la región son el náhuatl (73%) y el totonaco (16.8%).

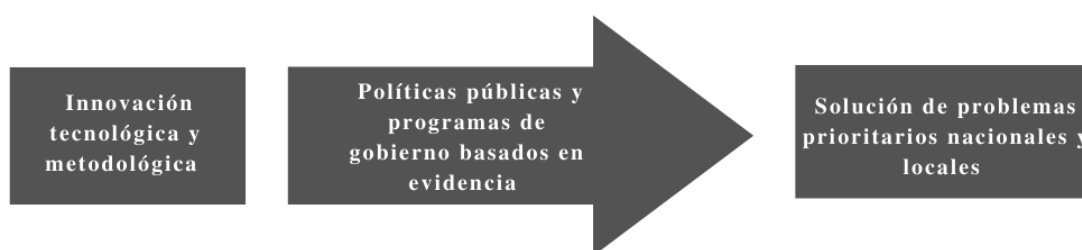
3. Es indispensable el trabajo colaborativo e interdisciplinar para generar herramientas *ad-hoc* que guíen y evalúen la implementación de las intervenciones traducidas en programas de prevención e intervención basados en evidencia, con el objetivo de respaldar su sostenibilidad y prevenir posibles resultados negativos.
4. Es importante generar condiciones que permitan el desarrollo de estudios más específicos para comprender los efectos de aspectos interseccionales como la pobreza, vivir en zonas rurales, pertenecer a pueblos originarios, trabajo infantil, discapacidad o experiencias adversas durante la infancia en los mecanismos neuronales que subyacen a los procesos de alfabetización.
5. En América Latina, en México y, particularmente, en el estado de Puebla existe poca información recuperada sobre la relación del lenguaje, el bilingüismo y el proceso de alfabetización utilizando tecnologías portables de neuroimagen funcional no invasiva en entornos naturalistas y con grupos con condiciones de vulnerabilidad y problemáticas asociadas al analfabetismo como los que se encuentran en el estado.
6. Las tecnologías portátiles de neuroimagen funcional son herramientas innovadoras y complementarias que han brindado información relevante en problemas educativos y de salud pública. Sus aportaciones consisten en realizar un mapeo de áreas cerebrales y su activación en un momento específico. En este documento se enfatizaron los equipos portátiles de EEG, que indica la actividad eléctrica, y la fNIRS, que detecta la hemodinámica y respuesta metabólica. El uso de ambos permite obtener información en condiciones clínicas, de laboratorio y naturalistas que puede ser complementaria (Li *et al.*, 2022).
7. Las interacciones entre los genes, las experiencias tempranas y la influencia ambiental forman la arquitectura y la función del cerebro en desarrollo (Shonkoff y Levitt, 2010), por lo que el uso de estos instrumentos ha permitido estudiar las capacidades lingüísticas, su activación neuronal y conectividad funcional (Jasińska *et al.*, 2021), así como su relación con procesos sociales y educativos (Arenaza-Urquijo *et al.*, 2013).

8. El valor de la neurociencia no proviene de un solo estudio de neuroimagen, sino de múltiples contribuciones al cuerpo de conocimiento (Seymour y Vlaev, 2012) y su función. Junto con otras disciplinas, consiste en brindar información que aporte a la construcción, implementación y evaluación de proyectos educativos o políticas públicas (CICEA, 2017).
9. Se requiere de una infraestructura adecuada que permita la implementación de intervenciones y la realización de investigaciones en regiones con altas tasas de analfabetismo. Esto involucra no solo a los actores gubernamentales, sino también a la sociedad civil, incluyendo a las familias, las escuelas-laboratorio y los agentes comunitarios.
10. La ASC es clave para generar dicha infraestructura, lo que implica una participación activa de las comunidades involucradas, con el objetivo de entretener su cosmovisión con los aportes del conocimiento científico y la innovación tecnológica, para generar puntos de encuentro y estrategias que disminuyan las desigualdades en el estado.

Finalmente, es relevante enfatizar que la innovación tecnológica y metodológica en el diseño y desarrollo de estudios es fundamental para la actualización de políticas públicas y programas de gobierno basados en evidencia que respondan a la solución de problemas prioritarios nacionales y locales (Figura 20).

Figura 20

Políticas públicas y programas de gobierno basados en evidencia



Nota. Elaboración propia.

Referencias

- Abutalebi, J., Guidi, L., Borsa, V., Canini, M., Della Rosa, P. A., Parris, B. A. y Weekes, B. S. (2015). Bilingualism provides a neural reserve for aging populations. *Neuropsychologia*, 69, 201-210. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2015.01.040>
- Álvarez, M. Á. y Wong, A. (2010). Neurociencias y Comunidad: La oportunidad del neurodesarrollo. *PSIENCIA. Revista Latinoamericana de Ciencia Psicológica*, 2(1), 30-33.
- Arboleda Taborda, E., Bedoya Giraldo, L. J. y Ballén Urrea, M. F. (2018). *Teaching strategies used with a blind student in a bilingual bachelor program at Universidad Tecnológica de Pereira* [Universidad Tecnológica de Pereira]. <https://hdl.handle.net/11059/9477>
- Ardila, A. y Moreno, S. (2001). Neuropsychological test performance in Aruaco Indians: An exploratory study. *Journal of the International Neuropsychological Society: JINS*, 7(4), 510-515. <https://doi.org/10.1017/s1355617701004076>
- Arenaza-Urquijo, E. M., Landeau, B., La Joie, R., Mevel, K., Mézenge, F., Perrotin, A., Desgranges, B., Bartrés-Faz, D., Eustache, F. y Chételat, G. (2013). Relationships between years of education and gray matter volume, metabolism and functional connectivity in healthy elders. *NeuroImage*, 83, 450-457. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.06.053>
- Arredondo, M. (2021). Shining a light on cultural neuroscience: Recommendations on the use of fNIRS to study how sociocultural contexts shape the brain. *Cultural Diversity and Ethnic Minority Psychology*. <https://doi.org/10.1037/cdp0000469>
- Ayaz, H., Baker, W. B., Blaney, G., Boas, D. A., Bortfeld, H., Brady, K., Brake, J., Brigadoi, S., Buckley, E. M., Carp, S. A., Cooper, R. J., Cowdrick, K. R., Culver, J. P., Dan, I., Dehghani, H., Devor, A., Durduran, T., Eggebrecht, A. T., Emberson, L. L., ... Zhou, W. (2022). Optical imaging and spectroscopy for the study of the human brain: Status report. *Neurophotonics*, 9(S2). <https://doi.org/10.1117/1.NPh.9.S2.S24001>
- Ball, M.-C., Curran, E., Tanoh, F., Akpé, H., Nematova, S. y Jasińska, K. K. (2022). Learning to read in environments with high risk of illiteracy: The role of bilingualism and bilingual education in supporting reading. *Journal of Educational Psychology*. <https://doi.org/10.1037/edu0000723>
- Basque Center on Cognition, Brain and Language (BCBL). (2019a, agosto 6). *Lectura y dislexia*. BCBL. <https://www.bcbi.eu/es/investigacion/lineas-investigacion/lectura-dislexia>
- Basque Center on Cognition, Brain and Language (BCBL). (2019b, agosto 28). *JuniorLab*. BCBL. <https://www.bcbi.eu/es/infraestructura-y-equipamiento/juniorlab>
- Basque Center on Cognition, Brain and Language (BCBL) (Director). (2021, diciembre 9). *LAB Tours Kids (ES)—BCBL*. <https://www.youtube.com/watch?v=5s13OhbcZP8>
- Bathelt, J., Gathercole, S. E., Butterfield, S. y Astle, D. (2017). *The role of the structural connectome in literacy and numeracy development in children* [Preprint]. PsyArXiv. <https://doi.org/10.31234/osf.io/jk6yb>

- Bauer, G. (2021a). Quantitative intersectional study design and primary data collection. *Canadian Institutes of Health Research*, 3(3), 2.
- Bauer, G. (2021b). Questions to guide quantitative intersectional analyses. *Canadian Institutes of Health Research*, 3(2), 2.
- Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP). (2013). *Neurociencias | Instituto de Fisiología*. <https://fisiologia.buap.mx/?q=node/1710>
- Biblioteca de Publicaciones Oficiales del Gobierno de la República. (2018, febrero 20). *Estrategias para el uso, desarrollo y aprendizaje de las lenguas indígenas en educación básica* [Gubernamental]. <http://www.gob.mx/publicaciones/articulos/estrategias-para-el-uso-desarrollo-y-aprendizaje-de-las-lenguas-indigenas-en-educacion-basica?idiom=es>
- Black, J. M., Myers, C. A. y Hoeft, F. (2015). The Utility of Neuroimaging Studies for Informing Educational Practice and Policy in Reading Disorders. *New Directions for Child and Adolescent Development*, 2015(147), 49-56. <https://doi.org/10.1002/cad.20086>
- Blanco, B., Molnar, M., Carreiras, M. y Caballero-Gaudes, C. (2022). Open access dataset of task-free hemodynamic activity in 4-month-old infants during sleep using fNIRS. *Scientific Data*, 9(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01210-y>
- Blanco López, A. (2004). Relaciones entre la educación científica y la divulgación de la ciencia. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 1(2), 70-86. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2004.v1.i2.01
- Blasi, A., Lloyd-Fox, S., Katus, L. y Elwell, C. E. (2019). fNIRS for Tracking Brain Development in the Context of Global Health Projects. *Photonics*, 6(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/photonics6030089>
- Boas, D. A., Elwell, C. E., Ferrari, M. y Taga, G. (2014). Twenty years of functional near-infrared spectroscopy: Introduction for the special issue. *NeuroImage*, 85, 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.11.033>
- Bosco, E. B. (2017). Los alumnos indígenas en México: Siete hipótesis sobre el rezago en los aprendizajes de nivel primario. *REICE: Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 15(3), 81-112.
- Broderick, P. C. y Blewitt, P. (2015). *The life span: Human development for helping professionals* (Fourth edition). Pearson.
- Burton, H., Snyder, A. Z., Diamond, J. B. y Raichle, M. E. (2002). Adaptive Changes in Early and Late Blind: A fMRI Study of Verb Generation to Heard Nouns. *Journal of Neurophysiology*, 88(6), 3359-3371. <https://doi.org/10.1152/jn.00129.2002>
- Calquin Donoso, C., Guerra, R., Vásquez, S., Yañez-Urbina, C., Calquin Donoso, C., Guerra, R., Vásquez, S. y Yañez-Urbina, C. (2019). Sujetos cerebrales: Repertorios interpretativos de los usos de la neurociencia en las políticas públicas de infancia temprana en el Chile actual. *Psicología, Conocimiento y Sociedad*, 9(2), 25-46. <https://doi.org/10.26864/pcs.v9.n2.2>

- Camarillo López, M. (2022, septiembre 5). Puebla ocupa quinto lugar en analfabetismo. *Periódico Central*. <https://www.periodicocentral.mx/dandodata/puebla-ocupa-quinto-lugar-en-analfabetismo/75847/>
- Carreiras, M., Monahan, P. J., Lizarazu, M., Duñabeitia, J. A. y Molinaro, N. (2015). Numbers are not like words: Different pathways for literacy and numeracy. *NeuroImage*, 118, 79-89. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.06.021>
- Carreño Rimaudo, S., Llobeta, B. E., Carreño Rimaudo, S. y Llobeta, B. E. (2021). Vulnerabilidad y sujeto en investigación con seres humanos: Una reflexión. *Revista de Bioética y Derecho*, 51, 225-241.
- Centro Interdisciplinario en Cognición para la Enseñanza y el Aprendizaje (CICEA) (Director). (2017, marzo 27). *Neurociencia, Lenguaje y Educación*. Manuel Carreiras. <https://www.youtube.com/watch?v=wAXACtT6I90>
- Centro Universitario de Participación Social (CUPS) y Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP). (2022). *Campañas de Alfabetización*. <https://cups.buap.mx/content/campa%C3%B1as-de-alfabetizaci%C3%B3n>
- Ciric, R., Thompson, W. H., Lorenz, R., Goncalves, M., MacNicol, E., Markiewicz, C. J., Halchenko, Y. O., Ghosh, S. S., Gorgolewski, K. J., Poldrack, R. A. y Esteban, O. (2022). *TemplateFlow: FAIR-sharing of multi-scale, multi-species brain models* (p. 2021.02.10.430678). bioRxiv. <https://doi.org/10.1101/2021.02.10.430678>
- Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla (CONCYTEP). (2019). *Programa Institucional* (pp. 1-61) [Instrumentos Derivados del Plan Estatal de Desarrollo 2019-2024]. Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla (CONCYTEP).
- Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT). (2020a). *Programa Institucional CONACYT* (pp. 1-134). Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT).
- Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT). (2020, marzo 9). Presenta el Conacyt plataforma de consulta para el Anteproyecto de Ley General de Humanidades, Ciencias, Tecnologías e Innovación. *Comunicado 146*. <https://conacyt.mx/presenta-el-conacyt-plataforma-de-consulta-para-el-anteproyecto-de-ley-general-de-humanidades-ciencias-tecnologias-e-innovacion/>
- Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT). (2021). *Proyectos Nacionales de Investigación e Incidencia Orientados al Fomento de la Lectoescritura como Estrategia para la Inclusión social* [Convocatoria 2021-2024].
- Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT). (2022). Programa Nacional Estratégico de Educación. *Conacyt*. <https://conacyt.mx/pronaces/pronaces-educacion/>
- Consejo Nacional de Población. (2021, noviembre 20). *Día Mundial de la Niñez* [Gubernamental]. Gobierno de México. <http://www.gob.mx/conapo/es/articulos/dia-mundial-de-la-ninez?idiom=es>

- Cortés, F. V. e Islas, D. S. C. (2021). La brecha digital como una nueva capa de vulnerabilidad que afecta el acceso a la educación en México. *Revista Academia y Virtualidad*, 14(1), 169-187.
- Costandi, M. (2012). Brain connectivity predicts reading skills. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/nature.2012.11551>
- Crenshaw, K. (1989). *Demarginalizing the Intersection of Race and Sex: A Black Feminist Critique of Antidiscrimination Doctrine, Feminist Theory and Antiracist Politics*. 31.
- Cruz Cortés, D. (2022, mayo 31). «Creciendo juntos»: Comerciantes aprenden en las naves de la Central de Abasto. *El Sol de Puebla*. <https://www.elsoldepuebla.com.mx/local/juntas-aminorando-el-analfabetismo-y-rezago-educativo-en-la-central-de-abasto-8362410.html>
- da Silva Pinto, M. y Agrela Rodrigues, F. de A. (2022). La alfabetización desde la perspectiva de la neurociencia. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(1), 4603-4627. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i1.1822
- Daza, S. L. P. (2005). Lenguaje, lengua, habla, idioma y dialecto. *Colombia: Universidad Distrital de Colombia, sf*.
- De la Rosa Priego, G. (2021, septiembre 8). Puebla, quinto con más personas analfabetas en 2020: INEA. *Ángulo 7*. <https://www.angulo7.com.mx/2021/09/08/puebla-quinto-con-mas-personas-analfabetas-en-2020-inea/>
- Del Castillo Hernández, M. A. (1997). Términos de colores en el náhuatl de Cuetzalan: Un enfoque etnociencia. *Dimensión Antropológica*, 11. <https://www.dimensionantropologica.inah.gob.mx/?p=1382>
- Diamond, M. C. (1985). *Human Brain Coloring Book* (Illustrated edition). Collins Reference.
- Diego Neurociencias (Director). (2021, abril 16). *Modelos del Lenguaje*. <https://www.youtube.com/watch?v=0FjuwSJ3Hns>
- El Colegio de México A.C. (Director). (2018, noviembre 23). *Desigualdades en México 2018: Una mirada interdisciplinaria*. <https://www.youtube.com/watch?v=HC7ikRzoDaM>
- Estrada, J. C. O. (2011). Educación y divulgación de la Ciencia: Tendiendo puentes hacia la alfabetización científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 137-148.
- ETNOCIENCIAS +MUJER +ETNIAS +CONOCIMIENTO (Director). (2021, junio 9). *Etnociencias- Clase 01 para Niñas 08/06/2021*. <https://www.youtube.com/watch?v=WUh9bl7ioS8>
- Farah, M. J. (2018). Socioeconomic status and the brain: Prospects for neuroscience-informed policy. *Nature Reviews Neuroscience*, 19(7), Article 7. <https://doi.org/10.1038/s41583-018-0023-2>
- Fernández Martínez, M. L. (2022). *Nahuatlahtolli*. Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas.
- Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF). (2018). *Informe Anual México 2018* (pp. 1-108) [Informe Anual]. United Nations Children's Fund (UNICEF).

- Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF). (2020a). *Etnoeducación*.
- Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF). (2020b, abril 8). *Children's story book released to help children and young people cope with COVID-19*. <https://www.unicef.org/press-releases/childrens-story-book-released-help-children-and-young-people-cope-covid-19>
- Francis, N. (2005). Bilingual children's writing: Self-correction and revision of written narratives in Spanish and Nahuatl. *Linguistics and Education*, 16(1), 74-92. <https://doi.org/10.1016/j.linged.2005.10.003>
- Gabelli, F. M. (2014). *Desarrollo Individual Análisis de la ontogenia del comportamiento*. Facultad de Psicología - Universidad de Buenos Aires.
- Gaudin, Y., y Pareyón Noguez, R. (2020). *Brechas estructurales en América Latina y el Caribe: Una perspectiva conceptual-metodológica*.
- Gazzaniga, M. S. (Ed.). (2009). *The cognitive neurosciences* (4th ed). MIT Press.
- Gazzaniga, M. S., Ivry, R. B. y Mangun, G. R. (2019). *Cognitive neuroscience: The biology of the mind* (Fifth edition). W.W. Norton y Company.
- Ley de Derechos, Cultura y Desarrollo de los Pueblos y Comunidades Indígenas del Estado de Puebla., DECRETO del Honorable Congreso del Estado 16. (2020).
- Gobierno de Puebla. (2023). *Instituto Estatal de Educación para Adultos | IEEA*. <https://ieea.puebla.gob.mx/>
- Gomez, C. (2016, septiembre 6). Día de la alfabetización – Lo que pasa cuando mamá y papá sí saben leer. *Primeros Pasos - Banco Interamericano de Desarrollo [BID]*. <https://blogs.iadb.org/desarrollo-infantil/es/leer/>
- Gómez, L. Á., Duarte, A. M., Merchán, V., Aguirre, D. C. y Pineda, D. A. (2007). Conciencia fonológica y comportamiento verbal en niños con dificultades de aprendizaje. *Universitas Psychologica*, 6(3), 571-580.
- González, J. M. (2020). El rezago educativo. Un problema de construcción social. *AyH Revista de Artes, Humanidades y Ciencias Sociales*, 11, Article 11.
- González Torres, E. (2018). *El rezago de la educación indígena pública y obligatoria en el municipio de Zacapoaxtla Puebla. (In necahualizmacauhualtlamachtiliz tech inin xolalpan Zacapohuaxtlan Puebla)*. http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/851
- Grande, D. y López-Higes, R. (2015). *Redes funcionales que sustentan los procesos lingüísticos*.
- Grote, K. S., Scott, R. M. y Gilger, J. (2021). Bilingual advantages in executive functioning: Evidence from a low-income sample. *First Language*, 41(6), 677-700. <https://doi.org/10.1177/01427237211024220>
- Hastedt, I., Eisenhower, A., Sheldrick, R. C. y Carter, A. S. (2022). Bilingual and Monolingual Autistic Toddlers: Language and Social Communication Skills. *Journal of Autism and Developmental Disorders*. <https://doi.org/10.1007/s10803-022-05504-3>

- Hernández, D. (2022, septiembre 11). Puebla: Quinto estado del país con mayor analfabetismo. *El Sol de Puebla | Noticias Locales, Policiacas, sobre México, Puebla y el Mundo*. <https://www.elsoldepuebla.com.mx/local/puebla-quinto-estado-del-pais-con-mayor-analfabetismo-8842111.html>
- Hernández-Nava, H., González, G. H. y Garbus, P. (2020). Varones adolescentes en un contexto rural mexicano: Sufrimiento psíquico y cuidado entre pares. *Salud Colectiva*, 16, e2266. <https://doi.org/10.18294/sc.2020.2266>
- Hirsch, G. V., Bauer, C. M., y Merabet, L. B. (2015). Using structural and functional brain imaging to uncover how the brain adapts to blindness. *Annals of neuroscience and psychology*, 2, 5.
- Influencia de las lenguas indígenas en el español actual de México*. (2020). [Exposición virtual]. <https://sites.google.com/site/espanollenguasindigenasmexico/home>
- Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE). (2017). *Buscan científicos llevar a las comunidades rurales la tecnología de la neuroimagen con NIRS*. <https://www.inaoep.mx/noticias/?noticia=534yano=2017>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2020). *Analfabetismo. Cuéntame de México* [Gubernamental]. Cuéntame de México. <https://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/analfabeta.aspx?tema=P>
- Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas. (2021, abril 12). Puebla: Pueblos indígenas con mayor presencia en la entidad. *Atlas de los Pueblos Indígenas de México*. INPI. <http://atlas.inpi.gob.mx/puebla-2/>
- Instituto Poblano de los Pueblos Indígenas. (2017). *Nahuas*. <https://ippi.puebla.gob.mx/es/notas-y-articulos/etnias/nahuas-2>
- Jasińska, K. K. (2013). *Untangling the Temporal Dynamics of Bilateral Neural Activation in the Bilingual Brain* [Tesis de Doctorado, University of Toronto Canada].
- Jasińska, K. K., Frost, S., Molfese, P., Landi, N., Mencl, W. E., Rueckl, J. y Pugh, K. (2016). Neuroimaging Perspectives on Skilled and Impaired Reading and the Bilingual Experience. En A. Khateb y I. Bar-Kochva (Eds.), *Reading Fluency: Current Insights from Neurocognitive Research and Intervention Studies* (pp. 25-49). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-30478-6_3
- Jasińska, K. K. y Guei, S. (2018). Neuroimaging Field Methods Using Functional Near Infrared Spectroscopy (NIRS) Neuroimaging to Study Global Child Development: Rural Sub-Saharan Africa. *JoVE (Journal of Visualized Experiments)*, 132, e57165. <https://doi.org/10.3791/57165>
- Jasinska, K. K. y Petitto, L. A. (2013). How age of bilingual exposure can change the neural systems for language in the developing brain: A functional near infrared spectroscopy investigation of syntactic processing in monolingual and bilingual children. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 6, 87-101. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2013.06.005>
- Jasińska, K. K. y Petitto, L. A. (2014). Development of Neural Systems for Reading in the Monolingual and Bilingual Brain: New Insights From Functional Near Infrared

- Spectroscopy Neuroimaging. *Developmental Neuropsychology*, 39(6), 421-439. <https://doi.org/10.1080/87565641.2014.939180>
- Jasińska, K. K., Shuai, L., Lau, A. N. L., Frost, S., Landi, N. y Pugh, K. R. (2021). Functional connectivity in the developing language network in 4-year-old children predicts future reading ability. *Developmental Science*, 24(2). <https://doi.org/10.1111/desc.13041>
- Jasińska, K. K., Wolf, S., Jukes, M. C. H. y Dubeck, M. M. (2019). Literacy acquisition in multilingual educational contexts: Evidence from Coastal Kenya. *Developmental Science*, e12828. <https://doi.org/10.1111/desc.12828>
- Johns Hopkins University. (2017). *Fundamental Neuroscience for Neuroimaging* (MOOC). Coursera. <https://www.coursera.org/learn/neuroscience-neuroimaging>
- Kantowitz, B. H., Roediger, H. L. y Elmes, D. G. (2009). *Experimental psychology* (9th ed). Wadsworth, Cengage Learning.
- Kolb, B. (2009). Brain and behavioural plasticity in the developing brain: Neuroscience and public policy. *Paediatrics y Child Health*, 14(10), 651-652. <https://doi.org/10.1093/pch/14.10.651>
- Kovelman, I., Shalinsky, M. H., Berens, M. S. y Petitto, L.-A. (2014). Words in the bilingual brain: An fNIRS brain imaging investigation of lexical processing in sign-speech bimodal bilinguals. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnhum.2014.00606>
- Kovelman, I., Shalinsky, M. H., White, K. S., Schmitt, S. N., Berens, M. S., Paymer, N. y Petitto, L.-A. (2009). Dual language use in sign-speech bimodal bilinguals: FNIRS brain-imaging evidence. *Brain and Language*, 109(2-3), 112-123. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2008.09.008>
- Kubus, O., Villwock, A., Morford, J. P. y Rathmann, C. (2015). Word recognition in deaf readers: Cross-language activation of German Sign Language and German. *Applied Psycholinguistics*, 36(4), 831-854. <https://doi.org/10.1017/S0142716413000520>
- Kuwabara, M., Alonso, J. y Ayala, D. (2020). Cultural differences in visual contents in picture books. *Frontiers in Psychology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00304>
- La Ruleta Staff. (2020, octubre 20). Inauguran casa de lectura en Zacatipan Cuetzalan, cuenta con internet gratuito. *La Ruleta*. <https://laruleta.com.mx/inauguran-casa-de-lectura-en-zacatipan-cuetzalan-cuenta-con-internet-gratuito/>
- Lab School Paris. (2020). *En savoir plus sur les Lab Schools*. Lab School Paris. <https://en.labschool.fr/en-savoir-plus-sur-les-lab-schools>
- Landi, N., Kleinman, D., Agrawal, V., Ashton, G., Coyne-Green, A., Roberts, P., Blair, N., Russell, J., Stutzman, A., Scorrano, D., Frazier, N., Pugh, K. R. y Hoeft, F. (2022). Researcher-practitioner partnerships and in-school laboratories facilitate translational research in reading. *Journal of Research in Reading*, 45(3), 367-384. <https://doi.org/10.1111/1467-9817.12392>
- León, A. (2007). Qué es la educación. *Educere*, 11(39), 595-604.

- Leyva Barajas, Y. E. y Guerra García, M. (2019). *Las prácticas de docentes que trabajan en educación indígena, escuelas de organización multigrado, telesecundarias y telebachilleratos comunitarios en México*. Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación. <https://historico.mejoredu.gob.mx/publicaciones/las-practicas-de-docentes-que-trabajan-en-educacion-indigena-escuelas-de-organizacion-multigrado-telesecundarias-y-telebachilleratos-comunitarios-en-mexico/>
- Li, R., Yang, D., Fang, F., Hong, K.-S., Reiss, A. L. y Zhang, Y. (2022). Concurrent fNIRS and EEG for Brain Function Investigation: A Systematic, Methodology-Focused Review. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 22(15), 5865. <https://doi.org/10.3390/s22155865>
- Lipina, S. (2016). *Pobre cerebro: Lo que la neurociencia nos propone pensar y hacer acerca de los efectos de la pobreza sobre el desarrollo cognitivo y emocional*.
- Lipina, S. J. y Álvarez González, M. Á. (2011). Contribuciones de la neurociencia cognitiva al diseño de políticas científicas y sociales para niños en situación de pobreza. *Revista Interamericana de Psicología/Interamerican Journal of Psychology*, 45(2), 243-253.
- Lucas Adell, I. (2020). *Funciones ejecutivas, emoción y personalidad: Actividad de la corteza prefrontal a través de espectroscopia funcional de infrarrojo cercano (fNIRS)* [Tesis de Doctorado, Universitat de Lleida]. <http://www.tdx.cat/handle/10803/669196>
- Luna, F. (2021). De por qué un buen análisis teórico puede ser relevante. ¿Cómo entender el concepto de vulnerabilidad en tiempos de COVID? En G. Ortiz Millán y M. de J. Medina Arellano (Eds.), *Covid-19 y bioética*. Universidad Nacional Autónoma de México e Instituto de Investigaciones Jurídicas. <https://doi.org/10.22201/ijj.9786073048880e.2021.c7>
- Lupiáñez Castillo, J., Fuentes Melero, L. J. y Bajo Molina, M. T. (2016). *Mente y cerebro: De la psicología experimental a la neurociencia cognitiva*. Difusora Larousse - Alianza Editorial. <https://elibro.net/es/lc/iberopuebla/titulos/115650>
- Madaio, M. A., Tanoh, F., Seri, A. B., Jasińska, K., y Ogan, A. (2019). «Everyone Brings Their Grain of Salt»: Designing for Low-Literate Parental Engagement with a Mobile Literacy Technology in Côte d'Ivoire. *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1-15. <https://doi.org/10.1145/3290605.3300695>
- Madaio, M. A., Yarzebinski, E., Kamath, V., Zinszer, B. D., Hannon-Cropp, J., Tanoh, F., Akpe, Y. H., Seri, A. B., Jasińska, K. K. y Ogan, A. (2020). Collective Support and Independent Learning with a Voice-Based Literacy Technology in Rural Communities. En *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1-14). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3313831.3376276>
- Maestú Unturbe, F., Lago, M. y Cabestrero, R. (2007). *Neuroimagen: Técnicas y procesos cognitivos*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=422653>
- Maguire, M. J. y Schneider, J. M. (2019). Socioeconomic status related differences in resting state EEG activity correspond to differences in vocabulary and working memory in grade school. *Brain and Cognition*, 137, 103619. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2019.103619>
- Manghi Haquin, D., Crespo Allende, N., Bustos Ibarra, A., Haas Prieto, V., Manghi Haquin, D., Crespo Allende, N., Bustos Ibarra, A. y Haas Prieto, V. (2016). Concepto de alfabetización:

- Ejes de tensión y formación de profesores. *Revista electrónica de investigación educativa*, 18(2), 79-91.
- Mangkhang, C., Kaewpanya, N., Sombun, T. y Pangchan, W. (2021). The Mahaboworn Model of Social Studies Learning Network Innovation to Develop of Indigenous History Learning Resources in Northern Thailand. *Journal of Education and Learning*, 10(5), Article 5. <https://doi.org/10.5539/jel.v10n5p177>
- Martínez, R. y Fernández, A. (2010). *Impacto social y económico del analfabetismo: Modelo de análisis y estudio piloto*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/3747>
- Matute, E. (2012). *Tendencias actuales de las neurociencias cognitivas*. Editorial El Manual Moderno.
- Metcalf, H., Russell, D. y Hill, C. (2018). Intersectionality A Critical Framework for STEM Equity. *American Behavioral Scientist*, 62(5), 580-599. <https://doi.org/10.1177/0002764218768872>
- Meza Salcedo, G. (2017). Ética de la investigación desde el pensamiento indígena: Derechos colectivos y el principio de la comunalidad. *Revista de Bioética y Derecho*, 41, 141-159.
- Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica, y Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto. (2016). *El enfoque de brechas estructurales: Análisis del caso de Costa Rica* (pp. 1-243). Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/40805>
- National Research Council, Institute of Medicine, Board on Children, Y., and Families, Forum on Promoting Children's Cognitive, A., and Behavioral Health, Noam I. Keren y Steve Olson. (2015). *Innovations in Design and Utilization of Measurement Systems to Promote Children's Cognitive, Affective, and Behavioral Health: Workshop Summary*. National Academies Press. <https://udlap.idm.oclc.org/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=nlebk&AN=991335&lang=es&site=eds-live>
- Nava, L. D. (2022, febrero 24). La educación bilingüe fue creada para castellanizar a los indígenas, denuncia el poeta Martín Tonalmeyotl. *El Sur periódico de Guerrero*. <https://esferaspedagogicas.org/content/2022-02-28/la-educacion-bilinguee-fue-creada-para-castellanizar-a-los-indigenas-denuncia-el->
- Navarro-Torres, C. A., Beatty-Martínez, A. L., Kroll, J. F. y Green, D. W. (2021). Research on bilingualism as discovery science. *Brain and Language*, 222, 105014. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2021.105014>
- Nelson, C. A. y Bloom, F. E. (1997). Child development and neuroscience. *Child development*, 68(5), 970-987.
- OISE UofT (Director). (2018, noviembre 28). *What is a lab school?* <https://www.youtube.com/watch?v=WbLkCw220dk>
- Ontario Institute for Studies in Education (OISE) (Director). (2011, diciembre 13). *OISE: Professor Suzanne Stewart on Aboriginal Education*. <https://www.youtube.com/watch?v=nQAmcUNmQOM>

- Ontario Institute for Studies in Education (OISE). (2022, febrero 27). About the Lab School. *JICS*. <https://www.oise.utoronto.ca/jics/lab-school/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). (2017). *ODS4: Educación*. Global Education Monitoring Report. <https://es.unesco.org/gem-report/node/1346>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). (2022a). *Alfabetización*. <https://www.unesco.org/es/education/literacy>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). (2022b, abril 21). *El poder de enseñar aprendiendo del CUPS, en Puebla, México, una tradición premiada por la UNESCO*. <https://www.unesco.org/es/articulos/el-poder-de-ensenar-aprendiendo-del-cups-en-puebla-mexico-una-tradicion-premiada-por-la>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD). (2022). *México* (Education at a Glance 2022: OECD Indicators, pp. 1-10). Organisation for Economic Co-operation and Development. https://www.oecd-ilibrary.org/education/education-at-a-glance-2022_3197152b-en
- Páez Moreno, R. (2017). Consentimiento informado en investigación y vulnerabilidad social. En V. M. Martínez Bullé Goyri (Ed.), *Consentimiento informado: Fundamentos y problemas de su aplicación práctica* (Primera edición). Universidad Nacional Autónoma de México e Instituto de Investigaciones Jurídicas, Programa Universitario de Bioética.
- Papalia, D. E., Feldman, R. D. y Martorell, G. (2015). *Desarrollo Humano*. McGraw-Hill Education.
- Paredes-Arturo, Y. V., Revelo-Villota, S. y Aguirre-Acevedo, D. C. (2018). Cognitive reserve in indigenous. *Revista Mexicana de Neurociencia*, 19(2), 29-38.
- Passingham, R. E. (2016). *Cognitive neuroscience: A very short introduction* (First edition). Oxford University Press.
- Pelcastre-Villafuerte, B. E., Meneses Navarro, S. y Reyes Gómez, L. (2018). Salud y personas adultas mayores indígenas: La doble capa de vulnerabilidad. En *Las ciencias sociales y la agenda nacional. Reflexiones y propuestas desde las Ciencias Sociales* (Vol. 11). Consejo Mexicano de Ciencias Sociales (COMECOSO). <https://www.comecso.com/ciencias-sociales-agenda-nacional/cs/article/view/152>
- Perdue, M. V., Mahaffy, K., Vlahcevic, K., Wolfman, E., Erbeli, F., Richlan, F. y Landi, N. (2022). Reading intervention and neuroplasticity: A systematic review and meta-analysis of brain changes associated with reading intervention. *Neuroscience y Biobehavioral Reviews*, 132, 465-494. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.11.011>
- Pérez, E. C. (2013). *Bilingüismo y Educación Indígena*. 7.
- Petitto, L. A., Berens, M. S., Kovelman, I., Dubins, M. H., Jasinska, K. y Shalinsky, M. (2012). The “Perceptual Wedge Hypothesis” as the basis for bilingual babies’ phonetic processing advantage: New insights from fNIRS brain imaging. *Brain and Language*, 121(2), 130-143. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2011.05.003>

- Petitto, L. A., Zatorre, R. J., Gauna, K., Nikelski, E. J., Dostie, D. y Evans, A. C. (2000). Speech-like cerebral activity in profoundly deaf people processing signed languages: Implications for the neural basis of human language. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(25), 13961-13966. <https://doi.org/10.1073/pnas.97.25.13961>
- Política Social de UNICEF y Dirección General Adjunta de Análisis de la Pobreza del CONEVAL. (2016). *Pobreza infantil y adolescente en México 2008-2016*. Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) y Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL).
- Pontón, J. (2017). Intersecciones de género, clase, etnia y raza. Un diálogo con Mara Viveros. *Íconos - Revista de Ciencias Sociales*, 57, 117-121. <https://doi.org/10.17141/iconos.57.2017.2529>
- Portellano, J. A. (2011). *Introducción a la neuropsicología*. McGraw-Hill España.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (Director). (2021). *Episodio 5 Desigualdad, la paradoja del siglo XXI*. <https://hellofuture.undp.org/es/>
- Pykett, J. (2015). *Brain Culture: Shaping Policy Through Neuroscience*. Policy Press.
- Ramos, M. (2019). Educación y aprendizaje. *Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia México (UNICEF)*. <https://www.unicef.org/mexico/educaci%C3%B3n-y-aprendizaje>
- Rapoport, J. L. y Gogtay, N. (2008). Brain Neuroplasticity in Healthy, Hyperactive and Psychotic Children: Insights from Neuroimaging. *Neuropsychopharmacology*, 33(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/sj.npp.1301553>
- Real Academia Española. (2022a). *Idioma*. Diccionario de la lengua española - Edición del Tricentenario. <https://dle.rae.es/idioma>
- Real Academia Española. (2022b). *Lengua*. Diccionario de la lengua española - Edición del Tricentenario. <https://dle.rae.es/lengua>
- Real Academia Española. (2023). *Alfabetismo*. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. <https://dle.rae.es/alfabetismo>
- Redolar Ripoll, D. (2013). *Neurociencia cognitiva*. Editorial Médica Panamericana.
- Rivas Valdivia, J. C. y Gaudin, Y. (2021). *Diagnóstico de las brechas estructurales en México: Una aproximación sistémica general* ((LC/TS.2021/207; LC/MEX/TS.2021/26); Documentos de Proyectos, p. 88). Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Romero-Rodríguez, J. M., Ramírez-Montoya, M. S., Aznar-Díaz, I. y Hinojo-Lucena, F. J. (2020). Social Appropriation of Knowledge as a Key Factor for Local Development and Open Innovation: A Systematic Review. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 6(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/joitmc6020044>
- Rosselli, M. y Matute, E. (2012). Desarrollo neuropsicológico y maduración cerebral. En *Tendencias actuales de las neurociencias cognitivas*. Editorial El Manual Moderno.
- Rueckl, J. G., Paz-Alonso, P. M., Molfese, P. J., Kuo, W.-J., Bick, A., Frost, S. J., Hancock, R., Wu, D. H., Mencl, W. E., Duñabeitia, J. A., Lee, J.-R., Oliver, M., Zevin, J. D., Hoeft, F., Carreiras, M., Tzeng, O. J. L., Pugh, K. R. y Frost, R. (2015). Universal brain signature of

- proficient reading: Evidence from four contrasting languages. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(50), 15510-15515. <https://doi.org/10.1073/pnas.1509321112>
- Sadato, N. (2006). Chapter 11 Cross-modal plasticity in the blind revealed by functional neuroimaging. En C. Barber, S. Tsuji, S. Tobimatsu, T. Uozumi, N. Akamatsu y A. Eisen (Eds.), *Supplements to Clinical Neurophysiology* (Vol. 59, pp. 75-79). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S1567-424X\(09\)70015-7](https://doi.org/10.1016/S1567-424X(09)70015-7)
- Santos Cano, T. (2015). *Estrategias para el uso, desarrollo y aprendizaje de las lenguas indígenas en educación básica* (Primera edición). Secretaría de Educación Pública.
- Saracho, O. (2019). *Contemporary Perspectives on Research on Child Development Laboratory Schools in Early Childhood Education*. IAP.
- Sarli, L. y Justel, N. (2019). Moduladores de la ventaja del bilingüismo en la inhibición, atención y tareas de cambio. *Pensamiento Psicológico*, 17(1), 87-100. <https://doi.org/10.11144/Javerianacali.PPSI17-1.mybi>
- Sartori, P., Rozowykniat, M., Siviero, L., Barba, G., Peña, A., Mayol, N., Acosta, D., Castro, J. y Ortiz, A. (2015). Artefactos y artificios frecuentes en tomografía computada y resonancia magnética. *Revista argentina de radiología*, 79(4), 192-204.
- Secretaría de Cultura. (2020, febrero 26). *Siempre florecerá la palabra; lenguas indígenas de México contra su extinción* [Gubernamental]. gob.mx. <http://www.gob.mx/cultura/articulos/siempre-florece-la-palabra-lenguas-indigenas-de-mexico-contra-su-extincion?idiom=es>
- Secretaría de Educación y Gobierno de Puebla. (2019). *Programa Sectorial: Educación* (Instrumentos Derivados del Plan Estatal de Desarrollo 2019-2024). Gobierno de Puebla.
- Seymour, B. y Vlaev, I. (2012). Can, and should, behavioural neuroscience influence public policy? *Trends in Cognitive Sciences*, 16(9), 449-451. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2012.07.005>
- Shonkoff, J. P. y Levitt, P. (2010). Neuroscience and the Future of Early Childhood Policy: Moving from Why to What and How. *Neuron*, 67(5), 689-691. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2010.08.032>
- Solovieva, Y. y Quintanar Rojas, L. (2020). *Enseñanza y desarrollo de la comprensión del lenguaje*.
- Soto, I. S. (2020). Pensar raza: La Interseccionalidad un camino de desafíos y encrucijadas. *Revista Estudios Feministas*, 28. <https://doi.org/10.1590/1806-9584-2020v28n164872>
- Stanford Medicine. (2023). *NIRS Preparation*. Girl BAND Study: Girl Behavior and Neurodevelopment. <https://med.stanford.edu/girlband/prepareyourvisit/nirs-preparation.html>
- Taverna, A., Baiocchi, M. C. y Padilla, M. I. (2018). La investigación científica en psicología al servicio de la demanda social-comunitaria: Primera colección de libros infantiles en lengua Wichí "hunhat lheley". *X Congreso Internacional de Investigación y Práctica Profesional en Psicología XXV Jornadas de Investigación XIV Encuentro de Investigadores en Psicología del MERCOSUR*.

- The Society for functional Near Infrared Spectroscopy. (2022). *Home*. The Society for Functional Near Infrared Spectroscopy. <https://fnirs.org/>
- Tomasello, M. (2000). Culture and Cognitive Development. *Current Directions in Psychological Science*, 9(2), 37-40. <https://doi.org/10.1111/1467-8721.00056>
- Tydzień Mózgu (Director). (2022, marzo 17). *prof. Kaja Jasińska - Neurobiology of Language and Literacy: Bilingual Brain*. Universidad Maria Curie-Skłodowska. <https://www.youtube.com/watch?v=VbAz38Nk1IY>
- United Nations Development Programme. (2023). *Sustainable Development Goals*. UNDP. <https://www.undp.org/sustainable-development-goals>
- Universidade Estadual de Campinas. (2018). *Salud basada en evidencia* (MOOC). Coursera. <https://www.coursera.org/learn/sbe>
- Universidad Intercultural del Estado de Puebla. (2022a). Introducción: Maestría en Ambientes Interculturales de Aprendizaje. *Posgrado*. <http://posgrado.uiep.edu.mx/introduccion/>
- Universidad Intercultural del Estado de Puebla. (2022b). *Justificación de las líneas de generación y aplicación del conocimiento (LGAC) de la Maestría en Ambientes Interculturales de Aprendizaje*.
- Universität Bielefeld. (2022). *About – LabSchoolsEurope*. <https://www.labschoolseurope.eu/about/>
- University of Iowa. (2023). *FNIRS Information | Welcome to the D.E.N.* D.E.N. Lab. <https://demir-lira.lab.uiowa.edu/fnirs-information>
- University of Oxford. (2022). *Brain y Cognition Laboratory—Department of Experimental Psychology*. <https://www.psy.ox.ac.uk/research/the-brain-cognition-lab>
- Urrego Mendoza, Z. C., Coral, G., Aristizabal Tobler, C. C., Bello Urrego, A. D. R. y Bastidas Jacanamijoy, L. (2017). Consideraciones éticas para la investigación en salud con pueblos indígenas de Colombia. *Revista de Salud Pública*, 19(6), 827-832. <https://doi.org/10.15446/rsap.v19n6.55796>
- Varas Ramos, P. (2021). *Diferencias en el desarrollo de las Funciones Ejecutivas y el desarrollo de la alfabetización inicial, a partir de la implementación de un programa computarizado v/s una actividad presencial en niños y niñas entre 5 y 6 años en un contexto vulnerable*. <https://repositorio.uc.cl/handle/11534/63081>
- Vaughan, J. y Singer, R. (2018). Indigenous multilingualisms past and present. *Language y Communication*, 62, 83-90.
- Venturelli, A. N. (2018). Experimentos exploratorios en neurociencias cognitivas. En *Filosofía e historia de la ciencia en el Cono Sur: Selección de trabajos del X Encuentro de la Asociación de Filosofía e Historia de la Ciencia del Cono Sur* (p. 128). Universidad Nacional de Córdoba.
- Vessuri, H. (2016). *Science for sustainable development: Agenda 2030* (Latin American and Caribbean Open Science Forumoro Abierto de Ciencias Latinoamerica y Caribe, p. 19).

- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization and the UNESCO Regional Office for Science in Latin America and the Caribbean.
- Williams, J. A., Cisse, F. A., Schaekermann, M., Sakadi, F., Tassiou, N. R., Hotan, G. C., Bah, A. K., Hamani, A. B. D., Lim, A., Leung, E. C. W., Fantaneanu, T. A., Milligan, T. A., Khatri, V., Hoch, D. B., Vyas, M. V., Lam, A. D., Cohen, J. M., Vogel, A. C., Law, E. y Mateen, F. J. (2019). Smartphone EEG and remote online interpretation for children with epilepsy in the Republic of Guinea: Quality, characteristics, and practice implications. *Seizure*, 71, 93-99. <https://doi.org/10.1016/j.seizure.2019.05.025>
- Wong, M. N. C. (2008). How preschool children learn in Hong Kong and Canada: A cross-cultural study. *Early Years*, 28(2), 115-133. <https://doi.org/10.1080/09575140802057554>
- Wright, E., Stojanovik, V. y Serratrice, L. (2022). Deaf children with spoken language bilingualism: Professional guidance to parents. *Deafness y Education International*, 1-19. <https://doi.org/10.1080/14643154.2022.2062096>
- Wu, C.-L., Lin, T.-J., Chiou, G.-L., Lee, C.-Y., Luan, H., Tsai, M.-J., Potvin, P. y Tsai, C.-C. (2021). A Systematic Review of MRI Neuroimaging for Education Research. *Frontiers in Psychology*, 12. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2021.617599>
- Xu, J. y Zhong, B. (2018). Review on portable EEG technology in educational research. *Computers in Human Behavior*, 81, 340-349. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.12.037>
- Yeatman, J. D., Dougherty, R. F., Ben-Shachar, M. y Wandell, B. A. (2012). Development of white matter and reading skills. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(44), E3045-E3053. <https://doi.org/10.1073/pnas.1206792109>
- Zamora, L. S. R. y Ajcuc, I. C. S. (2022). Neurociencia y bilingüismo en la comunidad maya Kaqchikel (Neurociencia Cognitiva). *Revista Académica CUNZAC*, 5(1), 55-62. <https://doi.org/10.46780/cunzac.v5i1.57>
- Zhang, Z., Li, T., Zheng, Y., Luo, Q., Song, R. y Gong, H. (2006). *Study the left prefrontal cortex activity of Chinese children with dyslexia in phonological processing by NIRS*. En N. Kollias, H. Zeng, B. Choi, R. S. Malek, B. J. Wong, J. F. R. Ilgner, E. A. Trowers, W. T. de Riese, H. Hirschberg, S. J. Madsen, M. D. Lucroy, L. P. Tate, K. W. Gregory y G. J. Tearney (Eds.), (p. 607833). <https://doi.org/10.1117/12.648771>

Lista de figuras

Figura 1. Nube de palabras clave

Figura 2. Doce brechas estructurales

Figura 3. Dimensiones de la vulnerabilidad pedagógica

Figura 4. Conceptos del lenguaje al bilingüismo

Figura 5. Familias lingüísticas de lenguas Indígenas en México

Figura 6. Variantes lingüísticas de la familia yuto-nahua en las diferentes regiones del estado

Figura 7. Variantes lingüísticas de la familia totonaco-tepehua en las diferentes regiones del estado

Figura 8. Brecha de aprendizajes entre comunidades indígenas y no indígenas

Figura 9. Concepto de utilidad en la comprensión científica del diseño de políticas públicas

Figura 10. Principios para el trabajo con las comunidades indígenas de la Organización Panamericana de la Salud

Figura 11. Aplicación de las neurociencias en políticas públicas

Figura 12. Corteza prefrontal

Figura 13. Neuroimagen y aprendizaje

Figura 14. Funcionamiento del fNIRS y del EEG

Figura 15. Problemáticas de condiciones de analfabetismo

Figura 16. Dimensiones de proyectos de investigación para el desarrollo comunitario

Figura 17. Orientaciones del equipo académico

Figura 18. Modelo estratégico propuesto por Pelcastre-Villafuerte y colaboradores (2018)

Figura 19. Ejemplo de ciclos de repeticiones estímulo-control

Figura 20. Políticas públicas y programas de gobierno basados en evidencia

Semblanza

Licenciada en Psicología por la Universidad Iberoamericana de Puebla. Maestra en Psicología Clínica y especialidad en Psicología de la Salud por la Universidad de las Américas Puebla. Investigación en educación, lenguaje y salud mental.



PUEBLA
Un gobierno *presente*



Secretaría
de Educación

CONCYTEP
Consejo de Ciencia
y Tecnología del Estado
de Puebla