



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES

DOCTORADO EN POLÍTICAS PÚBLICAS

**PROPUESTA DE POLÍTICA PÚBLICA A LA NUEVA ESCUELA MEXICANA
CON PERSPECTIVA ETNOMATEMÁTICA EN HIDALGO**

Para obtener el grado de
Doctora en Políticas Públicas

PRESENTA

M.C. Miriam Martínez Vázquez

Director

Dr. Juan Bacilio Guerrero Escamilla

Codirector

Dr. Aaron Víctor Reyes Rodríguez

Comité Tutorial

Dr. Juan Bacilio Guerrero Escamilla

Dr. Aaron Víctor Reyes Rodríguez

Dr. Guillermo Eduardo Lizama Carrasco

Dr. Joaquín García Hernández

Mineral de la Reforma, Hgo., a 6 de febrero de 2025.



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades
School of Social Sciences and Humanities
Área Académica de Ciencia Política y Administración Pública
Department of Political Sciences and Public Management

Oficio núm. DPP/015/2026

Asunto: Autorización de impresión

Mtra. Ojuky del Rocío Islas Maldonado
Directora de Administración Escolar
Presente.






El Comité Tutorial de la tesis: **"Propuesta de Política Pública a la Nueva Escuela Mexicana con perspectiva Etnomatemática en Hidalgo"** realizado por la sustentante **Miriam Martínez Vázquez**, con número de cuenta: **067439**, perteneciente al programa de Doctorado en Políticas Públicas, una vez que ha revisado, analizado y evaluado el documento recepcional de acuerdo a lo estipulado en el Artículo 110 del Reglamento de Estudios de Posgrado, tiene a bien extender la presente:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Por lo que la sustentante deberá cumplir los requisitos del Reglamento de Estudios de Posgrado y con lo establecido en el proceso de grado vigente.

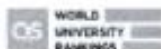
Atentamente
"Amor, Orden y Progreso"
Pachuca de Soto, Hidalgo a 6 de febrero de 2026

El Comité Tutorial

 _____ Dr. Juan Bacilio Guerrero Escamilla Director		 _____ Dr. Aaron Victor Reyes Rodriguez Codirector
 _____ Dr. Guillermo Eduardo Lizama Carrasco Lector		 _____ Dr. Joaquin Garcia Hernandez Lector

Carretera Pachuca-Actopan Km. 4 s/n, Colonia
San Cayetano, Pachuca de Soto, Hidalgo, México;
C.P. 42084
Teléfono: 52 (771) 71 720 00 Ext. 41046
jaacpap_icshu@uaeh.edu.mx

"Amor, Orden y Progreso"



2025



uaeh.edu.mx

Agradecimientos

Agradezco a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por el apoyo otorgado para la realización de esta tesis, a través de la beca de posgrado con CVU 498962.

Manifiesto mi gratitud a la Dra. Diana Victoria Jaramillo Quinceno, Doctora en Educación, por haber sido una fuente constante de inspiración en la elección del enfoque de etnomatemática.

Expreso mi más sincero agradecimiento a los supervisores de educación primaria general e indígena del Municipio de Acaxochitlán, así como a los directores y directoras de las escuelas primarias indígenas de las comunidades de Paredones, Tepepa, Chimalapa y Santa Ana, por su apoyo en la realización de la secuencia didáctica y en la construcción de la base de datos. De igual forma, agradezco al supervisor de educación primaria general del Municipio de Zempoala y a los directores y directoras de las escuelas primarias generales de las comunidades de La Trinidad, Santa Cruz, Acelotla y San Antonio Oxtoyucan, así como a los docentes de sexto año de primaria de dichas instituciones, por su valiosa colaboración y disposición.

Extiendo también mi reconocimiento al Pbro. Omar Martínez Vázquez, a la supervisora de educación preescolar indígena Mtra. Esperia Ríos Gutiérrez, y a la directora de secundaria Mtra. María Cruz Becerra Cordoba, quienes facilitaron los contactos y los apoyos necesarios para la realización de la secuencia didáctica y la construcción de la base de datos.

De manera muy especial, agradezco al Dr. Juan Bacilio Guerrero Escamilla, al Dr. Aarón Víctor Reyes Rodríguez y al Dr. Guillermo Eduardo Lizama Carrasco, por su apoyo incondicional, sus orientaciones académicas y su acompañamiento durante el desarrollo de esta investigación.

Finalmente, con profundo cariño y gratitud, agradezco a mis padres, a mi esposo, a mi hijo y a mi hija, quienes me brindaron su apoyo emocional y motivación constante para concluir este proyecto.

Resumen

La investigación se inscribe en el marco de la Nueva Escuela Mexicana (NEM), política pública que impulsa una educación humanista, científica, comunitaria e inclusiva. Su propósito es revalorar los saberes locales y ancestrales como parte del aprendizaje significativo y culturalmente pertinente. En este contexto, la investigación articuló los principios de la NEM con los fundamentos de la Etonomatemática, propuesta teórica de Ubiratan D'Ambrosio (1998) que concibe las matemáticas como construcciones culturales derivadas de la experiencia y las prácticas sociales de los pueblos.

El estudio analiza los saberes matemáticos comunitarios y ancestrales relacionados con la medición de la longitud y el volumen en estudiantes de sexto grado de escuelas rurales del estado de Hidalgo. Se aplicó un enfoque mixto: cualitativo, mediante entrevistas y cuestionarios abiertos, y cuantitativo mediante modelos de Regresión binomial Negativa, con funciones de enlace raíz cuadrado y logarítmica.

Los resultados evidencian que la edad, la comunidad de origen y la escolaridad del padre influyen significativamente en la preservación de los saberes tradicionales sobre longitud, así como la edad y la comunidad en los saberes tradicionales sobre volumen, mientras que las actividades escolares tienden a disminuir su práctica. Estos hallazgos confirman la relevancia de integrar la cultura local en la enseñanza, fortaleciendo la identidad y el sentido de pertenencia de los estudiantes.

La articulación entre la NEM y la Etonomatemática ofrece una vía para construir una educación matemática más equitativa, contextualizada y transformadora, donde las matemáticas se comprendan como un instrumento cultural y social al servicio de las comunidades.

Palabras clave: Políticas públicas, educación, etnomatemática, currículo matemático, multiculturalidad, Nueva Escuela Mexicana.

Abstract

This research is framed within the New Mexican School (NEM) initiative, a public policy that promotes a humanistic, scientific, community-based, and inclusive education. Its purpose is to revalue local and ancestral knowledge as part of meaningful and culturally relevant learning. In this context, the research articulates the principles of the NEM with the foundations of Ethnomathematics, a theoretical proposal by Ubiratan D'Ambrosio (1998) that conceives of mathematics as cultural constructions derived from the experience and social practices of communities.

The study analyzes community and ancestral mathematical knowledge related to the measurement of length and volume among sixth-grade students in rural schools in the state of Hidalgo. A mixed-methods approach was applied: qualitative, through interviews and open-ended questionnaires, and quantitative, using negative binomial regression models with square root and logarithmic link functions.

The results show that the father's age, community of origin, and education level significantly influence the preservation of traditional knowledge about length, as do age and community in traditional knowledge about volume, while school activities tend to decrease their practice. These findings confirm the importance of integrating local culture into teaching, strengthening students' identity and sense of belonging.

The connection between the New Mexican Education Model (NEM) and Ethnomathematics offers a way to build a more equitable, contextualized, and transformative mathematics education, where mathematics is understood as a cultural and social tool at the service of communities.

Keywords: Public policies, education, ethnomathematics, mathematics curriculum, multiculturalism, New Mexican School.

Índice

Resumen	4
Summary	5
Introducción	17
Capítulo I. Planteamiento del problema	
1.1 Introducción	20
1.2 Problema público	21
1.3 Antecedentes	22
1.4 Justificación	24
1.5 Objetivos generales	25
1.5.1 Objetivos particulares	26
1.6 Pregunta general	26
1.6.1 Preguntas secundarias	26
1.7 Hipótesis general	27
1.7.1 Hipótesis secundarias	27
1.8 Conclusiones	27

Capítulo II: Marco teórico, normativo y conceptual

2.1	Introducción	29
2.2	Referentes conceptuales	30
2.2.1	Sistema Educativo Nacional	31
2.2.2	Educación básica	31
2.2.3	Educación primaria	32
2.2.4	Educación pública	32
2.2.5	Educación Inclusiva	32
2.2.6	Planes y programas de estudio	32
2.2.7	Rezago educativo	32
2.2.8	Saberes ancestrales	33
2.2.9	Saberes comunitarios	33
2.2.10	Secuencia didáctica	33
2.2.11	Variable cualitativa	33
2.2.12	Variable cualitativa nominal o categórica	34

2.2.13 Variable cuantitativa	34
2.2.14 Variable dependiente	34
2.2.15 Variable independiente	34
2.3 Marco Teórico	34
2.3.1 Teoría de la Política Pública	34
2.3.2 Etnomatemática	36
2.3.3 Modelos lineales generalizados	40
2.4 Marco Normativo	49
2.5 Conclusiones	53

Capítulo III: Estado del arte

3.1 Introducción	55
3.2 Comprensión de algunos conceptos geométricos en el contexto de la agricultura del café	56
3.3 Etnomatemática: un enfoque para la formación docente	57
3.4 Transmisión del conocimiento herbolario y sus beneficios en la comunidad mazahua otomí, Estado de México	60

3.5 La etnomatemática en la educación indígena: así se concibe, así se pone en práctica	62
3.6 (Re)significación del currículo escolar indígena, relativo al conocimiento [matemático], desde y para las prácticas sociales: el caso de los maestros indígenas Dule de la comunidad de Alto Caimán	62
3.7 Distancia entre el conocimiento mapuche y el conocimiento escolar en contexto mapuche	63
3.8 Matemática intercultural en la transformación de la práctica pedagógica y la mejora de los aprendizajes	64
3.9 Las organizaciones indígenas peruanas, pioneras de la educación intercultural bilingüe	66
3.10 Conclusiones	67

Capítulo IV: Política pública educativa: La nueva escuela mexicana

4.1 Introducción	69
4.2 Estrategia gubernamental en educación: El nuevo paradigma de la escuela mexicana	70
4.3 Conclusiones	75

Capítulo V: Muestreo estratificado

5.1 Introducción	77
------------------	----

5.2 Selección de muestra mediante la división de la población en grupos homogéneos	77
--	----

5.3 Conclusiones	81
------------------	----

Capítulo VI: Diseño Metodológico

6.1 Introducción	83
------------------	----

6.2 Contexto escolar	84
----------------------	----

6.3 Secuencia didáctica	86
-------------------------	----

6.4 Instrumentos para la obtención de datos	96
---	----

6.4.1 Entrevista	96
------------------	----

6.4.2 Cuestionario	99
--------------------	----

6.5 Conclusiones	102
------------------	-----

Capítulo VII: Análisis descriptivo de la investigación de campo

7.1 Introducción	105
------------------	-----

7.2 Descripción de las experiencias con los estudiantes y directivos durante las entrevistas iniciales y el desarrollo de la secuencia didáctica	105
--	-----

7.2.1 Prueba piloto	105
---------------------	-----

7.2.2 Puesta en escena de la secuencia didáctica, las entrevistas y el cuestionario	107
7.3 Descripción de las experiencias con los estudiantes, padres y abuelos a través del cuestionario y la entrevista final	112
7.4 Conclusiones	113
Capítulo VIII: Modelado estadístico de los saberes matemáticos comunitarios y ancestrales sobre longitud y volumen	
8.1 Introducción	116
8.2 Investigación de Operaciones	117
8.3 Modelo: Saberes matemáticos comunitarios y ancestrales sobre longitud	117
8.4 Modelo: Saberes matemáticos comunitarios y ancestrales sobre volumen	138
8.5 Conclusiones	155
Capítulo IX: Interpretación de resultados y sugerencias para la Política pública en educación: La nueva escuela mexicana	
9.1 Introducción	157
9.2 Interpretación de resultados	159
9.3 Sugerencias para la política pública en educación	171
9.4 Conclusiones	175

Conclusiones finales	179
Anexos	183
Referencias bibliográficas	192

Índice de Imágenes

Imagen 1	Ejemplo de cuarta	88
Imagen 2	Ejemplo de cómo medir una mesa	89
Imagen 3	Cinta métrica	90
Imagen 4	Medida de una cuarta	90
Imagen 5	Sardina (Instrumento que se usó en la secuencia didáctica)	92
Imagen 6	Báscula manual	93
Imagen 7	Establecer el peso de la sardina vacía	93
Imagen 8	Sardina con frijoles	94
Imagen 9	Cálculo del peso de la sardina con frijoles	95
Imagen 10	Gráfico de diagnóstico del modelo de regresión binomial negativa, con respecto a los saberes de longitud (Residuals vs Fitted). Programa en R.	126
Imagen 11	Gráfico de diagnóstico del modelo de regresión binomial negativa, con respecto a los saberes de longitud (Q-Q Residuals). Programa en R.	126
Imagen 12	Gráfico de diagnóstico del modelo de regresión binomial negativa, con respecto a los saberes de longitud (Scale-Location). Programa en R.	127

Imagen 13	Gráfico de diagnóstico del modelo de regresión binomial negativa, con respecto a los saberes de longitud (Residuals vs Leverage). Programa en R.	128
Imagen 14	Gráfico de diagnóstico del modelo de regresión binomial negativa, con respecto a los saberes de volumen (Residuals vs Fitted). Programa en R.	146
Imagen 15	Gráfico de diagnóstico del modelo de regresión binomial negativa, con respecto a los saberes de volumen (Q-Q Residuals). Programa en R.	147
Imagen 16	Gráfico de diagnóstico del modelo de regresión binomial negativa, con respecto a los saberes de volumen (Scale-Location). Programa en R.	147
Imagen 17	Gráfico de diagnóstico del modelo de regresión binomial negativa, con respecto a los saberes de volumen (Residuals vs Leverage). Programa en R.	148
Imagen 18	Acocote: Instrumento para medir y verter el aguamiel. Plaza de Zempoala, Hidalgo.	165
Imagen 19	Litro: Instrumento de metal para medir y verter líquidos (leche, pulque) y sólidos (frijol, haba, granos). Plaza de Zempoala, Hidalgo.	165
Imagen 20	Cuartillo: Instrumento de madera para medir y pesar granos, leguminosas y verdura, como frijol, haba, maíz, chile. Plaza de los jueves, Tulancingo, Hidalgo.	166

Imagen 21 Diferentes medidas del cuartillo, como medio cuartillo o cuartón 167
(caja). Plaza de los domingos. Tlanchinol, Hidalgo.

Índice de Tablas

Tabla 1	Resultados del modelo ajustado de los saberes matemáticos comunitarios y ancestrales sobre longitud, en R	122
Tabla 2	Parámetros de ajuste del modelo de regresión binomial negativa, con respecto a los saberes de longitud (Theta, devianza, AIC y verosimilitud). Programa en R	124
Tabla 3	Categorización de los saberes matemáticos ancestrales y comunitarios sobre longitud	131
Tabla 4	Resultados del modelo ajustado de los saberes matemáticos comunitarios y ancestrales sobre volumen, en R	143
Tabla 5	Parámetros de ajuste del modelo de regresión binomial negativa, con respecto a los saberes de volumen (Theta, devianza, AIC y verosimilitud). Programa en R	145
Tabla 6	Categorización de los saberes matemáticos ancestrales y comunitarios sobre volumen.	151
Tabla 7	Actividad económica e instrumentos para medir longitud y volumen de los municipios estudiados.	161

Introducción

La investigación se enmarca en el contexto de la transformación educativa promovida por la Política Pública de la Nueva Escuela Mexicana (NEM), la cual busca consolidar un modelo de educación humanista, científica, comunitaria e inclusiva, en el que el aprendizaje tenga sentido social y relevancia cultural. Esta política, impulsada por la Secretaría de Educación Pública (SEP) a partir de 2022, representa un cambio estructural en la manera de concebir el conocimiento, la enseñanza y la relación entre escuela y comunidad. En este marco, la educación, deja de ser un proceso homogéneo y centralizado, para convertirse en un espacio plural donde convergen los saberes locales, los conocimientos científicos y las experiencias de vida de los estudiantes.

Desde esta perspectiva, la NEM propone revalorar los saberes comunitarios y ancestrales como expresiones legítimas de conocimientos, integrándolos a las prácticas educativas con el fin de fortalecer la identidad cultural y favorecer el aprendizaje significativo. Este planteamiento encuentra afinidad con la Etonomatemática, corriente teórica que surge a partir de los trabajos de Ubiratan D'Ambrosio (1998) y que postula que las matemáticas no son un conocimiento universalmente uniforme, sino que adquieren forma y sentido en cada cultura, reflejando sus modos de vida, sus formas de razonamiento y sus estrategias de resolución de problemas.

En este sentido la Etonomatemática ofrece un marco teórico congruente con los principios de la NEM, al promover una educación matemática situada, culturalmente pertinente y socialmente transformadora. Desde esta visión aprender matemáticas implica comprender cómo los pueblos y comunidades construyen y utilizan el conocimiento matemático en su vida cotidiana, y cómo esos saberes pueden dialogar con el currículo escolar. En el contexto mexicano, esto cobra especial relevancia en comunidades rurales e indígenas, donde persisten prácticas tradicionales de medición, conteo y cálculo que, aunque no siempre formalizadas, poseen una profunda base lógica y una utilidad práctica que la escuela debe reconocer y valorar.

La investigación se centra en el análisis de los saberes comunitarios y ancestrales relacionados con la medición de la longitud y el volumen, presentes en estudiantes de sexto grado de educación primaria en zonas rurales de estado de Hidalgo. Este rama cobra

relevancia en tanto que la educación matemática en estos contextos suele estar condicionada por factores estructurales, como la desigualdad educativa, la falta de recursos y la distancia cultural entre el currículo oficial y las realidades locales, que la NEM busca precisamente transformar.

El estudio se desarrolla en escuelas ubicadas en comunidades rurales con baja densidad poblacional y limitaciones en infraestructura, caracterizadas por las economías basadas en la agricultura, ganadería y silvicultura, de acuerdo con datos del INEGI (2020). En estas localidades los conocimientos tradicionales sobre medición, como el uso de la “cuarta” para medir la longitud o la “sardina” para estimar volumen, constituyen expresiones vivas de pensamiento matemático comunitario. Recuperar y sistematizar estos saberes permite fortalecer la enseñanza formal de las matemáticas al conectar el aprendizaje escolar con la experiencia cotidiana y con la identidad cultural de los estudiantes.

La Etnomatemática y la NEM confluyen en un mismo propósito: humanizar el aprendizaje matemático y vincularlo con la vida comunitaria, superando la enseñanza mecanicista centrada en la repetición de algoritmos y fórmulas. Desde este enfoque, las matemáticas dejan de verse como un conocimiento ajeno o inaccesible, y se convierten en una herramienta de comprensión del mundo y de fortalecimiento del sentido de pertenencia. La escuela, por tanto, se posiciona como un espacio de encuentro entre los saberes locales y el conocimiento científico, lo cual resulta esencial para reducir las brechas educativas y culturales que persisten en el país.

Metodológicamente, la investigación combina enfoques cualitativos y cuantitativos. En el plano cualitativo, se utilizaron entrevistas semiestructuradas y cuestionarios abiertos para explorar la percepción de docentes, directivos y estudiantes acerca del valor y la aplicación de los saberes comunitarios y ancestrales. Este enfoque permitió identificar cómo se construyen y transmiten dichos saberes y cómo se integran (o no) a las prácticas pedagógicas escolares.

En el componente cuantitativo, se aplicaron modelos de Regresión Binomial Negativa, que permiten analizar la probabilidad de ocurrencia de los saberes matemáticos comunitarios en relación con las variables predictoras individuales, familiares y contextuales. Se formularon dos modelos: el primero, con función de enlace de raíz cuadrada, para los saberes asociados a la medición de longitud, y el segundo, con enlace logarítmico, para los

saberes vinculados con la medición de volumen. Estos modelos ofrecen una comprensión estadística rigurosa de los factores que influyen en la preservación, transmisión y aplicación de los saberes matemáticos comunitarios y ancestrales entre los estudiantes.

Los resultados del análisis permiten identificar relaciones significativas entre las condiciones sociales, económicas y educativas de las familias y la presencia de saberes tradicionales en los estudiantes. Asimismo, evidencian cómo la interacción con las actividades productivas y comunitarias influye en la persistencia de estos conocimientos. Estos hallazgos refuerzan el principio de la NEM que plantea que la educación debe partir de la comunidad, de su cultura y de su entorno. Reconociendo que todo aprendizaje significativo emerge de la experiencia vivida.

La secuencia didáctica diseñada como parte del estudio se fundamenta en la Teoría de Situaciones Didácticas (Artigue, 1990) y en los postulados de la Etnomatemática. Esta propuesta pedagógica integra actividades que vinculan la medición tradicional de la longitud y el volumen con conceptos escolares mediante experiencias prácticas que promueven la reflexión y la construcción activa del conocimiento. Al hacerlo, no solo se fortalecen las competencias matemáticas de los estudiantes, sino que también se fomenta su autoestima cultural, elemento central para la formación integral que promueve la NEM.

De esta manera, la investigación articula tres dimensiones completarias: la política educativa (representada por la NEM), la epistemológica y cultural (sustentada en la Etnomatemática) y la científica-metodológica (basada en el análisis estadístico y la validación empírica). Esta articulación como un proceso social, cultural y cognitivo en el que convergen la tradición y la innovación.

El propósito central de esta investigación es contribuir al fortalecimiento de la educación matemática en contextos rurales, en consonancia con los principios de la Nueva Escuela Mexicana promoviendo una enseñanza que reconozca la diversidad que valore el conocimiento comunitario y que fomente aprendizajes con sentido. Los resultados buscan ofrecer evidencia científica y propuestas pedagógicas que sirvan de base para el diseño de estrategias didácticas contextualizadas y para la toma de decisiones en materia de política educativa. Con ello, se aspira a avanzar hacia un sistema educativo nacional más justo, equitativo y culturalmente pertinente donde las matemáticas se vivan, se comprendan y se enseñen desde la realidad y la riqueza de cada comunidad.

CAPÍTULO I

Planteamiento del problema

1.1 Introducción

La investigación se sitúa en un contexto en el que el rezago en la educación matemática se ha convertido en un problema público que limita el desarrollo de los estudiantes y afecta la competitividad de México a nivel global. Los resultados de PISA 2022 (Programme for International Student Assessment), evidencian que el desempeño en matemáticas se encuentra considerablemente por debajo del promedio de los países de la OCDE (Organisation for Economic Co-operation and Development), lo que resalta la necesidad urgente de fortalecer esta área en el currículo escolar. Ante este escenario, se han propuesto estrategias que incluyen la priorización de las matemáticas, la redistribución de recursos educativos y la implementación de evaluaciones diagnósticas que permitan orientar políticas efectivas de mejora.

Simultáneamente, la etnomatemática se presenta como una alternativa enriquecedora al integrar los saberes y prácticas culturales en la enseñanza de las matemáticas. Este enfoque reconoce que el conocimiento matemático se construye de manera diversa en diferentes contextos culturales, lo que abre la posibilidad de incorporar saberes ancestrales y comunitarios que reflejen la identidad y experiencia de las poblaciones locales. La revisión de antecedentes muestra que esta perspectiva no solo valoriza las contribuciones de culturas diversas, sino que también ofrece herramientas para una educación más inclusiva y contextualizada.

Partiendo de esta problemática y del potencial transformador de la etnomatemática, la investigación propone analizar, a través de un modelo estadístico, la viabilidad de integrar estos saberes en la política pública educativa, concretamente en el marco de la Nueva Escuela Mexicana. Este estudio se focaliza en el Estado de Hidalgo y busca diagnosticar los saberes matemáticos tradicionales presentes en las comunidades rurales, evaluar su impacto en el proceso educativo y ofrecer propuestas que permitan modificar las secuencias didácticas para lograr una enseñanza más equitativa y culturalmente pertinente.

1.2 Problema público

El problema del rezago en la educación matemática en México es una cuestión pública que afecta a los jóvenes y a la capacidad del país para competir en una economía global.

En la edición 2022, México se posicionó en el lugar 35 entre los 37 países miembros de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) que fueron evaluados. Mientras que en promedio los países miembros de la OCDE obtienen un puntaje de 478 puntos, México alcanzó un puntaje promedio de 407. Esta tendencia por debajo del promedio se mantiene para las tres áreas evaluadas. Matemáticas es el área en la que México tiene una mayor desventaja, con una diferencia de (-)77 puntos en comparación con el promedio de la OCDE, seguido de Ciencias con una diferencia de (-)75 puntos, y Comprensión Lectora, con (-)61 puntos (IMCO, 2023, p. 1).

El Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO) propone tres estrategias para fortalecer el sistema educativo en México: Priorizar las matemáticas en el currículo escolar, ya que el aprendizaje matemático es crucial para el desarrollo de los estudiantes y la movilidad social. Sin embargo, los resultados de PISA 2022 muestran un retroceso significativo tras la pandemia, y el nuevo currículo de la Nueva Escuela Mexicana (NEM) no le da prioridad. Para revertir esta tendencia, es necesario replantear el papel de las matemáticas en la educación y promover estrategias específicas para abordar el rezago en esta área; Incrementar y redistribuir mejor los recursos educativos,

México invierte solo el 2.96% de su PIB en educación, muy por debajo del 4% recomendado por la Unesco. Esto equivale a un déficit de 355.5 mil millones de pesos. Es fundamental aumentar la inversión y garantizar una distribución equitativa de los recursos, enfocándose tanto en el rendimiento como en la reducción de las desigualdades educativas; Implementar evaluaciones estandarizadas nacionales, estas evaluaciones son esenciales para diagnosticar y guiar la política educativa. Los resultados de PISA 2022 son la primera referencia del impacto académico postpandemia en México, pero las evaluaciones diagnósticas actuales son

insuficientes. Es necesario establecer evaluaciones regulares adaptadas al contexto nacional para medir y mejorar el aprendizaje. Estas acciones buscan reducir el impacto de la pandemia y garantizar una educación de calidad que prepare mejor a los estudiantes para el futuro (IMCO, 2023).

Otra Institución que muestra los resultados desfavorables en cuanto a la calidad de la educación, es el Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE), los resultados de PLANEA, 2017, definen que “el 64.5% de las y los estudiantes de tercer grado de secundaria se ubicaron en el nivel de logro I (el más bajo) en Matemáticas y 33.8% se situaron en ese mismo nivel en Lenguaje y Comunicación” (INEE, 2017, pp.12,13).

El problema se agrava si se analizan los resultados para las poblaciones más desfavorecidas: solo 27.3% de las y los estudiantes pertenecientes al cuartil de menores ingresos alcanzaron un nivel al menos suficiente en Matemáticas, mientras que 45.4% de las y los alumnos cuyas familias se encuentran en el cuartil de mayores ingresos obtuvieron un nivel al menos suficiente; asimismo, únicamente 55.3% de las y los estudiantes que viven en zonas de alta y muy alta marginación lograron un nivel suficiente en las pruebas de Lenguaje y Comunicación, mientras que 75.5% de las y los estudiantes que viven en zonas de baja marginación consiguieron al menos dicho nivel (INEE, 2017, pp.16- 23).

1.3 Antecedentes

La etnomatemática es una disciplina que busca integrar la cultura y las actividades cotidianas de las personas en la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas. Sus antecedentes históricos se encuentran en las críticas de los antropólogos y los historiadores de las matemáticas a la idea de que las matemáticas son universales y eternas, independientes de las culturas humanas. En 1998, D'Ambrosio publicó el libro *Etnomatemática: Arte ou técnica de explicar e conhecer* en el que plantea la idea de esta aproximación como una forma de conocimiento matemático generado en diferentes culturas. Este trabajo sentó las bases para el desarrollo posterior de la disciplina y se considera una de sus obras fundacionales (D'Ambrosio, 1998).

En la década de 1960, el educador y lingüista Caleb Gattegno comenzó a desarrollar un enfoque pedagógico conocido como "Mathematics Education of the Future". En este

enfoque se incorporaban elementos de la cultura y el lenguaje de los estudiantes para enseñar matemáticas. Aunque Gattegno no utilizó el término etnomatemática, algunos académicos lo consideran un precursor de la disciplina (Powell, 2007). George Gheverghese Joseph, en su libro *The Crest of the Peacock: Non-European Roots of Mathematics*, hace una revisión crítica de la historia de las matemáticas y destaca la contribución de las culturas no europeas. En su análisis, argumenta que la visión eurocéntrica de la historia de las matemáticas ha sido injusta con las contribuciones de las culturas no europeas, y que es necesario incorporar una perspectiva intercultural en la enseñanza y el estudio de las matemáticas. (Bangura, 2001)

Paulus Gerdes es uno de los investigadores más destacados en el campo de la etnomatemática; en su obra *Geometry from Africa: Mathematical and Educational Explorations* (1999), presenta un estudio detallado de la geometría en diferentes culturas africanas y propone estrategias para incorporar este conocimiento en la enseñanza de las matemáticas (Gerdes, 1999). Radford es un investigador canadiense que ha realizado numerosos estudios sobre la etnomatemática y su relación con la educación matemática. Presenta un análisis crítico de los enfoques pedagógicos dominantes en la enseñanza de las matemáticas, y propone alternativas basadas en la etnomatemática y la teoría de la actividad. (Radford, 2003)

La etnomatemática es una corriente educativa que busca identificar y valorar los saberes matemáticos generados en las distintas culturas y comunidades del mundo. En Latinoamérica, esta disciplina ha tenido un gran impacto en la educación matemática, ya que ha permitido que los estudiantes y docentes comprendan que la matemática no es una disciplina ajena a su cultura y contexto. Uno de los primeros estudios en este ámbito fue el de Ubiratan D'Ambrosio, quien en la década de 1980 propuso la idea de la etnomatemática como una forma de integrar las prácticas y conocimientos matemáticos de las culturas populares en la enseñanza de las matemáticas en Brasil. D'Ambrosio (1998) explica que la etnomatemática "se propone estudiar las manifestaciones culturales que involucran formas de razonamiento y prácticas matemáticas de los diferentes pueblos" (p. 15).

Desde entonces, se han realizado numerosos estudios e investigaciones en América Latina sobre la etnomatemática. Por ejemplo, en un estudio sobre la enseñanza de la geometría, en Colombia, se analizó el proceso de comprensión de los estudiantes respecto a los conceptos de perímetro y área en el contexto del cultivo del café (González, Santa &

Londoño, 2014). En un curso realizado en México para los docentes se promovió la actividad “Contando en Maya Tselal”. Este proceso les permitió darse cuenta de que, aunque no lo sabían, estaban conectados con los símbolos culturales mesoamericanos y les ayudó a valorar la importancia de las raíces culturales y comprender mejor los contenidos matemáticos desde una perspectiva cultural. (Micalco & Villaseñor, 2017).

La etnomatemática se ha asegurado como una opción excelente para la enseñanza de las matemáticas en América Latina. Los estudios e investigaciones producidos han manifestado que la inclusión de los saberes matemáticos locales y la perspectiva cultural en la enseñanza de las matemáticas puede mejorar el rendimiento y la comprensión de los estudiantes. La etnomatemática también ha permitido un acercamiento más profundo y respetuoso a las culturas y saberes matemáticos comunitarios, lo que contribuye a una educación más inclusiva y diversa.

1.4 Justificación

La etnomatemática es un campo de estudio que se enfoca en la relación entre la cultura, la sociedad y las prácticas matemáticas. Dado que la educación matemática es un aspecto importante en la formación de los ciudadanos, es crucial comprender la relación entre la cultura y las matemáticas para mejorar la educación y la enseñanza de esta materia. Al respecto, la etnomatemática puede aportar nuevos recursos y perspectivas, para enriquecer el aprendizaje de la matemática y ayudar a los estudiantes para que comprendan su relación con la sociedad y la cultura (D'Ambrosio, 2011).

En el caso de México, en el año de 2019 se realizó una reforma en el sistema educacional con el nombre de la Nueva Escuela Mexicana, la cual “ofrecerá una educación integral y para la vida que no sólo enseñe asignaturas tradicionales, sino que considere el aprendizaje de una cultura de paz, activación física, deporte escolar, arte, música y, fundamentalmente, civismo e inclusión”, además “estará cimentada en expresiones regionales y de tradición indígena para fortalecer la cultura local” (SEP, 2019).

Para lograr esto, la nueva política se enfoca en la implementación de un enfoque intercultural y bilingüe para mejorar la educación en el país. Sin embargo, a pesar de ello en los programas de estudio de la Educación a Nivel Primaria, de la Nueva Escuela Mexicana

Digital, en las asignaturas de matemáticas, los saberes están contextualizados, pero pobremente y existen algunos saberes comunitarios, pero la secuencia didáctica no introduce a ellos, ni tampoco hace preguntas sobre si los estudiantes los conocen o de donde los conocen (Gobierno de México, 2019).

De acuerdo con Luis Radford, la educación intercultural debe ser entendida como un proceso de diálogo entre diferentes culturas y la matemática puede ser una herramienta para este diálogo, ayudando a comprender las diferencias culturales y la riqueza que aportan a la educación (Radford, 2008).

Un estudio etnomatemático en la nueva escuela mexicana sería una herramienta útil para analizar la relación entre las prácticas matemáticas y la cultura en México y cómo esto puede influir en la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas en la escuela. Además, permitiría identificar y respetar las diferentes formas en que la matemática es utilizada en las diferentes culturas del país, y diseñar estrategias y recursos educativos adecuados para las diferentes comunidades.

Como señala la UNESCO en su Informe Mundial de Educación 2019, "la educación intercultural es una necesidad imperiosa en una sociedad globalizada, multicultural y pluriétnica. La diversidad cultural debe ser reconocida y valorada como un recurso en lugar de ser vista como una amenaza" (UNESCO, 2019). Por lo tanto, hacer un estudio etnomatemático en la Nueva Escuela Mexicana puede ayudar a mejorar la educación matemática en México al considerar la diversidad cultural de las diferentes regiones y grupos étnicos del país, y asegurar que la enseñanza de las matemáticas sea inclusiva y culturalmente relevante. Y el modelo estadístico podría ayudar a establecer que la inclusión de estos saberes en el currículo es valorada positivamente por las personas de las comunidades rurales, porque se toma en cuenta sus creencias, costumbres y formas de vida.

1.5 Objetivo general

Hacer una propuesta a la política pública, Nueva Escuela Mexicana, con perspectiva etnomatemática, justificada mediante la construcción de un modelo estadístico, en el Estado de Hidalgo.

1.5.1 *Objetivos particulares*

- Diagnosticar algunos saberes matemáticos ancestrales y comunitarios generados a partir de las prácticas contextualizadas socioculturalmente con un enfoque etnomatemático, mediante cuestionarios que contestarán los estudiantes, padres y abuelos, de nueve escuelas primarias de localidades rurales, del Estado de Hidalgo.
- Elaborar un modelo estadístico que analice algunos parámetros o variables de la muestra obtenida que den información de los saberes matemáticos ancestrales y comunitarios generados a partir de las prácticas contextualizadas socioculturalmente con un enfoque etnomatemático.
- Analizar la política pública educativa: Nueva escuela mexicana con base en el diagnóstico de algunos saberes matemáticos ancestrales y comunitarios, que arroje el modelo estadístico.
- Sugerir la modificación de las secuencias didácticas de los programas de estudio de la Educación Primaria, en la Nueva Escuela Mexicana, siguiendo dos propuestas que consideran, respetan y legitiman las matemáticas originadas de prácticas culturales.

1.6 *Pregunta general*

¿Es posible incorporar algunos saberes matemáticos que emergen de las prácticas sociales de las comunidades en la política pública, Nueva Escuela Mexicana, mediante un modelo estadístico?

1.6.1 *Preguntas secundarias*

- ¿En qué medida la Política Pública de Educación denominada *Nueva Escuela Mexicana* considera la inclusión de algunos saberes matemáticos tradicionales de las comunidades rurales o de los pueblos originarios?
- ¿Cómo ayudará la construcción del modelo estadístico para diagnosticar y conocer algunos saberes matemáticos ancestrales y comunitarios?

- ¿En qué medida inciden en algunos saberes matemáticos ancestrales y comunitarios, factores como la edad, el contexto, las actividades socioeconómicas, el sexo, la religión y el estatus familiar?

1.7 Hipótesis general

La Política Pública en Educación: Nueva Escuela Mexicana, no involucra los saberes matemáticos ancestrales y comunitarios en la Educación Primaria por lo que los docentes tampoco los integran en la educación escolarizada, mediante secuencias didácticas, actividades o proyectos.

1.7.1 Hipótesis secundarias

- El modelo estadístico puede aportar información sobre cómo afectan ciertos factores (variables) al rescate y relevancia de los saberes matemáticos ancestrales y comunitarios, obtenidos de escuelas primarias en localidades rurales del Estado de Hidalgo.
- Los saberes matemáticos ancestrales y comunitarios son diferentes, de acuerdo a la comunidad de la cual surgen, ya que se ven afectados por factores como la edad, el contexto, las actividades socioeconómicas, el sexo y el estatus familiar.

1.8 Conclusiones

El rezago en la educación matemática en México se configura como un problema público crítico que repercute negativamente en la formación de los jóvenes y limita la competitividad del país en el ámbito global. Los resultados de evaluaciones internacionales, como PISA 2022, evidencian que el desempeño de México en matemáticas se sitúa muy por debajo del promedio de la OCDE, con diferencias significativas que agravan las desigualdades educativas, especialmente entre las poblaciones más desfavorecidas.

La insuficiente inversión en educación y la inadecuada distribución de recursos, sumadas a una baja priorización de las matemáticas en el currículo de la Nueva Escuela

Mexicana, han contribuido a la persistencia de este rezago. La necesidad de implementar estrategias que incluyan la priorización del aprendizaje matemático, el fortalecimiento de evaluaciones diagnósticas nacionales y una mayor inversión se hace patente para revertir esta tendencia.

En este contexto, la etnomatemática se erige como una propuesta innovadora que permite integrar los saberes ancestrales y comunitarios en la enseñanza de las matemáticas, reconociendo la diversidad cultural y contextual de los estudiantes. Los antecedentes y estudios en América Latina han demostrado que la incorporación de estas perspectivas puede mejorar el rendimiento y la comprensión, favoreciendo una educación más inclusiva y pertinente.

La investigación propuesta busca, a través de la construcción de un modelo estadístico, diagnosticar y valorar los saberes matemáticos tradicionales en comunidades rurales del Estado de Hidalgo. Este enfoque pretende ofrecer evidencia empírica para reformar la política pública educativa de la Nueva Escuela Mexicana, adaptándola a un enfoque intercultural que reconozca y legitime las prácticas matemáticas locales. En síntesis, para mejorar la educación matemática en México, es indispensable reestructurar las políticas y estrategias actuales. La integración de la etnomatemática, mediante un análisis riguroso de las variables que influyen en los saberes tradicionales, se presenta como una alternativa viable y necesaria para lograr un sistema educativo más equitativo, inclusivo y competitivo.

CAPÍTULO II

Marco teórico y normativo

2.1 Introducción

Este capítulo se fundamenta en tres pilares teóricos que permiten abordar de manera integral los desafíos en la formulación y evaluación de políticas públicas en el ámbito educativo, la valorización de los saberes culturales y el análisis estadístico de datos complejos (con los Modelos Lineales Generalizados (GLM)). En primer lugar, se examina la teoría de las políticas públicas, un campo multidisciplinario que estudia el proceso completo de diseño, implementación y evaluación de las intervenciones estatales para resolver problemas y aprovechar oportunidades.

Modelos como el de la "etapa múltiple" de Hogwood & Gunn (1984), junto a las aportaciones de Sabatier (2007) y Aguilar Villanueva (2012), enfatizan la importancia de analizar cada fase del ciclo de vida de una política, subrayando la participación ciudadana como elemento fundamental para garantizar decisiones legítimas, eficaces y transparentes.

En el contexto de la educación en México, el Artículo 3º de la Constitución Política establece que toda persona tiene derecho a una educación de calidad, universal, inclusiva, gratuita, pública y laica, orientada al desarrollo integral y fundamentada en el respeto a la dignidad humana y los derechos fundamentales.

Esta perspectiva se complementa con el Programa Sectorial de Educación (PSE) 2020–2024, que, enmarcado en el Plan Nacional de Desarrollo 2019–2024, plantea objetivos y estrategias para combatir problemas estructurales como la inequidad en la distribución de recursos y la falta de participación social en la formulación y evaluación de políticas educativas. Dichos lineamientos buscan, entre otros, revalorizar a los docentes, impulsar proyectos educativos locales con pertinencia cultural, y garantizar que la población en rezago educativo adquiera las competencias necesarias para su desarrollo integral.

En segundo lugar, se introduce el concepto de etnomatemática, disciplina que investiga la relación entre la cultura, la sociedad y las matemáticas. Esta perspectiva, impulsada por Ubiratan D'Ambrosio y otros autores, plantea que las prácticas matemáticas

son el reflejo de contextos culturales específicos y no un conocimiento universal. La etnomatemática no solo enriquece la comprensión de las matemáticas al incorporar saberes ancestrales y cotidianos, sino que también promueve una educación intercultural que valore la diversidad y fomente la inclusión, reconociendo la importancia de las tradiciones y prácticas locales en la construcción del conocimiento.

El apartado integra un robusto componente metodológico basado en modelos estadísticos, especialmente los modelos lineales generalizados y la regresión de Poisson, que permiten analizar datos complejos en contextos donde los supuestos tradicionales de normalidad y homocedasticidad no se cumplen. Estos métodos ofrecen un marco analítico para identificar variables clave que influyen en los procesos educativos y sociales, facilitando la evaluación rigurosa de los efectos de las políticas públicas y de la integración de saberes culturales en la educación.

En conjunto, esta sección articula el análisis crítico de las políticas públicas, la valorización de la diversidad cultural a través de la etnomatemática y el rigor metodológico del modelado estadístico para proponer estrategias que mejoren la equidad y la calidad de la educación en México, con especial atención a los lineamientos constitucionales, los objetivos del PSE y las prioridades definidas en el Plan Estatal de Desarrollo del Estado de Hidalgo.

2.2 Referentes conceptuales

La presente sección reúne los referentes conceptuales que sustentan el desarrollo de esta investigación, con el propósito de establecer un marco común de comprensión sobre los elementos centrales que intervienen en el estudio. Se abordan definiciones normativas, pedagógicas y epistemológicas que permiten contextualizar el análisis, tales como el Sistema Educativo Nacional, los niveles de educación básica, primaria y pública, así como nociones vinculadas a la inclusión, los planes y programas de estudio y el rezago educativo. De igual manera se incorporan categorías relacionadas con los saberes ancestrales y comunitarios, así como la planeación didáctica y el manejo de variables en la investigación. Estos conceptos, provenientes de fuentes oficiales y académicas, ofrecen claridad y precisión al marco teórico, además de garantizar coherencia en la interpretación y aplicación de los resultados.

2.2.1 Sistema Educativo Nacional

El Sistema Educativo Nacional es “el conjunto de actores, instituciones y procesos para la prestación del servicio público de la educación que imparta el Estado, sus organismos descentralizados y los particulares con autorización o reconocimiento de validez oficial de estudios, desde la educación básica hasta la superior, así como por las relaciones institucionales de dichas estructuras y su vinculación con la sociedad mexicana, sus organizaciones, comunidades, pueblos, sectores y familias” (Diario Oficial de la Federación [DOF], 2020, pp. 314-320).

2.2.2 Educación básica

La educación básica constituye “el primer tramo formativo obligatorio que comprende el mayor número de años de escolaridad; está compuesta por los niveles: inicial (escolarizada y no escolarizada), preescolar (general, indígena, comunitario), primaria (general, indígena, comunitaria) y secundaria (general, técnica, comunitaria y telesecundaria). Los rangos de edad típicos para cursar los niveles educativos son: inicial, de 45 días a dos años 11 meses; preescolar, de tres a cinco años; primaria, de seis a 11 años; y, secundaria, 12 a 14 años” (DOF, 2020, pp. 314-320).

Dentro de este nivel se incluye la educación comunitaria, que “corresponde a la educación inicial y educación básica (preescolar, primaria y secundaria) que el Consejo Nacional de Fomento Educativo otorga, con base en un modelo pedagógico pertinente que responde a las necesidades y características de la población de los grupos sociales en situación de vulnerabilidad de las localidades que registran altos y muy altos niveles de marginación y/o rezago social” (DOF, 2020, pp. 314-320).

2.2.3 Educación primaria

La educación primaria es “el nivel educativo del tipo básico, en el cual se sientan las bases en áreas fundamentales para la adquisición de conocimientos posteriores, esto es, el dominio de la lectoescritura, el conocimiento matemático, aritmético y geométrico, el conocimiento

básico de las ciencias naturales y sociales, el conocimiento del cuerpo, las posibilidades motrices y las emociones, las artes y las relaciones interpersonales. Es antecedente de la educación secundaria y obligatoria. El grupo de edad típico para cursar este nivel educativo es de seis a 11 años” (DOF, 2020, pp. 314-320).

2.2.4 Educación pública

La educación pública se define como aquella “impartida y administrada por el Estado – Federación, estados, Ciudad de México y municipios– que asegura que el proceso educativo responda al interés social y a las finalidades de orden público para el beneficio de la nación” (DOF, 2020, pp. 314-320).

2.2.5 Educación Inclusiva

La educación inclusiva es un criterio que “toma en cuenta las diversas capacidades, circunstancias, necesidades, estilos y ritmos de aprendizaje de los educandos, y así eliminar las distintas barreras al aprendizaje y a la participación, para lo cual adoptará medidas en favor de la accesibilidad y los ajustes razonables” (DOF, 2020, pp. 314-320).

2.2.6 Planes y programas de estudio

Los planes y programas de estudio son “documentos en que se establecen los propósitos de formación general y, en su caso, la adquisición de conocimientos, habilidades, capacidades y destrezas que correspondan a cada nivel educativo; contenidos fundamentales de estudio, organizados en asignaturas u otras unidades de aprendizaje que, como mínimo, el estudiante debe acreditar para cumplir los propósitos de cada nivel educativo; secuencias indispensables que deben respetarse entre las asignaturas o unidades de aprendizaje y que constituyen un nivel educativo; y criterios y procedimientos de evaluación y acreditación para verificar que el estudiante cumple los propósitos de cada nivel educativo” (DOF, 2020, pp. 314-320).

2.2.7 Rezago educativo

El rezago educativo se refiere a la “población de 15 años o más que no sabe leer ni escribir, que no ha concluido la primaria o la secundaria y que no está siendo atendida por el sistema escolarizado de educación básica” (DOF, 2020, pp. 314-320).

2.2.8 *Saberes ancestrales*

Son los conocimientos que poseen los pueblos, nacionalidades y comunidades, que se transmiten de generación en generación, habitualmente por tradición oral y que ha sido desarrollados a través del tiempo para satisfacer sus necesidades básicas como la alimentación, vivienda, medicina, rituales, etc. (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2021).

2.2.9 *Saberes comunitarios*

"Los saberes comunitarios son un conjunto de conocimientos y prácticas que han sido contruidos por comunidades y pueblos, y que han sido transmitidos a través de generaciones" (Gudynas, 2011, p. 76).

2.2.10 *Secuencia didáctica*

"La secuencia didáctica se concibe como un conjunto ordenado y articulado de situaciones de enseñanza y aprendizaje que permiten lograr los objetivos previstos en un tiempo determinado" (Gvirtz & Palamidessi, 1998, p. 46).

"La secuencia didáctica es una planificación detallada de actividades de enseñanza y aprendizaje que se llevan a cabo en un periodo determinado" (Pozo, 2008, p. 147).

2.2.11 *Variable cualitativa*

"Las variables cualitativas son aquellas que no pueden ser medidas numéricamente, sino que se describen en términos de categorías" (Hernández, Fernández & Baptista, 2014, p. 39).

2.2.12 Variable cualitativa nominal o categórica

"Las variables nominales son aquellas en las que los datos se dividen en categorías sin un orden jerárquico" (Hernández, Fernández & Baptista, 2014, p. 42).

"Las variables categóricas, también conocidas como nominales, son variables que se utilizan para clasificar los datos en diferentes categorías que no tienen un orden inherente" (Hernández, Fernández & Baptista, 2014, p. 42).

2.2.13 Variable cuantitativa

"Las variables cuantitativas son aquellas que pueden ser medidas y expresadas numéricamente" (Hernández, Fernández & Baptista, 2014, p. 40).

2.2.14 Variable dependiente

"La variable dependiente es la que se mide o se observa para determinar si hay algún cambio en función de la manipulación de la variable independiente" (Hernández, Fernández & Baptista, 2014, p. 94).

2.2.15 Variable independiente

"La variable independiente es aquella que se manipula en un estudio para determinar su efecto sobre otra variable llamada variable dependiente" (Hernández, Fernández & Baptista, 2014, p. 93).

2.3 Marco Teórico

2.3.1 La Teoría de la Política Pública

La teoría de las políticas públicas es un campo de estudio multidisciplinario que se enfoca en el análisis de los procesos y resultados de la formulación, implementación y evaluación de políticas públicas. Según Sabatier (2007), las políticas públicas son acciones intencionales y persistentes de los gobiernos y otros actores públicos para resolver problemas públicos o aprovechar oportunidades públicas. Uno de los modelos teóricos más influyentes en la teoría de las políticas públicas es el modelo de la "etapa múltiple" propuesto por Hogwood & Gunn (1984).

Según estos autores, el proceso de formulación y evaluación de las políticas públicas se divide en varias etapas: identificación del problema, formulación de políticas, adopción de políticas, implementación de políticas y evaluación de políticas. Este modelo ha sido utilizado para analizar y entender los procesos de políticas públicas en diferentes contextos.

Otro tema importante en la teoría de las políticas públicas es la participación ciudadana en los procesos de formulación y evaluación de políticas públicas. Según Arias et al. (2015), la participación ciudadana es un componente fundamental de la democracia y puede ser una herramienta efectiva para mejorar la calidad y legitimidad de las políticas públicas. La participación ciudadana puede tomar diferentes formas, desde consultas públicas hasta la colaboración en la implementación y evaluación de políticas. La evaluación puede ser utilizada para mejorar la eficacia y eficiencia de las políticas públicas y para aumentar la transparencia y la rendición de cuentas.

Según Aguilar Villanueva, "la política pública es el conjunto de decisiones, acciones e inacciones que lleva a cabo el Estado para enfrentar un problema o situación de interés público" (Aguilar, 2012, p. 23). En su obra *Política Pública*, sostiene que el análisis de las políticas públicas implica una reflexión crítica acerca de las decisiones y acciones del Estado, en tanto que estas tienen un impacto significativo en la vida de la sociedad. En este sentido, Aguilar Villanueva señala que "el análisis de las políticas públicas se ocupa del estudio de los procesos de toma de decisiones que llevan a la adopción de políticas, así como de la forma en que éstas son implementadas, y de su efectividad en la solución de problemas" (Aguilar, 2012, p. 32).

También destaca la importancia del enfoque de ciclo de vida de las políticas públicas, que implica un análisis de la política en sus diferentes etapas, desde su formulación hasta su evaluación. En este sentido, afirma que "el enfoque de ciclo de vida de las políticas públicas

es un marco analítico que permite una visión integral de la política, desde su inicio hasta su fin, y que facilita el análisis crítico de sus diferentes fases" (Aguilar, 2012, p. 46).

Así como Arias et al., Aguilar Villanueva también destaca en su teoría de la política pública, la importancia de la participación ciudadana en el proceso de formulación e implementación de políticas públicas. Establece que, "la participación ciudadana es un elemento fundamental para una democracia participativa y esencial para la construcción de políticas públicas eficaces y sostenibles" (Aguilar, 2012, p. 68).

En el ámbito de la educación en México, la política pública es un tema de gran relevancia, ya que la educación es un elemento clave para el desarrollo del país. El Congreso de la Ciudad De México (2019), señala que, la política educativa en México ha sufrido múltiples cambios y reformas a lo largo de los años, pero estos cambios no han logrado solucionar los problemas estructurales que afectan a la educación en el país. Uno de los problemas más relevantes en la política educativa en México es la falta de equidad en la distribución de recursos, el cual es uno de los mayores obstáculos para lograr una educación de calidad en el país.

Esta falta de equidad se refleja en la brecha educativa que existe entre las regiones urbanas y rurales, así como en la calidad de la educación que reciben los estudiantes de diferentes estratos socioeconómicos. Otro de los problemas relevantes en la política educativa en México es la falta de participación social en el proceso de formulación y evaluación de políticas públicas en educación, ésta es un elemento clave para garantizar que las políticas públicas en educación respondan a las necesidades de la sociedad y sean efectivas en la solución de los problemas educativos (Congreso de la Ciudad De México, 2019).

2.3.2 La Etnomatemática

La etnomatemática es una disciplina que surge de la necesidad de explorar y analizar la relación que existe entre la cultura, la sociedad y las matemáticas. Esta propuesta teórica busca entender cómo las diferentes culturas y sociedades desarrollan una actividad matemática para resolver problemáticas presentes en su vida cotidiana, así como la influencia de esta actividad de matematización en la construcción de su identidad cultural. En esta

relación, los saberes de carácter matemático son moldeados por la cultura y los contextos en los que se desarrollan.

Es decir, las matemáticas son un fenómeno cultural y no universal. El término *etnomatemática* fue acuñado por el matemático brasileño Ubiratan D'Ambrosio, quien define a esta perspectiva como "la cultura y la práctica matemática en las sociedades humanas" (D'Ambrosio, 1998, p.1). Desde entonces, la etnomatemática ha ido evolucionando y expandiéndose, integrando conceptos de antropología, sociología, psicología y educación.

Otra forma de entender la palabra etnomatemática es a partir de sus raíces etimológicas (D'Ambrosio, 2013), como un instrumento de reflexión, observación, de técnicas materiales e intelectual (ticas) para explicar, entender, conocer, aprender y hacer (matema) como respuesta a necesidades o problemáticas de sobrevivencia y de trascendencia en diferentes ambientes naturales, sociales y culturales (etnos).

En su noción de cultura, D'Ambrosio comenta que los individuos se relacionan con otros, intercambian conocimientos, comportamientos, tienen intereses comunes y como consecuencia establecen asociaciones y sociedades, como la familia, las tribus, comunidades y naciones. Las distintas maneras de hacer, las prácticas y el saber que caracterizan a una cultura son parte del conocimiento compartido y del comportamiento compatible de ésta. Los individuos en su cotidianidad usan los instrumentos materiales e intelectuales de su cultura para comparar, clasificar, cuantificar, medir, explicar, generalizar, inferir y evaluar.

Un ejemplo de etnomatemática asociada al sistema de producción, es la construcción de los calendarios, los cuales son una herramienta común y local que utilizan las culturas, estos sintetizan el conocimiento y el comportamiento y se usan en las etapas de cultivo, cosecha y almacenamiento, además están asociados con mitos y cultos propios. Otros ejemplos, son las formas de compra o intercambio; también se puede mencionar el registro del ciclo menstrual, relacionado con las fases de la luna.

Así, la realidad percibida por cada individuo está formada por mecanismos genéticos, sensoriales y de conocimiento, siendo enriquecida por las experiencias y pensamientos acumuladas de manera individual y grupal. Cada individuo procesa esa información que define su comportamiento y genera más conocimiento que se distribuye entre el grupo y forma la cultura de éste (D'Ambrosio, 2013).

La etnomatemática se enfoca en cómo las diferentes culturas cuentan, miden, utilizan figuras para afrontar y resolver problemáticas de su vida diaria. Según D'Ambrosio (2005, 2018), cada cultura tiene su propia matemática, su propia forma de ver el mundo y su propia forma de resolver los problemas. Por lo tanto, la etnomatemática no sólo se centra en las matemáticas que se enseñan en las escuelas, sino también en las matemáticas que se utilizan fuera de la escuela, en la vida diaria.

La importancia de la etnomatemática radica en que ayuda a comprender la diversidad cultural, aportando nuevos conocimientos en el campo de las matemáticas, al mismo tiempo que fomenta la inclusión y el respeto hacia otras culturas: la etnomatemática puede contribuir a una mayor comprensión de la diversidad humana, lo que puede ayudar a las personas a superar las barreras culturales y a trabajar juntas para resolver problemas comunes (D'Ambrosio, 2005, 2018).

Además, la etnomatemática también puede tener un impacto significativo en la educación, ya que "la etnomatemática puede ayudar a los estudiantes a comprender las matemáticas de una manera más significativa y relevante, ya que les permite ver cómo las matemáticas están conectadas con su cultura y su vida diaria" (p. 69). La disciplina se enfoca en la manera en que las personas de diferentes culturas construyen conocimientos matemáticos y en cómo estos conocimientos se utilizan en su vida cotidiana (D'Ambrosio, 2005, 2018); es decir, estudia la matemática desde una perspectiva cultural, reconociendo que los conocimientos matemáticos se construyen en un contexto cultural específico y esto influye en la forma en que se desarrollan y se utilizan.

En este sentido, la etnomatemática también se enfoca en la diversidad cultural y en la valoración de las diferentes formas en que se construyen los conocimientos matemáticos, porque la diversidad cultural no es un problema, sino una oportunidad para el enriquecimiento y la creatividad (D'Ambrosio, 2005, 2018). De esta forma, la etnomatemática busca reconocer y valorar las diferentes formas de pensar y construir conocimientos matemáticos que se presentan en diferentes culturas.

En cuanto a la dimensión política, la dificultad de los gobiernos por defender los conocimientos ancestrales de las comunidades indígenas surge de la eficiente estrategia de la figura colonizadora, que elimina la historia y las raíces del pueblo conquistado, entonces no basta con tener una bandera, un himno, una constitución, se deben reconocer, respetar y

reforzar las raíces de los pueblos. Relacionado con la dimensión educativa, no se trata de ignorar o rechazar la matemática académica, sino de hacer de la matemática, algo vivo, con situaciones reales, explorando las raíces culturales, reconociendo la diversidad cultural y sus tradiciones en la formación de los estudiantes. (D'Ambrosio, 2013)

La construcción de conocimiento implica una relación entre el saber y el hacer, realizada en varias dimensiones: sensorial, intuitiva, emocional y racional. La acción genera conocimiento, que es la capacidad de explicar, lidiar, manejar, entender la realidad, esa capacidad se transmite a otros y se queda también en la memoria de cada persona. En cuanto a su relación con el currículo, éste se define como la estrategia de la acción educativa, refleja lo que la sociedad espera de las distintas disciplinas que lo componen. Contextualizar las matemáticas es esencial, interesarse en la geometría del pueblo, como los globos y los papalotes, colocarles a los números calificativos como: dos naranjas, dos caballos.

El tener un mayor número de instrumentos materiales e intelectuales debidamente contextualizados, otorga al estudiante una mayor capacidad para enfrentar situaciones, resolver problemas nuevos, modelar una situación real y llegar a una solución adecuada. La educación formal basada en la enseñanza teórica y aulas expositivas, utilizando como práctica, ejercicios repetitivos, está equivocada. No se pueden evaluar las habilidades cognitivas fuera del contexto cultural. Existen estilos cognitivos que deben ser reconocidos entre culturas distintas y en el seno de una misma cultura. (D'Ambrosio, 2013)

Según Gerdes, la educación matemática intercultural es un enfoque que busca desarrollar en los estudiantes una comprensión de las diferentes formas en que se construyen los conocimientos matemáticos en diferentes culturas y una valoración de estas diferentes formas de construcción del conocimiento (Gerdes, 1999). Es decir, se trata de una educación que reconoce la diversidad cultural y la importancia de incorporarla en la enseñanza de las matemáticas.

Por otro lado, Blanco, afirma que la etnomatemática aporta elementos valiosos a la formación de personas con licenciaturas en matemáticas o en educación básica: preescolar, primaria y secundaria con énfasis en matemáticas, ya que se interesa por la recuperación del patrimonio matemático ancestral, tomando en cuenta y valorando el conocimiento extraescolar de los estudiantes, que ha sido desplazado, olvidado y reemplazado por el conocimiento matemático occidental. Sin embargo, el introducir la etnomatemática al

currículo escolar, trae consigo una serie de implicaciones en la estructura didáctica: En relación con el saber, se debe asumir una postura cultural de las matemáticas, reconocer que existen diferentes matemáticas, las matemáticas de los albañiles, de los grupos indígenas, de los matemáticos, de los ingenieros.

El estudiante, por su parte, debe reconocer y valorar la multiculturalidad en las matemáticas y ser respetuoso de la diversidad de formas de matematizar y pensar matemáticamente, así como valorar el conocimiento extraescolar, proveniente, por lo general, de los adultos mayores (Blanco, 2008). El docente, por su parte, debe ser un maestro investigador, que desarrolle proyectos interdisciplinarios, diseñe situaciones problemáticas y material didáctico contextualizado, incluyendo aspectos sociales y culturales, que pueden servir como punto de partida, para Blanco:

la enseñanza, el aprendizaje y la elaboración de matemáticas en el salón de clase, también debe buscar originar y estimular el estudio y la investigación del pensamiento matemático de pueblos indígenas y grupos laborales y formular proyectos de investigación en Educación Matemática desde un enfoque sociocultural, en las instituciones de educación básica y media, universidades, pregrado, maestría y doctorado (2008, p.6).

2.3.3 Modelos lineales generalizados

Independientemente del tipo de datos que se deseen analizar, es fundamental plantearse y responder ciertas preguntas para lograr una modelización adecuada. Es crucial identificar cuál es la variable respuesta, es decir, la variable que se quiere explicar. También es importante verificar si las condiciones de observación son homogéneas y analizar cómo varía la respuesta promedio cuando cambian las condiciones del experimento. Además, es necesario determinar qué variables pueden influir en la variable respuesta y evaluar si esta cumple con los supuestos de normalidad, homogeneidad de varianza y linealidad en los efectos.

Sin embargo, en la práctica, los datos no siempre siguen una distribución normal. En muchas ocasiones, provienen de distribuciones distintas que no cumplen con los requisitos

del modelo normal en cuanto a la relación media-varianza, la linealidad y la homocedasticidad.

Los modelos lineales generalizados (GLM) representan una alternativa al uso de transformaciones en la variable respuesta cuando no se cumplen los supuestos de linealidad y homogeneidad de la varianza. Estos modelos se basan en ciertas hipótesis fundamentales: las respuestas deben ser independientes entre sí, la media de la respuesta varía con las condiciones experimentales pero la forma de la distribución se mantiene constante, y la media de la respuesta (o alguna transformación de ella) cambia de manera lineal en función de los predictores. El objetivo de un GLM es encontrar el mejor ajuste para representar los datos.

Los GLM permiten especificar de manera independiente la distribución de los datos, la relación entre la media y la varianza (mediante la función de varianza), así como la relación lineal entre la media de la respuesta y los predictores (a través de la función de enlace o link). Estos modelos engloban todas aquellas situaciones en las que existe una relación lineal entre la variable respuesta y los predictores, sin necesidad de realizar transformaciones complejas que puedan dificultar la interpretación de los resultados (Martínez & Morales, 2007).

Los elementos fundamentales de un GLM incluyen:

- La variable respuesta Y_i , donde $i = 1, \dots, n_i$, que sigue una distribución perteneciente a la familia exponencial.
- Un conjunto de variables explicativas X y parámetros β .
- Una Re parametrización basada en una función monótona denominada función de enlace $g()$, que define el predictor lineal η (Martínez & Morales, 2007):

$$g(\mu_i) = \eta_i = X_i' \beta, \text{ con } E(y_i) = \mu_i \quad (1)$$

En la regresión de Poisson, es común trabajar con datos discretos que representan conteos de eventos ocurridos de manera aleatoria con cierta frecuencia. Estos datos pueden modelarse en términos de tasas de incidencia, las cuales dependen de diversas variables explicativas.

Los aspectos esenciales para formular un modelo de regresión de Poisson incluyen una variable dependiente Y , basada en conteos y que sigue una distribución de Poisson, junto con un conjunto de variables explicativas $x=(x_1, \dots, x_p)$, que describen las condiciones específicas de cada observación.

Si se dispone de n observaciones independientes de Y (denotadas como y_1, \dots, y_n), cada variable Y_i será estimada en función de $x_i=(x_{1i}, \dots, x_{pi})$ para $i=1, \dots, n$, de acuerdo con un modelo de regresión de Poisson.

Este tipo de regresión es útil para analizar datos de conteo que no están representados en forma de proporciones. Ejemplos comunes de datos modelables mediante un proceso de Poisson, donde no existe un límite superior para la cantidad de ocurrencias, incluyen: el número de partículas radioactivas emitidas en un intervalo de tiempo determinado; en estudios de comportamiento, la cantidad de incidentes registrados en intervalos de tiempo específicos.

El modelo de Poisson asume que la media y la varianza de Y_i son iguales:

$$E(Y_i) = \text{Var}(Y_i) = \mu_i \quad (2)$$

Sin embargo, esta suposición puede ser restrictiva, ya que en muchos casos los datos presentan mayor variabilidad de la que el modelo permite.

$$g(\mu_i) = \eta_i = X_i'\beta, \text{ con } E(y_i) = \mu_i \quad (3)$$

$$\text{Si } Y_i \sim P(\mu_i), i = 1, \dots, n \quad (4)$$

Su función de probabilidad es:

$$P(Y = y) = e^{-\mu} \frac{\mu^y}{y!} = \exp(y \log \mu - \mu - \log y!) \quad (5)$$

En la formulación de la familia exponencial, se identifican:

- $\theta = \log \mu$ $b(\theta) = e^\theta$
- $\phi = 1$ $a(\phi) = 1$
- $c(y, \phi) = -\log y!$

En este contexto, el parámetro de la media se relaciona con las covariables mediante un vínculo logarítmico (Link canónico): $\eta = \log \mu$

Este vínculo garantiza que los valores estimados de μ sean no negativos.

Ajuste del modelo:

Cuando se emplea el vínculo logarítmico (link log), el modelo para cada observación se expresa como:

$$\log(\mu_i) = x_i^t \beta \quad (6)$$

El cálculo del estimador de máxima verosimilitud de los coeficientes β se realiza mediante el método iterativo de Newton-Raphson, que en este caso coincide con el algoritmo de Fisher-Scoring:

$$\hat{\beta} = (X'WX)^{-1}X'Wz \quad (7)$$

Donde:

- $W = \text{diag}(\mu_i)$
- La variable de trabajo

$$z = n + \left(\frac{\partial n}{\partial \mu}\right)(y - \mu) \quad (8)$$

$$y \frac{\partial n}{\partial \mu} = \frac{1}{\mu} \quad (9)$$

Una vez estimados los parámetros, el logaritmo de la función de verosimilitud, sin considerar las constantes, se expresa como:

$$\sum_{i=1}^n (y_i \log \mu_i - \mu_i) \quad (10)$$

Si se usa el vínculo logarítmico (link log), entonces $\log \mu_i = x_i' \beta$, y la deviance se define como:

$$D = 2 \sum_{i=1}^n \left(y_i \log \frac{y_i}{\mu_i} - (y_i - \mu_i) \right) \quad (11)$$

Si el modelo incluye un intercepto, la relación entre la media y las covariables se expresa como:

$$\log \mu_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^p x_{ij} \beta_j, i = 1, \dots, n \quad (12)$$

Los valores estimados de $\hat{\mu}_i$ a partir del estimador de máxima verosimilitud cumplen:

$$\sum_{i=1}^n \hat{\mu}_i = \sum_{i=1}^n y_i \quad (13)$$

Por lo que la deviance se simplifica a:

$$D = 2 \sum_{i=1}^n y_i \log \frac{y_i}{\mu_i} \quad (14)$$

Residuos:

Se definen varios tipos de residuos para evaluar el ajuste del modelo:

- Residuos de respuesta: $Y_i - \hat{\mu}_i$
- Residuos de Pearson: $\frac{Y_i - \hat{\mu}_i}{\sqrt{V(\hat{\mu}_i)}}$
 - Estos residuos tienen media cero y varianza constante si el modelo de varianza es correcto.
- Residuos de trabajo: $(Y_i - \hat{\mu}_i) \frac{\partial n_i}{\partial \mu_i}$
- Residuos de deviance: $\text{sgn}(Y_i - \hat{\mu}_i) \sqrt{d_i}$
 - Donde d_i es el componente de deviance.

En general, los residuos de deviance presentan una distribución más cercana a la normal que los residuos de Pearson, por lo que son más útiles para detectar valores atípicos (outliers).

Los residuos Poisson se pueden expresar como:

- Residuos de deviance: $r_i^d = \text{sg}(y_i - \hat{\mu}_i) \left\{ 2 \left(y_i \log \left(\frac{y_i}{\hat{\mu}_i} \right) - y_i + \hat{\mu}_i \right) \right\}^{\frac{1}{2}}$
- Residuos de Pearson: $r_i^p = \frac{y_i - \hat{\mu}_i}{\sqrt{\hat{\mu}_i}}$

Uso de Offset:

En muchos casos de regresión de Poisson se incluye en el predictor lineal una covariable cuyo coeficiente se fija en 1, conocida como offset. Por ejemplo, supongamos que contamos con las variables y_1, y_2, \dots, y_n , donde cada y_i representa el número de eventos observados en una exposición n_i (por ejemplo, el número de reclamos de seguros de autos para una marca y año determinados). En este caso, el valor esperado de y_i se escribe como:

$$\mu_i = E(y_i) = n_i \lambda_i \quad (15)$$

Donde:

λ_i = tasa media de reclamaciones.

Lo que indica que depende tanto de la cantidad de unidades expuestas (n_i) como de la tasa de ocurrencia (λ_i). Si se considera que es λ_i la que se relaciona con variables como la antigüedad del vehículo o el lugar de uso, utilizando el link logarítmico el modelo se formula como:

$$\log \mu_i = \log n_i + x'_i \beta = o_i + x'_i \beta \quad (16)$$

Donde:

o_i = offset.

Consideraciones sobre la varianza:

El modelo de Poisson supone que:

$$E(Y_i) = \text{Var}(Y_i) = \mu_i \quad (2)$$

Sin embargo, en la práctica es frecuente observar una variabilidad mayor (sobredispersión). Ante este escenario se pueden adoptar dos estrategias:

1. Quasi-verosimilitud: Suponer que $\text{Var}(Y_i) = \sigma^2 \mu_i$ y estimar σ^2
2. Modelado alternativo: Utilizar una familia de distribuciones que permita mayor dispersión, como es el caso de la Distribución Binomial Negativa.

Distribución Binomial Negativa:

Si se parte de la siguiente formulación jerárquica:

$$Y | \lambda \sim P(\lambda) \sim \text{Poisson}(\lambda) \quad (17)$$

$\lambda \sim \Gamma(\alpha, \beta) \sim \text{Gamma}(\alpha, \beta)$ con función de densidad:

$$f(\lambda) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)\beta^\alpha} \lambda^{\alpha-1} e^{-\frac{\lambda}{\beta}}, \quad \lambda > 0 \quad (18)$$

Se obtiene que la función de masa de probabilidad marginal de Y es:

$$P(Y = y) = \frac{\Gamma(\alpha + y)}{\Gamma(\alpha)y!} \left(\frac{\beta}{1 + \beta}\right)^y \left(\frac{1}{1 + \beta}\right)^\alpha \quad (19)$$

La media y la varianza de Y son:

$$E(Y) = E(E(Y | \lambda)) = E(\lambda) = \alpha \beta \quad (20)$$

$$\text{Var}(Y) = E(\text{Var}(Y | \lambda)) + \text{Var}(E(Y | \lambda)) \quad (21)$$

$$\text{Var}(\lambda) + E(\lambda) = \alpha \beta + \alpha \beta^2 \quad (22)$$

Una parametrización habitual es expresar la distribución en términos de:

- $\mu = \alpha\beta$
- $\kappa = 1/\alpha$

En este caso, diremos que:

$$Y \sim \text{BN}(\mu, \kappa) \quad (23)$$

Con esta parametrización resulta:

$$E(Y) = \mu \quad (24)$$

$$\text{Var}(Y) = \mu + \kappa\mu^2 \quad (25)$$

Esto implica que, en la distribución binomial negativa, la varianza supera a la media. Por ello, si se sospecha de subdispersión (varianza menor que la media), el enfoque de quasi-verosimilitud podría ser más adecuado, ya que la distribución binomial negativa no contempla este caso.

Ajuste del modelo Binomial Negativa:

El logaritmo de la función de verosimilitud (log-likelihood), sin incluir constantes, es:

$$\ell = \log\Gamma(k^{-1} + y) - \log y! + y \log\left(\frac{k\mu}{1 + k\mu}\right) + k^{-1} \log\left(\frac{1}{1 + k\mu}\right) \quad (26)$$

Para un valor fijo de κ , esta distribución se integra en la familia exponencial de un parámetro con:

$$\theta = \log\left(\frac{\kappa\mu}{1 + \kappa\mu}\right) \quad (23)$$

Si κ se considera conocido, es posible estimar β mediante métodos iterativos; sin embargo, generalmente κ es desconocido y debe ser estimado conjuntamente con β .

2.4 Marco Normativo

El Artículo 3o. de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, establece que toda persona tiene derecho a la educación y que los diferentes niveles de gobierno deben garantizar la impartición de la educación en sus diferentes niveles. La educación inicial, preescolar, primaria y secundaria, conforman la educación básica; ésta y la media superior serán obligatorias. Se destaca, además, que la educación impartida por el Estado, además de obligatoria, será universal, inclusiva, pública, gratuita y laica.

La educación se basará en el respeto irrestricto de la dignidad de las personas, con un enfoque de derechos humanos y de igualdad sustantiva. Tenderá a desarrollar armónicamente todas las facultades del ser humano y fomentará en él, a la vez, el amor a la Patria, el respeto a todos los derechos, las libertades, la cultura de paz y la conciencia de la solidaridad internacional, en la independencia y en la justicia; promoverá la honestidad, los valores y la mejora continua del proceso de enseñanza aprendizaje.

Dentro del Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024, el PSE (Programa Sectorial de Educación) 2020-2024 plantea seis objetivos que:

Responden a problemas públicos, como se muestra a continuación:

Objetivo 1: Garantizar el derecho de la población en México a una educación equitativa, inclusiva, intercultural e integral, que tenga como eje principal el interés superior de las niñas, niños, adolescentes y jóvenes.

Objetivo 2: Garantizar el derecho de la población en México a una educación de calidad, relevante y pertinente en los diferentes tipos, niveles y modalidades del SEN que favorezca su desarrollo humano integral.

Objetivo 3: Revalorizar a los docentes como agentes fundamentales del proceso educativo, con pleno respeto a sus derechos, a partir de su desarrollo profesional, mejora continua y vocación de servicio.

Objetivo 4: Generar entornos favorables para el proceso de enseñanza-aprendizaje en los diferentes tipos, niveles y modalidades del SEN.

Objetivo 5: Garantizar el derecho a la cultura física y a la práctica del deporte de la población en México con énfasis en la integración de las comunidades escolares, la inclusión social y la promoción de estilos de vida saludables.

Objetivo 6: Fortalecer la rectoría del Estado y la participación de todos los sectores y grupos de la sociedad para concretar la transformación del SEN, centrada en el aprendizaje de las niñas, niños, adolescentes, jóvenes y adultos (Diario Oficial de la Federación, 2020, pp.201-213).

La intervención en torno a los seis Objetivos prioritarios del PSE 2020-2024 se articula en 30 Estrategias prioritarias, integradas por un conjunto de 274 acciones puntuales, que serán aplicadas a lo largo de la presente administración para lograr el proyecto educativo de la Cuarta Transformación. Algunos objetivos y estrategias que inciden en la investigación, son: 1.1.6 Alentar el desarrollo de proyectos educativos locales con la participación de docentes experimentados para atender a los grupos históricamente discriminados; 1.1.8 Incentivar la acreditación de conocimientos adquiridos a partir de la experiencia laboral, la formación para el trabajo o de forma autodidacta, en condiciones de igualdad y equidad, mediante el reconocimiento de saberes adquiridos en apego a la normatividad específica para cada nivel educativo. Estrategia prioritaria 1.2 Impulsar medidas para favorecer el ingreso y la permanencia en el sistema educativo de las niñas, niños, adolescentes y jóvenes provenientes de grupos históricamente discriminados, que alienten la conclusión oportuna de sus estudios y permitan el desarrollo de trayectorias educativas completas; 1.2.1 Generar proyectos educativos locales y regionales con pertinencia cultural, que favorezcan la continuidad y conclusión educativa en educación básica y el acceso a la educación

media superior de la población históricamente discriminada. Estrategia prioritaria 1.3 Promover la reorientación y transformación de las instituciones educativas para que respondan a las necesidades de sus comunidades y a las características específicas de su contexto (Diario Oficial de la Federación, 2020, pp.213-215).

Estrategia prioritaria 1.5 Asegurar que la población en rezago educativo adquiera los conocimientos y habilidades mínimas para acceder a una mejor condición de vida y oportunidades para el desarrollo integral; 1.5.4 Consolidar modalidades de atención diferenciadas de acuerdo con el grupo poblacional y su condición de vulnerabilidad, con pertinencia cultural y lingüística, así como con perspectiva de género. Acción puntual 2.1.1 2.1.2 Adecuar los planes y programas de estudio para garantizar su pertinencia y relevancia, con especial atención a la diversidad étnica, cultural y lingüística del país, así como con perspectiva de género y considerando las necesidades de las personas con discapacidad. Estrategia prioritaria 2.2 Instrumentar métodos pedagógicos innovadores, inclusivos y pertinentes, que fortalezcan los procesos de enseñanza y aprendizaje orientados a mejorar la calidad de la educación que reciben las niñas, niños, adolescentes y jóvenes; 2.2.2 Propiciar la adopción de los principios de sostenibilidad social, ambiental y económica, a partir de la comprensión del entorno natural y social en las y los estudiantes y el fomento del pensamiento crítico y científico, apoyándose en experiencias innovadoras, inclusivas y pertinentes de aprendizaje; 2.2.8 Utilizar métodos pedagógicos y didácticos que permitan al docente atender, con enfoque de derechos humanos y perspectiva de género, las necesidades de aprendizaje de los educandos, con la participación de pueblos indígenas en la construcción de modelos educativos pluriculturales; 2.2.9 Desarrollar métodos pedagógicos innovadores, pertinentes e inclusivos, que consideren el aprendizaje colaborativo, participativo y lúdico, así como el autoaprendizaje, el diálogo y el trabajo en equipo (Diario Oficial de la Federación, 2020, pp.215-217).

En el caso del Estado de Hidalgo, el Plan Estatal de Desarrollo 2022-2028, con base en los resultados observados a partir del diagnóstico del medio físico, geográfico, socioeconómico y ambiental, así como del regional del estado genera un análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA), que permiten comprender la

situación general que guarda la entidad. Las Fortalezas, son la incorporación de nuevas instituciones empresariales y educativas que representan mayor especialidad en ciertas áreas del conocimiento y las debilidades son que la escolaridad promedio es baja, según los indicadores estratégicos, indicador 3.6.a, Carencia por rezago educativo.

La visión al 2028, con perspectiva al 2040, es que el gobierno está obligado a atender las necesidades de las y los más vulnerables. En educación el reto es tener un pueblo ilustrado como un camino para combatir la pobreza, la exclusión y el rezago educativo. Las juventudes encontrarán en su preparación académica y después en las oportunidades de empleo, las condiciones para su superación personal y familiar (Periódico Oficial del Estado de Hidalgo, 2023).

El Acuerdo 3, Desarrollo económico, educación, en su apartado 2.6.2., nos habla de, impulsar el bienestar juvenil, con acciones en su salud, educación y emprendimiento, en el apartado 2.6.2.3. pretende implementar programas para el fortalecimiento del acceso a la educación para las y los jóvenes de Hidalgo. El apartado 2.11, habla sobre el bienestar de las niñas, niños y adolescentes y el 2.11.1. pretende garantizar el desarrollo de las niñas, niños y adolescentes en materia de salud, educación, seguridad social, alimentación y nutrición. Así también el 2.12.2., busca garantizar los derechos Humanos para el bienestar del pueblo, complementando con el 2.12.2.2, que promete garantizar a toda la población el no experimentar ningún tipo de discriminación al buscar su incorporación al mercado laboral, el acceso a servicios educativos, de salud y otros (Periódico Oficial del Estado de Hidalgo, 2023).

El apartado 3.6, trata sobre la Educación para el futuro de Hidalgo, que intenta garantizar el derecho a una educación de calidad, competitiva, equitativa e incluyente, priorizando siempre a las y los estudiantes, los cuerpos académicos, padres y madres de familia, con acciones específicas como: 3.6.1. Ampliar las oportunidades en Educación Básica para las y los estudiantes; 3.6.1.1. Impulsar el acceso a la Educación Básica y promover el desarrollo integral de las y los estudiantes de Nivel Básico, en todas las facetas que involucran a la administración gubernamental; 3.6.4 Abatir el rezago educativo y la deserción escolar en todos los niveles educativos; 3.6.4.2.

Realizar acciones para atender el rezago educativo de estudiantes de Educación Básica, Educación Media Superior y Superior, especialmente frente al reto que supone el

Covid-19; 3.6.4.4. Promover acciones en favor de la salud socioemocional de las y los estudiantes; 3.6.5 Mejorar la calidad de la educación hidalguense en todas sus facetas; 3.6.5.1. Implementar las diversas políticas en materia educativa que propone el Gobierno de México, con pleno apego a los marcos normativos aplicables; 3.6.5.3 Impulsar la mejora de la educación hidalguense, a través de la inclusión, equidad respeto y valoración de la diversidad cultural del estado; 3.6.5.4.

Impulsar y garantizar la educación intercultural y bilingüe en todos los niveles educativos; 3.6.5.5. Fomentar la capacitación y actualización del personal en la materia, siempre con una visión humanista, respetuosa de los derechos humanos, austera y en favor de las y los estudiantes; 3.6.6. Ofrecer mejores escuelas para todas y todos al ampliar, rehabilitar y dar mantenimiento a la infraestructura física educativa; 3.6.6.1. Realizar acciones encaminadas a mejorar las condiciones en escenarios de aprendizaje y las interacciones sociales de las y los estudiantes en las instituciones públicas educativas (Periódico Oficial del Estado de Hidalgo, 2023).

2.5 Conclusiones

La teoría de las políticas públicas, a través de modelos como el de la "etapa múltiple" (Hogwood & Gunn, 1984) y las aportaciones de Sabatier (2007) y Aguilar Villanueva (2012), subraya la importancia de analizar cada fase de la acción estatal para resolver problemas públicos. La integración de la participación ciudadana, considerada esencial por Arias et al. (2015) y Aguilar Villanueva (2012), refuerza la legitimidad y efectividad de las políticas, promoviendo una democracia más inclusiva y transparente.

El Artículo 3º de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos establece el derecho de toda persona a una educación de calidad, obligatoria, universal, inclusiva, pública, gratuita y laica, fundamentada en el respeto a la dignidad y los derechos humanos. En consonancia, el Plan Nacional de Desarrollo 2019–2024 y el Programa Sectorial de Educación (PSE) 2020–2024 definen objetivos y estrategias específicas para garantizar una educación equitativa y de calidad.

Estos lineamientos se orientan a superar problemas estructurales, como la inequidad en la distribución de recursos y la falta de participación social, a través de acciones que

revalorizan el papel de los docentes, impulsan proyectos educativos locales con pertinencia cultural y fortalecen la rectoría del Estado.

La etnomatemática, como disciplina que explora la interrelación entre cultura, sociedad y matemáticas, desafía la noción de una matemática universal y propone que los saberes matemáticos son construcciones culturales. Este enfoque, impulsado por D'Ambrosio (1998, 2005, 2013), enriquece la enseñanza al reconocer y valorar las prácticas matemáticas propias de cada comunidad, promoviendo una educación intercultural que fomente la inclusión y la diversidad.

La utilización de modelos lineales generalizados, tales como la regresión de Poisson y la modelación con Distribución Binomial Negativa, permite analizar datos complejos que no cumplen los supuestos tradicionales. Estas herramientas metodológicas facilitan la identificación de variables clave y la evaluación de la eficacia de las políticas públicas, aportando rigor al análisis de intervenciones educativas y su impacto en diferentes contextos.

El Plan Estatal de Desarrollo 2022–2028 de Hidalgo y sus estrategias específicas apuntan a combatir el rezago educativo, mejorar la infraestructura y asegurar el acceso a una educación de calidad para todos, especialmente para los grupos históricamente discriminados. Las acciones establecidas en los diversos apartados del plan, como la ampliación de oportunidades en la educación básica, la atención al rezago educativo y la promoción de una educación intercultural y bilingüe, reflejan un compromiso con la transformación del sistema educativo y el desarrollo integral de la población.

El capítulo destaca la necesidad de articular un enfoque integral que combine el análisis de políticas públicas, la aplicación de la etnomatemática y el uso de metodologías estadísticas robustas. Esta integración es crucial para diseñar e implementar estrategias que fortalezcan la equidad y la calidad educativa, cumpliendo con los principios constitucionales y los objetivos nacionales y estatales, y respondiendo efectivamente a los desafíos estructurales del sistema educativo en México.

CAPÍTULO III

Estado del arte

3.1 Introducción

El presente capítulo integra un conjunto de apartados orientados al análisis de la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas desde perspectivas contextualizadas, interculturales y críticas. En primer lugar, se aborda la comprensión de conceptos geométricos vinculados al área y al perímetro en el contexto de la agricultura del café, donde se identifican las dificultades persistentes en estudiantes de educación básica para diferenciar y aplicar dichos conceptos en situaciones reales.

Posteriormente, se examina la Etnomatemática como enfoque para la formación docente, destacando su potencial para resignificar los procesos de enseñanza y aprendizaje. A continuación, se presentan investigaciones relacionadas con la transmisión de conocimientos herbolarios en comunidades mazahua y otomí, así como las concepciones y prácticas de la etnomatemática en la educación indígena mexicana, las cuales evidencian la riqueza y complejidad de los saberes comunitarios en su interacción con el currículo escolar.

Seguidamente, se analizan experiencias de resignificación curricular en comunidades Dule y la distancia epistemológica existente entre los saberes mapuches y los conocimientos escolares en Chile, que ponen de relieve las tensiones derivadas de la interacción entre epistemologías diversas. Asimismo, se examina la propuesta de una matemática intercultural en Perú, que busca articular los conocimientos locales con los saberes académicos, con el fin de favorecer aprendizajes pertinentes y culturalmente significativos.

Finalmente, se revisan los aportes de las organizaciones indígenas peruanas en el impulso de la educación intercultural bilingüe, la cual constituye un referente para el fortalecimiento de identidades culturales y para la transformación de los procesos educativos. En conjunto, estas secciones permiten reconocer la importancia de los saberes comunitarios, la etnomatemática y las propuestas interculturales como fundamentos para una educación matemática crítica, situada y socialmente relevante.

3.2 Comprensión de algunos conceptos geométricos en el contexto de la agricultura del café

En el contexto de la labor docente, que implica registrar, observar y evaluar el aprendizaje de los estudiantes, se ha identificado que los estudiantes del quinto grado de educación primaria no logran alcanzar niveles altos de comprensión en matemáticas. Esto se deduce de los altos índices de reprobación en matemáticas y de los resultados deficientes tanto en pruebas internas como externas.

Se ha concluido que esta situación se debe, entre otras razones, a varios factores: primero, al uso inapropiado de términos y definiciones matemáticas, lo que se refleja en dificultades para argumentar soluciones en situaciones problemáticas, solicitar aclaraciones o presentar informes de lectura; segundo, a la aplicación desconectada de fórmulas; y tercero, a la confusión sobre las propiedades de expresiones aritméticas o algebraicas.

En relación con los conceptos fundamentales de área y perímetro, que son el foco de esta investigación, también se ha observado que, aunque estos conceptos puedan expresarse matemáticamente en términos uno del otro, no se comprende su independencia en términos de medida. Por ejemplo, cuando se presentan dos polígonos no regulares con igual perímetro y se pregunta si uno puede tener más o menos área que el otro, los estudiantes suelen responder incorrectamente. Esta situación es consistente con hallazgos de otros autores como Corberán (1996), Chamorro et al. (2008), y Del Olmo et al. (1993), quienes también han detectado problemas similares.

Además, durante la investigación se encontraron otras dificultades relacionadas con estos conceptos, como el uso poco claro de unidades de medida, la confusión entre fórmulas y la incapacidad para reconocer las dimensiones unidimensionales del perímetro y bidimensionales del área. En cuanto a las necesidades de comprensión de los conceptos de área y perímetro, se sabe que medir y calcular estos conceptos ha sido una preocupación añeja. Documentos antiguos de culturas como los sumerios, fenicios y egipcios muestran su interés en calcular áreas de formas geométricas simples como círculos, rectángulos y triángulos. Este interés histórico subraya la importancia y complejidad de estos conceptos matemáticos a lo largo del tiempo.

Por tanto, la investigación plantea la pregunta: ¿Cómo comprenden los estudiantes del quinto grado de la Institución Educativa Santa Rita los conceptos de perímetro y área, y su independencia en el contexto de la agricultura del café, utilizando el marco de la Enseñanza para la Comprensión? Para abordar esta pregunta, el objetivo general fue analizar cómo los estudiantes comprenden estos conceptos en el contexto específico del cultivo del café. Los objetivos específicos incluyeron describir el progreso de los estudiantes en el marco de la Enseñanza para la Comprensión respecto a perímetro, área e independencia de medidas, y diseñar y evaluar una unidad curricular que promueva la comprensión de estos conceptos entre los estudiantes.

La metodología utilizada fue cualitativa y se basó en el estudio de casos, donde se seleccionaron tres estudiantes para el análisis detallado: Messi, Isis y Minerva. Se realizaron entrevistas semiestructuradas, observaciones y encuestas para recopilar datos, que fueron grabados para análisis posterior. Esta metodología permitió un enfoque holístico que consideró la interacción de los participantes con su entorno cultural, influyendo en la interpretación de los resultados.

La unidad curricular diseñada se fundamentó en el marco teórico de la Enseñanza para la Comprensión y se estructuró en fases de exploración, investigación guiada y síntesis. Se emplearon actividades como cuestionarios, mediciones en campo y discusiones grupales para facilitar la comprensión de los conceptos matemáticos en el contexto del cultivo del café.

Finalmente, se desarrollaron descriptores de categoría por nivel para evaluar el progreso de los estudiantes en términos de contenido matemático, métodos de aprendizaje, propósitos de aprendizaje y habilidades de comunicación. En conclusión, la investigación logró alcanzar sus objetivos al analizar el proceso de comprensión de los estudiantes respecto a los conceptos de perímetro y área en el contexto del cultivo del café, utilizando un enfoque metodológico riguroso y adaptado a las necesidades educativas específicas de los estudiantes (González, Santa & Londoño, 2014).

3.3 Etnomatemática: un enfoque para la formación docente

El proceso de formación para la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas en los docentes de Educación Básica se llevó a cabo mediante una serie de talleres enfocados en la Etnomatemática, abarcando diversas regiones del estado: Huasteca Sur, Huasteca Norte, Altiplano, Zona Media y San Luis Potosí, S.L.P. En cada región participó un grupo, y en la capital del estado hubo dos grupos. Los participantes incluyeron docentes y directivos de niveles preescolar, primaria y secundaria pertenecientes a la Secretaría de Educación del Gobierno del Estado (SEGE) y al Sistema Educativo Estatal Regular (SEER), sumando un total de 206 profesores. Cada taller tuvo una duración de 12 horas, divididas en dos sesiones.

El propósito general del estudio fue identificar los factores que influían en los docentes mediante un enfoque etnomatemático, centrado no solo en el conocimiento matemático, sino también en la persona cultural e históricamente situada. La pregunta de investigación fue: ¿Cuáles son los factores que influyen en la apropiación de las matemáticas desde un enfoque etnomatemático? A partir de esta pregunta, se analizó el proceso con los datos recopilados y las interacciones surgidas durante el curso, con la intención de dar continuidad a este proceso para revisar los aprendizajes significativos y fomentar la construcción conjunta del conocimiento en la formación docente.

El curso comenzó con una actividad que exploró un sistema de numeración diferente al decimal, cercano a las civilizaciones mesoamericanas. El desarrollo inicial se enfocó en una experiencia de aprendizaje activa, guiada por la instructora del curso. La actividad buscaba no solo observar lo que ocurría, sino entender cómo los docentes vivenciaban la actividad. La idea era que los cambios significativos en la práctica docente se logran a través del cuerpo, la emoción y el intelecto en procesos históricos y culturalmente situados. Se identificaron dos hallazgos principales a partir de las interacciones colectivas en el curso.

Primero, la creatividad como punto de partida en las actividades promovió la apropiación del conocimiento matemático y personal. Segundo, esta apropiación permitió a los docentes reconocerse a sí mismos más allá de la formación matemática, reconociendo procesos identitarios anclados en prácticas sociales mesoamericanas con relevancia matemática.

La metodología transdisciplinar del curso, centrada en problemáticas en lugar de disciplinas, utilizó el caso del sistema de numeración maya tzeltal para plantear un reto a los docentes: aprender a contar en maya tzeltal. Esto facilitó la transición de los números a las

matemáticas y la construcción de nociones matemáticas desde una perspectiva diferente al enfoque lógico matemático. El curso también se fundamentó en la propuesta pedagógica “Aprender matemáticas sin matemáticas”, un enfoque que no nombra directamente los contenidos a tratar, lo que provocó una reflexión creativa y lógica en los docentes.

La evaluación se realizó a través de problemas creados por los docentes, basados en prácticas sociales de sus comunidades. Este enfoque subrayó la importancia del vínculo entre matemáticas y lengua, ya que formular un problema matemático requiere habilidades lingüísticas y comunicativas. La creatividad, que fue el punto de partida, también fue el punto de llegada, ya que los docentes plantearon y resolvieron problemas en equipos. Este proceso de aprendizaje implicó imaginación, movimiento, interacción, emoción y reflexión, promoviendo habilidades analíticas y creativas.

El segundo hallazgo se relaciona con la identificación del sistema de numeración maya como un sistema simbólico que construye una cosmovisión compartida por pueblos mesoamericanos. La actividad “Contando en Maya Tseltal” mantuvo el interés de los docentes, quienes plantearon preguntas y construyeron conocimiento en interacción con la instructora y entre ellos mismos. Este proceso permitió a los docentes reconocer que, aunque no lo sabían, estaban vinculados a los símbolos culturales mesoamericanos.

La sesión culminó con una reflexión sobre la relevancia de conocer y reconocer las propias raíces culturales para comprender los conocimientos de otras culturas. Los docentes expresaron que esta actividad les ayudó a valorar sus raíces culturales y a entender mejor los contenidos matemáticos desde una perspectiva cultural.

Este enfoque etnomatemático no solo facilita el aprendizaje matemático, sino que también promueve una formación docente arraigada en significados culturales e históricos. La investigación concluye que la Etnomatemática ofrece posibilidades para una formación que va más allá del conocimiento disciplinar, integrando a los docentes como personas cultural e históricamente situadas. Finalmente, se subraya que la enseñanza de las matemáticas tradicionales ha priorizado el conocimiento matemático, pero ha ignorado la pasión, la historia y la cultura asociadas.

El curso promovió un aprendizaje matemático significativo al conectar emocionalmente a los docentes con los contenidos y fomentar la creatividad en la resolución de problemas, destacando la importancia de aprender matemáticas desde una perspectiva

cultural y vivencial. El estudio destaca que la Etnomatemática permite a los docentes desplegar su creatividad y promover prácticas educativas significativas, integrando las matemáticas en la vida cotidiana y fomentando una identidad cultural en el aprendizaje matemático (Micalco & Villaseñor, 2017).

3.4 Transmisión del conocimiento herbolario y sus beneficios en la comunidad mazahua otomí, Estado de México

El estudio se centra en la Universidad Intercultural del Estado de México (UIEM), fundada en 2003 para atender la diversidad biocultural del Valle de México y el poniente del Estado de México. Desde 2013, la UIEM ha profesionalizado la carrera de Ciencias de la Salud de Enfermería, promoviendo la formación de profesionales comprometidos con los pueblos originarios.

Estos profesionales de enfermería, con formación intercultural, juegan un papel crucial en la preservación y transmisión del conocimiento sobre el uso de Plantas Medicinales (PM), contribuyendo significativamente a la economía familiar y la conservación de la biodiversidad. México, con una rica tradición en el uso de PM, ve una alta preferencia por estos remedios en comunidades rurales e indígenas. Aunque la medicina oficial en el país es alopática, muchas personas recurren a las PM para tratar problemas de salud, debido a su accesibilidad y arraigo cultural. La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que el 80% de la población mundial utiliza PM para problemas de salud no quirúrgicos.

El estudio exploratorio se realizó en los municipios de origen de los estudiantes y padres de familia de la Licenciatura en Enfermería de la UIEM, donde se concentra la mayor población de las etnias Mazahua y Otomí. Se usaron encuestas estructuradas y entrevistas para recopilar información cuantitativa y cualitativa sobre el uso y transmisión de conocimiento de las PM. Se encuestaron 277 estudiantes y 80 padres o tutores, seleccionando las plantas más conocidas.

El análisis de datos se realizó mediante un modelo de regresión logística multinomial para determinar la probabilidad de transferencia de conocimientos de PM entre generaciones. Se validó el modelo utilizando el cociente de máxima verosimilitud y la R cuadrada de Cox

y Snell. Además, se elaboró una matriz de correlación de Pearson para mostrar la relación entre variables independientes.

Los participantes de la encuesta pertenecen a municipios del Estado de México, principalmente de San Felipe del Progreso (30%), Atlacomulco (20%), Ixtlahuaca (16%), Jocotitlán (14%) y otros (20%). Predominan las etnias mazahuas (75%) y otomí (9%), mientras que el 16% no se identifica con ninguna etnia. El estudio revela que el 84% de los encuestados se considera parte de una etnia, enriqueciendo el análisis del conocimiento herbolario entre estudiantes y sus familias.

El conocimiento de plantas medicinales (PM) es más alto entre los adultos de 40 a 60 años en comparación con los padres de los estudiantes. No se encontraron diferencias significativas en el conocimiento entre ambos grupos, y la edad e ingresos son variables clave en el conocimiento de PM. A mayor edad, mayor conocimiento y uso de PM, resultando en un ahorro económico.

El modelo logístico multinomial muestra que variables como edad, ingreso anual, y nivel educativo explican el conocimiento de PM, con una variación explicada de entre 22% y 25%. No hay correlación significativa entre las variables independientes, sugiriendo un buen ajuste del modelo. El conocimiento de PM se transmite de padres a hijos, especialmente en plantas locales y menos comunes.

Los estudiantes de las etnias mazahua y otomí tienen un mayor conocimiento de PM que aquellos que no se identifican con ninguna etnia. Se estima que la transmisión del conocimiento herbolario de padres a hijos es del 9.6%, principalmente en plantas silvestres y locales. La edad e ingreso promedio mensual son factores significativos en esta transmisión. Este conocimiento puede ser usado para desarrollar un índice local de importancia de plantas medicinales y valorar económicamente estos recursos.

La formación profesional de estudiantes en enfermería intercultural debe integrar el conocimiento de PM, promoviendo el uso y conservación de la flora medicinal en comunidades originarias, contribuyendo al bienestar económico y social de las mismas. El estudio resalta la importancia de la formación intercultural en enfermería para la preservación del conocimiento herbolario, contribuyendo al bienestar de las comunidades originarias y la conservación de la biodiversidad (Rodríguez, Marín & González, 2023).

3.5 La etnomatemática en la educación indígena: así se concibe, así se pone en práctica

Para Ávila, la etnomatemática es una propuesta que implica una gran complejidad técnica y conceptual, que difícilmente podrá llevarse a la práctica si no existe la guía de una persona experta. Para tratar de entender esta problemática, la autora hizo un estudio en escuelas indígenas de tres estados de la república mexicana: Chiapas, Michoacán y Puebla.

Descubrió que en general, los docentes entrevistados tienen conocimiento sobre las actividades productivas de la comunidad, en donde está ubicado su centro de trabajo. De las actividades que implican matemáticas, los saberes identificados se refieren a la medición y al cálculo derivado de las ventas y el intercambio comercial. Un ámbito que integra diversos conocimientos matemáticos locales, lo constituyen las actividades de siembra y de cosecha.

Para la integración de los saberes previos y etnomatemáticos a las clases de matemáticas, los docentes en general siguen el siguiente procedimiento: Durante las clases, se usan materiales naturales colectados en el entorno (piedritas, hojas, semillas, palitos), al inicio de la clase se hacen preguntas a los estudiantes sobre lo que saben o identifican del tema, es decir, sobre los saberes previos que poseen (Ávila, 2014), como:

¿Conocen estos números, (o estos billetes, o este instrumento de medición...)?, ¿Los han utilizado (o visto, o tocado, o...)?, ¿Sus papás los utilizan... (o sus abuelos, o...)? Una vez respondidas estas preguntas u otras parecidas, la clase continúa con los conocimientos escolares definidos en los programas oficiales, después se elabora el planteamiento de problemas que hacen referencia al contexto natural o social propio de la comunidad y, eventualmente se enseña algún conocimiento local (por ejemplo, de algún instrumento o unidad de medición) (Ávila, 2014, pp.20).

En base a esta experiencia, se percibe que la actividad y el saber matemático local están presentes en el pensamiento y la acción de los docentes, sin embargo, sólo juegan un papel de contextualización para el aprendizaje de las matemáticas escolares (Ávila, 2014).

3.6 (Re)significación del currículo escolar indígena, relativo al conocimiento [matemático], desde y para las prácticas sociales: el caso de los maestros indígenas Dule de la comunidad de Alto Caimán

Para Tamayo y Jaramillo, la investigación en Etnomatemática es necesario hacerla en forma colaborativa, en su estudio: “(Re)significación del currículo escolar indígena, relativo al conocimiento [matemático], desde y para las prácticas sociales: el caso de los maestros indígenas Dule de la comunidad de Alto Caimán”, estuvo enfocado hacia la comunidad y reconocida por la misma, participaron los miembros de la comunidad, los maestros indígenas y personas investigadoras de la Universidad de Antioquia, lo cual permitió comprender e interpretar el significado de las experiencias, a partir de las prácticas sociales. Y surgió la premisa de que muchas veces las prácticas sociales en las que circulan los conocimientos matemáticos de la comunidad no tienen relación con los conocimientos occidentales, pues los sentidos y significados en ambas culturas son legitimados y valorizados de formas diferentes.

Muchos de los saberes presentados en la Escuela del Estado, no están asociados a sus prácticas sociales y a los conocimientos matemáticos que en ellas son producidos, legitimados y validados. Las culturas tienen conocimientos propios, que constituyen su identidad. La investigación mostró que los docentes en el ámbito indígena, más que preocuparse por los contenidos escolares, centran su mirada en los sujetos que desde la comunidad se quieren formar. Para el currículo escolar indígena, es fundamental considerar las prácticas sociales en relación y contradicción con los conocimientos matemáticos (Tamayo & Jaramillo, 2015).

3.7 Distancia entre el conocimiento mapuche y el conocimiento escolar en contexto mapuche

El proceso de escolarización de niños mapuches en Chile evidencia una distancia epistemológica entre los saberes ancestrales mapuches y el conocimiento occidental que predomina en el sistema educativo. Este se rige por un currículo monocultural, centralizado y homogeneizante, que no considera las particularidades culturales y sociales de las comunidades indígenas. Esto genera tensiones en los estudiantes mapuches, quienes deben enfrentarse a una "doble racionalidad" entre los saberes comunitarios y los contenidos escolares, afectando su rendimiento académico, identidad y desarrollo emocional.

Las políticas públicas tienden a atribuir el bajo rendimiento escolar en regiones con alta presencia mapuche a factores como la pobreza y la ruralidad, sin atender las barreras estructurales y prejuicios en el sistema educativo. Los docentes, en su mayoría, carecen de conocimiento cultural mapuche, lo que refuerza la exclusión de estos saberes y la imposición de un conocimiento occidental considerado único y objetivo.

En el contexto familiar, los niños mapuches aún aprenden contenidos culturales mediante procesos de socialización basados en la oralidad, la relación con la naturaleza, y el respeto por la memoria colectiva. Sin embargo, este aprendizaje se ve relegado en las escuelas, donde el castellano es la lengua predominante y el mapunzugun, junto con otros aspectos de la cultura mapuche, tiene escasa presencia.

Para superar esta brecha epistemológica, se propone avanzar hacia una educación intercultural que integre y valore los saberes indígenas. Esto requiere formar a los docentes en aspectos clave de la cultura mapuche, adaptando el currículum y promoviendo un diálogo de saberes que fomente la equidad y el respeto por la diversidad cultural. De esta manera, se puede fortalecer la identidad sociocultural de los estudiantes mapuches y enriquecer el sistema educativo (Quintriqueo, y Torres, 2012).

3.8 Matemática intercultural en la transformación de la práctica pedagógica y la mejora de los aprendizajes

El aprendizaje de matemáticas en estudiantes de educación básica en Perú enfrenta problemas significativos, reflejados en los bajos resultados de evaluaciones internacionales como PISA y la Evaluación Censal de Estudiantes (ECE). Estas dificultades se deben, en parte, a prácticas pedagógicas que se enfocan en ejercicios mecánicos sin verificar la comprensión de conceptos, lo que afecta especialmente a regiones como Puno. En respuesta, la región ha implementado proyectos educativos con un enfoque intercultural, promoviendo una "Matemática Intercultural" que integra conocimientos matemáticos universales y locales (etnomatemática), orientada a mejorar el aprendizaje de estudiantes en contextos multiculturales.

Este enfoque valora la diversidad cultural y busca que la matemática sea relevante al contexto de vida de los estudiantes, reconociendo que cada cultura tiene su propia forma de

entender y aplicar las matemáticas. Se han desarrollado materiales didácticos y metodologías que reflejan esta perspectiva, incluyendo la incorporación de conocimientos culturales en el currículo. La propuesta también se fundamenta en teorías educativas como la Educación Matemática Realista y la etnomatemática, que promueven la contextualización y el uso de problemas reales en el aprendizaje matemático.

Para mejorar la práctica docente, se ha impulsado una metodología de investigación en el aula que permite a los docentes actuar como investigadores y reflexionar sobre su enseñanza. El modelo también busca desarrollar competencias matemáticas en estudiantes de acuerdo a las demandas de evaluaciones internacionales como PISA, integrando el contexto cultural y social en el aprendizaje de las matemáticas para una educación más inclusiva y significativa.

Alan Bishop (1999) en su obra "Enculturación matemática" presenta seis actividades matemáticas universales que ayudan a contextualizar y a enriquecer la enseñanza matemática: Contar: Fomenta el desarrollo del lenguaje y la creación de sistemas numéricos, conceptos de infinito y representaciones algebraicas; Localizar: Permite comprender el espacio físico, sociogeográfico y cosmológico, destacando la relación entre el individuo y su entorno; Medir: Relacionado con actividades sociales como el comercio y la construcción, permite el desarrollo de conceptos como comparación, error y orientación;

Diseñar: Se aplica al entorno y la creatividad en diseño, incluyendo conceptos de congruencia, semejanza y simetría; Jugar: Los juegos, regidos por reglas lógicas, son una forma de interacción social y aprendizaje que refleja la estructura lógica de la matemática; Explicar: Ayuda a relacionar fenómenos y teorías, situándose en un contexto social y fomentando la comprensión abstracta.

En cuanto a la transformación docente para mejorar el aprendizaje, diversos teóricos enfatizan el aprendizaje activo y contextualizado. La retención aumenta significativamente con métodos activos, como la práctica y la enseñanza a otros. En el contexto educativo peruano, se destaca la importancia de integrar la cultura y las experiencias locales en el aprendizaje matemático, así como fomentar el trabajo colaborativo y la resolución de problemas, como las pruebas PISA y ECE, logrando aprendizajes significativos y mayor identificación cultural.

Esta investigación, realizada en un contexto rural bilingüe, demuestra que la aplicación de una matemática intercultural, que combina el conocimiento ancestral y universal, favorece la motivación y el aprendizaje efectivo. Las actividades prácticas y contextualizadas mejoran la comprensión y la creatividad de los estudiantes, apoyando la idea de que los conocimientos matemáticos se interiorizan mejor cuando se relacionan con la cultura local y la experiencia cotidiana (Bizarro, 2020).

3.9 Las organizaciones indígenas peruanas, pioneras de la educación intercultural bilingüe

Desde épocas precolombinas, el Perú ha sido una sociedad caracterizada por su diversidad cultural, albergando civilizaciones como la chavín, paracas, chimú y quechua. Con la llegada de los europeos en el siglo XVI, esta riqueza cultural comenzó a transformarse debido a una relación desigual que posicionó a la cultura occidental como predominante, mientras las culturas originarias fueron desplazadas.

Aunque el país alcanzó su independencia, las estructuras coloniales se mantuvieron, y el Estado adoptó un modelo basado en valores occidentales. Durante el siglo XIX, especialmente tras la guerra con Chile, se fomentó la "civilización" de los pueblos indígenas a través de procesos de castellanización y evangelización, usando la educación como herramienta para impartir una enseñanza básica limitada a estas comunidades.

En la actualidad, Perú aplica políticas neoliberales en el marco del Consenso de Washington. Dentro de este contexto, la Educación Intercultural Bilingüe (EIB) ha sido concebida como un modelo de integración educativa que aspira a ser "intercultural crítica". No obstante, su implementación refleja enfoques más tradicionales y funcionales, enfocados principalmente en el bilingüismo y en preparar a los pueblos indígenas para integrarse en el mercado económico. Las políticas públicas combinan estas perspectivas, mientras que organizaciones indígenas como AIDSESP (Asociación Interétnica de Desarrollo de la Selva Peruana) desarrollan iniciativas propias, como el programa FORMABIAP para la formación de maestros bilingües y técnicos en salud intercultural, respetando los conocimientos y prácticas ancestrales.

Pese a estos avances, la educación indígena en Perú sigue enfrentando los desafíos de una herencia colonial. El predominio del castellano continúa marginando las lenguas y culturas indígenas, lo que resulta en un alto índice de fracaso escolar y en la pérdida acelerada de identidad cultural entre los jóvenes indígenas (Rodríguez & Sicchar, 2017).

3.10 Conclusiones

El análisis de las investigaciones revisadas permite concluir que la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas en contextos culturalmente diversos enfrenta tensiones significativas, pero también abre oportunidades para la resignificación de los procesos educativos. En primer lugar, se identificó que los estudiantes de educación básica presentan dificultades persistentes en la comprensión de conceptos geométricos fundamentales, como el área y el perímetro, derivadas del uso mecánico de fórmulas, la confusión entre dimensiones y la ausencia de vinculación con contextos significativos. Estos hallazgos resaltan la necesidad de estrategias didácticas contextualizadas, como las diseñadas bajo el marco de la Enseñanza para la Comprensión.

Asimismo, se reconoció que la formación docente constituye un eje central para transformar la práctica educativa. La incorporación de la etnomatemática en talleres de capacitación evidenció que los procesos formativos culturalmente situados potencian la creatividad, el sentido de identidad y la apropiación de conocimientos matemáticos desde la experiencia vivencial. En esta misma línea, el estudio sobre la transmisión del conocimiento herbolario en comunidades mazahua y otomí subrayó la importancia de integrar los saberes ancestrales en la formación profesional, tanto para preservar la biodiversidad como para fortalecer la economía y el bienestar comunitario.

En el ámbito escolar indígena, los estudios muestran que la etnomatemática se concibe más como una estrategia de contextualización que como una integración plena en el currículo. Sin embargo, investigaciones colaborativas, como la realizada con maestros indígenas Dule, ponen en evidencia que el currículo escolar puede y debe resignificarse desde las prácticas sociales, reconociendo la legitimidad de los conocimientos comunitarios frente a los saberes occidentales. La experiencia mapuche en Chile reafirma esta distancia

epistemológica, evidenciando la necesidad de superar el currículo monocultural y avanzar hacia un diálogo de saberes que respete la doble racionalidad de los estudiantes indígenas.

Por otra parte, el caso de la matemática intercultural en Perú demostró que la integración de conocimientos locales y universales favorece aprendizajes significativos, motiva a los estudiantes y transforma la práctica pedagógica mediante metodologías activas y contextualizadas. Finalmente, el análisis de las organizaciones indígenas peruanas permitió concluir que los procesos de educación intercultural bilingüe, impulsados desde las propias comunidades, representan un referente para fortalecer la identidad cultural y contrarrestar los efectos de la herencia colonial en los sistemas educativos.

En conjunto, estas experiencias muestran que la articulación entre saberes escolares y comunitarios no solo es posible, sino necesaria para avanzar hacia una educación matemática crítica, situada y socialmente pertinente. La etnomatemática y la educación intercultural se presentan, así, como enfoques capaces de generar aprendizajes más profundos, inclusivos y culturalmente significativos, contribuyendo a la construcción de una escuela verdaderamente transformadora.

CAPÍTULO IV

La política pública educativa: la nueva escuela mexicana

4.1 Introducción

La Nueva Escuela Mexicana (NEM) representa una transformación profunda en el sistema educativo nacional, orientada a garantizar una educación integral, equitativa e inclusiva. Como parte del Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 y sustentada en la Ley General de Educación, esta propuesta busca sentar las bases para una formación basada en valores, justicia social y responsabilidad comunitaria. En este contexto, la educación no solo se concibe como un medio para la adquisición de conocimientos, sino también como un espacio de construcción de ciudadanía y fortalecimiento del tejido social.

Uno de los pilares fundamentales de la NEM es el enfoque dual de enseñanza, el cual atiende tanto la pertinencia educativa, considerando los contextos sociales, económicos y culturales de los estudiantes; como la promoción de la inclusión y el desarrollo humano integral. De esta manera, se reorienta el Sistema Educativo Nacional con una visión que prioriza la corresponsabilidad entre estudiantes, docentes, familias y comunidades. Además, se fomenta la enseñanza de los derechos humanos como una experiencia cotidiana en la vida escolar, permitiendo que los estudiantes comprendan la diversidad, la equidad y la sostenibilidad como principios fundamentales para su formación y desarrollo.

Otro aspecto clave de la Nueva Escuela Mexicana es la revalorización del papel del docente como agente transformador del aprendizaje. A través de la autonomía profesional y la integración de metodologías contextualizadas, los maestros adquieren un rol protagónico en la construcción de conocimientos significativos. Asimismo, se reconoce la importancia de la tecnología y la cultura digital en la formación de los estudiantes, promoviendo un uso responsable y crítico de las herramientas digitales en un mundo cada vez más interconectado.

La NEM busca consolidar un modelo educativo en el que la escuela funcione como un espacio democrático, plural y laico, donde convergen saberes, culturas y perspectivas diversas. La construcción de una ciudadanía crítica, participativa y solidaria se erige como uno de los principales objetivos de este modelo, permitiendo que las nuevas generaciones no

solo accedan a una educación de calidad, sino que también sean protagonistas de la transformación social en sus comunidades y en el país.

4.2 Estrategia gubernamental en educación: El nuevo paradigma de la escuela mexicana.

Se publicó en el Diario Oficial de la Federación, el Programa Sectorial derivado del Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024, en donde se menciona que:

La Nueva Escuela Mexicana sentará las bases para la regeneración moral del país, a partir de una orientación integral basada en valores como la honestidad, honradez, ética, libertad y confianza, principios rectores del PND (Plan Nacional de Desarrollo) 2019-2024. En este sentido, se impulsará una educación de excelencia para formar mexicanas y mexicanos incorruptibles, responsables, con sentido comunitario y de solidaridad, conciencia ambiental, respeto por la diversidad cultural y un profundo amor por la Patria (Diario Oficial de la Federación, 2020, pp.197).

La Nueva Escuela Mexicana tiene como objetivo principal aplicar un enfoque dual en su sistema educativo. Por un lado, busca ofrecer una educación relevante que se adapte al entorno social, cultural, económico y geográfico de cada estudiante, reconociendo además sus necesidades, intereses, ritmos y talentos. Por otro lado, busca promover la inclusión y cumplir con los lineamientos establecidos en la Ley General de Educación. Los objetivos fundamentales de esta nueva propuesta educativa son: el desarrollo integral del estudiante, la reorientación del Sistema Educativo Nacional (SEN), la influencia en la cultura educativa a través de la corresponsabilidad, así como la promoción de transformaciones sociales tanto dentro de las escuelas como en la comunidad en general.

En este contexto, la política educativa de la actual administración se enfoca en seis prioridades clave: asegurar que la educación sea accesible para todos y todas, sin dejar a nadie atrás; garantizar una educación de calidad que promueva aprendizajes significativos; empoderar a los maestros y las maestras como agentes de transformación educativa; fomentar entornos educativos dignos y promover una convivencia sana; promover la participación en el deporte para todos los estudiantes; y establecer el liderazgo y la responsabilidad del Estado

en materia educativa, basándose en el consenso social. (Diario Oficial de la Federación, 2020)

La Ley General de Educación (LGE), según su última reforma en abril del 2024, alberga la función de la Nueva Escuela Mexicana, en el Título Segundo, Capítulo I:

De la función de la nueva escuela mexicana Artículo 11. El Estado, a través de la nueva escuela mexicana, buscará la equidad, la excelencia y la mejora continua en la educación, para lo cual colocará al centro de la acción pública el máximo logro de aprendizaje de las niñas, niños, adolescentes y jóvenes. Tendrá como objetivos el desarrollo humano integral del educando, reorientar el Sistema Educativo Nacional, incidir en la cultura educativa mediante la corresponsabilidad e impulsar transformaciones sociales dentro de la escuela y en la comunidad.

Artículo 12. En la prestación de los servicios educativos se impulsará el desarrollo humano integral para: I. II. III. IV. V. Contribuir a la formación del pensamiento crítico, a la transformación y al crecimiento solidario de la sociedad, enfatizando el trabajo en equipo y el aprendizaje colaborativo; Propiciar un diálogo continuo entre las humanidades, las artes, la ciencia, la tecnología y la innovación como factores del bienestar y la transformación social; Fortalecer el tejido social para evitar la corrupción, a través del fomento de la honestidad y la integridad, además de proteger la naturaleza, impulsar el desarrollo en lo social, ambiental, económico, así como favorecer la generación de capacidades productivas y fomentar una justa distribución del ingreso; Combatir las causas de discriminación y violencia en las diferentes regiones del país, especialmente la que se ejerce contra la niñez y las mujeres, y alentar la construcción de relaciones sociales, económicas y culturales con base en el respeto de los derechos humanos.

Artículo 13. Se fomentará en las personas una educación basada en: I. II. III. IV. La identidad, el sentido de pertenencia y el respeto desde la interculturalidad, para considerarse como parte de una nación pluricultural y plurilingüe con una historia que cimienta perspectivas del futuro, que promueva la convivencia armónica entre personas y comunidades para el respeto y reconocimiento de sus diferencias y derechos, en un marco de inclusión social; La responsabilidad ciudadana, sustentada en valores como la honestidad, la justicia, la solidaridad, la reciprocidad, la lealtad, la

libertad, entre otros; La participación activa en la transformación de la sociedad, al emplear el pensamiento crítico a partir del análisis, la reflexión, el diálogo, la conciencia histórica, el humanismo y la argumentación para el mejoramiento de los ámbitos social, cultural y político, y el respeto y cuidado al medio ambiente, con la constante orientación hacia la sostenibilidad, con el fin de comprender y asimilar la interrelación con la naturaleza y de los temas sociales, ambientales y económicos, así como su responsabilidad para la ejecución de acciones que garanticen su preservación y promuevan estilos de vida sostenibles.

Artículo 14. Para el cumplimiento de los fines y criterios de la educación conforme a lo dispuesto en este Capítulo, la Secretaría promoverá un Acuerdo Educativo Nacional que considerará las siguientes acciones: I. II. III. IV. V. Concebir a la escuela como un centro de aprendizaje comunitario en el que se construyen y convergen saberes, se intercambian valores, normas, culturas y formas de convivencia en la comunidad y en la Nación; Reconocer a las niñas, niños, adolescentes, jóvenes y adultos como sujetos de la educación, prioridad del Sistema Educativo Nacional y destinatarios finales de las acciones del Estado en la materia; Revalorizar a las maestras y los maestros como agentes fundamentales del proceso educativo, profesionales de la formación y del aprendizaje con una amplia visión pedagógica; Dimensionar la prioridad de los planes y programas de estudio en la orientación integral del educando y la necesidad de reflejar los contextos locales y regionales, y promover la participación de los pueblos y comunidades indígenas y afroamericanas en la construcción de los modelos educativos para reconocer la composición pluricultural de la Nación.

La Secretaría, en coordinación con las autoridades educativas de los Estados y de la Ciudad México, realizarán las revisiones del Acuerdo al que se refiere este artículo, con la finalidad de adecuarlo con las realidades y contextos en los que se imparta la educación. Los municipios que, en términos del artículo 116 de esta Ley, presten servicios educativos de cualquier tipo o modalidad, participarán en este proceso a través de las autoridades educativas de las entidades federativas. (Diario Oficial de la Federación, 2019, pp.6-7)

Ley General de Educación, Artículo 95, fracción 1:

El Estado fortalecerá a las instituciones públicas de formación docente, para lo cual, las autoridades educativas en el ámbito de sus competencias, tendrán a su cargo: Propiciar la participación de la comunidad de las instituciones formadoras de docentes, para la construcción colectiva de sus planes y programas de estudio, con especial atención en los contenidos regionales y locales, además de los contextos escolares, la práctica en el aula y los colectivos docentes, y la construcción de saberes para contribuir a los fines de la Nueva Escuela Mexicana (Diario Oficial de la Federación, 2019, pp.34).

Para la Nueva Escuela Mexicana, la dignidad humana es el valor fundamental que posee cada persona. Este valor es inalienable, no se puede intercambiar, es irrevocable e inviolable, y por sí mismo justifica el reconocimiento y ejercicio efectivo de los derechos humanos y la justicia social, su principal tarea es fomentar que niños y jóvenes, junto con sus maestros, se encuentren con la humanidad de los demás, comprendiendo y valorando su diversidad.

Desde esta perspectiva, considera que los derechos humanos se basan en el reconocimiento de que en el espacio público democrático existen diversos sujetos de derecho: niñas, niños, adultos mayores, jóvenes, mujeres y hombres, pueblos indígenas y afroamericanos, extranjeros, migrantes, refugiados, asilados y desplazados, personas de la diversidad sexual y de género como trans, intersexuales y queer, así como personas con discapacidades, incluyendo a aquellas con aptitudes sobresalientes. Todos estos grupos, urbanos o rurales, de distintas clases sociales, requieren una visión plural, inclusiva y participativa para el ejercicio pleno de sus derechos humanos (SEP, 2022).

La formación de los estudiantes en la Nueva Escuela Mexicana busca que vivan los derechos humanos en su vida cotidiana, en relación constante con la diversidad territorial, social, lingüística y cultural de México. Esto les permitirá interactuar, dialogar y desarrollar habilidades para comprender y transformar las relaciones desiguales existentes por motivos de clase, etnia, sexo, género, edad o capacidad, que atentan contra la dignidad humana.

También reconoce que los estudiantes son sujetos de derechos tanto dentro como fuera del entorno escolar, con necesidades y características propias, y con la capacidad de interpretar y transformar su entorno como lo haría cualquier adulto. Los estudiantes adoptan críticamente las normas y conocimientos que la escuela ofrece, construyendo desde sus

propios códigos su visión de la niñez, adolescencia y juventud, y ejerciendo sus propias reglas y saberes. Las relaciones en la comunidad escolar se basan en un diálogo entre sujetos con los mismos derechos y potencialidades, permitiendo que los adultos también aprendan de sus estudiantes (SEP, 2022).

La Nueva Escuela Mexicana entiende que los estudiantes desarrollan diferentes capacidades para orientarse en las situaciones que se presentan en cada grupo humano con el que se relacionan, interpretando de diferentes maneras a sus compañeros de escuela, familia y comunidad, y reconociendo su capacidad de modificar su entorno. Por lo tanto, no existen dos escuelas iguales y ninguna tiene un fin en sí misma. Todas están al servicio de sus comunidades y de la sociedad en su conjunto, siendo el espacio fundamental para construir la igualdad para todos, permitiendo a los estudiantes aprender, emanciparse y trascender su realidad.

Por ello, la escuela pública debe preservarse como un espacio de convivencia laica, libre de creencias, fanatismos y prejuicios religiosos, empresariales o políticos. El currículo se mantendrá completamente ajeno a cualquier doctrina religiosa, promoviendo una educación laica y democrática donde toda la comunidad escolar conviva pacíficamente en un entorno que prioriza los derechos humanos y las libertades democráticas. La escuela se ve como un sistema social plural y diverso, responsable de generar relaciones pedagógicas, culturales y sociales que mejoren y fortalezcan la vida individual y comunitaria, dentro y fuera del ámbito escolar (SEP, 2022).

La Nueva Escuela Mexicana concibe lo común como un principio de corresponsabilidad y coparticipación entre los miembros de la comunidad escolar comprometidos con la formación y emancipación de los estudiantes. Solo la acción humana puede convertir los conocimientos y principios en bienes comunes, generando un sujeto colectivo que construye escuelas basadas en acciones libres y justas. La educación para la democracia en este contexto, se enfoca en desarrollar capacidades para que los estudiantes ejerzan una práctica social respetuosa de la legalidad, autodeterminada y participativa en la construcción del espacio público.

Así mismo, reconoce la diversidad en la vida escolar, incluyendo a niñas, niños, adolescentes y adultos de diferentes pueblos, nacionalidades, condiciones de salud, migración, capacidades, orientaciones sexuales, identidades de género, lenguas, culturas,

clases sociales y preferencias políticas, todos merecedores de respeto a su dignidad humana y con derecho a la educación, bienestar y buen trato (SEP, 2022).

El papel de los maestros en la Nueva Escuela Mexicana es fundamental en la construcción de la ciudadanía, siendo considerados profesionales de la educación y la cultura capaces de formar sujetos para una ciudadanía mundial solidaria y un entorno local diverso. La enseñanza se basa en la autonomía profesional del magisterio, permitiendo a los docentes decidir sobre su práctica didáctica y establecer un diálogo pedagógico con los estudiantes, considerando la diversidad de sus grupos, el contexto en el que viven y su compromiso con el derecho a la educación.

Las familias juegan un papel crucial en la formación de los estudiantes, participando activamente en los procesos de enseñanza para garantizar una educación efectiva y contribuir a la disminución de la violencia en las escuelas. Se reconoce que las familias enfrentan diversas realidades que afectan su capacidad de apoyar a sus hijos, por lo que el sistema educativo debe ofrecer mecanismos de comunicación y solidaridad (SEP, 2022).

En la Nueva Escuela Mexicana, es esencial que los estudiantes comprendan críticamente el papel de la tecnología en sus vidas y su impacto en la sociedad. La formación en cultura digital implica educar a sujetos con derechos y deberes que se extienden al uso de redes y plataformas digitales, promoviendo la colaboración y el respeto. También se integran conocimientos y saberes con el objetivo de superar la fragmentación de la información en asignaturas y grados, reconociendo que la educación debe abordar intereses nacionales y locales en su currículo, y que los conocimientos se aprenden según problemas de importancia personal o colectiva.

Finalmente, la Nueva Escuela Mexicana reconoce que las emociones de los estudiantes y la comunidad se construyen en sus interacciones, estableciendo una responsabilidad compartida en la sensibilidad y afectos hacia los demás (SEP, 2022).

4.3 Conclusiones

La Nueva Escuela Mexicana (NEM) se fundamenta en la regeneración moral del país, promoviendo valores como la honestidad, ética, libertad y confianza. Estos valores constituyen el eje central de la propuesta, orientando la formación de estudiantes íntegros,

responsables y solidarios, comprometidos con el bienestar comunitario y la justicia social. La NEM adopta un enfoque dual que combina la pertinencia educativa, adaptada a los contextos sociales, culturales, económicos y geográficos de cada estudiante, con la promoción de la inclusión, conforme a los lineamientos de la Ley General de Educación. Este modelo busca el desarrollo integral del estudiante y la reorientación del Sistema Educativo Nacional para responder a las necesidades específicas de cada comunidad.

La propuesta se centra en la transformación del sistema educativo mediante la corresponsabilidad entre docentes, estudiantes, familias y comunidades. Se enfatiza la importancia de revalorizar el rol de los docentes como agentes de cambio y de fortalecer los espacios de aprendizaje comunitario, donde converjan y se intercambien saberes, valores y normas que favorezcan la convivencia pacífica y el desarrollo integral.

La NEM reconoce y valora la diversidad cultural, lingüística y social de México, promoviendo un enfoque plural e inclusivo que garantice el ejercicio pleno de los derechos humanos. La integración de contenidos que reflejen los contextos locales y regionales, así como la participación activa de pueblos indígenas y afroamericanos, es esencial para construir una educación que respete y potencie la identidad de cada grupo.

Se destaca la necesidad de que los estudiantes desarrollen competencias no solo académicas, sino también críticas, emocionales y digitales. La formación en cultura digital, el fomento del pensamiento crítico y el trabajo colaborativo son pilares para que los estudiantes comprendan el impacto de la tecnología y se conviertan en ciudadanos participativos y conscientes. La NEM promueve la preservación de la escuela pública como un espacio laico, libre de influencias doctrinales o prejuicios, donde se favorezca el diálogo, la diversidad y la equidad.

El currículo se orienta a construir una educación democrática y plural que contribuya a la transformación social y al fortalecimiento de la comunidad. Esta política pública se instituye como un modelo educativo transformador, que busca no solo mejorar la calidad y pertinencia de la educación en México, sino también formar ciudadanos críticos, éticos y comprometidos con la diversidad y el bienestar social.

CAPÍTULO V

Muestreo trietápico simple

5.1 Introducción

La selección adecuada de la muestra es fundamental para garantizar la representatividad de los resultados y su generalización a la población de estudio. En este capítulo se utilizó la división de la población en grupos homogéneos mediante técnicas de muestreo probabilístico, lo que permitió que cada individuo tuviera la misma probabilidad de ser seleccionado. Se destaca el uso del muestreo aleatorio simple y del muestreo polietápico, técnicas que aseguran una correcta estimación del tamaño muestral y que reflejan fielmente la distribución de la variable en estudio.

La población objeto de este estudio está compuesta por escuelas primarias generales e indígenas ubicadas en localidades rurales del estado de Hidalgo. En particular, se entrevistaron estudiantes del sexto año, quienes también respondieron a un cuestionario sobre saberes matemáticos comunitarios y ancestrales relacionados con la medida de longitud y de volumen.

La muestra se extrajo de tres municipios: Acaxochitlán, Zempoala y Pachuca. De Acaxochitlán se seleccionaron 4 escuelas indígenas (de un total de 23), sumando 62 estudiantes; de Zempoala, 4 escuelas primarias generales (de 28) aportaron 77 estudiantes; y de Pachuca, se eligió 1 escuela primaria general ubicada en una localidad rural de 83 escuelas, con 21 estudiantes. En conjunto, la muestra final consta de 160 estudiantes, extraída de una población total de 134 escuelas y 5451 estudiantes de sexto año.

Esta metodología, basada en la división de la población en grupos homogéneos y la aplicación de técnicas probabilísticas, proporciona una base sólida para la extrapolación de los resultados obtenidos, asegurando la validez y confiabilidad de los hallazgos del estudio.

5.2 Selección de muestra mediante la división de la población en grupos homogéneos

La representatividad de una muestra permite extrapolar y, por lo tanto, generalizar los resultados observados a la población. Así, una muestra será representativa si y sólo si fue seleccionada al azar, es decir, todos los sujetos de la población tuvieron la misma probabilidad de ser seleccionados para el estudio (técnica de muestreo probabilístico).

Además, el número de sujetos seleccionados debe reflejar numéricamente a la población de origen respecto a la distribución de la variable en estudio, lo que implica una correcta estimación o cálculo del tamaño de la muestra. Una muestra puede obtenerse mediante dos tipos de técnicas: probabilísticas y no probabilísticas. Las técnicas de muestreo probabilístico permiten conocer la probabilidad que tiene cada individuo de ser incluido en la muestra mediante una selección aleatoria.

La técnica de muestreo aleatorio simple, garantiza que todos los individuos de la población objetivo tienen la misma oportunidad de ser incluidos en la muestra. Esto significa que la probabilidad de selección de un sujeto “x” es independiente de la probabilidad de selección de los demás sujetos de la población (Otzen & Manterola, 2017)

El muestreo polietápico, o por etapas, es un método de selección de muestras en el que se realizan varias etapas sucesivas de muestreo, utilizando diferentes tipos de muestreo o el mismo en cada etapa, hasta llegar a los individuos que formarán parte de la muestra final (Mandeville, 2010).

La población que se seleccionó para la investigación son escuelas primarias generales e indígenas, que se encuentran en localidades rurales y se entrevistaron a los estudiantes de estas escuelas, solo de los grupos de sexto año, los cuales también contestaron otro instrumento de investigación, el cuestionario, acerca de los saberes matemáticos comunitarios y ancestrales, con respecto a la medida de longitud y de volumen.

Los municipios a los que se tuvo acceso del estado de Hidalgo, son Acaxochitlán, Zempoala y Pachuca, con las siguientes características: En el municipio de Acaxochitlán, se seleccionaron cuatro escuelas primarias indígenas, de un total de 23 que tiene el municipio. Para el municipio de Zempoala, también se seleccionaron cuatro escuelas, pero en este caso fueron primarias generales, de un total de 28 escuelas que maneja este municipio. En el municipio de Pachuca se contempló solo una escuela primaria general de 83, y de estas, 30 se encuentran en localidades rurales (Portal de educación, 2019).

Si identificamos a las escuelas de los municipios estudiados con las letras N_1 , N_2 y N_3 , respectivamente. La población total, es:

$$N_T = N_1 + N_2 + N_3 \quad (1)$$

$$N_T = 23 + 28 + 83$$

$$N_T = 134 \text{ escuelas}$$

En estas escuelas los estudiantes de sexto año están distribuidos de la siguiente manera, (SEP, 2023):

$$N_T = 525 + 817 + 4109$$

$$N_T = 5451 \text{ estudiantes}$$

Del municipio de Acaxochitlán se seleccionaron a 4 escuelas, por lo tanto:

$$N_1 \rightarrow n_1$$

$$n_1 = 4 \text{ escuelas}$$

Estas cuatro escuelas se encuentran en las localidades de Paredones, Tepepa, Chimalapa y Santa Ana, a las cuales se les asignan las variables de n_{1a} , n_{1b} , n_{1c} , n_{1d} , respectivamente. De tal forma que:

$$n_1 = n_{1a} + n_{1b} + n_{1c} + n_{1d} \quad (2)$$

En cada una de estas escuelas estuvieron presentes en la actividad cierta cantidad de estudiantes, distribuidos de la siguiente manera:

$$n_{1a} = 22; n_{1b} = 17; n_{1c} = 16; n_{1d} = 7$$

$$n_1 = 22 + 17 + 16 + 7$$

$$n_1 = 62 \text{ estudiantes}$$

Del municipio de Zempoala se seleccionaron también 4 escuelas, por lo tanto:

$$N_2 \rightarrow n_2$$
$$n_2 = 4 \text{ escuelas}$$

Estas cuatro escuelas se encuentran en las localidades de San Antonio Oxtoyucan, La Trinidad, Santa Cruz y Acelotla, a las cuales se les asignan las variables de n_{2a} , n_{2b} , n_{2c} , n_{2d} , respectivamente. De tal forma que:

$$n_2 = n_{2a} + n_{2b} + n_{2c} + n_{2d} \quad (3)$$

En cada una de estas escuelas participaron un cierto número de estudiantes, distribuidos de la siguiente manera:

$$n_{2a} = 20; n_{2b} = 20; n_{2c} = 15; n_{2d} = 22$$
$$n_2 = 20 + 20 + 15 + 22$$
$$n_2 = 77 \text{ estudiantes}$$

Del municipio de Pachuca se seleccionó una escuela, de las 30 que existen en localidades rurales, por lo tanto:

$$N_3 \rightarrow n_3$$
$$n_3 = 1 \text{ escuela}$$

Esta escuela se encuentra en la localidad de Camelia, a la cual se les asignó la variable de n_{3a} . De tal forma que:

$$n_3 = n_{3a}$$

En esta escuela se entrevistaron y contestaron el instrumento de investigación, la siguiente cantidad de estudiantes:

$$n_{3a} = 21$$

$$n_1 = 21 \text{ estudiantes}$$

Entonces:

$$n_T = n_1 + n_2 + n_3 \quad (4)$$

$$n_T = 62 + 77 + 21$$

$$n_T = 160 \text{ estudiantes}$$

5.3 Conclusiones

La aplicación de técnicas de muestreo probabilístico, en particular el muestreo aleatorio simple y el muestreo por etapas, ha permitido asegurar que cada individuo de la población tuviera la misma oportunidad de ser seleccionado. Esto contribuye a que la muestra obtenida sea representativa y que los resultados puedan extrapolarse a la población total.

La división de la población en grupos homogéneos (según la ubicación geográfica y el tipo de escuela) ha permitido reflejar fielmente la distribución de la variable en estudio. La estratificación por municipios (Acaxochitlán, Zempoala y Pachuca) y la posterior selección de escuelas garantizan que se consideren las características específicas de cada región.

El proceso de estimación y cálculo del tamaño de la muestra, basado en la distribución real de los estudiantes de sexto año en las escuelas de los municipios estudiados, ha permitido obtener un grupo de 160 estudiantes. Este tamaño muestral, derivado de una población total de 5451 estudiantes en 134 escuelas, asegura que la muestra capture la diversidad y variabilidad de la población.

La estrategia de muestreo por etapas, al combinar diferentes técnicas en cada fase, ha demostrado ser eficaz para seleccionar la muestra final. Esta metodología permite una

aproximación gradual y precisa que minimiza sesgos y garantiza que la muestra final refleje adecuadamente las características de la población en estudio.

La correcta aplicación de las técnicas de muestreo y la división en grupos homogéneos ofrecen una base sólida para extrapolar los resultados obtenidos a la población total. Este enfoque metodológico respalda la validez y confiabilidad de los hallazgos de la investigación, facilitando la generalización de las conclusiones al conjunto de escuelas y estudiantes de las localidades analizadas.

La aplicación rigurosa de técnicas de muestreo probabilístico, como el muestreo aleatorio simple y el muestreo por etapas, se vincula con los principios de equidad y representatividad que sustentan la política educativa de la Nueva Escuela Mexicana (NEM). Al garantizar que cada estudiante de la población tuviera la misma oportunidad de ser seleccionado, se refleja el enfoque incluyente de la NEM, que busca atender a la diversidad del alumnado y reconocer sus distintos contextos sociales, culturales y geográficos.

La estratificación por municipios y tipos de escuela responde al espíritu de la NEM de valorar la diversidad territorial y cultural del país, ya que permite que los resultados no solo representen a la población total, sino que también visibilicen las particularidades de cada región. De esta manera, se genera información que puede contribuir a la toma de decisiones educativas contextualizadas, alineadas con la perspectiva comunitaria y regional que impulsa esta política pública.

Además, el cálculo preciso del tamaño muestral asegura que la investigación tenga bases sólidas para generalizar sus resultados, lo cual es indispensable para orientar estrategias que fortalezcan la equidad educativa. Esta rigurosidad metodológica ofrece evidencia confiable para valorar avances y desafíos en la implementación de la NEM, en particular en lo referente a garantizar que todos los niños y niñas, sin importar su origen, reciban una educación inclusiva, pertinente y con igualdad de oportunidades.

CAPÍTULO VI

Diseño Metodológico

6.1 Introducción

Esta sección presenta un compendio de las experiencias y procesos metodológicos implementados para evaluar la comprensión de saberes matemáticos comunitarios y ancestrales a través de una secuencia didáctica orientada a la medición de longitud y volumen. Se describen desde la fase de prueba piloto, en la que se aplicó inicialmente la secuencia didáctica y se validaron los instrumentos de recolección de datos (cuestionario y entrevistas), hasta la puesta en escena en diversas escuelas primarias indígenas y generales de localidades rurales.

La investigación se desarrolló en varios municipios de Hidalgo, involucrando a estudiantes de sexto año, así como a docentes, supervisores, padres y abuelos. En la prueba piloto, se aplicó la secuencia didáctica a dos niños, lo que permitió identificar la necesidad de ajustar tanto el contenido como la logística de entrega de los cuestionarios y entrevistas. Posteriormente, la secuencia didáctica se implementó en distintas escuelas, donde se recogieron experiencias enriquecedoras a través de actividades prácticas y entrevistas semiestructuradas, evidenciando la relevancia de integrar saberes tradicionales en el aprendizaje de las matemáticas.

Asimismo, se detalla el proceso de elaboración y aplicación de instrumentos de obtención de datos, destacando la flexibilidad y profundidad que ofrecen las entrevistas semiestructuradas y los cuestionarios de respuesta abierta, fundamentados en metodologías propuestas por autores como Rubin & Rubin (2011), Kvale (1996), Lesh & Doerr (2003). Estos instrumentos permitieron explorar en detalle las percepciones y experiencias de los participantes, facilitando la construcción conjunta de conocimientos y la identificación de los desafíos y fortalezas en la implementación de la secuencia didáctica.

Estas experiencias ofrecen una visión integral de la interacción entre la propuesta didáctica y la realidad educativa de las comunidades estudiadas, proporcionando valiosa

información para la mejora continua de los instrumentos y métodos de enseñanza que integran saberes matemáticos comunitarios y ancestrales en contextos escolares.

6.2 Contexto escolar

La población que se trabajó, fueron los estudiantes de nueve escuelas de educación básica primaria de localidades rurales, en el estado de Hidalgo, que se caracterizan por tener una baja densidad de población en comparación con las urbanas. Según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), se considera una localidad rural aquella que tiene una densidad de población menor a 2,500 habitantes por kilómetro cuadrado (INEGI, 2020). Sus actividades suelen estar dedicadas a actividades económicas relacionadas con la agricultura, la ganadería, la pesca y la silvicultura.

La infraestructura y servicios básicos son limitados en comparación con las áreas urbanas. Según el INEGI, las localidades rurales presentan niveles de equipamiento y servicios básicos inferiores a los de las localidades urbanas, como acceso al agua potable, alcantarillado, electrificación y pavimentación. Además de estos criterios, otras características que definen a las localidades rurales en México incluyen su baja densidad de vivienda, la prevalencia de la autoconstrucción en la edificación de viviendas, la presencia de espacios abiertos y áreas verdes, y la importancia de la cultura y tradiciones locales en la vida comunitaria (INEGI, 2020).

De acuerdo a las escuelas de nivel primaria que se analizaron, estas se encuentran en tres regiones del Estado de Hidalgo. Según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), la Región Mineral de la Reforma se encuentra integrada por seis municipios: Epazoyucan, Huasca de Ocampo, Mineral del Chico, Mineral del Monte, Omitlán de Juárez y Mineral de la Reforma. El 24.8% vive en condiciones de pobreza, 66 891 personas. Los municipios con mayor proporción son Huasca (51.13%), Mineral del monte (49.63%) y Omitlán (44.75%), con bajos niveles de pobreza extrema (2.48%), es decir 6 676, personas.

La Región Tizayuca se encuentra integrada por cuatro municipios: Villa de Tezontepec, Tizayuca, Tolcayuca y Zempoala. El 35.4% de la población vive en condiciones de pobreza, 92 368 personas: Villa de Tezontepec (52.6%), Tolcayuca (41.1%), Tizayuca

(35.9%) y Zempoala (34.3%), con uno de los niveles más bajos de pobreza extrema en la entidad, 3.48%.

La Región Tulancingo, integrada por once municipios: Acatlán, Acaxochitlán, Agua Blanca de Iturbide, Cuautepec de Hinojosa, Huehuetla, Metepec, San Bartolo Tutotepec, Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Singuilucan, Tenango de Doria y Tulancingo de Bravo. 54.32% de la población vive en condiciones de pobreza, 235 368 personas. Los municipios con mayor proporción son: Acaxochitlán (80.09%) y Huehuetla (75.76%). El nivel de pobreza extrema alcanza el 9.54% (41 322 personas), ubicados en Acaxochitlán, Tulancingo de Bravo, Huehuetla y Cuautepec de Hinojosa (INEGI, 2022).

En cuanto a los indicadores de carencia social, Hidalgo registró las siguientes mediciones según INEGI, 2020: rezago educativo, 18.9%, 538 400 personas, el cual disminuyó 0.8%, es decir 17 mil personas salieron de esta condición. Hidalgo registró para 2020, población de 15 años o más analfabeta, 6.6%, población de 6 a 14 años que no asiste a la escuela, 3.8% y población de 15 años y más con educación básica incompleta, 29.8%. También cabe mencionar que se destaca la falta de acceso en servicios de salud y educación como los de mayor grado.

Respecto a la Educación en Hidalgo se manejan los siguientes datos: el grado promedio de escolaridad de la población (Resulta de dividir la suma de los años aprobados desde el primero de primaria hasta el último grado alcanzado de las personas de 15 años y más entre el total de la población de 15 años y más) alcanza el 9.4, equivalente a secundaria e inicios de bachillerato o preparatoria, por debajo del promedio nacional, que es de 9.7.

A nivel municipal, los municipios con mayor grado promedio escolar son Mineral de la Reforma, 11.7; Pachuca de Soto, 11.5; Zempoala, 10.7; Tlanalapa, 10.3 y Tepeapulco, 10.2. Por el contrario, aquellos de menor grado son: Huehuetla, 6.4; Tlahuiltepa, 6.4; Yahualica, 6.4; Xochiatipan, 6.3 y la Misión, 6.2. En cuanto a la asistencia escolar para 2020, el 96.2% de la población de 6 a 14 años de edad asiste a la escuela. Esto ubica a Hidalgo en primer lugar nacional, por arriba de Yucatán y Baja California Sur. La tasa neta de escolarización en educación básica alcanzó el 85.8% y en media superior el 69.4%.

En eficiencia terminal, a nivel secundaria, se logró el 94.2%, que posiciona al estado en el quinto lugar a nivel nacional. Finalmente, la absorción a nivel superior es del 78.2% y

el abandono escolar en este mismo nivel es 8.5%, que ubica el estado en quinto y séptimo lugar a nivel nacional, respectivamente (INEGI, 2020a).

6.3 Secuencia didáctica

La teoría de situaciones didácticas desarrollada por Michèle Artigue es una perspectiva pedagógica que se centra en el diseño de situaciones de enseñanza y aprendizaje para promover la construcción del conocimiento matemático. Se enfoca en el diseño y análisis de situaciones de aprendizaje que promueven el desarrollo de conocimientos matemáticos significativos en los estudiantes. Se basa en la idea de que las situaciones problemáticas bien diseñadas pueden estimular la reflexión, la comunicación y la construcción activa de los conceptos matemáticos por parte de los estudiantes.

Su propósito es proporcionar un marco teórico y práctico para diseñar y evaluar situaciones de enseñanza y aprendizaje que fomenten la construcción del conocimiento matemático y el desarrollo de habilidades cognitivas en los estudiantes. También busca mejorar la formación del profesorado y promover la investigación en educación matemática.

Las etapas de su teoría de situaciones didácticas son: Detección de situaciones, se seleccionan o diseñan situaciones problemáticas que despierten el interés y la curiosidad de los estudiantes. Artigue & Douady (1995) menciona: "El diseño de situaciones es un proceso de búsqueda de situaciones desencadenantes que promuevan la actividad cognitiva que deseamos desarrollar en los estudiantes" (p. 248).

Puesta en escena de la situación: En esta etapa, se presenta la situación problemática a los estudiantes y se establecen las condiciones para su exploración y resolución. Artigue & Douady (1995) señala: "Se trata de poner la situación en escena en el aula, preparando a los estudiantes para entrar en el juego" (p. 253).

Explotación y construcción: En esta etapa, los estudiantes interactúan con la situación, exploran, experimentan y construyen conocimientos matemáticos. Artigue & Douady (1995) explica: "La explotación de la situación consiste en aprovechar todas las oportunidades de aprendizaje que surgen de la actividad de los estudiantes en la situación" (p. 258).

Análisis y consolidación: En esta etapa final, se promueve la reflexión, el análisis y la consolidación de los conocimientos adquiridos a través de la situación. Se busca generalizar y transferir los conceptos y procedimientos a nuevas situaciones. Artigue afirma, que el análisis y la consolidación de la situación tienen como objetivo permitir a los estudiantes extraer los conocimientos, las estrategias y los métodos generales que han construido (Artigue & Douady, 1995).

Para la investigación, se trabajó con la teoría de situaciones didácticas desarrollada por Michèle Artigue, como una teoría y metodología para la secuencia didáctica de medidas de longitud y volumen. La planeación comenzó invitando algunos docentes y supervisoras de algunas escuelas primarias en localidades rurales a participar en una investigación que trataría sobre el rescate de algunos saberes matemáticos ancestrales y comunitarios en esas regiones (Acaxochitlán, Zempoala y Pachuca).

Etapas de la Teoría de las Situaciones Didácticas, según Artigue & Douady (1995): Detección de situaciones, se seleccionan o diseñan situaciones problemáticas que despierten el interés y la curiosidad de los estudiantes.

En esta planeación de la secuencia didáctica, no solo se pretende desarrollar el interés y la curiosidad de los estudiantes, sino que los saberes matemáticos sean significativos para ellos, ya que a lo largo de la historia, México ha tenido problemas considerables en el aprendizaje de las matemáticas y una de las razones de que esto ocurra es que los saberes matemáticos no son significativos para los estudiantes, por lo que ellos necesitan conocer que en su comunidad, en su familia existen saberes matemáticos que se han usado durante generaciones, pero desafortunadamente se han perdido, pues ya nadie se interesa en ellos, así que es momento de rescatarlos, de tal forma que primero se hizo una actividad con los estudiantes para que identificarán estos saberes y posteriormente se les otorgará un cuestionario para que lo contestaran, cabe destacar que hubo algunas preguntas que se las tuvieron que hacer a sus padres o abuelos, con la finalidad de conocer los instrumentos que usan o usaban para medir longitud y volumen.

Planeación de la secuencia didáctica: medidas de longitud y volumen.

Medidas de longitud.

Etapa dos de la Teoría de las Situaciones Didácticas, según Artigue & Douady (1995): Puesta en escena de la situación, se presenta la situación problemática a los estudiantes y se establecen las condiciones para su exploración y resolución.

Miriam: Hola niños y niñas, vamos hacer una actividad en la que conozcamos algunos instrumentos de medida de longitud y volumen, que probablemente ya hayan usado o tal vez sea nuevo para ustedes, lo vamos a ir descubriendo con algunos experimentos. Por ejemplo:

Miriam: La cuarta, es una medida de longitud, en la cual cada quien ocupamos nuestra mano. El procedimiento es muy sencillo, abrimos nuestra mano y vamos midiendo objetos o lugares, como se observa en la siguiente imagen:

Imagen 1. Ejemplo de cuarta.



Elaboración propia.

Etapa tres de la Teoría de las Situaciones Didácticas, según Artigue & Douady (1995): Explotación y construcción, los estudiantes interactúan con la situación, exploran, experimentan y construyen conocimientos matemáticos.

Actividad 1:

Miriam:

1. Midan con su mano en forma de cuarta (mano extendida) el tamaño de su libreta.
2. ¿Cuántas cuartas mide?
3. Midan ahora su escritorio, pupitre o su banca.

Imagen 2. Ejemplo de cómo medir una mesa, por medio de la cuarta.



Elaboración propia.

4. ¿Cuántas cuartas mide?
5. Ahora con una cinta métrica o flexómetro midan su mano extendida, para saber la equivalencia en cm.

Imagen 3. Cinta métrica.



Elaboración propia.

Imagen 4. Medida de una cuarta.



Elaboración propia.

Etapa cuatro de la Teoría de las Situaciones Didácticas, según Artigue & Douady (1995): Análisis y consolidación, se promueve la reflexión, el análisis y la consolidación de

los conocimientos adquiridos a través de la situación. Se busca generalizar y transferir los conceptos y procedimientos a nuevas situaciones.

Miriam: Este es un saber matemático comunitario, ya que no se utiliza de manera formal para medir, por ejemplo, en una tienda de telas, sin embargo, es un saber matemático que no lo enseñaron nuestros padres o abuelos. Por ejemplo, a mí me lo enseñó mi mamá y mi papá porque ellos lo utilizaban en mi casa, para medir cosas, por ejemplo, tengo una pintura en casa, una imagen, un cuadro y quiero ponerle un marco, vi algunos en la tienda, pero no se cual le quede, entonces mido con cuartas mi cuadro y voy a la tienda a ver si le queda el marco que vi, si le queda lo compro.

Miriam: Entonces mi mano se convierte en un instrumento de medida, si no llevo un flexómetro o una cinta métrica para medir, ya sé que puedo usar mi mano. Es algo aproximado, pero me sirve para conocer una medida.

Miriam: ¿En qué otra situación podrías usar la cuarta?

Miriam: ¿Ustedes conocían este saber matemático comunitario?

Miriam: ¿Cómo conocieron la cuarta?

Miriam: ¿Quién se las enseñó?

Medidas de volumen.

Etapa dos de la Teoría de las Situaciones Didácticas, según Artigue & Douady (1995): Puesta en escena de la situación, se presenta la situación problemática a los estudiantes y se establecen las condiciones para su exploración y resolución.

Miriam: Ahora vamos a ver otro instrumento de medida, pero de volumen.

Miriam: La sardina, es una unidad de volumen y su equivalencia puede cambiar de comunidad en comunidad y dependiendo del objeto (sardina), de tal forma que hay sardinas grandes y otras pequeñas.

Miriam: La sardina, es un recipiente reciclado, ya que originalmente ahí estaban contenidas las sardinas, la cual es un tipo de pescado que lo venden enlatado en las tiendas.

Imagen 5. Sardina (Instrumento que se usó en la secuencia didáctica)



Elaboración propia.

Etapa tres de la Teoría de las Situaciones Didácticas, según Artigue & Douady (1995): Explotación y construcción, los estudiantes interactúan con la situación, exploran, experimentan y construyen conocimientos matemáticos.

Actividad 1:

Miriam:

En equipos:

1. Pesa en una pequeña báscula la sardina vacía.

Imagen 6. Báscula manual.



Elaboración propia.

Imagen 7. Establecer el peso de la sardina vacía.



Elaboración propia.

Sardina vacía: 70 gramos.

2. Llena con frijoles la sardina.

Imagen 8. Sardina con frijoles.



Elaboración propia.

3. Pesa en una pequeña báscula la sardina con frijoles.

Imagen 9. Cálculo del peso de la sardina con frijoles.



Elaboración propia.

4. Determina cuál es la equivalencia de la sardina en gramos.

Sardina llena: 420 gramos.

Peso de sardina = sardina llena – sardina vacía = $420 - 70 = 350\text{gr}$.

Etapa cuatro de la Teoría de las Situaciones Didácticas, según Artigue & Douady (1995): Análisis y consolidación, se promueve la reflexión, el análisis y la consolidación de los conocimientos adquiridos a través de la situación. Se busca generalizar y transferir los conceptos y procedimientos a nuevas situaciones.

Miriam: La sardina es una medida de volumen que utilizan las señoras y señores del mercado de algunas comunidades, de hecho, en los mercados de Pachuca todavía las utilizan, pero cuando yo era pequeña, en Tulancingo las personas del mercado usaban el cuartillo, la sardina y para los líquidos como la leche, usaban el litro que era un recipiente como un vaso de aluminio.

Miriam: ¿Has visto que en el mercado o donde van tus papás, abuelos o tú a comprar la fruta, la verdura, los frijoles, los granos las personas usen instrumentos de medida de volumen como los que acabamos de mencionar?

Miriam: ¿Para qué los usan?

Miriam: Bueno ahora aprendimos que existen instrumentos de medición de longitud y volumen que usamos cotidianamente, pero algunos no sabían que existían y otros los hemos visto, los hemos usado, pero no están en los libros, porque son instrumentos que utiliza nuestra comunidad, nuestra familia y tal vez en otra comunidad, no los utilicen o utilicen otros instrumentos, tal vez nuestros padres o abuelos usan o usaron otros instrumentos para medir, por lo que les voy a dar un cuestionario para que lo respondan ustedes, pero también va a llevar preguntas que se las tienen que hacer a sus papás o abuelos, es una tarea de investigador o investigadora, de detective, para que yo, ustedes y su profesor o profesora conozcamos que otros instrumentos de medición de longitud y volumen han empleado o emplea actualmente su familia. Que ellos les cuenten su historia, cuando lo usaban o lo usan, porque lo siguen usando, quien les enseñó a usarlo, etcétera.

6.4 Instrumentos para la obtención de datos

6.4.1 Entrevista

De acuerdo con Rubin & Rubin, la entrevista semiestructurada es una técnica de investigación cualitativa en la que el investigador utiliza un conjunto de preguntas predefinidas como guía, pero también permite la flexibilidad para explorar temas emergentes y permitir que los participantes expresen sus experiencias y perspectivas (Rubin & Rubin, 2011). Como instrumento de investigación, la entrevista semiestructurada se utiliza como un instrumento para recopilar datos en estudios cualitativos en los que se busca comprender la experiencia, las percepciones y las interpretaciones de los participantes sobre un tema específico, es una técnica flexible que permite una interacción dinámica entre el entrevistador y el entrevistado, permitiendo la exploración en profundidad de los temas de interés (Kvale, 1996).

La entrevista semiestructurada permite a los investigadores obtener información rica y en profundidad sobre los fenómenos estudiados, así como explorar y comprender los diferentes puntos de vista y significados que los participantes atribuyen a sus experiencias (Fontana & Frey, 2005).

Una de las técnicas de recolección de datos muestrales cualitativos, es la entrevista, la cual se considera una interacción personal y directa entre el investigador y el sujeto estudiado, se busca que el sujeto exprese de manera detallada sus motivaciones, creencias y sentimientos sobre un tema. Existen algunas guías de la entrevista, las cuales no son estandarizadas, sino que se desarrolla por cada caso investigado y estas pueden ser de tres tipos: Estructuradas, en donde los temas y las preguntas están especificadas, sin improvisación; Semiestructuradas, los textos y las preguntas están establecidos, pero el investigador, puede intercalar nuevas preguntas u obviar algunas de las ya establecidas; Abiertas, los argumentos están determinados pero no las preguntas, por lo tanto las preguntas se formulan como se consideren convenientes y se podrán anexar nuevos temas (Katayama, 2014).

En la investigación cualitativa, la entrevista busca entender el mundo desde la perspectiva del entrevistado y los significados de sus experiencias. Realizar entrevistas requiere de una planeación, por lo que Kvale establece algunos pasos: Selección del tema, es importante formular el propósito y las preguntas de investigación; Diseño, se realiza con base en el conocimiento que se busca y es necesaria una guía, esta indica los temas y su secuencia; Transcripción, análisis del material obtenido en la entrevista y convertirlo en material escrito e interpretarlo; Verificación, se valoran la confiabilidad y la validez, consistencia de los resultados; Preparación del informe, el texto final del estudio. También se debe de explicar el propósito del estudio y de la entrevista a las personas entrevistadas, antes y al terminar la entrevista, comentar el uso de la grabadora y preguntar, antes de iniciar la entrevista, si la persona tiene alguna duda que desee plantear al entrevistador. Por otro lado, cada pregunta debe ser relevante al tema de la investigación (Alvarez-Gayou, 2003).

Entrevista inicial:

Entrevista semiestructurada (Dirigida a los docentes).

Después de haber platicado con los supervisores y supervisoras, se habló con los docentes y se les informó del objetivo de la investigación, de la secuencia didáctica, del instrumento que

se utilizará para recabar los datos, el cuestionario y de la entrevista final que se les hará a los estudiantes.

1. ¿Tienes alguna recomendación para la secuencia didáctica?
2. ¿Tienes alguna recomendación para el cuestionario?
3. ¿Tienes alguna recomendación para la entrevista final?
4. ¿En necesario el permiso de los padres de los estudiantes para que se lleve a cabo la actividad?
5. Si la respuesta es sí ¿Es correcta la redacción del documento de permiso?
6. ¿Habías hecho alguna actividad así?
7. Si la respuesta es sí ¿La habías hecho con algún saber matemático?
8. ¿Involucraste a los padres en la actividad?
9. ¿Involucraste a los abuelos en la actividad?
10. ¿Involucraste a la comunidad en la actividad?

Entrevista final:

Entrevista semiestructurada (Dirigida a los estudiantes).

Después de haber dado ocho días para la entrega del cuestionario, ya contestado, se hace una entrevista semiestructurada a los estudiantes.

1. ¿Pudieron contestar el cuestionario?
2. ¿Qué dificultades encontraron al contestar el cuestionario?
3. ¿Creen que fue suficiente el tiempo para contestarlo?
4. ¿Les gustó la actividad de longitud y volumen?
5. ¿Les gustó haber aprendido sobre estos saberes de esta manera: preguntando que sabían sus papás y abuelos?
6. ¿Les gustó a sus papás y abuelos que les preguntarán sobre instrumentos que usan o usaban para medir longitud y volumen?
7. ¿Quieren tener más actividades como estas en su salón?

6.4.2 Cuestionario

Siguiendo la propuesta de Saunders, Lewis & Thornhill, un cuestionario es un instrumento de recolección de datos que consiste en una serie de preguntas estructuradas y estandarizadas que se administran a una muestra de individuos con el fin de obtener información sobre un tema específico (Saunders, Lewis & Thornhill, 2019).

Los cuestionarios son utilizados en la investigación para recopilar datos de manera sistemática y estandarizada, permitiendo obtener información cuantitativa y cualitativa sobre actitudes, opiniones, comportamientos u otras variables de interés en el estudio (Bryman, 2016). Los tipos de cuestionarios son: elección múltiple, se presentan una serie de preguntas con opciones de respuesta predefinidas, y los participantes deben seleccionar la opción que mejor se ajuste a su situación o preferencia; Respuesta abierta, permiten a los participantes proporcionar respuestas en sus propias palabras, sin opciones de respuesta predefinidas.

Los participantes tienen la libertad de expresar sus opiniones, experiencias o ideas de manera más detallada (Saunders, et al., 2019); Escala de Likert, los participantes expresan su nivel de acuerdo o desacuerdo con una serie de afirmaciones utilizando una escala de respuesta (Bryman, 2016).

Un cuestionario de respuesta abierta es un tipo de instrumento de recolección de datos en el cual los participantes proporcionan respuestas en sus propias palabras, sin opciones de respuesta predefinidas (Bryman, 2016). Los cuestionarios de respuesta abierta proporcionan a los participantes la oportunidad de expresar sus experiencias y opiniones en sus propias palabras, lo que permite una comprensión más profunda y rica de los fenómenos de investigación (Bryman, 2016). En este tipo de cuestionario, se les da a los participantes la oportunidad de expresar sus opiniones, experiencias y puntos de vista de manera más detallada y libre.

El cuestionario de respuesta abierta se utiliza en la investigación para obtener información cualitativa y rica en detalles sobre las perspectivas, experiencias y percepciones de los participantes. Este tipo de cuestionario permite una mayor expresión individual y profundidad en las respuestas, lo que puede enriquecer la comprensión de un tema o fenómeno de investigación. "Los cuestionarios de respuesta abierta pueden ser especialmente

útiles cuando se busca obtener información detallada y contextualizada sobre las experiencias y perspectivas de los participantes" (Saunders, et al., 2019).

Uno de los autores reconocidos en el campo de la matemática educativa que ha utilizado y propuesto metodologías para elaborar cuestionarios de respuesta abierta es Richard Lesh. Es un destacado investigador en el área de la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas, y ha desarrollado enfoques innovadores para la evaluación de conceptos matemáticos, trata la importancia de utilizar cuestionarios de respuesta abierta para evaluar la comprensión matemática de los estudiantes y explorar las distintas representaciones utilizadas en el aprendizaje y resolución de problemas matemáticos. Lesh & Doerr (2003) proponen una metodología para la elaboración de cuestionarios de respuesta abierta basada en su enfoque de modelos y modelado matemático. A continuación, se describe detalladamente esta metodología:

Identificación de los objetivos de la investigación: Antes de comenzar la elaboración del cuestionario, es fundamental tener claridad sobre los objetivos de la investigación y qué se pretende indagar mediante las respuestas abiertas de los participantes. Esto ayudará a guiar el diseño y la formulación de las preguntas. **Selección del tema y el contexto:** Determine el tema específico que se abordará en el cuestionario de respuesta abierta y el contexto en el que se enmarca. Por ejemplo, si se trata de la resolución de problemas matemáticos, se debe especificar el tipo de problema y el nivel de dificultad deseado.

Diseño de las preguntas: Formule preguntas abiertas que permitan a los participantes expresar sus ideas y razonamientos de manera amplia y detallada. Evite preguntas cerradas o que induzcan respuestas específicas. Es importante redactar las preguntas de manera clara y concisa para que los participantes las comprendan fácilmente (Lesh & Doerr, 2003).

Validación del cuestionario: Someta el cuestionario a una validación preliminar mediante la revisión de expertos en el campo de estudio. Estos expertos pueden brindar retroalimentación sobre la claridad, relevancia y adecuación de las preguntas, así como sugerencias para mejorar el instrumento. **Pilotaje del cuestionario:** Realice una prueba piloto del cuestionario con una muestra reducida de participantes para evaluar su comprensión de las preguntas y la viabilidad del instrumento.

Durante esta etapa, se recopilan comentarios y sugerencias de los participantes para realizar ajustes y mejoras necesarias. **Implementación del cuestionario:** Administre el

cuestionario de respuesta abierta a la población objetivo. Esto puede realizarse en formato impreso o electrónico, según la conveniencia y disponibilidad de los participantes. Proporcione instrucciones claras sobre cómo deben responder y establezca un plazo adecuado para la entrega (Lesh & Doerr, 2003).

Análisis de las respuestas: Realice un análisis cualitativo de las respuestas obtenidas en el cuestionario. Utilice técnicas de codificación y categorización para identificar patrones, temas emergentes y tendencias en las respuestas de los participantes. Esta etapa implica una exploración minuciosa de los datos para obtener una comprensión profunda de las ideas y los razonamientos expresados (Lesh & Doerr, 2003).

La metodología propuesta por Lesh & Doerr se basa en la idea de que las respuestas abiertas proporcionan información más rica y detallada sobre el pensamiento matemático de los participantes. Al diseñar preguntas abiertas y seguir estos pasos metodológicos, se puede obtener una comprensión más completa de los conceptos, procesos y estrategias utilizados por los participantes en el contexto de estudio.

Instrumento de recopilación de información:

Mis datos

1. ¿Qué edad tienes?
2. ¿Cuál es tu sexo?

Ubicando mi región

3. ¿A qué comunidad perteneces (como se llama tu comunidad)?
4. ¿Cuál es la actividad económica de tu comunidad (a qué se dedican o en que trabajan)?
5. ¿Cuál es la actividad económica de tus padres (a qué se dedican o en que trabajan)?
6. ¿Cuál es la actividad económica de tus abuelos (a qué se dedican o en que trabajan)?

Educación

7. ¿Cuál es el último grado de estudios de tu mamá?

8. ¿Cuál es el último grado de estudios de tu papá?
9. ¿Cuál es el último grado de estudios de tus abuelos?
10. ¿Te gusta involucrar a tus padres o abuelos en las actividades de la escuela?
11. ¿En qué tipo de actividades escolares tus padres o abuelos se involucran?

Matemáticas (medidas de longitud y volumen)

12. ¿Qué instrumentos de medida de longitud usas en tu casa, con tus amigos o amigas, o en tu comunidad?
13. ¿Para qué los usas?
14. ¿Cuánto equivale en centímetros o metros?
15. ¿Qué instrumentos de medida de longitud usan tus padres (mamá y papá)?
16. ¿Para qué los usan?
17. ¿Cuánto equivale en centímetros o metros?
18. ¿Qué instrumentos de medida de longitud usan tus abuelos (abuelo y abuela)?
19. ¿Para qué los usan?
20. ¿Cuánto equivale en centímetros o metros?
21. ¿Qué instrumentos de medida de volumen usas en tu casa, con tus amigos o amigas, o en tu comunidad?
22. ¿Para qué los usas?
23. ¿Cuánto equivale en gramos o kilogramos?
24. ¿Qué instrumentos de medida de volumen usan tus padres (mamá y papá)?
25. ¿Para qué los usan?
26. ¿Cuánto equivale en gramos o kilogramos?
27. ¿Qué instrumentos de medida de volumen usan tus abuelos (abuelo y abuela)?
28. ¿Para qué los usan?
29. ¿Cuánto equivale en gramos o kilogramos?

6.5 Conclusiones

La población objeto del estudio está compuesta por estudiantes de nueve escuelas de educación básica primaria en localidades rurales del estado de Hidalgo, caracterizadas por baja densidad de población, limitaciones en infraestructura y servicios básicos, y un alto nivel de pobreza en determinadas regiones. Estos factores, junto con indicadores de carencia social como el rezago educativo y la baja escolaridad en ciertos municipios, contextualizan el entorno en el que se desarrollan las experiencias educativas. Las escuelas seleccionadas pertenecen a tres regiones distintas de Hidalgo (Mineral de la Reforma, Tizayuca y Tulancingo), lo que permite capturar la diversidad en términos socioeconómicos y culturales.

Los datos del INEGI revelan diferencias significativas en términos de pobreza, nivel educativo y acceso a servicios, lo que refuerza la necesidad de intervenciones pedagógicas adaptadas a cada contexto.

La secuencia didáctica diseñada se fundamenta en la teoría de situaciones didácticas de Michèle Artigue. Esta metodología, estructurada en etapas (detección, puesta en escena, explotación y análisis/consolidación), se orienta a promover la construcción activa del conocimiento matemático. Su implementación busca rescatar saberes comunitarios y ancestrales relacionados con medidas de longitud y volumen, integrándose de manera significativa en el proceso de aprendizaje.

Se utilizaron herramientas cualitativas y cuantitativas, como entrevistas semiestructuradas y cuestionarios de respuesta abierta, para obtener información rica y contextualizada sobre las experiencias y percepciones de los participantes. La elaboración de estos instrumentos se basó en metodologías reconocidas en el campo de la investigación educativa, garantizando la recolección de datos de calidad y permitiendo un análisis detallado de los saberes matemáticos y sus aplicaciones prácticas en la comunidad.

La propuesta didáctica destaca la importancia de integrar los saberes matemáticos tradicionales, que han sido transmitidos a lo largo de generaciones, en la enseñanza formal. La secuencia didáctica y los instrumentos de recolección de datos permiten identificar y valorar estos conocimientos, facilitando la conexión entre la experiencia cotidiana de las comunidades rurales y el aprendizaje matemático en el aula.

Este apartado subraya la relevancia de considerar las condiciones socioeconómicas y culturales de las localidades rurales al diseñar intervenciones pedagógicas, así como la eficacia de las metodologías basadas en la teoría de situaciones didácticas y en instrumentos

de recolección de datos bien diseñados para enriquecer el aprendizaje y la comprensión de los conceptos matemáticos en contextos reales.

CAPÍTULO VII

Análisis descriptivo de la investigación de campo

7.1 Introducción

El capítulo describe las experiencias vividas durante las entrevistas iniciales y el desarrollo de la secuencia didáctica, en la que participaron tanto estudiantes como directivos. En un primer momento, se llevó a cabo una prueba piloto con dos niños de los municipios de Pachuca y Mineral de la Reforma, lo que permitió validar y ajustar tanto la secuencia didáctica como los instrumentos de recolección de datos (cuestionario y entrevista final). Este primer acercamiento reveló aspectos relevantes sobre la comprensión de conceptos matemáticos, la necesidad de materiales específicos y la forma en que los niños interactúan con los instrumentos de medición, como la balanza.

Posteriormente, se implementó la secuencia didáctica en diversas escuelas primarias indígenas, donde se realizaron entrevistas y se aplicaron cuestionarios a estudiantes de sexto año. Durante estas actividades se observaron dinámicas de participación y se recopilieron valiosas anécdotas sobre saberes matemáticos comunitarios y ancestrales, reflejando la riqueza y diversidad de las prácticas locales en la medición de longitud y volumen.

Además, las experiencias compartidas por directivos y supervisores resaltaron la importancia de contextualizar la enseñanza y de integrar estos saberes en el currículo escolar, así como los desafíos logísticos y culturales que se presentan en el proceso.

Estas experiencias aportan una visión integral de la interacción entre la propuesta didáctica y el entorno educativo, proporcionando la base para optimizar los instrumentos y metodologías a fin de promover un aprendizaje significativo y contextualizado en el ámbito de los saberes matemáticos.

7.2 Descripción de las experiencias con los estudiantes y directivos durante las entrevistas iniciales y el desarrollo de la secuencia didáctica

7.2.1 Prueba piloto

Se hizo una prueba piloto con dos niños, del Municipio de Pachuca y Mineral de la Reforma, familiares y conocidos, a los cuales se les dio la clase, siguiendo la secuencia didáctica planeada, después se les otorgó el cuestionario para que lo contestarán, así como la entrevista final. Preguntándole a los padres y al niño, cuál sería el tiempo que tardaría en entregarlo, sin ningún apuro.

Esto se hizo con la finalidad de seguir las metodologías tanto de la entrevista como del cuestionario y la secuencia didáctica y para saber si los niños entendían las preguntas y si la secuencia didáctica era la correcta, con el objetivo de corregir los instrumentos y la secuencia didáctica, si fuera necesario y antes de la puesta en práctica de los mismos.

La prueba piloto, tuvo como objetivo dar información sobre las dificultades de los instrumentos de recopilación de la información, como el cuestionario y la entrevista final, después de llevarla a cabo arrojó que los estudiantes necesitan, con respecto a materiales: lápiz, goma, papel (libreta) y regla. En cuanto a conocimientos necesitan saber leer, escribir, hacer sumas, multiplicaciones y restas. Con respecto a la secuencia didáctica, el primer niño cursa el sexto año de primaria y el segundo el cuarto.

Ambos niños se sintieron atraídos por la balanza manual, fue lo que más les gustó, si la habían visto, pero no la habían usado. Estuvieron practicando (jugando) con ella, pesando diferentes objetos, cuando pesaron un objeto pequeño (lápiz), la balanza no marcó ninguna medida por lo que preguntaron el porqué, se les comentó que existen balanzas más sensibles a objetos pequeños, como la balanza analítica. Los dos niños entendieron la secuencia didáctica y pudieron hacer las operaciones que se necesitaban sin ningún problema, también leyeron el cuestionario y la entrevista final y comprendieron las preguntas sin dificultad, ambos expresaron que les gustó la actividad.

Con respecto al cuestionario y entrevista que contestaron los niños de la prueba piloto, ambos contestaron sin problema, aunque sus respuestas fueron cortas se nota que comprendieron correctamente las preguntas, sin embargo, tuvimos que presionar un poco para que lo entregarán, pues se alargó la entrega hasta tres semanas. Uno de los niños, mintió sobre el grado de estudios de su mamá y el de sus abuelos, el otro solo mintió en el grado de estudios de sus abuelos, es notorio que ambos lo hayan hecho. En cuestión a las historias que platican, de los padres y de los abuelos, son breves.

7.2.2 Puesta en escena de la secuencia didáctica, las entrevistas y el cuestionario

Se consiguieron los contactos de las escuelas primarias, supervisores, supervisoras, directores, directoras y docentes, mediante familiares y amigos, se habló con ellos y mostraron apertura para iniciar las actividades en noviembre 2023. Una vez que se contactó con ellos se elaboraron los oficios correspondientes a petición de los contactos.

Por sugerencia de los supervisores, supervisoras, directores, directoras, en conjugación con nuestra opinión, decidimos aplicar los cuestionarios a estudiantes de sexto año de primaria, debido a las necesidades del cuestionario, los temas que se abordan y las dificultades del lenguaje en algunas comunidades.

La primera fecha en la que se visitaron dos escuelas primarias indígenas fue el 28 de noviembre de 2023, con el acompañamiento y apoyo de una supervisora de preescolar que hizo la gestión con dos supervisores de escuelas primarias indígenas. La primera de ellas fue en la comunidad del Paredones, Municipio de Acaxochitlán, es una escuela primaria indígena trigrado (ocurre cuando un docente atiende tres grados escolares). Al platicar con la supervisora y el director de la escuela, se les indicó el procedimiento a realizar: la secuencia didáctica y el instrumento de recopilación de datos (cuestionario y entrevista), les pareció bien, lo único que comentaron es que no podíamos sacar fotos, ni grabar, ya que se tiene que tramitar un permiso, lo cual es un procedimiento engorroso y tardado, por lo que preferimos abstenernos de las fotos y la grabación.

El director platicó que, a pesar de ser una escuela bilingüe, es decir que se enseña como asignatura la lengua materna de la comunidad, los padres y los estudiantes, no la quieren aprender, prefieren que se les enseñe el inglés, ya que muchos de sus familiares emigran hacia Estados Unidos, entonces comentó que la actividad y propuesta de la etnomatemática, tal vez ayudaría a que los estudiantes y padres, valoren los saberes comunitarios y ancestrales y entonces pueda ayudar a que sus hijos e hijas no dejen de aprender su lengua materna.

Tanto la supervisora como el director, también recordaron los saberes matemáticos comunitarios y ancestrales, que tenían en sus comunidades de origen, les gustó ya que

recordaron su infancia y su tiempo en su comunidad, pues ambos migraron de su comunidad de origen a otras comunidades.

La secuencia didáctica se aplicó a un grupo de 24 infantes de sexto grado, los cuales no tenían docente, pues estaba de incapacidad, fueron muy participativos, ya que cuando se les preguntó sobre que otros instrumentos para medir longitud, usaban ellos, sus padres o sus abuelos, comentaron que usan la vara para sembrar y que más o menos mide un metro y sólo un niño mencionó que su papá y su abuelo usan las piedras, para sembrar, lo cual a los otros estudiantes se les hizo extraño pues no habían escuchado hablar, ni usado ese instrumento, sin embargo se les comentó que así como ellos, tampoco habíamos escuchado sobre la vara, por lo que, es muy importante que aprendamos de los demás, pues algunas personas tienen conocimientos matemáticos comunitarios o ancestrales, que nosotros no tenemos, hay que respetarlos y aprender de ellos, pues son conocimientos de su comunidad.

Más tarde se le comentó a la supervisora sobre el instrumento del niño y ella dijo que en su lugar de origen, San Lorenzo, Axotepec, Hidalgo, también usan las piedras para sembrar, colocan varias piedras en una línea, y de esa manera siembran, y mide un poco más de un metro. También mencionó que usan instrumentos que ya conocemos como el metro, el flexómetro, la regla, las escuadras, para medir objetos.

En cuestión a la medida de la masa de los objetos, se les puso de ejemplo la sardina, cabe señalar que todos la conocían, pues la habían visto en el mercado, en el tianguis y al preguntarles sobre otros instrumentos de medida de volumen, comentaron que ellos pesan el frijol y el maíz con el cuartillo o el cuartón, éste último equivale a 5 cuartillos y algunos le llaman caja. Sin embargo, platicando con la supervisora comenta que para ellos el cuartillo, equivale a dos litros y en su región el cuartillo equivale a cinco litros.

Lo que nos lleva a pensar que cada región del estado tiene sus propias equivalencias, en cuanto a sus instrumentos de medición. Después de la secuencia didáctica los infantes, comenzaron a contestar el cuestionario y solo dejaron las preguntas para sus padres y abuelos pendientes. El director comentó que me regresaría los cuestionarios contestados en una semana o semana y media.

Al platicar con la profesora, cuando entregó los cuestionarios, mencionó que no habían visto las unidades de medida, ni de volumen, que, si está en el programa, pero solo

medidas convencionales y ella abordó los conocimientos matemáticos ancestrales y comunitarios como medidas no convencionales.

En la segunda escuela, también es una escuela primaria indígena, en la comunidad de Tepepa, Municipio de Acaxochitlán, en esta escuela si se imparten todos los grados, aunque no son muchos estudiantes, por cada grado. También se trabajó con dos grupos de sexto grado, que sumaron 23 estudiantes, tanto la directora como el profesor y los infantes se interesaron en la actividad, por lo que decidieron que la mayoría de los estudiantes la tomara, así que se salieron de sus salones e hicimos la actividad en uno de los patios de la escuela, al igual que en la otra escuela no se permitió tomar fotos, ni grabar, solo una foto desde lejos.

También los estudiantes fueron muy participativos y comentaron los mismos saberes matemáticos comunitarios que en la otra escuela, la vara, que la usan para sembrar y el cuartillo que lo usan para pesar granos, pero no mencionaron, ni las piedras, ni el cuartón, ni la caja. La directora comentó que regresaría los cuestionarios contestados en una semana.

En la segunda fecha 6 de diciembre, de 2023, se visitaron otras dos escuelas primarias indígenas, la primera de ellas en la comunidad de Chimalapa, Municipio de Acaxochitlán, Hidalgo. Se habló con el subdirector, que es el que estaba a cargo de la escuela, comentó que es una escuela donde se habla 100% el Náhuatl, por lo que era recomendable que se hiciera la actividad con los estudiantes de sexto año, un grupo de 29 infantes, ya que en general les cuesta entender y escribir el español.

Esta vez sí permitieron grabar el audio, durante la actividad. El profesor estuvo todo el tiempo presente en la misma, los estudiantes fueron participativos, comentaron varios saberes para la medida de longitud, por ejemplo, la vara, para sembrar, cabe mencionar que la comunidad se dedica a la siembra y venta del aguacate, por lo que sus instrumentos para venderlo, son la caja, cuyas equivalencias son 10, 20, 28 y 30 kg, también usan el costal, para medir 80 kg. Para medir o transportar el agua, usan las cubetas y los tambos. Después de haber terminado la actividad los estudiantes quisieron que empezáramos a contestar el cuestionario, sin embargo, se les dificultaba escribir las respuestas, por lo que se anotaron en el pizarrón y de esta manera las copiaban.

La segunda escuela primaria indígena que se visitó fue el 6 de diciembre, pertenece a la comunidad de Santa Ana, Acaxochitlán, Hidalgo, en esta comunidad, solo había un grupo de sexto año, con 19 estudiantes, ya que la comunidad se dedica a la siembra y venta de flores

y al acercarse la fecha del 12 de Diciembre, día de la Virgen de Guadalupe, los habitantes de esta comunidad salen a vender su flor, inclusive hasta la Ciudad de México, por lo que existe ausencia de los estudiantes, ya sea porque ayudan a los padres a vender o bien se quedan a cargo de sus casas y hermanos o hermanas.

Los estudiantes durante la actividad fueron participativos, el profesor estuvo presente todo el tiempo, se me permitió grabar solo el audio de la actividad, durante la misma los instrumentos de medida que mencionaron los estudiantes, fueron los ramos, ya que se dedican a la venta de flor. Sin embargo, cuando empezamos a contestar el cuestionario, se comentaron otros instrumentos de medida, como la vara, el lazo, la cuerda y el cuartillo y se especificaron las actividades en las que se usan, para sembrar, para medir terrenos y para medir granos, respectivamente. También se comentaron sus equivalencias, como, por ejemplo: la vara mide 1m., para el lazo existen diferentes medidas, de 20 m., la cuerda mide 100 m. y el cuartillo mide 4 sardinas. Después de la actividad, la supervisora comentó que el cuartillo para estas comunidades mide dos litros y cada litro mide dos sardinas.

Con respecto a la entrega de los cuestionarios, las primeras dos escuelas se tardaron quince días, sin embargo, todavía faltaron algunos cuestionarios y se regresó por ellos después de las vacaciones de diciembre. Las dos últimas, se demoraron más tiempo, ya que se atravesaron las vacaciones de diciembre y los festivales. Al regresar por los cuestionarios, en el camino, por ser jueves y que la mayoría de los habitantes del Municipio van a Tulancingo a la plaza, se ponen numerosos puestos de fruta, verdura, ropa, quesos, etc. Al detenernos en un puesto de fruta, naranja, los comerciantes comentaron que venden la fruta en mallas, que son como costales, pero con el tejido muy abierto y más o menos pesan 8 kilos.

Las otras escuelas que se consiguieron fueron en el Municipio de Zempoala, Hidalgo. Son cuatro escuelas en las comunidades de La Trinidad, Santa Cruz, Acelotla y San Antonio Oxtoyucan. La primera a la cual se acudió, fue a la comunidad de San Antonio Oxtoyucan, a la escuela primaria Emiliano Zapata, fueron pocos estudiantes, ya que al parecer en este municipio las escuelas son más pequeñas, con grupos más reducidos. En esta escuela los estudiantes fueron participativos y destacaron algunos saberes, como que los niños usan los pasos para medir la cancha, donde juegan fútbol, otro niño, comentó que su abuelo entierra un vaso con agua, durante el día, para por la tarde analizarlo y determinar el clima del

siguiente día. La comunidad se dedica a diferentes actividades, como la agricultura, la ganadería y el comercio. La maestra permaneció en el aula, pero no se involucró, estuvo atenta a la actividad.

La segunda comunidad que se visitó, fue La Trinidad, la Escuela General Felipe Ángeles, aquí los estudiantes mencionan que sus padres son choferes de camiones, algunos topógrafos y en sus trabajos tienen diferentes instrumentos de medición, pero no los mencionaron, la maestra permaneció en el aula e inclusive participó en la actividad, ayudando a los estudiantes a contestar el cuestionario.

Platicando con algunas señoras de una fonda, comentan que la comunidad se dedica a las minas de arena y grava que existen en la comunidad y que la mayoría de los padres de los estudiantes son dueños de camiones y se dedican a transportar el material que sale de la mina, consideran que hay abusos por parte de los concesionarios de las minas, pues estos son extranjeros. También hablan de que la mayoría de las personas tiene abandonadas sus parcelas, porque trabajan en las minas.

La tercera comunidad a la que se asistió, fue la de La Santa Cruz, la Escuela Eduardo Vera Gutiérrez, platicando con el director sobre los saberes matemáticos comunitarios, comentó que, en la feria del pueblo, hacen carreras de caballos y que estos corren 150 varas y cada vara, mide aproximadamente 90-91 cm., también platicó que la comunidad se dedica principalmente a la albañilería, choferes de camiones, algunos también trabajan para las minas de arena y grava y poco se destina a la agricultura y la ganadería. Los estudiantes fueron participativos y comentan que la unidad de medida de volumen que conocen son los bultos de cemento, pero también los costales para la fruta.

La maestra estuvo en el aula, también participó en la actividad, ayudando a los estudiantes a contestar los cuestionarios, en este caso, faltaron algunos estudiantes, por estar enfermos y la maestra se ofreció a entregarles los cuestionarios para que los contestarán.

La cuarta escuela que visitamos en este municipio fue la de Acelotla de Ocampo, la Escuela José María Morelos. El director y la maestra nos atendieron muy bien y los estudiantes fueron participativos, la profesora se involucró mucho en la actividad y ayudaba a los estudiantes en el desarrollo de la misma, también hacía que los estudiantes contestarán correctamente las preguntas del cuestionario. Las actividades económicas de la comunidad es la extracción y venta de escamoles, chinicuiles y pulque, debido a eso conocen muy bien

la medida de la sardina, que hay diferentes tipos de sardina y de medida, también mencionaron un instrumento para extraer el agua miel, el acocote, el cual existe de diferentes medidas, también mencionaron las básculas, que conocen las digitales, pero también la romana que se usa para pesar a los borregos, ya que los padres y abuelos de algunos estudiantes se dedican a la crianza y venta de borregos y ganado. A todos los estudiantes les llamó la atención la balanza y se les invitó a que la manipularan, pesando otros objetos, ellos pesaron lapiceras, lápices, gomas, botellas de agua, etc.

También se visitó otra escuela, la de la comunidad de Camelia, en el Municipio de Pachuca, es una comunidad rural, y el director nos comentó, que se considera una comunidad indígena, pues la mayoría de la población todavía habla el Náhuatl, de hecho, dice que a varios estudiantes les costaba trabajo aprender, hablar y escribir el español. Durante la actividad fueron participativos, aunque les costaban trabajo las operaciones, sin embargo, al final, conseguían hacerlas. Les llamó la atención la báscula, como a la mayoría de los niños y niñas y estuvieron practicando con ella, pesando diferentes objetos.

Al finalizar la actividad y cuando ya nos retirábamos de la escuela, su maestra de inglés, la cual escuchó y estuvo en parte de la actividad, comentó que le interesó bastante la actividad, le platicamos que habíamos ido a otras comunidades y los saberes matemáticos que los estudiantes, docentes, directores y supervisores nos habían comentado, le pareció fascinante la investigación, por lo que quedamos en platicar más sobre ello.

En todas las escuelas, tardaron en entregarnos los cuestionarios, los problemas fueron variados, en algunas los estudiantes faltaban, porque tenían que hacer actividades con los padres como la venta de flores para el 12 de diciembre o la fiesta patronal de la comunidad, o bien, por enfermedad, generalmente respiratorias, otros más porque habían perdido los cuestionarios, entonces tuvimos que darles más copias para que los recuperarán.

7.3 Descripción de las experiencias con los estudiantes, padres y abuelos a través del cuestionario y la entrevista final

La entrevista final arrojó varios comentarios, como las dificultades, que tuvieron al contestar el cuestionario, la mayoría coincidió en el tema del volumen, porque no lo habían trabajado y por consiguiente algunas preguntas no las entendían, sobre todo las equivalencias en

gramos o kilogramos. Con respecto al significado que le otorgaron los estudiantes a las historias o anécdotas de sus padres y abuelos, escribieron que aprendieron más de las cosas de ellos, que fueron tiempos difíciles, pues antes no podían ir a la escuela, no usaban tecnología, ellos con sus inventos pensaban las cosas, como ocupar las sardinas y los cuartillos, descubrieron que siguen usando las mismas formas de medir.

Algunas historias que les contaron fueron que sus abuelos no tenían metros para medir, medían con los pies, las manos o con lazos. Los papás de una estudiante cuando tenían vacas lecheras, utilizaban los litros para medir la leche cuando la vendían. Algunos abuelitos dicen que antes medían el aguamiel en castaños, que equivalía a 60 litros y la transportaban en burros. La mamá de un estudiante comenta que cuando iba a la escuela contaba los pasos, para ver cuántos hacía para llegar.

Fueron tiempos en los que no sabían los números, pero algunos fueron aprendiendo, eran muy pobres y se iban lejos para vender palos, cerillos, ocote y esponjas, para llevar comida a casa, algunas mujeres eran costureras, hacían muñecas y gorros. Otras más iban al jagüey (pozo o zanja llena de agua), por agua en una cubeta y caminaban largas distancias.

Con respecto a las dificultades que se encontraron al construir la base de datos obtenida de las respuestas del instrumento (cuestionario) fueron que los abuelos de algunos estudiantes habían muerto, por lo que no se pudo recabar información en esos casos. En Camelia algunos estudiantes no contestaron sobre sus abuelos, pues se encuentran lejos, en otros municipios y tuvieron que llamarles por teléfono, no es como en las otras comunidades que la mayoría los tienen cerca o vive con ellos.

Algunos estudiantes no entendieron las preguntas y contestaron de manera errónea, otros no contestaron las preguntas, sin razón aparente.

7.4 Conclusiones

La prueba piloto permitió confirmar la comprensión general de la secuencia didáctica y de los instrumentos de recolección de datos (cuestionario y entrevista) por parte de los estudiantes, al mismo tiempo que identificó áreas de mejora en la aplicación y cronograma de entrega. Se evidenció la necesidad de ajustar aspectos logísticos, como el tiempo de respuesta y la claridad en algunas preguntas, para optimizar la recolección de información.

Durante la implementación de la secuencia didáctica, los estudiantes mostraron un alto grado de participación y curiosidad, destacándose el interés en el uso de instrumentos como la balanza y otros elementos de medición. La experiencia práctica, en la que se relacionaron conceptos matemáticos con situaciones reales de la comunidad, facilitó la comprensión de saberes matemáticos comunitarios y ancestrales, al mismo tiempo que permitió la integración de conocimientos tradicionales en el proceso de aprendizaje.

Las entrevistas iniciales y el desarrollo de las actividades en las escuelas revelaron una apertura y disposición por parte de los directivos y docentes para incorporar nuevas estrategias didácticas. La retroalimentación recibida subraya la importancia de respetar las normativas locales (por ejemplo, la restricción para tomar fotos o grabar) y la relevancia de contextualizar la actividad en función de las necesidades y características de cada comunidad.

Las experiencias durante la puesta en escena de la secuencia didáctica evidenciaron la riqueza de los saberes matemáticos comunitarios, ya que los estudiantes compartieron conocimientos tradicionales sobre instrumentos de medición (como la vara, el cuartillo, las piedras, etc.) que reflejan las prácticas propias de sus comunidades. Esta diversidad en la experiencia de medición resalta la importancia de integrar estos saberes en la enseñanza para reforzar la identidad cultural y el aprendizaje contextualizado.

Estos hallazgos han permitido refinar la secuencia didáctica y los instrumentos de recolección de datos, proporcionando una base sólida para la aplicación de estrategias pedagógicas que integren los saberes comunitarios y ancestrales con los conceptos matemáticos formales. La experiencia obtenida reafirma la relevancia de un enfoque contextualizado y participativo en la educación, el cual enriquece el aprendizaje y fomenta el respeto por las tradiciones culturales.

La experiencia derivada de la prueba piloto y de la implementación de la secuencia didáctica se articula con los principios de la Nueva Escuela Mexicana (NEM) al promover una educación integral, inclusiva y contextualizada, donde la planeación pedagógica se fortalece mediante ajustes logísticos y la participación estudiantil cobra relevancia a través de actividades prácticas que vinculan los contenidos matemáticos con la vida cotidiana y los saberes comunitarios. La apertura de docentes y directivos a nuevas metodologías evidencia a la escuela como espacio de innovación y transformación, en sintonía con la visión de la NEM de fomentar la participación comunitaria y valorar la diversidad cultural. Así, la

recuperación de instrumentos tradicionales de medición y su integración en el proceso formativo refuerzan la pertinencia cultural, consolidando un modelo educativo que favorece aprendizajes significativos, equidad e identidad en los estudiantes.

Capítulo VIII

Modelado estadístico de los saberes matemáticos comunitarios y ancestrales sobre longitud y volumen

8.1 Introducción

El estudio de los saberes matemáticos comunitarios y ancestrales, particularmente aquellos relacionados con las magnitudes de longitud y volumen, constituye en eje fundamental para comprender la permanencia, transformación y transmisión del conocimiento matemático en contextos socioculturales diversos. Estos saberes, arraigados en prácticas productivas y cotidianas, se ven influidos por factores personales, familiares, escolares y comunitarios que pueden favorecer su preservación o contribuir a su debilitamiento. Para analizar esta dinámica, se desarrollaron dos modelos estadísticos orientados a identificar qué variables predicen la presencia de conocimientos sobre longitud y volumen en estudiantes de educación básica de distintas comunidades.

Ambos modelos incorporan como predictoras once variables asociadas a la edad, el sexo, la comunidad, la actividad económica familiar y comunitaria, la escolaridad de padres y abuelos, así como la participación de los estudiantes en actividades escolares. Dado que las variables dependientes corresponden a conteos de saberes identificados, se probaron inicialmente distintos enfoques de modelación, entre ellos los modelos de Poisson y cuasi-Poisson. Sin embargo, en ambos casos los datos presentaron una sobre dispersión significativa, evidenciada por la relación entre la media y la varianza, así como por los valores de deviance y los parámetros de dispersión, lo cual indicó que los supuestos de Poisson no se cumplían adecuadamente.

A partir de este diagnóstico, se evaluaron alternativas y se determinó que la distribución binomial negativa era la más adecuada para los dos modelos. Esta decisión se sustentó en su capacidad para manejar la sobre dispersión, mediante un parámetro adicional de variabilidad, logrando un mejor ajuste a los datos. La comparación de criterios AIC y BIC, junto con la inspección de residuos y el análisis de la deviance, confirmó que la binomial negativa ofrecía un desempeño superior a las otras opciones y permitía una interpretación más estable de los efectos de los predictores.

Los resultados mostraron que, tanto en longitud como en volumen, la edad, la comunidad y las actividades escolares emergen como los factores más influyentes en la presencia de saberes tradicionales, aunque con matices específicos según la magnitud estudiada. Las pruebas de significancia, la validación del parámetro de dispersión y las evaluaciones gráficas corroboraron la pertinencia de los modelos finales. Estos análisis permiten entender cómo interactúan los elementos socioculturales y educativos en la preservación de saberes matemáticos ancestrales, aportando evidencia empírica para su reconocimiento y fortalecimiento.

8.2 Investigación de Operaciones

El modelo matemático se construirá, siguiendo la metodología de investigación de operaciones, Para implementar la Investigación de Operaciones (IO), se siguen las siguientes fases (Taha, 2012):

1. Definición del problema, delimita el alcance del problema investigado.
2. Construcción del modelo, pretende convertir la definición del problema en relaciones matemáticas, si el modelo resultante encaja con alguno ya establecido, se aplica, pero si es más complejo se pueden usar métodos heurísticos, o simulaciones.
3. Solución del modelo, estudia el comportamiento de la solución dentro de los parámetros considerados.
4. Validación del modelo, comprueba si éste cumple lo establecido, si tiene sentido la solución y si los resultados son aceptables.
5. Implementación de la solución, tiene que ver con la transformación de los resultados en sugerencias, advertencias, enseñanzas, conocimientos y orientaciones sobre el problema de inicio.

8.3 Modelo: Saberes matemáticos comunitarios y ancestrales sobre longitud

Formulación y selección del Modelo: Saberes matemáticos comunitarios y ancestrales sobre longitud:

$$\epsilon(Y_1) = f(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9, X_{10}, X_{11}) \quad (1)$$

Donde:

- $\epsilon(Y_1)$ = es el valor esperado de la probabilidad de ocurrencia de cualquier evento (saberes matemáticos, comunitarios y ancestrales, sobre longitud)
- n = número de estudiantes
- X_1 = edad
- X_2 = sexo (M = mujer; H = hombre)
- X_3 = comunidad (Paredones = 1; Santiago Tepepa = 2; Chimalapa = 3; Santa Ana = 4; San Antonio Oxtoyucan = 5; La Trinidad = 6; Santa Cruz = 7; Acelotla = 8; Camelia = 9)
- X_4 = municipio (AXT = Acaxochitlán; ZMP = Zempoala; PCH = Pachuca)
- X_5 = actividad económica comunidad (A = agricultura; C = comercio; G = ganadería; CT = construcción; AC = agricultura y comercio; ACCT = agricultura, comercio y construcción; ACCTG = agricultura, comercio, construcción y ganadería; H = hogar; GH = ganadería y hogar; EP = empleado; ACEP = agricultura, comercio y empleado)
- X_6 = actividad económica padres (A = agricultura; C = comercio; G = ganadería; CT = construcción; AC = agricultura y comercio; ACCT = agricultura, comercio y construcción; ACCTG = agricultura, comercio, construcción y ganadería; H = hogar; GH = ganadería y hogar; EP = empleado; ACEP = agricultura, comercio y empleado)
- X_7 = actividad económica abuelos (A = agricultura; C = comercio; G = ganadería; CT = construcción; AC = agricultura y comercio; ACCT = agricultura, comercio y construcción; ACCTG = agricultura, comercio, construcción y ganadería; H = hogar; GH = ganadería y hogar; EP = empleado; ACEP = agricultura, comercio y empleado)
- X_8 = escolaridad madre (primaria = 1; secundaria = 2; bachillerato = 3; licenciatura = 4)
- X_9 = escolaridad padre (primaria = 1; secundaria = 2; bachillerato = 3; licenciatura = 4)

- X_{10} = escolaridad abuelos (primaria = 1; secundaria = 2; bachillerato = 3; licenciatura = 4)
- X_{11} = actividades escolares (J = juntas; F= fiestas; E = entrevistas; D = desayunos; FA = faenas)

Modelo utilizado:

$$g(\mu_i) = n_i = X_i'\beta, \text{ con } E(y_i) = \mu_i \quad (2)$$

- $g(\mu_i)$ ajusta un modelo lineal generalizado (GLM) con una distribución de Poisson Negativa (Negative Binomial).
- Se usa cuando los datos de conteo tienen sobredispersión (cuando la varianza excede la media, lo que viola el supuesto de Poisson).

Fórmula especificada en el modelo:

$$E(Y_{n_{1+3}}) = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11o} \quad (3)$$

- Variable dependiente: $(Y_{n_{1+3}})$
 - Se le suma 3 a todos los valores de Y_{n1} . Esto es un ajuste para evitar valores negativos o ceros en los datos de conteo.
- Variables independientes: X_1, X_2, \dots, X_{11o}
 - Son los predictores explicativos del modelo.

Especificación del enlace (link = "sqrt") (Schwarz, 1978)

- En los modelos lineales generalizados, la relación entre la media de la respuesta y los predictores se define mediante una función de enlace.

- "sqrt" indica que el modelo usa la raíz cuadrada como función de enlace.

El modelo M11E (fue el que se escogió al compararlo con otros: Poisson, Cuasi-Poisson y Binomial Negativa)

- Esta función muestra los coeficientes estimados, errores estándar, valores de z, p-values, el parámetro de dispersión y otras métricas del ajuste del modelo.

La distribución binomial negativa se usa principalmente en datos de conteo cuando hay sobredispersión (varianza mayor que la media). Para aplicar correctamente un modelo de Regresión Binomial Negativa, se deben cumplir ciertos supuestos (Schwarz, 1978):

- Las observaciones son independientes:
 - Cada observación en el conjunto de datos no debe influir en otra.
 - No debe haber correlación entre las respuestas de diferentes sujetos o unidades de análisis.
- La variable dependiente es de conteo (valores enteros no negativos):
 - La variable respuesta (Y) debe representar el número de veces que ocurre un evento (número de visitas a un hospital, cantidad de fallas en una máquina, etc.).
- Existe sobredispersión en los datos:
 - En un modelo de Poisson, se supone que la media y la varianza son iguales.
 - En la realidad, a menudo la varianza es mayor que la media, lo que indica sobredispersión.
 - La distribución binomial negativa introduce un parámetro de dispersión (θ) que permite modelar esta variabilidad extra.
- La variable dependiente sigue una distribución Binomial Negativa:

- La distribución de los datos debe seguir una forma de campana sesgada o presentar una cola más larga que la Poisson.
- Los efectos de los predictores son aditivos en la escala del enlace:
 - La relación entre los predictores y la variable de respuesta no es directamente lineal, sino transformada por la función de enlace.
 - En el caso de link = "sqrt", el modelo asume que la raíz cuadrada de la media depende linealmente de los predictores.
 - Probar con diferentes funciones de enlace (log, identity, sqrt, inverse) y ver cuál se ajusta mejor.

Quando se ajusta un modelo (por ejemplo, una regresión lineal o una regresión binomial negativa), cada coeficiente tiene una prueba de hipótesis asociada:

$$H_0: \beta_i=0 \text{ (El coeficiente no es significativo)} \quad (4)$$

$$H_1: \beta_i \neq 0 \text{ (El coeficiente es significativo)} \quad (5)$$

El valor z se calcula como:

$$z = \text{Estimate} / \text{Std. Error}$$

- Luego, $\Pr(>|z|)$ es la probabilidad de obtener un valor absoluto de z igual o mayor al observado, bajo la hipótesis nula de que el coeficiente es cero (es decir, el predictor no tiene efecto).
- Si $\Pr(>|z|)$ es muy bajo (por ejemplo, < 0.05), rechazamos la hipótesis nula y concluimos que el coeficiente es estadísticamente significativo. y el predictor tiene un impacto real en la respuesta.
- $\Pr \rightarrow$ Probabilidad

- El parámetro $\Pr(>|z|)$ en R representa el valor p (p-value) asociado a la prueba de hipótesis para el coeficiente estimado en un modelo estadístico.
- $p < 0.001 \rightarrow$ Altamente significativo
- $p < 0.01 \rightarrow$ Muy significativo
- $p < 0.05 \rightarrow$ Significativo
- $p < 0.1 \rightarrow$ Marginalmente significativo

Resultados del programa en R.

En la siguiente tabla, se observan las estimaciones de los coeficientes del modelo ajustado de los saberes matemáticos comunitarios y ancestrales sobre longitud. Se presentan los valores estimados, errores estándar, valores z y significancia estadística (p-valor). Un p-valor menor a 0.05 indica que el coeficiente es estadísticamente significativo.

Tabla 1: Resultados del modelo ajustado de los saberes matemáticos comunitarios y ancestrales sobre longitud, en R.

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
Intercept	9.50394	0.55521	17.118	< 2e-16
X ₁	-0.09296	0.02959	-3.141	0.00168
X _{2M}	-0.75965	0.30842	-2.463	0.01378
X ₃	-1.15418	0.26801	-4.306	1.66e-05
X ₈	0.44410	0.18269	2.431	0.01507
X ₉	-0.35721	0.17572	-2.033	0.04207

X ₁₁₀	0.48739	0.14872	3.277	0.00105

Elaboración propia.

Si estos supuestos se cumplen, el modelo de Regresión Binomial Negativa es una excelente opción para datos de conteo con sobredispersión.

La deviance en un modelo de Regresión Binomial Negativa mide qué tan bien el modelo ajusta los datos. No hay un valor único que determine si el modelo es correcto, pero hay criterios generales para evaluar su viabilidad (Schwarz, 1978).

Para un modelo bien ajustado, la deviance residual (D) debe ser aproximadamente igual al número de grados de libertad (df):

- Si $D/df \approx 1$ → Buen ajuste.
- Si $D/df \gg 1$ (mucho mayor que 1) → El modelo no ajusta bien, hay sobreajuste o falta de términos explicativos.
- Si $D/df \ll 1$ (mucho menor que 1) → Puede indicar que el modelo es demasiado complejo y está sobre ajustado.
- La deviance es similar a la suma de cuadrados en regresión lineal y mide la discrepancia entre el modelo y los datos.
- En modelos con distribución binomial negativa, la deviance es un indicador clave de qué tan bien el modelo captura la variabilidad de los datos.

Reducción en devianza:

$$\text{Dev} = ((220.57 - 173.09) / 220.57) = 0.2152605$$

- El modelo ajustado mejora el ajuste significativamente.

El AIC (Akaike Information Criterion) y el BIC (Bayesian Information Criterion) son métricas usadas para comparar modelos estadísticos y seleccionar el mejor modelo entre varias opciones. Ambos criterios penalizan la complejidad del modelo para evitar sobreajuste (Akaike, 1974).

El AIC mide el equilibrio entre la bondad de ajuste y la complejidad del modelo:

- Cuanto menor sea el AIC, mejor es el modelo (significa que explica bien los datos sin ser demasiado complejo).
- Si comparamos varios modelos, elegimos el que tenga el AIC más bajo.
- Penaliza menos la complejidad que el BIC, por lo que favorece modelos más complejos si mejoran el ajuste.

El BIC también busca balance entre ajuste y complejidad, pero penaliza los modelos más complejos más fuertemente que el AIC.

- Cuanto menor sea el BIC, mejor será el modelo.
- Penaliza la complejidad más que el AIC, por lo que prefiere modelos más simples cuando hay muchas observaciones.
- Útil en contextos bayesianos donde se busca encontrar el modelo más probable dado los datos.

Un AIC o BIC menor indica un mejor modelo. En este caso, 1438.6 es el valor del AIC.

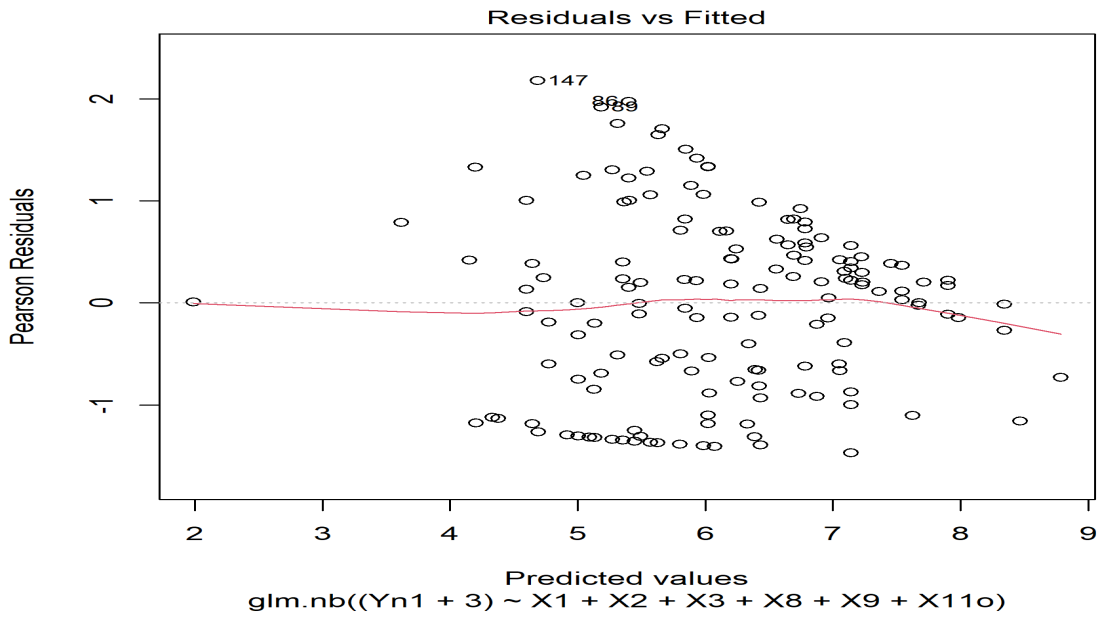
Tabla 2. Parámetros de ajuste del modelo de regresión binomial negativa, con respecto a los saberes de longitud (Theta, devianza, AIC y verosimilitud). Programa en R.

Parámetro	Valor
Parámetro de dispersión (Theta)	2.668 (Error Estándar = 0.320)

Deviance nula	220.57 (gl=159)
Deviance residual	173.09 (gl=153)
Deviance explicada	$(220.57-173.09) / 220.57 = 0.2153$
AIC	1438.6
2 x log-verosimilitud (función de verosimilitud)	-1422.564
Iteraciones de Fisher Scoring	1
Prueba de ajuste (p-valor, χ^2 aprox.) p-valor = bondad de ajuste de la devianza residual frente a la distribución chi-cuadrado.	0.1273

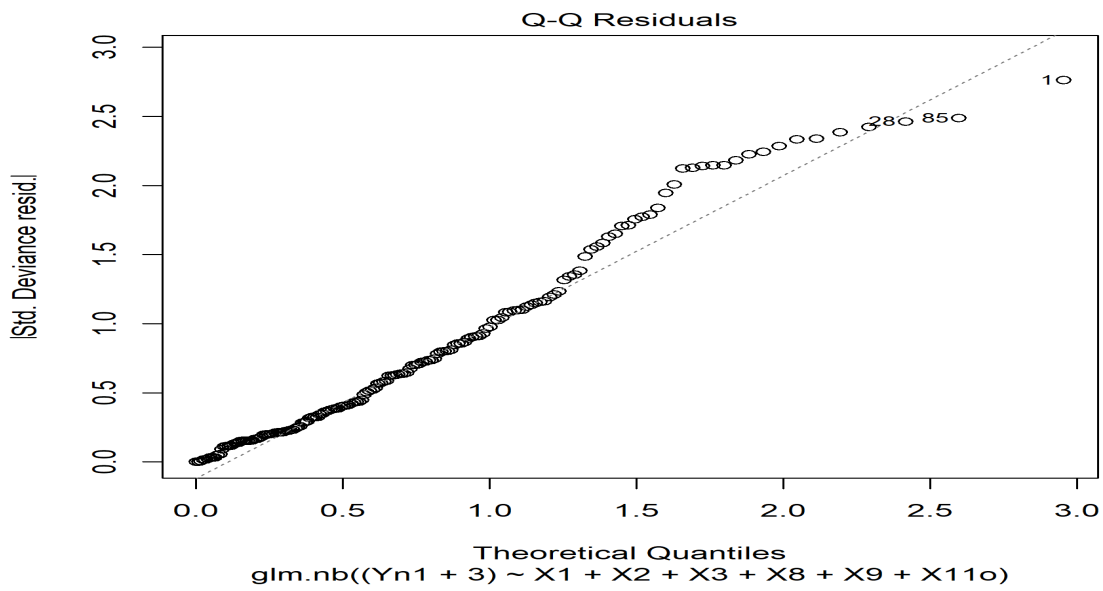
Elaboración propia.

Imagen 10: Gráfico de diagnóstico del modelo de regresión binomial negativa, con respecto a los saberes de longitud (Residuals vs Fitted). Programa en R.



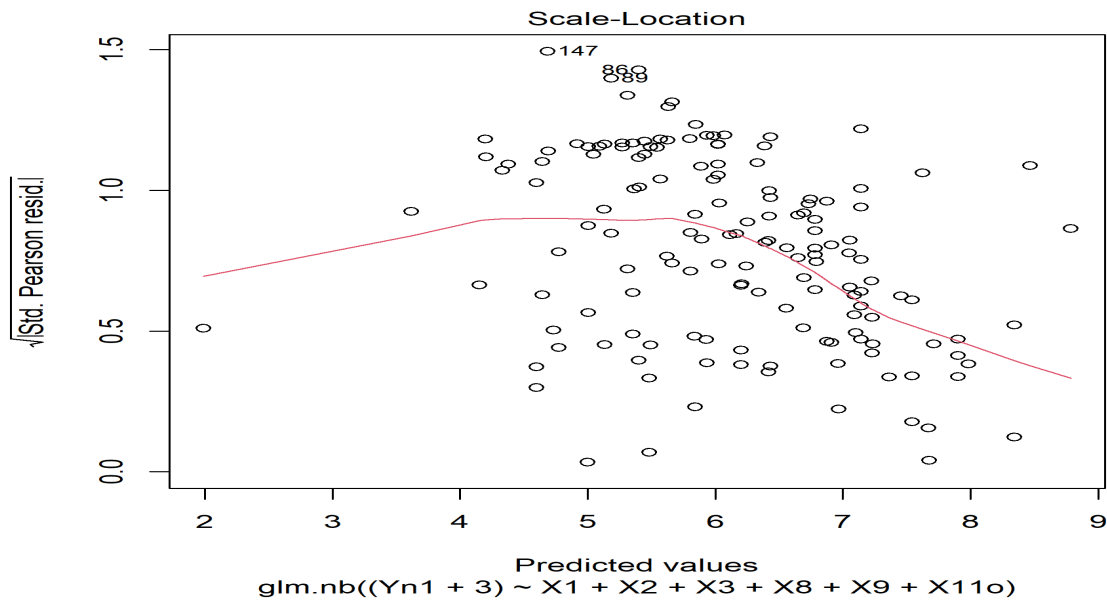
Elaboración propia.

Imagen 11: Gráfico de diagnóstico del modelo de regresión binomial negativa, con respecto a los saberes de longitud (Q-Q Residuals). Programa en R.



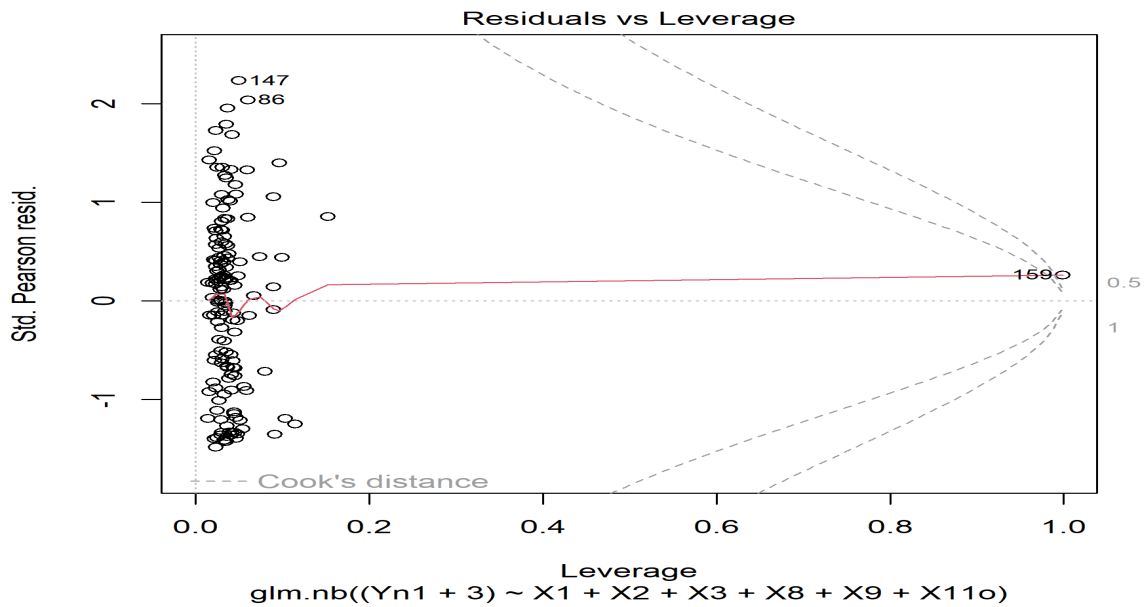
Elaboración propia.

Imagen 12: Gráfico de diagnóstico del modelo de regresión binomial negativa, con respecto a los saberes de longitud (Scale-Location). Programa en R.



Elaboración propia.

Imagen 13: Gráfico de diagnóstico del modelo de regresión binomial negativa, con respecto a los saberes de longitud (Residuals vs Leverage). Programa en R.



Elaboración propia.

- Residuals vs Fitted (Residuos vs valores ajustados)

Muestra los residuos Pearson frente a los valores ajustados:

- La línea roja es un suavizado (loess)
- Si el modelo está bien especificado, deberíamos ver una nube aleatoria alrededor de cero, sin patrones claros.
- Aquí se observa cierta concentración en torno a 0, pero con ligera dispersión a la derecha.

- Q-Q Residuals (Q-Q plot de residuos estandarizados)

Compara la distribución de los residuos con la distribución teórica (normalidad):

- Si los residuos siguen la distribución esperada, los puntos deberían alinearse con la diagonal.

- En la gráfica, los residuos se desvían de la línea, levemente, sobre todo en las colas.
- Scale-Location (raíz de los residuos estandarizados vs valores ajustados)

Evalúa si la varianza de los residuos es constante:

- Se espera una banda horizontal sin tendencia clara.
- Aquí los puntos se concentran cerca de 0, pero con un poco más de variación hacia los valores altos.
- Residuals vs Leverage (Residuos vs apalancamiento)

Identifica observaciones influyentes en el ajuste del modelo:

- Observaciones con alto leverage (a la derecha) y residuos grandes pueden ser influyentes.
- En la gráfica no se observan puntos muy extremos, salvo algunos que aparecen marcados con número (observaciones influyentes). Por lo que no hay casos excesivamente influyentes.

El análisis gráfico de los residuos muestra que el modelo presenta un ajuste razonable a los datos. En el diagrama de Residuals vs Fitted se observa una ligera dispersión de los residuos en los valores altos, lo que sugiere la presencia de heterocedasticidad leve. El gráfico Q-Q Residuals evidencia desviaciones respecto a la diagonal teórica, principalmente en las colas, lo que indica que los residuos no siguen estrictamente una distribución normal, situación común en modelos lineales generalizados (GLM). El diagrama Scale-Location confirma la existencia de una variación no completamente homogénea de los residuos, mientras que el gráfico de Residuals vs Leverage no muestra observaciones excesivamente influyentes. En conjunto, los resultados sugieren que el modelo es adecuado, aunque con

pequeñas limitaciones en términos de homocedasticidad y normalidad, propias de este tipo de enfoques estadísticos.

En cuestión a los saberes matemáticos comunitarios y ancestrales sobre longitud, las variables que afectan son: la edad, el sexo (femenino), la comunidad, la escolaridad de la madre y del padre y las actividades escolares.

$$\sqrt{\epsilon(Y_1)} = 9.50 - 0.09X_1 - 0.75X_M - 1.15X_3 + 0.44X_8 - 0.35X_9 + 0.48X_{11} \quad (6)$$

Si se despeja:

$$\epsilon(Y_1) = (9.50 - 0.09X_1 - 0.75X_M - 1.15X_3 + 0.44X_8 - 0.35X_9 + 0.48X_{11})^2 \quad (7)$$

Si:

$$X_1 = X_M = X_3 = X_8 = X_9 = X_{11} = 0$$

Entonces:

$$\epsilon(Y_1) = (9.50)^2 = 90.25 \quad (8)$$

Si, se les otorga el valor cero a cada una de las variables, nos quedamos con el valor inicial, el cual, al hacerlo cuadrado, este no cae en ninguna categoría (Tabla 3), por lo que ningún saber es representativo de la comunidad, o bien ninguno es un referente o está arraigado a ella.

Intercept (9.50394) → Valor esperado de la respuesta cuando todos los predictores son cero (en la escala del enlace raíz cuadrada).

Tabla 3. Categorización de los saberes matemáticos ancestrales y comunitarios sobre longitud.

Categoría	Significado	Categoría	Significado
L1	metro	L36	báscula, metro, litro
L2	regla	L37	metro, regla, pies, pasos
L3	flexómetro	L38	mano, regla, metro, vara
L4	machete	L39	regla, lazo, cinta, metro
L5	cinta métrica	L40	metro, regla, paso, cuerda
L6	pies	L41	metro, regla, cuerda, lazo
L7	báscula	L42	metro, regla, paso, lazo
L8	cazo de carnitas	L43	regla, metro, pies, cinta métrica
L9	cuarta	L44	regla, manos, piedras, escoba
L10	sardina	L45	pasos, regla, metro, cinta métrica

L11	pasos	L46	metro, pasos, manos, regla
L12	cuartillo, sardina	L47	metro, palos, manos, regla
L13	teléfono, computadora	L48	cinta métrica, flexómetro, espejos, regla
L14	metro, kilogramo	L49	metro, regla, manos, pies
L15	cubeta, sardina	L50	metro, regla, cinta métrica, báscula
L16	lazo, hilo	L51	metro, regla, cinta métrica, pasos
L17	metro, regla	L52	regla, escuadra, lazo, cuarta, vara
L18	metro, centímetro	L53	metro, regla, lazo, mano, vara
L19	litro, cinta métrica	L54	metro, regla, lazo, mano, vara
L20	metro, cinta métrica	L55	lazo, hilo, cinta métrica, metro, vara
L21	regla, cinta métrica	L56	metro, regla, paso, cuerda, lazo
L22	metro, juego geométrico	L57	metro, regla, cinta métrica, cuartas, pasos

L23	metro, Báscula	L58	metro, regla, cinta métrica, flexómetro, manos, lazos
L24	cinta métrica, báscula	L59	metro, regla, cinta métrica, flexómetro, varas, lazos
L25	metro, regla, cinta métrica	L60	metro, regla, piedras, flexómetro, varas, lazos
L26	regla, cinta métrica, flexómetro	L61	metro, regla, cinta métrica, flexómetro, varas, piedras
L27	pasos, cuarta, metro	L62	metro, lazo, sardina, cuartillo, kilo, costal
L28	pasos, regla, dedos	L63	metro, regla, cinta métrica, brazadas, cuartas, pasos
L29	regla, metro, pasos	L64	metro, regla, cinta métrica, lazos, pasos, piedras
L30	metro, regla, pies	L65	metro, pasos, manos, regla, cinta métrica, escuadra

L31	regla, ramas, metro	L66	metro, regla, cinta métrica, flexómetro, varas, piedras, lazos
L32	metro, regla, cuartas	L67	metro, regla, cinta métrica, pasos, varas, lazos, abrazada
L33	metro, cinta métrica, pie	L68	metro, regla, cinta métrica, flexómetro, manos, brazos, palos, lazos
L34	cinta métrica, cuartas, pasos	L69	metro, regla, cinta métrica, manos, cable, varas, pasos, lazos
L35	flexómetro, regla, cinta métrica		

Elaboración propia.

Que sucede con la edad:

$$\epsilon(Y_1) = (9.50 - 0.09(10))^2 = 73.96 \quad (9)$$

$$\epsilon(Y_1) = (9.50 - 0.09(12))^2 = 70.89$$

$$\epsilon(Y_1) = (9.50 - 0.09(13))^2 = 69.38$$

$$\epsilon(Y_1) = (9.50 - 0.09(15))^2 = 66.42$$

$$\epsilon(Y_1) = (9.50 - 0.09(20))^2 = 59.29$$

Desde los trece años, los saberes matemáticos comunitarios y ancestrales sobre longitud empiezan a ser representativos para ellos, y entre más se avanza en la edad, más se tiene conocimiento de ellos, ya que los resultados se acercan a las categorías para saberes de longitud. Por ejemplo, a los 13 años, los estudiantes ya usan la categoría L69 (Tabla 3), que involucra: metro, regla, cinta métrica, manos, cable, varas, pasos, lazos; Probablemente porque los padres, abuelos y la comunidad los empieza a involucrar cada vez más en las actividades propias de ellos y entonces utilizan estos instrumentos para hacerlas. También se podría decir que los estudiantes se quedan en su comunidad.

X_1 (-0.09296) \rightarrow Por cada incremento en X_1 , la respuesta esperada disminuye (porque el valor es negativo) y se acerca más a la categorización de los saberes sobre longitud (Tabla 3). El efecto es estadísticamente significativo ($p = 0.00168$).

Que ocurre con el sexo:

$$\epsilon(Y_1) = (9.50 - 0.09(10) - 0.75(1))^2 = 61.62 \quad (10)$$

Si se mantiene la edad en 10 años, la cual es la edad común de los estudiantes. En cuestión a las niñas, la categoría en la que incurren es L61 (Tabla 3): metro, regla, cinta métrica, flexómetro, varas, piedras o L62 (Tabla 3): metro, lazo, sardina, cuartillo, kilo, costal; lo cual podría decir que a esta edad las niñas ya manejan todos estos saberes, o sea que no se pierden, al contrario, se arraigan, la explicación podría ser que ellas realizan muchas de las actividades en donde se involucran los saberes matemáticos comunitarios y ancestrales de longitud, por lo que se quedan en la comunidad a trabajar o a formar su familia. No salen a estudiar o a trabajar a otras comunidades.

X_{2M} (-0.75965) \rightarrow Un aumento en X_{2M} está asociado con una disminución significativa en la respuesta, acercándose a la categorización de la Tabla 3 ($p = 0.01378$).

En cuestión a la comunidad:

$$\begin{aligned} \epsilon(Y_1) &= (9.50 - 1.15(1))^2 = 69.72 \\ \epsilon(Y_1) &= (9.50 - 1.15(2))^2 = 51.84 \end{aligned} \quad (11)$$

$$\epsilon(Y_1) = (9.50 - 1.15(3))^2 = 36.60$$

$$\epsilon(Y_1) = (9.50 - 1.15(4))^2 = 24.01$$

$$\epsilon(Y_1) = (9.50 - 1.15(5))^2 = 14.06$$

$$\epsilon(Y_1) = (9.50 - 1.15(6))^2 = 6.76$$

$$\epsilon(Y_1) = (9.50 - 1.15(7))^2 = 2.10$$

$$\epsilon(Y_1) = (9.50 - 1.15(8))^2 = 0.09$$

$$\epsilon(Y_1) = (9.50 - 1.15(9))^2 = 0.72$$

De acuerdo a la categorización de la variable comunidad (Paredones = 1, Santiago Tepepa = 2, Chimalapa = 3, Santa Ana = 4, San Antonio Oxtoyucan = 5, La Trinidad = 6, Santa Cruz = 7, Acelotla = 8, Camelia = 9. La comunidad de Paredones entra en la categoría L69 (Tabla 3): metro, regla, cinta métrica, manos, cable, varas, pasos, lazos; Santiago Tepepa está entre la categoría L51: metro, regla, cinta métrica, pasos y L52: regla, escuadra, lazo, cuarta, vara; Chimalapa está entre la categoría L36: báscula, metro, litro y L37: metro, regla, pies, pasos; Santa Ana tiene la categoría L24: cinta métrica, báscula; San Antonio Oxtoyucan tiene la categoría L14: metro, kilogramo; La Trinidad, está entre la L6: pies y la L7: báscula; Santa Cruz, tiene la categoría L2: regla y tanto Acelotla, como Camelia manejan la categoría L1: metro.

Podemos deducir que la diferencia de los saberes en cada comunidad, se debe a que en las primeras cuatro, en las cuales se reflejan mayor cantidad de saberes, son escuelas indígenas y por lo tanto suponemos que preservan mejor sus costumbres y actividades en las que los utilizan, las demás comunidades, tienen escuelas primarias generales y a pesar de ser rurales, se encuentran más cercanas a la capital de Hidalgo, por lo que podría ser un factor de la pérdida de saberes matemáticos comunitarios y ancestrales. En general podemos deducir que la comunidad hace que los saberes estén presentes y se arraiguen, la explicación puede estar en que hay un apego a la comunidad y entonces los estudiantes tienden a permanecer en ésta, para trabajar en las actividades de los padres, abuelos y en las propias de

la comunidad, también indica que la comunidad sigue haciendo actividades que involucran estos saberes.

$X_3 (-1.15418) \rightarrow$ Un aumento en X_3 está asociado con una reducción significativa en la respuesta y se acerca a la categorización que muestra la Tabla 3 ($p = 1.66e-05$).

Con respecto a la madre, en específico su escolaridad:

$$\epsilon(Y_1) = (9.50 + 0.44(1))^2 = 98.80 \quad (12)$$

$$\epsilon(Y_1) = (9.50 + 0.44(2))^2 = 107.74$$

$$\epsilon(Y_1) = (9.50 + 0.44(3))^2 = 117.07$$

$$\epsilon(Y_1) = (9.50 + 0.44(4))^2 = 126.78$$

El factor de la madre (su escolaridad), de acuerdo a su categorización (primaria = 1, secundaria = 2, bachillerato = 3, licenciatura = 4) y al ser positiva, hace que los saberes, ya no sean representativos, conforme se avanza en el nivel de escolaridad, lo que supone que la madre quiere que sus hijos e hijas salgan fuera de la comunidad, ya sea para que estudien, trabajen en otro lugar o en otras actividades que no involucran estos saberes. La madre no incluye a los hijos e hijas en las actividades propias de la comunidad que implican la utilización de los instrumentos donde se usan los saberes matemáticos comunitarios y ancestrales.

$X_8 (0.44410) \rightarrow$ Un aumento en X_8 está asociado con un incremento significativo en la respuesta, en este caso se aleja de la categorización de la Tabla 3 ($p = 0.01507$).

El factor del padre (escolaridad):

$$\epsilon(Y_1) = (9.50 - 0.35(1))^2 = 83.72 \quad (13)$$

$$\epsilon(Y_1) = (9.50 - 0.35(2))^2 = 77.44$$

$$\epsilon(Y_1) = (9.50 - 0.35(3))^2 = 71.40$$

$$\epsilon(Y_1) = (9.50 - 0.35(4))^2 = 65.61$$

Por el contrario, si el padre tiene un nivel académico de licenciatura, alcanza una categoría entre L65: metro, pasos, manos, regla, cinta métrica, escuadra y L66: metro, regla, cinta métrica, flexómetro, varas, piedras, lazos, por lo que se deduce que a mayor nivel de preparación académica del padre, se promueve que los estudiantes no pierdan los saberes, esto puede decir, que invita a sus hijos e hijas a que no se vayan de la comunidad, para que se queden a trabajar en las actividades de la comunidad y en la de los padres o abuelos, los padres involucran a sus hijos e hijas en actividades donde se utilizan los saberes matemáticos comunitarios y ancestrales sobre longitud.

$X_9 (-0.35721) \rightarrow$ Un aumento en X_9 está asociado con una disminución moderada pero significativa en la respuesta, acercándose a la categorización de la Tabla 3 ($p = 0.04207$).

La variable actividades escolares:

$$\epsilon(Y_1) = (9.50 + 0.48(1))^2 = 99.60 \quad (14)$$

La última variable que afecta el modelo son las actividades escolares (J = juntas, F = fiestas, E = entrevistas, D = desayunos, FA = faenas), la cual no cae en ninguna categoría de los saberes, la explicación podría estar en que a la escuela le interesa que los estudiantes sigan preparándose en niveles superiores, pero como en las comunidades no existen bachilleratos, universidades e inclusive secundarias, los estudiantes tienen que salir a estudiar a otra comunidad, municipio o estado, dejando las actividades propias de su comunidad en donde se usan este tipo de saberes.

$X_{110} (0.48739) \rightarrow$ Un aumento en X_{110} está asociado con un incremento significativo en la respuesta, alejándose de la categorización de la Tabla 3 ($p = 0.00105$).

Sin embargo, de todas estas variables, tiene mayor peso la comunidad, los estudiantes al tener tanto apego a la comunidad este es el principal factor que hace que los saberes no se pierdan, junto con la edad, el sexo (en específico las mujeres) y el padre (en específico su escolaridad).

8.4 Modelo: Saberes matemáticos comunitarios y ancestrales sobre volumen

Formulación y selección del Modelo: Saberes comunitarios y ancestrales sobre volumen.

$$\epsilon(Y_2) = f(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9, X_{10}, X_{11}) \quad (15)$$

Donde:

- $\epsilon(Y_2)$ = es el valor esperado de la probabilidad de ocurrencia de cualquier evento (saberes matemáticos, comunitarios y ancestrales, sobre volumen)
- n = número de estudiantes
- X_1 = edad
- X_2 = sexo (M = mujer; H = hombre)
- X_3 = comunidad (Paredones = 1; Santiago Tepepa = 2; Chimalapa = 3; Santa Ana = 4; San Antonio Oxtoyucan = 5; La Trinidad = 6; Santa Cruz = 7; Acelotla = 8; Camelia = 9)
- X_4 = municipio (AXT = Acaxochitlán; ZMP = Zempoala; PCH = Pachuca)
- X_5 = actividad económica comunidad (A = agricultura; C = comercio; G = ganadería; CT = construcción; AC = agricultura y comercio; ACCT = agricultura, comercio y construcción; ACCTG = agricultura, comercio, construcción y ganadería; H = hogar; GH = ganadería y hogar; EP = empleado; ACEP = agricultura, comercio y empleado)
- X_6 = actividad económica padres (A = agricultura; C = comercio; G = ganadería; CT = construcción; AC = agricultura y comercio; ACCT = agricultura, comercio y construcción; ACCTG = agricultura, comercio, construcción y ganadería; H = hogar; GH = ganadería y hogar; EP = empleado; ACEP = agricultura, comercio y empleado)
- X_7 = actividad económica abuelos (A = agricultura; C = comercio; G = ganadería; CT = construcción; AC = agricultura y comercio; ACCT = agricultura, comercio y construcción; ACCTG = agricultura, comercio, construcción y ganadería; H = hogar; GH = ganadería y hogar; EP = empleado; ACEP = agricultura, comercio y empleado)
- X_8 = escolaridad madre (primaria = 1; secundaria = 2; bachillerato = 3; licenciatura = 4)
- X_9 = escolaridad padre (primaria = 1; secundaria = 2; bachillerato = 3; licenciatura = 4)

- X_{10} = escolaridad abuelos (primaria = 1; secundaria = 2; bachillerato = 3; licenciatura = 4)
- X_{11} = actividades escolares (J = juntas; F= fiestas; E = entrevistas; D = desayunos; FA = faenas)

Se está ajustando un modelo de regresión binomial negativa.

Donde:

- Y_2 = La variable dependiente (una variable de conteo o cuenta).
- $X_1 + X_3 + X_{110}$ = Son las variables independientes (predictoras) incluidas en el modelo.

Se está utilizando una función de enlace logarítmica (link = "log") para modelar la relación entre las variables predictoras y la respuesta.

Esto implica que el modelo se escribe como:

$$\text{Log}(\epsilon(Y_2)) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_3 + \beta_3 X_{11} \quad (16)$$

Es decir, el valor esperado de la respuesta está en la escala logarítmica.

Especificación del enlace (link = "log") (Schwarz, 1978)

- En los modelos lineales generalizados, la relación entre la media de la respuesta y los predictores se define mediante una función de enlace.
- "log" indica que el modelo usa el logaritmo natural como función de enlace.

El modelo M22I (fue el que se escogió al compararlo con otros: Poisson, Cuasi-Poisson y Binomial Negativa)

- Esta función muestra los coeficientes estimados, errores estándar, valores de z, p-valores, el parámetro de dispersión y otras métricas del ajuste del modelo.

La distribución binomial negativa se usa principalmente en datos de conteo cuando hay sobredispersión (varianza mayor que la media). Para aplicar correctamente un modelo de Regresión Binomial Negativa, se deben cumplir ciertos supuestos (Schwarz, 1978):

- Las observaciones son independientes:
 - Cada observación en el conjunto de datos no debe influir en otra.
 - No debe haber correlación entre las respuestas de diferentes sujetos o unidades de análisis.
- La variable dependiente es de conteo (valores enteros no negativos):
 - La variable respuesta (Y) debe representar el número de veces que ocurre un evento (número de visitas a un hospital, cantidad de fallas en una máquina, etc.).
- Existe sobredispersión en los datos:
 - En un modelo de Poisson, se supone que la media y la varianza son iguales.
 - En la realidad, a menudo la varianza es mayor que la media, lo que indica sobredispersión.
 - La distribución binomial negativa introduce un parámetro de dispersión (θ) que permite modelar esta variabilidad extra.
- La variable dependiente sigue una distribución Binomial Negativa:
 - La distribución de los datos debe seguir una forma de campana sesgada o presentar una cola más larga que la Poisson.
- Los efectos de los predictores son aditivos en la escala del enlace:
 - La relación entre los predictores y la variable de respuesta no es directamente lineal, sino transformada por la función de enlace.

- En el caso de link = "log", el modelo asume que el logaritmo natural de la media depende linealmente de los predictores.
- Probar con diferentes funciones de enlace (log, identity, sqrt, inverse) y ver cuál se ajusta mejor.

Cuando se ajusta un modelo (por ejemplo, una regresión lineal o una regresión binomial negativa), cada coeficiente tiene una prueba de hipótesis asociada:

$$H_0: \beta_i=0 \text{ (El coeficiente no es significativo)} \quad (17)$$

$$H_1: \beta_i \neq 0 \text{ (El coeficiente es significativo)} \quad (18)$$

El valor z se calcula como:

$$z = \text{Estimate} / \text{Std. Error}$$

- Luego, $\Pr(>|z|)$ es la probabilidad de obtener un valor absoluto de z igual o mayor al observado, bajo la hipótesis nula de que el coeficiente es cero (es decir, el predictor no tiene efecto).
- Si $\Pr(>|z|)$ es muy bajo (por ejemplo, < 0.05), rechazamos la hipótesis nula y concluimos que el coeficiente es estadísticamente significativo. y el predictor tiene un impacto real en la respuesta.
- $\Pr \rightarrow$ Probabilidad
- El parámetro $\Pr(>|z|)$ en R representa el valor p (p-value) asociado a la prueba de hipótesis para el coeficiente estimado en un modelo estadístico.
- $p < 0.001 \rightarrow$ Altamente significativo
- $p < 0.01 \rightarrow$ Muy significativo
- $p < 0.05 \rightarrow$ Significativo
- $p < 0.1 \rightarrow$ Marginalmente significativo

Resultados del programa en R:

En la siguiente tabla, se observan las estimaciones de los coeficientes del modelo ajustado de los saberes matemáticos comunitarios y ancestrales sobre volumen. Se presentan los valores estimados, errores estándar, valores z y significancia estadística (p-valor). Un p-valor menor a 0.05 indica que el coeficiente es estadísticamente significativo.

Tabla 4: Resultados del modelo ajustado de los saberes matemáticos comunitarios y ancestrales sobre volumen, en R.

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	4.59308	0.57358	8.008	1.17e-15
X ₁	-0.09021	0.04984	-1.810	0.0703
X ₃	-0.61375	0.14642	-4.192	2.77e-05
X ₁₁₀	0.32899	0.08272	3.977	6.97e-05

Elaboración propia.

Si estos supuestos se cumplen, el modelo de Regresión Binomial Negativa es una excelente opción para datos de conteo con sobredispersión.

La deviance en un modelo de Regresión Binomial Negativa mide qué tan bien el modelo ajusta los datos. No hay un valor único que determine si el modelo es correcto, pero hay criterios generales para evaluar su viabilidad (Schwarz, 1978).

Para un modelo bien ajustado, la deviance residual (D) debe ser aproximadamente igual al número de grados de libertad (df):

- Si $D/df \approx 1 \rightarrow$ Buen ajuste.

- Si $D/df \gg 1$ (mucho mayor que 1) → El modelo no ajusta bien, hay sobreajuste o falta de términos explicativos.
- Si $D/df \ll 1$ (mucho menor que 1) → Puede indicar que el modelo es demasiado complejo y está sobre ajustado.
- La deviance es similar a la suma de cuadrados en regresión lineal y mide la discrepancia entre el modelo y los datos.
- En modelos con distribución binomial negativa, la deviance es un indicador clave de qué tan bien el modelo captura la variabilidad de los datos.

En este modelo la deviance fue de:

$$Dev1 = ((199.88 - 179.88) / 199.88) = 0.10006$$

AIC y el BIC al comparar modelos:

El AIC (Akaike Information Criterion) y el BIC (Bayesian Information Criterion) son métricas usadas para comparar modelos estadísticos y seleccionar el mejor modelo entre varias opciones. Ambos criterios penalizan la complejidad del modelo para evitar sobreajuste (Akaike, 1974).

El AIC mide el equilibrio entre la bondad de ajuste y la complejidad del modelo:

- Cuanto menor sea el AIC, mejor es el modelo (significa que explica bien los datos sin ser demasiado complejo).
- Si comparamos varios modelos, elegimos el que tenga el AIC más bajo.
- Penaliza menos la complejidad que el BIC, por lo que favorece modelos más complejos si mejoran el ajuste.

El BIC también busca balance entre ajuste y complejidad, pero penaliza los modelos más complejos más fuertemente que el AIC.

- Cuanto menor sea el BIC, mejor el modelo.
- Penaliza la complejidad más que el AIC, por lo que prefiere modelos más simples cuando hay muchas observaciones.
- Útil en contextos bayesianos donde se busca encontrar el modelo más probable dado los datos.

Un AIC o BIC menor indica un mejor modelo. En este caso, 1299.9 es el valor del AIC.

- El modelo binomial negativo con enlace logarítmico es significativo. X_3 y X_{110} son predictores altamente significativos.
- La reducción en devianza sugiere que el modelo ajustado mejora el ajuste respecto al modelo nulo.
- La dispersión es ligeramente menor que en un modelo de Poisson ($\Theta = 0.8696$).

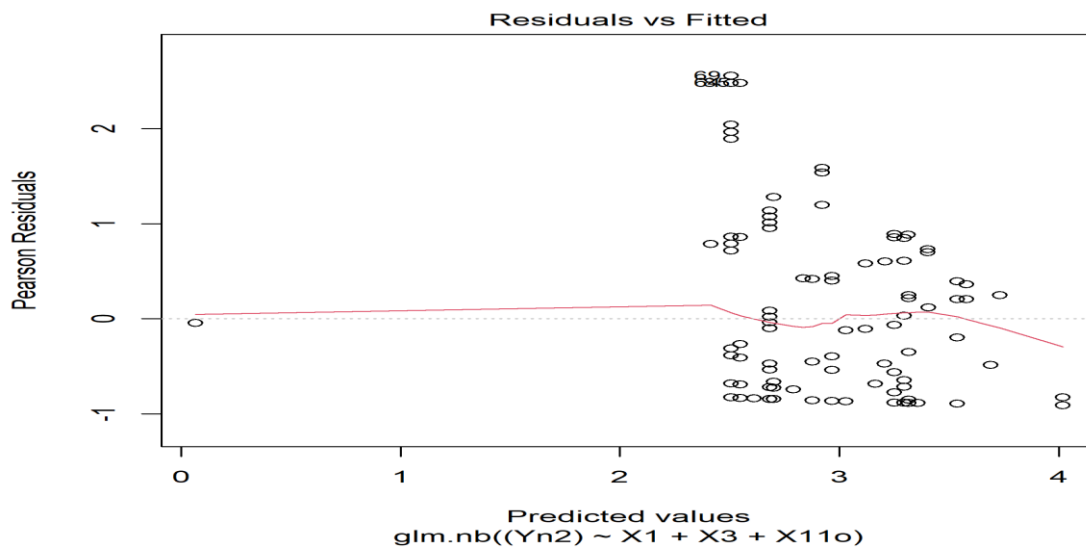
Tabla 5. Parámetros de ajuste del modelo de regresión binomial negativa, con respecto a los saberes de volumen (Θ , devianza, AIC y verosimilitud). Programa en R.

Parámetro	Valor
Parámetro de dispersión (Θ)	0.8696 (Error Estándar = 0.0.0953)
Deviance nula	199.88 (grados de libertad =159)
Deviance residual	173.09 (grados de libertad =156)
Deviance explicada	$(199.88-179.88) / 199.88 = 0.10006$
AIC	1299.9

2 x log-verosimilitud (función de verosimilitud)	-1289.8750
Iteraciones de Fisher Scoring	1
Prueba de ajuste (p-valor, χ^2 aprox.) p-valor = bondad de ajuste de la devianza residual frente a la distribución chi-cuadrado.	0.0924

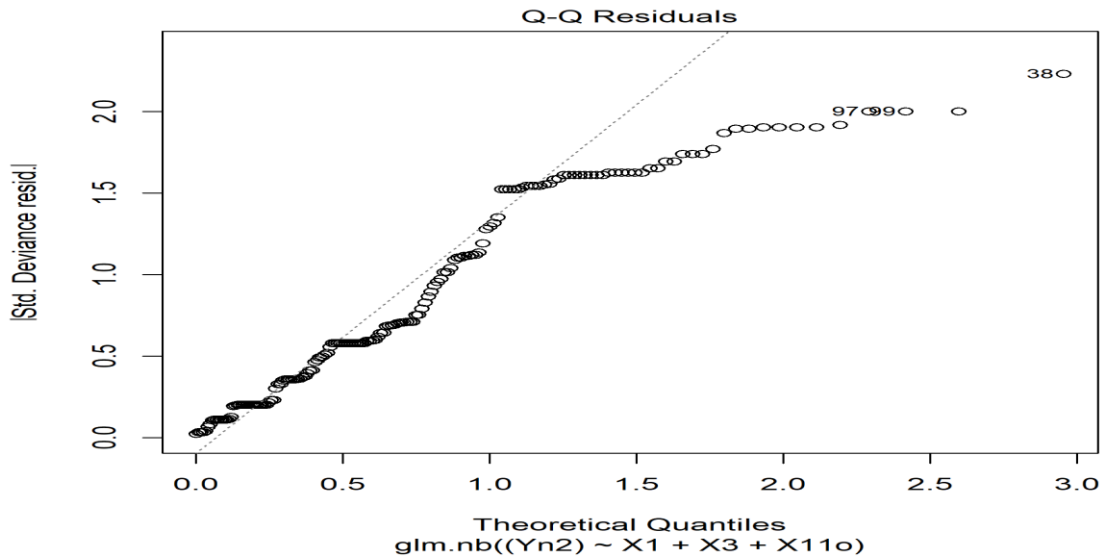
Elaboración propia.

Imagen 14: Gráfico de diagnóstico del modelo de regresión binomial negativa, con respecto a los saberes de volumen (Residuals vs Fitted). Programa en R.



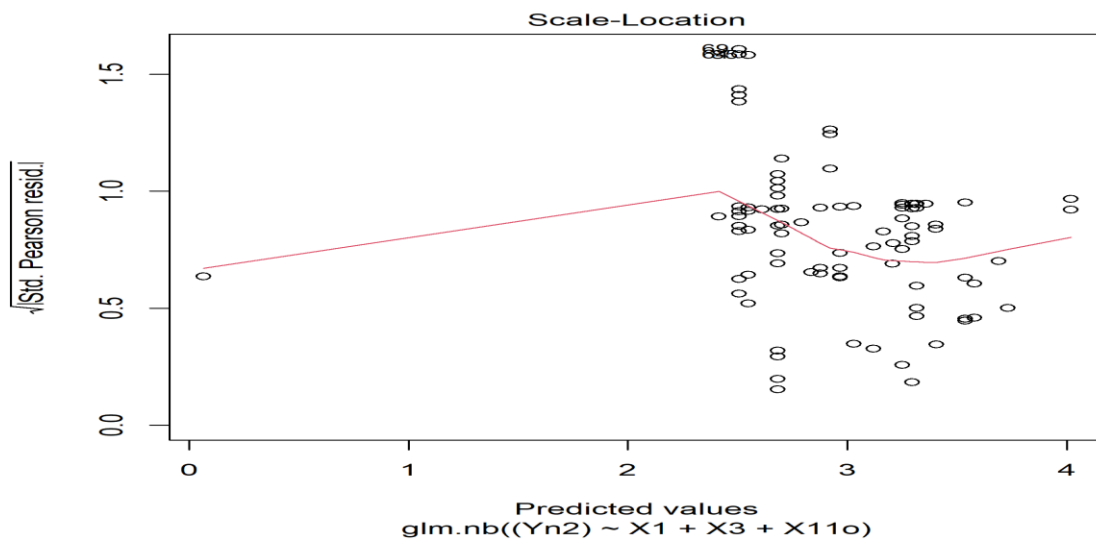
Elaboración propia.

Imagen 15: Gráfico de diagnóstico del modelo de regresión binomial negativa, con respecto a los saberes de volumen (Q-Q Residuals). Programa en R.



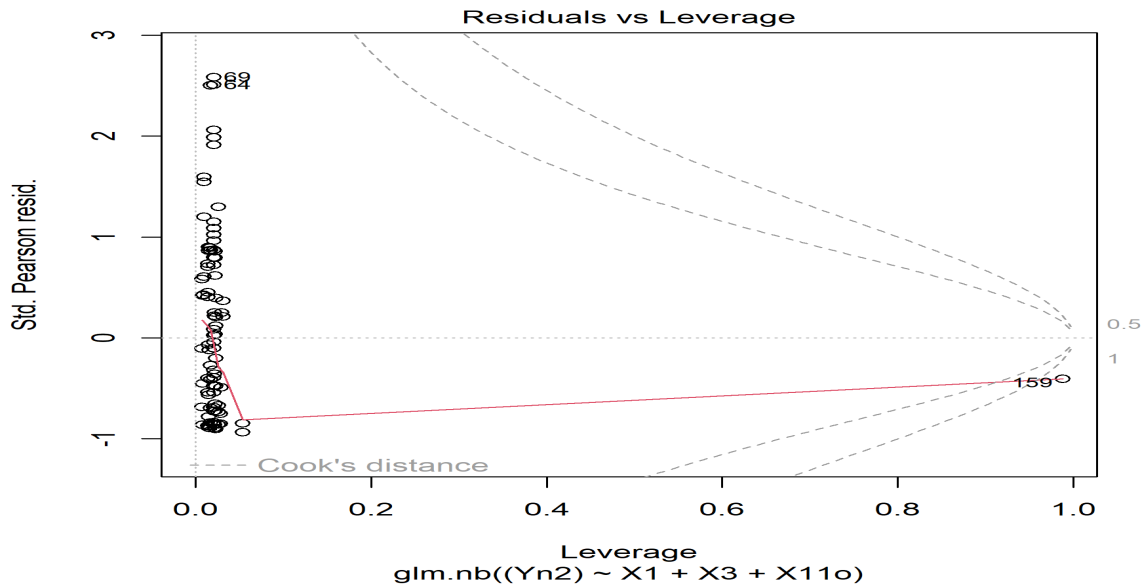
Elaboración propia.

Imagen 16: Gráfico de diagnóstico del modelo de regresión binomial negativa, con respecto a los saberes de volumen (Scale-Location). Programa en R.



Elaboración propia.

Imagen 17: Gráfico de diagnóstico del modelo de regresión binomial negativa, con respecto a los saberes de volumen (Residuals vs Leverage). Programa en R.



Elaboración propia.

- Residuals vs Fitted (Residuos vs valores ajustados)

Muestra la relación entre los residuos y los valores ajustados:

- Los puntos se concentran cerca de cero y la línea roja está bastante plana.
- No se observan patrones marcados, lo que indica que el modelo ajusta de manera estable.
- No hay evidencia fuerte de no linealidad ni de heterocedasticidad pronunciada.

- Q-Q Residuals (Q-Q plot de residuos estandarizados)

Compara la distribución de los residuos con la distribución teórica:

- Aunque la mayoría de los puntos sigue la línea, en las colas hay desviaciones.
- Esto indica que los residuos no siguen perfectamente la distribución teórica, pero el ajuste general es aceptable.

- Scale-Location (raíz de residuos estandarizados vs valores ajustados)

Muestra homogeneidad de la varianza de los residuos:

- Los puntos se mantienen bastante cercanos a la línea roja.
- Sugiere que la varianza es homogénea, con mínima heterocedasticidad.

- Residuals vs Leverage (Residuos vs apalancamiento)

Identifica observaciones influyentes en el modelo:

- La mayoría de los casos están en la parte baja de Leverage y dentro de un rango aceptable.
- No se observan puntos muy alejados o extremos, salvo algunos que aparecen numerados, los cuales podrían ser observaciones con influencia moderada, pero no excesiva.

El análisis de los gráficos de diagnóstico indica que el modelo presenta un ajuste adecuado a los datos. En el diagrama Residuals vs Fitted los residuos se distribuyen de manera aleatoria alrededor de cero, sin patrones claros, lo que sugiere una correcta especificación del modelo. El gráfico Q-Q Residuals muestra que, aunque la mayoría de los residuos sigue la tendencia esperada existen ligeras desviaciones en las colas, indicando que la normalidad no se cumple de manera estricta, situación habitual en Modelos Lineales Generalizados (GLM). En el diagrama Scale-Location se aprecia una dispersión homogénea de los residuos, lo que respalda la presencia de varianza constante en el ajuste. Finalmente, el gráfico Residuals vs Leverage no evidencia observaciones con un apalancamiento excesivo, salvo algunos casos puntuales que no comprometen de manera significativa la estabilidad del modelo. En conjunto, estos resultados permiten concluir que el modelo es estadísticamente aceptable y que las limitaciones detectadas no afectan de forma considerable la validez de análisis.

En cuestión a los saberes comunitarios y ancestrales sobre volumen las variables que afectan son: la edad, la comunidad y las actividades escolares.

$$\ln(\epsilon(Y_2)) = 4.59 - 0.09X_1 - 0.61X_3 + 0.32X_{11} \quad (19)$$

Despejando:

$$\epsilon(Y_2) = e^{4.59} e^{0.32X_{11} - 0.61X_3 - 0.09X_1} \quad (20)$$

Si se calcula, $e^{4.59}$:

$$\epsilon(Y_2) = 98.49 e^{0.32X_{11} - 0.61X_3 - 0.09X_1} \quad (21)$$

Si, se les otorga el valor cero a cada una de las variables, nos quedamos con el valor inicial, el cual, al despejar el logaritmo, este no cae en ninguna categoría, por lo que ningún saber es representativo de la comunidad, o bien ninguno es un referente o está arraigado a ella.

En cuestión a las actividades escolares:

$$\epsilon(Y_2) = 98.49 e^{0.32(1)} = 135.63 \quad (22)$$

X_{11} = actividades escolares (J = juntas, F = fiestas, E = entrevistas, D = desayunos, FA = faenas)

X_{11} ; $\beta_3=0.32899$; $p<0.001$, la participación en actividades escolares, como reuniones o juntas, se asocia con un aumento de 0.32899 unidades en el logaritmo de la media esperada de la variable dependiente, manteniendo constantes las demás covariables del modelo. Lo que significa que se aleja de la categorización de los saberes sobre volumen (Tabla 6).

Tabla 6. Categorización de los saberes matemáticos ancestrales y comunitarios sobre volumen.

Categoría	Significado	Categoría	Significado
V1	báscula	V28	cubeta, vaso
V2	sardina	V29	jeringa, báscula
V3	regla	V30	báscula, jarra
V4	cinta métrica	V31	sardina, toper
V5	metro	V32	kilos, gramos
V6	vaso medidor	V33	báscula, cuartillo, sardina
V7	jarra	V34	jeringa, vaso, sardina
V8	litro	V35	cuarta, metros, kilos
V9	cazo	V36	regla, metro, centímetro
V10	acocote	V37	jarra, jeringa, costal

V11	botella	V38	vaso, jarra, costal
V12	taza medidora	V39	jarra, mamila, cuchara medidora
V13	pipeta	V40	jarra, botella, garrafón
V14	toper	V41	tazón, jarra, licuadora
V15	jeringa	V42	sardina, báscula, bulto
V16	báscula, sardina	V43	báscula, costal, bulto
V17	vara, cuartillo	V44	acocote, báscula, cuartillo
V18	jeringa, envase	V45	jarra, cuchara medidora, taza, costal
V19	sardina, cuartillo	V46	vaso, jarra, cuchara medidora, costal
V20	metro, litro	V47	metro, regla, cinta métrica, litro
V21	vaso, costal	V48	cuchara medidora, jarra, botella, báscula
V22	sardina, vaso	V49	sardina, báscula, costal, bulto

V23	litros, mililitros	V50	sardina, báscula, costal, bulto, cuartillo
V24	metro, regla	V51	tope, botella, vaso, olla, bote
V25	litro, báscula	V52	caja, bulto, cubeta, tambo, bandeja, báscula
V26	metro, cinta métrica	V53	caja, bulto, cubeta, bote, tambo, bandeja, báscula
V27	acocote, Báscula		

Elaboración propia.

Al igual que en los saberes sobre longitud, las actividades escolares, hacen que los saberes no sean representativos para los estudiantes, ya que el valor de 135.63, no cae en ninguna categoría (Tabla 6), la explicación podría estar en que a la escuela le interesa que los estudiantes sigan preparándose en niveles superiores, pero como en las comunidades no existen bachilleratos, universidades e inclusive secundarias, los estudiantes tienen que salir a estudiar a otra comunidad, municipio o estado, dejando las actividades propias de su comunidad en donde se usan este tipo de saberes.

Con respecto a la comunidad:

$$\epsilon(Y_2) = 98.49e^{-0.61(1)} = 53.5 \quad (23)$$

$$\epsilon(Y_2) = 98.49e^{-0.61(2)} = 29.07$$

$$\epsilon(Y_2) = 98.49e^{-0.61(3)} = 15.79$$

$$\epsilon(Y_2) = 98.49e^{-0.61(4)} = 8.58$$

$$\epsilon(Y_2) = 98.49e^{-0.61(5)} = 4.66$$

$$\epsilon(Y_2) = 98.49e^{-0.61(6)} = 2.53$$

$$\epsilon(Y_2) = 98.49e^{-0.61(7)} = 1.37$$

$$\epsilon(Y_2) = 98.49e^{-0.61(8)} = .74$$

$$\epsilon(Y_2) = 98.49e^{-0.61(9)} = 0.40$$

X_3 ; $\beta_2 = -0.61375$; $p < 0.001$, al comparar la categoría actual con la categoría de referencia, se observa una disminución de 0.61375 unidades en el logaritmo de la media esperada de Y_2 , controlando las demás variables del modelo. Por lo que se puede determinar que se acerca a la categorización de saberes de volumen (Tabla 6).

Con respecto a las categorías de la variable comunidad (Paredones = 1, Santiago Tepepa = 2, Chimalapa = 3, Santa Ana = 4, San Antonio Oxtoyucan = 5, La Trinidad = 6, Santa Cruz = 7, Acelotla = 8, Camelia = 9). La comunidad de Paredones entra en la categoría V53 (Tabla 6): caja, bulto, cubeta, bote, tambo, bandeja, báscula; Santiago Tepepa tiene la categoría V29: jeringa, báscula; Chimalapa está entre la categoría V15: jeringa y V16: báscula y sardina; Santa Ana está entre la categoría V8: litro y V9: cazo: metro; San Antonio Oxtoyucan está entre V4: cinta métrica y V5: metro; La Trinidad, tiene la categoría V2: sardina; Santa Cruz, tiene la categoría V1: báscula, al igual que Acelotla y Camelia, aunque en ésta última, los saberes casi desaparecen.

Se puede establecer que todas las comunidades tienen un saber representativo de cada una de ellas y al igual que en los saberes de longitud, la diferencia de los saberes pudiera deberse a que en las primeras cuatro escuelas que se visitaron son indígenas y las otras cinco fueron escuelas primarias generales, sobre todo la última es la que se encuentra más cercana a la capital de Hidalgo, por lo que también indica que puede ser un componente en la pérdida de saberes matemáticos comunitarios y ancestrales.

El factor edad:

$$\epsilon(Y_2) = 98.49e^{-0.09(10)} = 40.04 \quad (24)$$

$$\epsilon(Y_2) = 98.49e^{-0.09(15)} = 25.53$$

$$\epsilon(Y_2) = 98.49+e^{-0.09(20)} = 16.28$$

$$\epsilon(Y_2) = 98.49+e^{-0.09(30)} = 6.61$$

$$\epsilon(Y_2) = 98.49+e^{-0.09(50)} = 1.09$$

$$\epsilon(Y_2) = 98.49+e^{-0.09(80)} = 0.07$$

X_1 ; $\beta_1=-0.09021$; $p=0.0703$, el coeficiente negativo indica que, por cada incremento de un año en la variable edad, el logaritmo de la media esperada Y_2 , disminuye 0.09021 unidades, manteniendo constantes las demás variables del modelo. Por lo tanto, se acerca más a la categorización de los saberes sobre volumen (Tabla 6).

La variable edad, supone que los estudiantes, a la edad de 10 años, que es cuando se les entrevistó, tienen la categoría de V40: jarra, botella, garrafón, quiere decir, que son los saberes que usan y manejan en su vida cotidiana, para cuando tienen 15 años, se ubican en la categoría L25: litro, báscula; para los 20 años, manejan la categoría L16: báscula, sardina; en los 30 años, están entre L6: vaso medidor y L7:jarra; ya en los 50 años, solo tienen un saber, la báscula y para los 80 años, casi ya no recuerdan ninguno de ellos. Se puede concluir que los estudiantes entre mayor edad, van adquiriendo los saberes propios de su comunidad, debido a las actividades en las que se involucran, sin embargo, al cabo de los años estos saberes se van perdiendo.

8.5 Conclusiones

El análisis de los saberes matemáticos comunitarios asociados a las magnitudes de longitud y volumen permitió evidenciar la profunda relación entre el contexto sociocultural de los estudiantes y la permanencia de conocimientos ancestrales. Los dos modelos desarrollados, contruidos a partir de once variables predictoras vinculadas a factores personales, familiares, escolares y comunitarios mostraron que estos saberes no se distribuyen de manera uniforme, sino que responden a dinámicas específicas de cada comunidad y a la continuidad de prácticas tradicionales en la vida cotidiana.

La elección de la distribución binomial negativa en ambos modelos resultó fundamental para obtener estimaciones válidas y un ajuste adecuado a los datos. La presencia de una sobre dispersión significativa invalidó el uso de modelos de Poisson y cuasi-Poisson, mientras que la binomial negativa permitió incorporar un parámetro adicional que capturó adecuadamente la variabilidad observada, mejoró el desempeño de modelo y generó inferencias más estables. Los criterios de comparación, junto con el análisis de residuos y de la deviance, confirmaron la pertinencia de esta selección.

Los resultados coincidieron en señalar que variables como la edad, la comunidad de origen y la participación en actividades escolares son las que tiene mayor peso en la preservación de saberes matemáticos tradicionales. En particular, las comunidades con mayor cohesión cultural y continuidad de prácticas productivas mostraron un mayor número de saberes presentes. Esto sugiere que el entorno comunitario constituye un espacio clave para la transmisión intergeneracional del conocimiento matemático, reforzado por la participación de los estudiantes en actividades familiares y locales.

Los hallazgos permiten concluir que la persistencia de los saberes matemáticos ancestrales depende de la interacción entre factores culturales y educativos. Reconocer esta complejidad no solo aporta una comprensión más profunda del fenómeno, sino que también brinda elementos valiosos para diseñar propuestas educativas que fortalezcan la vinculación entre la escuela, la comunidad y los conocimientos tradicionales.

CAPÍTULO IX

Interpretación de resultados y sugerencias para la política pública en educación

9.1 Introducción

Esta sección se enfoca en la interpretación de los resultados obtenidos a partir de la aplicación de modelos estadísticos avanzados, los cuales han sido utilizados para analizar la manifestación de los saberes matemáticos comunitarios y ancestrales en relación con la medición de longitud y volumen en contextos rurales. La investigación se fundamenta en la construcción de modelos de Regresión Binomial Negativa, diseñados para datos de conteo que presentan sobredispersión, lo que permite evaluar cómo diversas variables demográficas, contextuales y culturales influyen en la representatividad de estos conocimientos tradicionales.

En primer lugar, se desarrolló un modelo para evaluar los saberes relacionados con la medición de longitud. Este modelo, ajustado mediante una función de enlace de raíz cuadrada, considera como variable dependiente (Y_1) la probabilidad de ocurrencia de los saberes matemáticos comunitarios y ancestrales sobre longitud. Entre los predictores se incluyen variables individuales como la edad (X_1) y el sexo (X_2), variables contextuales como la comunidad de origen (X_3) y el municipio (X_4), así como aspectos socioeconómicos y culturales representados por la actividad económica de la comunidad, padres y abuelos (X_5 , X_6 , X_7), la escolaridad de los progenitores y abuelos (X_8 , X_9 , X_{10}), y la participación en actividades escolares (X_{11}).

La interpretación inicial del modelo sugiere que, sin la intervención de estos predictores, el valor base de la representatividad (calculado al asignar cero a todas las variables) es 90.25, lo cual implica que ningún saber matemático se manifiesta de manera intrínseca sin la influencia de factores contextuales. Este hallazgo subraya la importancia de los elementos externos para la transmisión y arraigo de los conocimientos tradicionales.

El análisis del modelo de longitud revela que la edad tiene un efecto significativo; es decir, a medida que aumenta la edad, la probabilidad de que los saberes tradicionales se mantengan aumenta, lo que podría interpretarse como una mayor integración de los

estudiantes en actividades o prácticas ancestrales conforme crecen. Asimismo, se encontró que el sexo influye de manera importante, donde el coeficiente negativo asociado a la variable del sexo masculino indica que, en general, las niñas tienen una mayor probabilidad de retener y aplicar estos saberes, posiblemente debido a su mayor participación en actividades culturales tradicionales.

De igual forma, la variable “comunidad” resultó ser el factor de mayor peso en el modelo, lo que sugiere que el arraigo cultural es fundamental para la preservación de estos conocimientos; en comunidades donde se promueve un fuerte sentido de identidad y tradición, los saberes matemáticos se arraigan de manera más profunda en los estudiantes.

El modelo también evidencia efectos divergentes en función de la escolaridad de los padres. La escolaridad del padre (X_9) tiene un efecto positivo, promoviendo la transmisión de saberes tradicionales, mientras que la escolaridad de la madre (X_8) muestra un efecto opuesto, lo que podría sugerir que las madres con mayor formación formal tienden a orientar a sus hijos hacia conocimientos más modernos, reduciendo así la transmisión de prácticas ancestrales.

Por último, la variable relativa a las actividades escolares (X_{11}) muestra un impacto complejo; aunque su incremento se asocia con un aumento en la probabilidad de que los saberes se retengan, también podría indicar que en entornos en los que la escuela se orienta a la preparación para niveles superiores, dichos saberes quedan relegados en la enseñanza formal.

En un segundo bloque de análisis, se formuló un modelo para evaluar los saberes matemáticos comunitarios relacionados con la medición de volumen. Este modelo, ajustado utilizando una función de enlace logarítmica, establece como variable dependiente (Y_2) la probabilidad de ocurrencia de los saberes sobre volumen. La especificación del modelo indica que, al asignar cero a todas las variables predictoras, se obtiene un valor base de 98.49, lo que sugiere que, sin la influencia de factores externos, ningún saber sobre volumen se posiciona de manera representativa. Los principales predictores en este modelo son la edad (X_1), la comunidad (X_3) y las actividades escolares (X_{11}).

En este contexto, la comunidad se destaca nuevamente como un factor clave: aunque su influencia no altera drásticamente el valor inicial, su efecto moderado indica que, en aquellas comunidades con un fuerte arraigo cultural, los saberes tradicionales sobre volumen

tienden a mantenerse. Por otro lado, la edad tiene un efecto estabilizador; a medida que los estudiantes crecen, la representatividad de estos saberes se mantiene o cambia poco, evidenciando una saturación en el impacto de esta variable.

Las actividades escolares, por su parte, muestran que en contextos donde se prioriza la educación formal para niveles superiores, la representación de los saberes tradicionales sobre volumen puede verse comprometida, lo que sugiere un riesgo de desintegración de estos conocimientos a medida que los estudiantes se desplazan hacia entornos educativos más modernos.

Las predicciones derivadas de ambos modelos permiten afirmar que la representatividad de los saberes matemáticos tradicionales depende de la interacción de múltiples factores. Por ejemplo, se predice que estudiantes jóvenes, especialmente las niñas, provenientes de comunidades con un fuerte arraigo cultural y con padres que fomenten la transmisión intergeneracional, tienen una mayor probabilidad de que estos saberes se reflejen en su aprendizaje. En contraste, factores como una alta escolaridad materna y la orientación educativa hacia niveles superiores pueden disminuir la probabilidad de que estos conocimientos se mantengan, al favorecer la asimilación de saberes formales y modernos.

En conjunto, los modelos estadísticos desarrollados proporcionan una herramienta analítica robusta que permite identificar y cuantificar la influencia de factores individuales, familiares y contextuales en la preservación de los saberes matemáticos comunitarios y ancestrales. Estos resultados tienen importantes implicaciones para la formulación de políticas públicas en educación, pues destacan la necesidad de reestructurar las estrategias pedagógicas de la Nueva Escuela Mexicana para integrar de manera efectiva la etnomatemática en el currículo.

La evidencia empírica respalda la implementación de intervenciones que fortalezcan la transmisión intergeneracional y el arraigo cultural, promoviendo una educación más inclusiva, equitativa y contextualizada, capaz de mejorar el rendimiento en matemáticas y de reforzar la identidad cultural de las comunidades rurales.

9.2 Interpretación de resultados

Como resultados se encontraron varios saberes matemáticos comunitarios y ancestrales, que se plasmaron en una base de datos con 160 estudiantes y veintiocho variables, las cuales son: edad, sexo, comunidad, municipio, actividad económica de la comunidad, padres y abuelos, escolaridad de padres y abuelos, actividades escolares, instrumentos de medición de longitud y volumen, utilizados por los estudiantes, padres y abuelos, usos y equivalencias que les dan cada uno de ellos.

Los estudiantes, sus padres y abuelos, usan instrumentos convencionales para medir longitud, como el metro, la regla, el flexómetro, la cinta métrica, el Vernier, el nivel, pero también varios instrumentos que solo son de su comunidad y que los han usado desde sus abuelos hasta hoy en día. Los saberes que se rescataron para medidas de longitud, fueron: varas, piedras, lazos, abrazada (brazadas, para medir la leña, los ramos de flores, como el haz, porción atada de leña o flores), manos, pasos, palos, cuarta, hilo, cuerda, pies (no como medida sino los pies como extremidad inferior del cuerpo), estos instrumentos los usan para medir terrenos, tablas, plantas, puertas, madera, huesos, casas, árboles, animales, hacer faenas y plantar.

Con respecto a los instrumentos de medida de volumen, también usan medidas convencionales como la báscula manual, digital, romana, la balanza, pipeta, bureta, taza, jarra, vaso y cuchara medidora, botella de agua, tinaco, vasos medidores, jeringa, bolsa, pero igual utilizan instrumentos que son propios de su comunidad, como la sardina, cuartillo, costal, cubeta, litro (recipiente de aluminio o hierro para medir y vender leche, agua o cualquier otro líquido), cazo (recipiente de metal para hacer, vender y despachar carne de puerco, lo que comúnmente se le llama carnitas), cuartón (también llamado caja, recipiente para medir y pesar alimentos, el cual en algunas regiones equivale a 5 cuartillos), bultos de cemento, acocote y castaños (instrumentos para verter el agua miel, producto que se obtiene del maguey), barril, tambo (recipiente para almacenar líquidos).

El uso más común es para pesar, pero también los usan para medir, vender, comprar, almacenar, transportar alimentos, medicamentos y agua. Es notable mencionar que apareció un nuevo instrumento de medida de volumen, al cual lo llaman toper, originalmente la palabra viene de una compañía estadounidense Tupperware, la cual vende entre otras cosas recipientes de plástico, pero ahora las personas usan esta palabra al utilizar cualquier recipiente de plástico, no necesariamente hecho por esta marca.

El estudio reveló una rica diversidad de saberes matemáticos comunitarios y ancestrales entre los 160 estudiantes y sus familias, documentados en la base de datos. Los resultados muestran que, además de los instrumentos de medición convencionales como el metro, la regla y la balanza, las comunidades continúan utilizando herramientas tradicionales transmitidas de generación en generación, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 7. Actividad económica e instrumentos para medir longitud y volumen de los municipios estudiados.

Municipio	Escuela	Actividad económica	Instrumentos comunitarios y ancestrales para medir longitud	Instrumentos comunitarios y ancestrales para medir volumen
Acaxochitlán	1	Comercio, agricultura (jitomate), ganadería, albañilería.	Varas, pasos, cuartas, lazos, piedras, abrazada.	Cuartillo, sardina.
	2	Comercio (mixiote, nopal), agricultura (nopal, maíz), ganadería, construcción (albañilería), chofer de transporte público.	Varas, pasos, cable, cuartas, lazos.	Sardina, cuartillo, costal.

	3	Comercio (artesanía, pulseras, cecina, queso), agricultura (fruta: aguacate y verdura)	Lazo, hilo, vara, fajas.	Caja, bulto, cubeta, bote, tambo.
	4	Comercio (flor, follaje, comida, artesanía: bordados), agricultura (maíz), construcción (albañilería)	Lazo, hilo, brazadas, pasos, cuartas.	Sardina, cuartillo.
Zempoala	1	Comercio (alimento para animales, cuetes, herrería, soldadura, gas, frutas y verduras, costura, pulque, tortillería, panadería), agricultura (frutas y leguminosas), ganadería (borregos), construcción (albañilería), empleados (soldado), chofer (camión, tráiler)	Pasos, piedras, cuartas, varas.	Costal, cuartillo, sardina.
	2			

		Agricultura, ganadería (borrego), construcción (albañilería, carreteras, topógrafo), chofer (camión, tráiler), oficios (mecánico, electricista, petrolero, soldador, costurera), comercio (borrego, pulque)	Brazadas, cuartas, pasos, hilos, varas.	Litro, cuartillo, sardina.
	3	Agricultura, construcción (albañilería), chofer (camión, transporte público, gas, tráiler), oficios (herrería y aluminio)	Lazos, piedras, pasos.	Sardina, costal, cuartillo.
	4	Comercio (chinicuales, pulque, escamol, chapulines, agua miel, pollo, gusano blanco, cuetes, tunas, tortillería, barbacoa, maíz, ferretería), agricultura (maíz), chofer (camión, gas, tráiler, taxi), oficios (costurera, mecánico, carpintero,	Pasos, cuarta.	Acocote (agua miel), pala para raspar (maguey), castaños, sardina, toper, cuartillo, tambo.

		hojalatero, albañilería), ganadería (toros)		
Pachuca	1	Oficios (albañilería, músico, cocinera, carpintería), comerciantes, empleados (vigilante, policía, empleada doméstica), chofer (transporte público)	Pasos.	Sardina, toper.

Elaboración propia.

También se muestran imágenes de algunos instrumentos de longitud y volumen que utilizan los estudiantes, sus padres y abuelos, y en donde aplican los saberes matemáticos comunitarios y ancestrales:

Imagen 18. Acocote: Instrumento para medir y verter el aguamiel. Plaza de Zempoala, Hidalgo.



Elaboración propia.

Imagen 19. Litro: Instrumento de metal para medir y verter líquidos (leche, pulque) y sólidos (frijol, haba, granos). Plaza de Zempoala, Hidalgo.



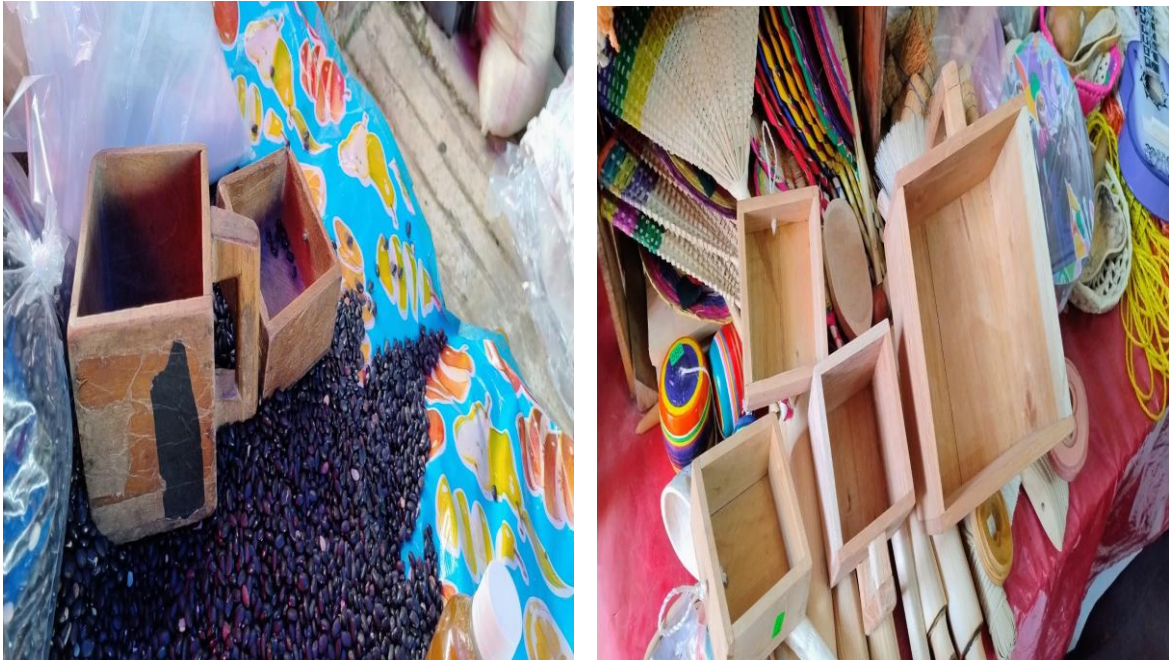
Elaboración propia.

Imagen 20. Cuartillo: Instrumento de madera para medir y pesar granos, leguminosas y verdura, como frijol, haba, maíz, chile. Plaza de los jueves, Tulancingo, Hidalgo.



Elaboración propia.

Imagen 21. Diferentes medidas del cuartillo, como medio cuartillo o cuartón (caja). Plaza de los domingos. Tlanchinol, Hidalgo.



Elaboración propia.

Para la medición de longitudes, se identificaron materiales comunitarios que son esenciales para actividades cotidianas y laborales, así como también los utilizados en la medida de volúmenes, las comunidades emplean medidas tradicionales que usan en sus faenas.

La preservación y uso de estos instrumentos tradicionales evidencian la importancia de los conocimientos etnomatemáticos en estas comunidades. Estos saberes no solo facilitan la vida cotidiana, sino que también refuerzan la identidad cultural y la continuidad de prácticas ancestrales en un mundo en constante cambio. La integración de estos conocimientos en la educación puede promover una mayor valorización de las herencias culturales y fortalecer los vínculos intergeneracionales.

La aplicación del modelo estadístico ha permitido profundizar en la comprensión de cómo se manifiestan los saberes matemáticos comunitarios y ancestrales relacionados con la medición de longitud y volumen en contextos rurales, y ha aportado información valiosa sobre la influencia de diversas variables demográficas, contextuales y culturales en la representatividad de estos saberes.

Modelo de Longitud.

El modelo ajustado para saberes sobre longitud, expresado con una función de enlace de raíz cuadrada, revela que la variable dependiente (Y_1), que representa la probabilidad de ocurrencia de los saberes matemáticos tradicionales en el ámbito de la medición de longitud, se ve significativamente influida por varias variables predictoras.

En primer lugar, se observa que la edad (X_1) tiene un efecto negativo: por cada incremento en la edad, la respuesta esperada disminuye. Este hallazgo sugiere que los saberes matemáticos comunitarios y ancestrales sobre longitud comienzan a ser más representativos a partir de cierta edad, probablemente porque a medida que los estudiantes se integran en actividades comunitarias, los conocimientos tradicionales se refuerzan. No obstante, al asignar cero a todas las variables, el valor inicial resultante (90.25) indica que ningún saber es intrínsecamente representativo sin la influencia de los factores contextuales.

El sexo también muestra una influencia importante. El coeficiente negativo para X_2M indica que, en general, los saberes tienden a disminuir con un aumento en la variable asociada al género masculino. Esto puede interpretarse como que, en las comunidades estudiadas, las niñas tienen una mayor probabilidad de retener y aplicar estos saberes, lo cual podría relacionarse con su participación en actividades tradicionales propias de la comunidad.

La variable comunidad (X_3) presenta un efecto muy significativo y negativo, lo que implica que el tipo de comunidad tiene un papel determinante en la representatividad de estos saberes. En efecto, la comunidad es el factor de mayor peso, lo que evidencia que el arraigo y la identidad cultural son fundamentales para la transmisión de los conocimientos matemáticos tradicionales. Los resultados sugieren que, en comunidades donde se promueve un mayor apego a las tradiciones, los saberes no solo se mantienen, sino que se arraigan de forma más profunda en los estudiantes.

Respecto a la escolaridad de los padres, los coeficientes asociados a la escolaridad de la madre (X_8) y la del padre (X_9) muestran efectos opuestos. Un aumento en la escolaridad del padre se asocia con un incremento en la representatividad de los saberes, lo que puede interpretarse como que los padres con mayor escolaridad tienden a promover o mantener los saberes tradicionales en sus hijos e hijas. Por el contrario, cuando las madres tienen una mayor formación formal, existe una tendencia a que los estudiantes se orienten hacia saberes académicos más modernos, lo cual podría llevar a una menor transmisión de los saberes

comunitarios. Esto resalta la importancia de la transmisión intergeneracional y su relación con las actitudes familiares hacia la educación formal y tradicional.

Por último, las actividades escolares (X_{11}) tienen un impacto positivo en la representatividad de los saberes. Un incremento en la participación en actividades escolares específicas (como juntas, fiestas, entrevistas, desayunos o faenas) se asocia con un decremento en la probabilidad de que los saberes matemáticos tradicionales sean reconocidos y aplicados. Sin embargo, este efecto positivo se interpreta de manera compleja, pues también puede indicar que, en entornos donde la escuela se orienta a preparar a los estudiantes para niveles superiores, los saberes tradicionales quedan relegados. En conjunto, los resultados del modelo de longitud confirman que la interacción entre edad, sexo, comunidad y la escolaridad de los padres determina en gran medida la presencia y arraigo de los saberes matemáticos comunitarios.

Modelo de Volumen.

El modelo de saberes sobre volumen, ajustado utilizando una función de enlace logarítmica, también proporciona importantes resultados sobre la representatividad de los saberes en relación con la medición de volúmenes. La especificación del modelo indica que la variable dependiente (Y_2) representa la probabilidad de ocurrencia de los saberes relacionados con la medición de volumen y se modela en la escala logarítmica.

En este caso, el análisis del modelo muestra que, al asignar cero a todas las variables predictoras, se obtiene un valor inicial de aproximadamente 98.49. Este valor, al ser ajustado mediante el logaritmo, sugiere que, de forma inherente, ningún saber matemático ancestral sobre volumen se posiciona como representativo sin la intervención de factores externos. Las variables incluidas en este modelo, principalmente la edad (X_1), la comunidad (X_3) y las actividades escolares (X_{11}), demuestran una influencia diferenciada.

El factor "comunidad" se destaca como la variable de mayor peso. Se evidencia que en las comunidades con mayor apego cultural los saberes sobre volumen tienden a mantenerse, lo que refuerza la idea de que la identidad comunitaria es esencial para la preservación de estos conocimientos. Por otro lado, la edad muestra un efecto en el que a medida que los estudiantes crecen, los saberes se estabilizan, lo que sugiere que, después de

cierta edad, el impacto de la edad se diluye y los conocimientos tradicionales permanecen constantes.

En cuanto a las actividades escolares, los resultados indican que estas tienen un efecto moderado: en entornos donde se fomenta la preparación para niveles superiores, la representación de los saberes tradicionales sobre volumen se ve comprometida, probablemente debido a que la orientación educativa se dirige hacia la asimilación de conocimientos formales, dejando en segundo plano las prácticas ancestrales.

Los modelos estadísticos desarrollados permiten hacer predicciones sobre la probabilidad de ocurrencia de saberes matemáticos comunitarios y ancestrales en función de los predictores incluidos. Este modelo permite identificar que, por ejemplo, si se incrementa la edad en 10 años, el valor de Y_1 disminuye significativamente, lo que implica que los saberes se vuelven más relevantes a partir de una cierta edad, probablemente cuando el estudiante se involucra más en actividades de la comunidad. De igual manera, se predice que las niñas tienden a retener mejor estos saberes en comparación con los niños.

Los modelos desarrollados demuestran que la representatividad de los saberes matemáticos comunitarios y ancestrales en la medición de longitud y volumen depende de una interacción compleja entre factores individuales, familiares y contextuales. Mientras que en el modelo de longitud se observa una influencia significativa de la edad, el sexo, la comunidad y la escolaridad de los padres, el modelo de volumen destaca que las variables como la comunidad y la edad son determinantes para mantener la estabilidad de los saberes, aunque el efecto de la edad tiende a saturarse a partir de cierto punto.

Estos hallazgos tienen implicaciones importantes para la política pública educativa y la reestructuración de las secuencias didácticas en el marco de la Nueva Escuela Mexicana. Es fundamental que las intervenciones pedagógicas no solo aborden el contenido matemático formal, sino que también reconozcan y valoren los saberes tradicionales que emergen de las prácticas culturales de las comunidades rurales. La integración de estos conocimientos en el currículo puede fortalecer la identidad cultural y fomentar una educación más inclusiva y pertinente para los estudiantes.

Asimismo, el uso de modelos estadísticos avanzados permite identificar con precisión los factores que más inciden en la transmisión y retención de estos saberes, ofreciendo una base empírica robusta para orientar la formulación de políticas y estrategias de intervención. La

evidencia sugiere que el apego a la comunidad y la transmisión intergeneracional son elementos cruciales, y que la participación activa de la familia y la adaptación de los contenidos a los contextos locales son claves para revertir el rezago educativo en matemáticas.

Mejorar la educación matemática en México requiere una acción coordinada que combine la reestructuración de las políticas públicas, la implementación de estrategias didácticas innovadoras y el fortalecimiento de la identidad cultural a través del rescate de los saberes matemáticos ancestrales. La aplicación de estos modelos estadísticos no solo permite predecir la influencia de diversas variables en la representatividad de los saberes, sino que también ofrece una herramienta valiosa para diseñar intervenciones pedagógicas que integren de manera efectiva los conocimientos tradicionales en el proceso de enseñanza-aprendizaje, contribuyendo a un sistema educativo más equitativo, inclusivo y competitivo a nivel global.

9.3 Sugerencias para la política pública en educación

La presente investigación ha permitido constatar que el rezago en la educación matemática en México constituye un problema público crítico, que afecta de forma directa la formación de los jóvenes y limita la competitividad del país en el ámbito global. Los resultados de evaluaciones internacionales, como PISA 2022, evidencian que el desempeño en matemáticas se sitúa considerablemente por debajo del promedio de los países de la OCDE, lo que agrava las desigualdades educativas y afecta especialmente a las poblaciones más desfavorecidas. Este escenario requiere una intervención urgente en el rediseño de las estrategias pedagógicas y políticas públicas, de modo que se priorice el aprendizaje matemático y se integre de manera efectiva el conocimiento contextual y cultural de las comunidades.

En el marco del Plan Nacional de Desarrollo 2019–2024 y el Programa Sectorial de Educación 2020–2024, se han establecido objetivos estratégicos para transformar el Sistema Educativo Nacional. Dichos lineamientos, que incluyen la redistribución equitativa de recursos, la implementación de evaluaciones diagnósticas y el fortalecimiento del papel de los docentes, buscan garantizar que la educación sea accesible, inclusiva, de calidad, universal y laica.

Sin embargo, la revisión de la literatura y de experiencias empíricas ha revelado que, en muchas ocasiones, las políticas públicas existentes no contemplan la diversidad cultural y la cosmovisión de las comunidades originarias, de los pueblos indígenas y de los contextos rurales. La falta de reconocimiento y valoración de los saberes matemáticos comunitarios y ancestrales en el currículo escolar es una de las causas subyacentes del rezago educativo en el área de matemáticas.

La etnomatemática se erige, en este sentido, como un enfoque innovador que permite integrar los saberes y prácticas culturales en la enseñanza de las matemáticas. Este enfoque, impulsado por Ubiratan D'Ambrosio y otros, plantea que el conocimiento matemático no es universal, sino que se construye de manera diversa en función de los contextos culturales y sociales.

La incorporación de estos saberes ancestrales en la educación formal tiene el potencial de hacer el aprendizaje más significativo y relevante para los estudiantes, ya que les permite conectar los conceptos matemáticos con su realidad cotidiana y las tradiciones de sus comunidades. Así, la etnomatemática no solo enriquece el contenido académico, sino que también contribuye a la formación de ciudadanos críticos, conscientes de su identidad y comprometidos con el desarrollo comunitario.

Otro hallazgo fundamental de la investigación es el valor del uso de metodologías estadísticas robustas para analizar y evaluar la representatividad de los saberes matemáticos tradicionales. La aplicación de modelos lineales generalizados, en particular la regresión de Poisson y la Regresión Binomial Negativa, ha permitido identificar de forma detallada la influencia de diversas variables demográficas y contextuales.

Los resultados obtenidos indican que factores como la edad, el sexo (con especial énfasis en las mujeres), la comunidad de origen, la escolaridad de los padres y la participación en actividades escolares son determinantes para la preservación y transmisión de estos saberes. Por ejemplo, se encontró que la comunidad es el factor de mayor peso en el modelo de saberes sobre longitud, lo que sugiere que el apego a las tradiciones locales es crucial para el arraigo de estos conocimientos. Asimismo, la escolaridad del padre muestra una influencia positiva en la retención de saberes, subrayando la importancia de la transmisión intergeneracional en el contexto de la educación rural.

En el modelo que evalúa los saberes sobre volumen, se observa que, aunque la comunidad también influye, la edad y las actividades escolares tienen un impacto moderado. Los datos sugieren que, conforme los estudiantes crecen y se preparan para acceder a niveles educativos superiores, la relevancia de los saberes matemáticos tradicionales tiende a estabilizarse o incluso disminuir. Esto evidencia un riesgo potencial de pérdida de estos conocimientos cuando los estudiantes se alejan de sus contextos originarios para continuar su formación académica en otros entornos.

En conjunto, estos hallazgos subrayan la necesidad de una reestructuración de las secuencias didácticas, los programas de estudio y, en general, de la política pública educativa en el marco de la Nueva Escuela Mexicana, con un enfoque etnomatemático. Las sugerencias pertinentes para dicha reestructuración incluyen:

1. Integración de Saberes Ancestrales:

Es indispensable incorporar explícitamente en el currículo escolar los saberes matemáticos comunitarios y ancestrales, reconociendo su valor y relevancia para la identidad cultural de los estudiantes. Esto implica diseñar secuencias didácticas que integren actividades experimentales y contextualizadas, que permitan a los estudiantes conectar el conocimiento formal con las prácticas tradicionales de sus comunidades.

2. Reestructuración de Secuencias Didácticas:

Las actividades se deben diseñar para despertar el interés y la curiosidad de los estudiantes. Se recomienda implementar actividades que promuevan la exploración, la experimentación y la reflexión crítica, de modo que se favorezca la construcción activa del conocimiento y se facilite el rescate de saberes tradicionales en contextos de medición de longitud y volumen.

3. Formación y Apoyo a los Docentes:

Es crucial fortalecer la formación docente en metodologías de enseñanza que integren la etnomatemática. Los docentes deben contar con herramientas pedagógicas que les permitan no solo transmitir conocimientos matemáticos, sino también contextualizarlos a partir de la cultura y las prácticas de las comunidades. Esto puede

incluir talleres de formación, programas de actualización y el desarrollo de materiales didácticos adaptados a la realidad de los estudiantes.

4. Uso de Tecnología y Herramientas Estadísticas:

La implementación de modelos estadísticos robustos, como los desarrollados en esta investigación, debe integrarse en el proceso de evaluación de las estrategias educativas. Esto permitirá identificar las variables que más influyen en la retención de los saberes comunitarios y ajustar las intervenciones pedagógicas en función de la evidencia empírica. Además, el uso de tecnología educativa (simulaciones, aplicaciones interactivas) puede potenciar la comprensión y motivación de los estudiantes.

5. Participación Activa de la Comunidad:

La política pública debe fomentar la corresponsabilidad entre el Estado, las instituciones educativas, los docentes, las familias y la comunidad en general. La integración de saberes ancestrales en el currículo requiere la participación activa de padres y abuelos, quienes son portadores de conocimientos tradicionales. Se deben establecer mecanismos de comunicación y colaboración que faciliten el intercambio de saberes y refuercen la identidad cultural de los estudiantes.

6. Adaptación a las Realidades Regionales:

Dada la diversidad socioeconómica y cultural de las comunidades rurales, las estrategias pedagógicas y los programas de estudio deben ser flexibles y adaptarse a las condiciones específicas de cada región. Esto implica considerar las particularidades de cada municipio, las condiciones de pobreza, la disponibilidad de recursos y la infraestructura educativa, con el fin de diseñar intervenciones que sean verdaderamente pertinentes y efectivas.

7. Evaluación Continua y Retroalimentación:

Se recomienda implementar sistemas de evaluación continua que permitan monitorear el impacto de las estrategias etnomatemáticas en el aprendizaje de los estudiantes. La retroalimentación obtenida de estudiantes, docentes y comunidades debe ser utilizada para realizar ajustes y mejorar continuamente las secuencias didácticas y los programas de estudio, asegurando así una transformación educativa sostenible y de calidad.

Mejorar la educación matemática en México requiere una reestructuración profunda que integre saberes ancestrales y comunitarios en el proceso de enseñanza-aprendizaje. La adopción de un enfoque etnomatemático, apoyado por estrategias didácticas innovadoras, formación docente especializada y evaluaciones basadas en métodos estadísticos avanzados, se presenta como una alternativa viable y necesaria para lograr un sistema educativo más equitativo, inclusivo y competitivo. Solo a través de una acción coordinada y una reorientación de las políticas públicas se podrá avanzar hacia un modelo educativo que responda a las necesidades y realidades de las comunidades, fortaleciendo la identidad cultural y contribuyendo al desarrollo integral de los jóvenes en México.

9.4 Conclusiones

La aplicación de modelos estadísticos avanzados ha permitido obtener una visión profunda y detallada de la manifestación de los saberes matemáticos comunitarios y ancestrales, específicamente en lo relacionado con la medición de longitud y volumen, en contextos rurales. Los modelos desarrollados, basados en la Regresión Binomial Negativa, han demostrado que la representatividad de estos saberes depende de una compleja interacción de factores individuales, familiares y contextuales, ofreciendo evidencia empírica robusta para orientar futuras intervenciones pedagógicas y políticas públicas educativas.

El modelo sobre los saberes relacionados con la medición de longitud muestra que la edad influye positivamente en su preservación, pues a mayor edad, mayor es la probabilidad de mantenerlos. También se identifican diferencia de género: las niñas retienen más estos conocimientos que los niños, posiblemente por una mayor participación en prácticas comunitarias. La variable de mayor peso es la comunidad ya que en aquellas con fuerte arraigo cultural los saberes ancestrales se mantienen más sólidos, confirmando la relevancia del contexto social y la identidad cultural. La escolaridad de los padres refleja efectos contrastantes: la del padre contribuye positivamente, mientras que la de la madre se asocia con una orientación hacia saberes modernos u occidentales, lo que debilita la transmisión de prácticas tradicionales. Las actividades escolares presentan un efecto ambivalente: pueden

reforzar los saberes comunitarios, pero en entornos orientados a niveles educativos superiores tienden a relegarlos.

En cuanto al modelo de volumen, la comunidad nuevamente aparece como el factor más determinante para su conservación, aunque no altera significativamente el valor inicial del modelo. La edad actúa como un estabilizador, manteniendo los saberes relativamente constantes conforme los estudiantes crecen. Por su parte, las actividades escolares muestran un efecto moderado: en contextos centrados en la preparación académica formal, los saberes sobre volumen pierden relevancia lo que plantea el reto de diseñar estrategias pedagógicas que los integren sin que queden desplazados por el currículo moderno.

Predicciones y Relevancia Global de los Modelos.

Los modelos estadísticos desarrollados permiten realizar predicciones sobre la probabilidad de ocurrencia de los saberes matemáticos comunitarios y ancestrales en función de las variables consideradas. En el modelo de longitud, por ejemplo, se predice que un incremento en la edad de 10 años se asocia con una disminución significativa en el valor de Y_1 , lo que indica que los saberes se vuelven más representativos a partir de una determinada edad, probablemente cuando el estudiante comienza a participar activamente en las actividades tradicionales de la comunidad.

Asimismo, el modelo predice que las niñas, en comparación con los niños, tienen una mayor probabilidad de retener estos saberes, debido a su mayor involucramiento en las prácticas culturales locales.

En el modelo de volumen, la predicción muestra que, sin la influencia de factores externos, ningún saber matemático sobre volumen se presenta como representativo. Sin embargo, la pertenencia a una comunidad específica y la participación en actividades escolares pueden modificar modestamente este valor, indicando que, a nivel de volumen, los saberes tradicionales tienden a permanecer estables, pero su relevancia puede verse comprometida en contextos educativos orientados a la preparación formal para niveles superiores.

Implicaciones para la Política Pública y Reestructuración Educativa.

Estos hallazgos tienen importantes implicaciones para la formulación y reestructuración de la política pública educativa, especialmente en el marco de la Nueva Escuela Mexicana. Es fundamental que las intervenciones pedagógicas no se centren exclusivamente en el contenido matemático formal, sino que reconozcan y valoren los saberes matemáticos tradicionales que emergen de las prácticas culturales de las comunidades rurales. La integración de la etnomatemática en el currículo puede fortalecer la identidad cultural de los estudiantes, fomentar la transmisión intergeneracional de conocimientos y promover una educación más inclusiva y contextualizada.

El uso de modelos estadísticos avanzados, como los desarrollados en esta investigación, ofrece una base empírica sólida que permite identificar con precisión los factores que inciden en la preservación y transmisión de estos saberes. La evidencia sugiere que el apego a la comunidad es un elemento crucial, junto con la influencia diferenciada de la escolaridad de los padres y la participación en actividades escolares. Estas variables deben ser consideradas al diseñar estrategias de intervención que buscan rescatar y fortalecer los saberes matemáticos comunitarios en las secuencias didácticas y programas de estudio.

Además, la integración de estrategias didácticas innovadoras, que incluyan el uso de materiales manipulativos y actividades contextuales que conecten el conocimiento formal con la práctica ancestral, se presenta como un componente clave para mejorar el aprendizaje en matemáticas. La implementación de estas estrategias debe ir acompañada de una formación docente especializada que fomente el uso de la etnomatemática, asegurando que los maestros cuenten con las herramientas necesarias para contextualizar y transmitir estos conocimientos de manera efectiva.

Los modelos estadísticos aplicados evidencian que la representatividad de los saberes matemáticos comunitarios y ancestrales depende de una interacción compleja entre factores individuales, familiares y contextuales. Estas conclusiones subrayan la imperiosa necesidad de reestructurar las políticas públicas educativas, integrando la etnomatemática de manera efectiva en la enseñanza formal. La adopción de estrategias didácticas innovadoras, la formación docente especializada, la participación activa de la comunidad y el uso de herramientas de evaluación rigurosas son esenciales para transformar el proceso educativo en México.

Solo a través de una acción coordinada y la reorientación de las políticas públicas se podrá construir un sistema educativo que no solo eleve el rendimiento en matemáticas, sino que también fortalezca la identidad cultural, promueva la inclusión y contribuya al desarrollo integral de los jóvenes, dotando al país de una base sólida para competir a nivel global.

Conclusiones finales

La presente investigación evidencia que el rezago en la educación matemática en México constituye un problema público crítico que afecta la formación de los jóvenes y limita la competitividad del país a nivel global. Los resultados de evaluaciones internacionales, como PISA 2022, muestran que el desempeño en matemáticas de México se encuentra considerablemente por debajo del promedio de los países de la OCDE. Esta brecha en el rendimiento no solo se refleja en resultados numéricos, sino que también agrava las desigualdades educativas, especialmente entre las poblaciones más desfavorecidas, lo que exige una intervención urgente en la política educativa nacional.

En el marco del Plan Nacional de Desarrollo 2019–2024 y el Programa Sectorial de Educación 2020–2024, se han planteado estrategias para transformar el sistema educativo. Estos lineamientos buscan reorientar el Sistema Educativo Nacional a través de una redistribución equitativa de recursos, la priorización del aprendizaje matemático, la implementación de evaluaciones diagnósticas nacionales y el fortalecimiento del papel de los docentes.

La política educativa actual se enfoca en garantizar que la educación sea accesible, inclusiva, de calidad, universal y laica, fundamentada en el respeto a la dignidad humana y a los derechos fundamentales. Los esfuerzos se orientan a combatir problemas estructurales como la inequidad en la distribución de recursos y la falta de participación social en la formulación y evaluación de las políticas educativas.

La Nueva Escuela Mexicana (NEM) se erige como un modelo transformador que busca la regeneración moral del país, promoviendo valores como la honestidad, la ética, la libertad y la confianza. Este enfoque dual combina la pertinencia educativa, adaptándose a los contextos sociales, culturales, económicos y geográficos de los estudiantes, con la promoción de la inclusión y la corresponsabilidad en el ámbito educativo.

La NEM enfatiza la importancia de la participación activa de docentes, estudiantes, familias y comunidades en la construcción de una educación integral, capaz de formar ciudadanos críticos, éticos y comprometidos con la transformación social. En este sentido, la revalorización del papel del docente como agente de cambio y la integración de la tecnología

y la cultura digital se presentan como pilares esenciales para modernizar la enseñanza y mejorar el proceso de aprendizaje.

Por otro lado, la etnomatemática se presenta como una alternativa enriquecedora y necesaria en la enseñanza de las matemáticas. Este enfoque, impulsado por Ubiratan D'Ambrosio y otros autores, desafía la noción de una matemática universal y reconoce que los saberes matemáticos son construcciones culturales. La incorporación de saberes ancestrales y comunitarios en el aula permite contextualizar el aprendizaje, haciendo que los estudiantes se reconozcan en la tradición y las prácticas de sus comunidades.

Estudios en América Latina han demostrado que integrar estas perspectivas no solo enriquece el conocimiento matemático, sino que también favorece una educación intercultural que promueve la inclusión y la diversidad. Este enfoque tiene el potencial de mejorar la comprensión y el rendimiento en matemáticas, al conectar el conocimiento formal con la experiencia y la identidad cultural de los estudiantes.

La aplicación de técnicas de muestreo probabilístico, mediante el muestreo aleatorio simple y el muestreo por etapas permitió conformar una muestra representativa de 160 estudiantes de sexto grado, seleccionados de una población total de 5451 estudiantes distribuidos en 134 escuelas de los municipios de Acaxochitlán, Zempoala y Pachuca este procedimiento, al dividir la población en grupos homogéneos según la ubicación geográfica y el tipo de escuela, aseguro que se capturara la diversidad y variabilidad del contexto, minimizando sesgos y garantizando que los resultados pudieran extrapolarse con validez y confiabilidad al conjunto de la población.

Asimismo, la metodología utilizada refleja los principios de equidad e inclusión de la NEM, al dar a cada estudiante la misma oportunidad de ser considerado y visibilizar las particularidades territoriales y culturales de cada región. De esta manera, los hallazgos de la investigación no solo constituyen evidencia sólida para la generalización de resultados, sino que también aportan información clave para la toma de decisiones educativas contextualizadas que fortalezcan la pertinencia y la equidad del sistema educativo.

El uso de metodologías estadísticas robustas, como la aplicación de modelos lineales generalizados y la regresión de Poisson o la Regresión Binomial Negativa, representa otro pilar de la investigación. Estos modelos permiten analizar datos complejos y variables de conteo en contextos donde los supuestos tradicionales de normalidad y homocedasticidad no

se cumplen. La aplicación de funciones de enlace específicas, como la raíz cuadrada para saberes sobre longitud y el logaritmo natural para saberes sobre volumen, ha permitido identificar variables clave que influyen en la representatividad de los saberes matemáticos comunitarios y ancestrales.

Los hallazgos indican que factores como la edad, el sexo (con especial relevancia en las mujeres), la comunidad de origen, la escolaridad de los padres y las actividades escolares juegan roles determinantes. Por ejemplo, el análisis del modelo de longitud sugiere que la comunidad es el factor de mayor peso, reforzando la idea de que el apego a la comunidad es fundamental para la transmisión y arraigo de estos saberes tradicionales. Asimismo, la escolaridad del padre muestra una influencia positiva en la preservación de dichos conocimientos, indicando la relevancia de la transmisión intergeneracional.

En el modelo de saberes sobre volumen, se observó que, si bien la comunidad ejerce un impacto moderado, la edad tiende a estabilizar la representatividad de los saberes, y las actividades escolares tienen un efecto que sugiere que la orientación educativa hacia niveles superiores puede contribuir a la pérdida de estos saberes en el entorno comunitario. Es decir, a medida que los estudiantes se preparan para salir a estudiar en otros contextos, los saberes matemáticos tradicionales relacionados con la medición de volumen parecen relegarse en su importancia. Este hallazgo subraya la necesidad de integrar estrategias pedagógicas que no solo refuercen el conocimiento formal, sino que también valoren y preserven los saberes ancestrales propios de las comunidades.

Esta investigación proporciona una base sólida para la formulación de políticas públicas que buscan una transformación en la educación matemática, al demostrar que los saberes matemáticos comunitarios y ancestrales constituyen un recurso pedagógico con un alto valor cultural y formativo. Es indispensable reestructurar las políticas actuales para priorizar no solo el aprendizaje formal de las matemáticas, sino también su articulación con prácticas cotidianas y tradicionales que fortalecen la identidad de los estudiantes y fomentan la pertenencia del conocimiento.

La integración de la etnomatemática, respaldada por un análisis riguroso de variables demográficas y contextuales, como la edad, el género, la comunidad y la escolaridad de los padres revela la importancia de reconocer las particularidades territoriales y culturales en el diseño curricular. Este enfoque permite que los resultados de la enseñanza reflejen la

diversidad social y regional de Hidalgo, tal como lo impulsa la NEM. Además, la evidencia obtenida a partir de la aplicación de modelos estadísticos, el uso de técnicas de muestreo probabilístico y la identificación de factores determinantes en la preservación de saberes matemáticos, ofrece un marco de referencia confiable para orientar decisiones educativas.

De este modo, la etnomatemática se presenta como una alternativa viable para lograr una educación más equitativa, inclusiva y competitiva, capaz de responder a los retos actuales y de garantizar igualdad de oportunidades para todos los estudiantes, sin importar su origen o contexto sociocultural.

Los resultados confirman que mejorar la educación matemática en México requiere un enfoque integral que combine la revisión y reorientación de políticas públicas, la implementación de estrategias didácticas innovadoras y el uso de metodologías estadísticas avanzadas para evaluar y reforzar el aprendizaje. Solo a través de una acción coordinada entre el Estado, las instituciones educativas y las comunidades se podrá avanzar hacia un sistema educativo que no solo eleve el rendimiento en matemáticas, sino que también fomente el desarrollo integral, la identidad cultural y la transformación social, aspectos fundamentales para el progreso del país a nivel global.

Anexos

Programa en R.

```
#####---MODELOS DE SABERES MATEMATICO---#####
```

```
#---REGRESION DE Yn1
```

```
##Cargar librerias##
```

```
library(lmtest)
```

```
library(MASS)
```

```
library(car)
```

```
library(faraway)
```

```
library(nortest)
```

```
library(ggplot2)
```

```
library(psych)
```

```
library(moments)
```

```
library(corrplot)
```

```
#####---MODELOS DE SOBRE LONGITUD
```

```
##-Modelo poisson
```

```
M1 = glm((Yn1+3)~X1+X2+X3+X4+X5+X6+X7+X8+X9+X10+X11o,
```

```
data.frame(BaseM),
```

```
family = poisson(link = "identity"))
```

```
summary(M1)
```

```
M2 = glm((Yn1+3)~X1+X2+X3+X4+X5+X6+X7+X8+X9+X10+X11o,
```

```
data.frame(BaseM),
```

```
family = poisson(link = "log"))
```

```
summary(M2)
```

```
M3      =      glm((Yn1+3)~X1+X2+X3+X4+X5+X6+X7+X8+X9+X10+X11o,  
data.frame(BaseM),  
      family = poisson(link = "sqrt"))
```

```
summary(M3)
```

```
M4      =      glm((Yn1+3)~X1+X2+X3+X4+X5+X6+X7+X8+X9+X10+X11o,  
data.frame(BaseM),  
      family = poisson(link = "inverse"))
```

```
summary(M4)
```

```
##-Modelo quasipoisson
```

```
M5      =      glm((Yn1+3)~X1+X2+X3+X4+X5+X6+X7+X8+X9+X10+X11o,  
data.frame(BaseM),  
      family = quasipoisson(link = "identity"))
```

```
summary(M5)
```

```
M6      =      glm((Yn1+3)~X1+X2+X3+X4+X5+X6+X7+X8+X9+X10+X11o,  
data.frame(BaseM),  
      family = quasipoisson(link = "log"))
```

```
summary(M6)
```

```
M7      =      glm((Yn1+3)~X1+X2+X3+X4+X5+X6+X7+X8+X9+X10+X11o,  
data.frame(BaseM),  
      family = quasipoisson(link = "sqrt"))
```

```
summary(M7)
```

```
M8      =      glm((Yn1+3)~X1+X2+X3+X4+X5+X6+X7+X8+X9+X10+X11o,  
data.frame(BaseM),
```

```
family = quasipoisson(link = "inverse"))
summary(M8)
```

```
##-Modelo binomial negativo
```

```
M9      =      glm.nb((Yn1+3)~X1+X2+X3+X4+X5+X6+X7+X8+X9+X10+X11o,
data.frame(BaseM),
      link = "identity")
summary(M9)
```

```
M10     =      glm.nb((Yn1+3)~X1+X2+X3+X4+X5+X6+X7+X8+X9+X10+X11o,
data.frame(BaseM),
      link = "log")
summary(M10)
```

```
M11     =      glm.nb((Yn1+3)~X1+X2+X3+X4+X5+X6+X7+X8+X9+X10+X11o,
data.frame(BaseM),
      link = "sqrt")
summary(M11)
```

```
M12     =      glm.nb((Yn1+3)~X1+X2+X3+X4+X5+X6+X7+X8+X9+X10+X11o,
data.frame(BaseM),
      link = "inverse")
summary(M12)
```

```
#--Comparación de modelos
```

```
AIC(M2,M3,M4,M6,M7,M8,M10,M11,M12)
```

```
BIC(M2,M3,M4,M6,M7,M8,M10,M11,M12)
```

```
#-El mejor modelo es el M11
```

```
summary(M11)
```

```
#--Sin X4
```

```
M11A = glm.nb((Yn1+3)~X1+X2+X3+X5+X6+X7+X8+X9+X10+X11o,  
data.frame(BaseM),  
link = "sqrt")  
summary(M11A)
```

```
#--Sin X5
```

```
M11B = glm.nb((Yn1+3)~X1+X2+X3+X6+X7+X8+X9+X10+X11o, data.frame(BaseM),  
link = "sqrt")  
summary(M11B)
```

```
#--Sin X7
```

```
M11C = glm.nb((Yn1+3)~X1+X2+X3+X6+X8+X9+X10+X11o, data.frame(BaseM),  
link = "sqrt")  
summary(M11C)
```

```
#--Sin X6
```

```
M11D = glm.nb((Yn1+3)~X1+X2+X3+X8+X9+X10+X11o, data.frame(BaseM),  
link = "sqrt")  
summary(M11D)
```

```
#--Sin X10
```

```
M11E = glm.nb((Yn1+3)~X1+X2+X3+X8+X9+X11o, data.frame(BaseM),  
link = "sqrt")  
summary(M11E)
```

```
#--Ajuste del modelo
```

```
#Devianza
```

```
Dev = ((220.57-173.09)/220.57)
```

```
Dev
```

```
#Ajuste de grados de libertad
```

```
1-pchisq(173.09,153) # - se aproxima a una X2
```

```
pchisq(M11E$deviance, df=M11E$df.residual, lower.tail=FALSE)
```

```
par(mfrow=c(2,2))
```

```
plot(M11E)
```

```
####---MODELOS DE SOBRE VOLUMEN
```

```
##-Modelo poisson
```

```
M13 = glm((Yn2)~X1+X2+X3+X4+X5+X6+X7+X8+X9+X10+X11, data.frame(BaseM),  
          family = poisson(link = "identity"))
```

```
summary(M13)
```

```
M14 = glm((Yn2)~X1+X2+X3+X4+X5+X6+X7+X8+X9+X10+X11, data.frame(BaseM),  
          family = poisson(link = "log"))
```

```
summary(M14)
```

```
M15 = glm((Yn2)~X1+X2+X3+X4+X5+X6+X7+X8+X9+X10+X11, data.frame(BaseM),  
          family = poisson(link = "sqrt"))
```

```
summary(M15)
```

```
M16 = glm((Yn2)~X1+X2+X3+X4+X5+X6+X7+X8+X9+X10+X11, data.frame(BaseM),  
          family = poisson(link = "inverse"))
```

```
summary(M16)
```

##-Modelo quasipoisson

```
M17 = glm((Yn2)~X1+X2+X3+X4+X5+X6+X7+X8+X9+X10+X11, data.frame(BaseM),  
  family = quasipoisson(link = "identity"))  
summary(M17)
```

```
M18 = glm((Yn2)~X1+X2+X3+X4+X5+X6+X7+X8+X9+X10+X11, data.frame(BaseM),  
  family = quasipoisson(link = "log"))  
summary(M18)
```

```
M19 = glm((Yn2)~X1+X2+X3+X4+X5+X6+X7+X8+X9+X10+X11, data.frame(BaseM),  
  family = quasipoisson(link = "sqrt"))  
summary(M19)
```

```
M20 = glm((Yn2)~X1+X2+X3+X4+X5+X6+X7+X8+X9+X10+X11, data.frame(BaseM),  
  family = quasipoisson(link = "inverse"))  
summary(M20)
```

##-Modelo binomial negativo

```
M21      =      glm.nb((Yn2)~X1+X2+X3+X4+X5+X6+X7+X8+X9+X10+X11,  
data.frame(BaseM),  
  link = "identity")  
summary(M20)
```

```
M22      =      glm.nb((Yn2)~X1+X2+X3+X4+X5+X6+X7+X8+X9+X10+X11,  
data.frame(BaseM),  
  link = "log")  
summary(M22)
```

```
M23 = glm.nb((Yn2)~X1+X2+X3+X4+X5+X6+X7+X8+X9+X10+X11,  
data.frame(BaseM),  
link = "sqrt")  
summary(M23)
```

```
M24 = glm.nb((Yn2)~X1+X2+X3+X4+X5+X6+X7+X8+X9+X10+X11,  
data.frame(BaseM),  
link = "inverse")  
summary(M24)
```

```
#--Comparación de modelos
```

```
AIC(M14,M18,M22)
```

```
BIC(M14,M18,M22)
```

```
#eL MEJOR MODELO ES EL M22
```

```
summary(M22)
```

```
# sin X4
```

```
M22A = glm.nb((Yn2)~X1+X2+X3+X5+X6+X7+X8+X9+X10+X11o,  
data.frame(BaseM),  
link = "log")  
summary(M22A)
```

```
# sin X5
```

```
M22B = glm.nb((Yn2)~X1+X2+X3+X6+X7+X8+X9+X10+X11o, data.frame(BaseM),  
link = "log")  
summary(M22B)
```

```
# sin X6
```

```
M22C = glm.nb((Yn2)~X1+X2+X3+X7+X8+X9+X10+X11o, data.frame(BaseM),
```

```

        link = "log")
summary(M22C)

# sin X7
M22D = glm.nb((Yn2)~X1+X2+X3+X8+X9+X10+X11o, data.frame(BaseM),
        link = "log")
summary(M22D)

# sin X8
M22E = glm.nb((Yn2)~X1+X2+X3+X9+X10+X11o, data.frame(BaseM),
        link = "log")
summary(M22E)

# sin X10
M22G = glm.nb((Yn2)~X1+X2+X3+X9+X11o, data.frame(BaseM),
        link = "log")
summary(M22G)

# sin X9
M22H = glm.nb((Yn2)~X1+X2+X3+X11o, data.frame(BaseM),
        link = "log")
summary(M22H)

# sin X2
M22I = glm.nb((Yn2)~X1+X3+X11o, data.frame(BaseM),
        link = "log")
summary(M22I)

#--Ajuste del modelo

```

```
#Devianza
```

```
Dev1 = ((199.88-179.88)/199.88)
```

```
Dev1
```

```
#Ajuste de grados de libertad
```

```
1-pchisq(179.88,156) # - se aproxima a una X2
```

```
pchisq(M22I$deviance, df=M22I$df.residual, lower.tail=FALSE)
```

```
par(mfrow=c(2,2))
```

```
plot(M22I)
```

Referencias bibliográficas

- Aguilar, V. L. F. (2012). *Política pública*. Siglo XXI Editores.
- Akaike, H. (1974). A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 19(6), 716-723. <https://doi.org/10.1109/TAC.1974.1100705>
- Alvarez-Gayou, J. J. L. (2003). *Cómo hacer investigación cualitativa. Fundamentos y metodología*. Paidós Mexicana.
- Arias, C. J. E., Ceballos, M. R., Otálvaro, M. B., Córdoba, H. L. T., & Martínez, S. A. M. (2015). La participación ciudadana en la implementación de las políticas educativas en Colombia *Cuadernos de Administración*, 31(53), 130-139.
<https://www.redalyc.org/pdf/2250/225040779012.pdf>
- Artigue, M., & Douady, R. (1995). *Ingeniería didáctica en educación matemática: Un esquema para la investigación y la innovación en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas*. Una empresa docente; Editorial Iberoamericana S.A de C.V.
https://isfdajullon-lrj.infed.edu.ar/aula/archivos/repositorio/750/926/Ingenieria_didactica_de_Artigue_recorte.pdf
- Ávila, A. (2014). La etnomatemática en la educación indígena: así se concibe, así se pone en práctica. *Revista Latinoamericana de Etnomatemática*, 7(1), 19-49.
<https://biblat.unam.mx/hevila/RLERevistalatinomeicanadeetnomatematica/2014/vol7/no1/2.pdf>
- Bangura, A. (2001). George Gheverghese Joseph, *The Crest of the Peacock: Non-European Roots of Mathematics* (2nd. ed., London: Penguin Books, 2000). *Nexus Network Journal* 3(2), 189-192. <https://doi.org/10.1007/s00004-001-0033-6>
- Bizarro F. W. (2020). Matemática intercultural en la transformación de la práctica pedagógica y la mejora de los aprendizajes. *Voces De La Educación*, 5(9), 325-338.
<https://www.revista.vocesdelaeducacion.com.mx/index.php/voces/article/view/184/190>
- Blanco, A. H. (2008). La integración de la etnomatemática en la etnoeducación. ResearchGate.
https://www.researchgate.net/publication/279649547_La_integracion_de_la_etnomatematica_en_la_etnoeducacion

- Bryman, A. (2016). *Social research methods*. Oxford University Press.
- Chamorro, M., Belmonte, J., Llinares, S., Ruíz, M., & Vecino, F. (2008). *Didáctica de las Matemáticas para Primaria*. Pearson Prentice Hall. (Como se citó en González et al., (2014)
- Congreso de la Ciudad de México, II Legislatura, Comisión De Educación. (2019). *Reporte de Investigación: Políticas educativas (1970-2024) Las “reformas educativas”: Entre la continuidad y el cambio*.
<http://iilegislativas.congresocdmx.gob.mx/wp-content/uploads/2024/08/Proyecto-de-Investigacion-CE-Reformas-Educativas-1970-2024.pdf>
- Corberán, R. (1996). El Área, recursos didácticos para su enseñanza en primaria. En O. Mourut (Ed.), *Procesos de transferencia de resultados de investigación de aula: El caso del bajo rendimiento escolar en matemáticas* (pp. 1-87). CINVESTAV. (Como se citó en González et al., (2014).
- D'Ambrosio, U. (1998). *Etnomatemática: Arte ou técnica de explicar e conhecer* (5a ed.). Ática.
- D'Ambrosio, U. (2005). Sociedade, cultura, matemática e seu ensino. *Educação e Pesquisa*, 31(1), 99-120.
<https://www.scielo.br/j/ep/a/TgJbqssD83ytTNYxnPGBTcw/?format=pdf&lang=pt>
- D'Ambrosio, U. (2011). *Etnomatemática: elo entre as tradições e a modernidade* (4a ed.). Autêntica Editora.
- D'Ambrosio, U. (2013). *Etnomatemáticas. Entre las tradiciones y la modernidad*. Ediciones Díaz de Santos.
- D'Ambrosio, U. (2018). Etnomatemática, justiça social e sustentabilidade. *Estudos Avançados*, 32 (94), 189–204. <https://doi.org/10.1590/s0103-40142018.3294.0014>
- Del Olmo, M., Moreno, M., & Gil, F. (1993). *Superficie y Volumen. ¿Algo más que el Trabajo con Fórmulas?* Síntesis. (Como se citó en González et al., (2014).
- Diario Oficial de la Federación. (2019). *Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024*. Secretaria de Gobernación.
https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5565599&fecha=12/07/2019#gsc.tab=0
- Diario Oficial de la Federación. (2019). Ley General de Educación (Última Reforma DOF 01-04-2024. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión.
<https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGE.pdf>

Diario Oficial de la Federación. (2020). *Programa Sectorial de Educación 2020-2024*. Secretaría de Educación Pública.

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/562380/Programa Sectorial de Educacion_2020-2024.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/562380/Programa_Sectorial_de_Educacion_2020-2024.pdf)

Fontana, A., & Frey, J. H. (2005). The interview: From structured questions to negotiated text. En N. K. Denzin & Y. S. Lincoln (Eds.), *The Sage Handbook of Qualitative Research* (3a ed., pp. 695-728). Sage Publications.

Gerdes, P. (1999). *Geometry from Africa: Mathematical and educational exploration*. Mathematical Association of America.

Gobierno de México. (2019). *Nueva escuela mexicana digital*. Gobierno de México. <https://nuevaescuelamexicana.sep.gob.mx/>

González M., Santa R. & Londoño C. (2014). Comprensión de algunos conceptos geométricos en el contexto de la agricultura del café. *Revista Latinoamericana de Etnomatemática*, 7(2), 61-80. <https://www.redalyc.org/pdf/2740/274031870005.pdf>

Gudynas, E. (2011). Buen Vivir: Germinando alternativas al desarrollo. *América Latina en movimiento*, 464, 74-79.

<https://www.gudynas.com/publicaciones/articulos/GudynasBuenVivirGerminandoALAI11.pdf>

Gvirtz, S., & Palamidessi, M. (1998). *El ABC de la tarea docente: Curriculum y enseñanza*. Aique Grupo Editor.

Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6a ed.). McGraw-Hill.

Hogwood, B. W., & Gunn, L. A. (1984). *Policy analysis for the real world*. Oxford University Press.

Instituto Mexicano para la competitividad (IMCO). (2023). *PISA 2022: Dos de cada tres estudiantes en México no alcanzan el nivel básico de aprendizajes en Matemáticas*. <https://imco.org.mx/pisa-2022-dos-de-cada-tres-estudiantes-en-mexico-no-alcanzan-el-nivel-basico-de-aprendizajes-en-matematicas/>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). *Criterios de clasificación y definiciones de localidades*. <https://www.inegi.org.mx/temas/localidades/>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2022). *Indicador Trimestral de la Actividad Económica Estatal (ITAE), PIB y Cuentas Nacionales, 2T, 2022*.

https://www.inegi.org.mx/temas/itae/#Informacion_general

Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE). (2017). *Planea: Resultados nacionales, 3° de secundaria*.

http://planea.sep.gob.mx/content/general/docs/2017/RESULTADOS_NACIONALES_PLANEA2017.pdf.

Jimenez Bajaña, S. R., Crespo Peñafiel, M. F., Villamarín Barragán, J. G., Barragán Averos, M. D. L., Barragan Averos, M. B., Escobar Vite, E. A., & Bernal Párraga, A. P. (2024). Metodologías Activas en la Enseñanza de Matemáticas: Comparación en-tre Aprendizaje Basado en Problemas y Aprendizaje Basado en Proyectos. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(3), 6578-6602. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11843

Katayama, O. R. J. (2014). *Introducción a la Investigación Cualitativa: Fundamentos, métodos, estrategias y técnicas*. Fondo Editorial de la UIGV.

Kvale, S. (1996). *InterViews: An Introduction to Qualitative Research Interviewing*. Sage Publications.

Lesh, R., & Doerr, H. M. (2003). Foundations of a Models and Modeling Perspective on Mathematics Teaching, Learning, and Problem Solving. En R. Lesh & H. M. Doerr (Eds.), *Beyond Constructivism: Models and Modeling Perspectives on Mathematics Problem Solving*. Lawrence Erlbaum Associates.

Mandeville, P. B. (2010). Tema 22: Muestreo multietápico. *Ciencia UANL*, 13(1), 102-105. <https://www.redalyc.org/pdf/402/40211897016.pdf>

Martínez, M. A., & Morales, J. (2007). *Modelos lineales generalizados: Una aplicación a la educación*. Universidad Miguel Hernández.

Micalco, M. & Villaseñor M. (2017). *Etnomatemática: un enfoque para la formación docente*. Congreso Nacional de Investigación Educativa, COMIE.

<https://www.comie.org.mx/congreso/memoriaelectronica/v14/doc/2203.pdf>

Ministerio de Agricultura y Ganadería. República del Ecuador. (2021). *Modulo 1. Prácticas y saberes ancestrales del sistema agroalimentario*.

<https://serviciosafc.mag.gob.ec/wp-content/uploads/2023/09/E1-1-Modulo-Saberes-Ancestrales-2.pdf>

- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227-232.
<https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf>
- Periódico Oficial del Estado de Hidalgo. (2023). *Plan estatal de desarrollo 2022-2028. Alcance Cuarenta y uno. Núm. 52.*
https://periodico.hidalgo.gob.mx/?tribe_events=Periodico-Oficial-Alcance-41-del-01-de-enero-de-2023
- Powell, A. (2007). Caleb Gattegno (1911-1988): A famous mathematics educator from Africa?. *Revista Brasileira de História da Matemática*.
<https://doi.org/10.47976/RBHM2007vn17>
- Pozo, J. I. (2008). *Aprendices y maestros: la nueva cultura del aprendizaje*. Alianza Editorial.
- Quintriqueo, S., & Torres, H. (2012). Distancia entre el conocimiento mapuche y el conocimiento escolar en contexto mapuche. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 14(1), 16-33. <https://redie.uabc.mx/redie/article/view/292>
- Radford, L. (2003). Gestures, Speech, and the Sprouting of Signs: A Semiotic-Cultural Approach to Students Types of Generalization. *Mathematical Thinking and Learning*, 5(1), 37-70.
- Radford, G. (2008). The ethics of being and knowing: Towards a cultural theory of learning. En L. Radford, G. Schubring, & F. Seeger, (Eds.), *Semiotics in mathematics education epistemology, history, classroom, and culture* (pp. 215-234). Sense Publishers.
- Rodríguez, T. A., & Sicchar, V. M. (2017). Las organizaciones indígenas peruanas, pioneras de la educación intercultural bilingüe. *Voces De La educación*, 2(3), 98.
<https://www.revista.vocesdelaeducacion.com.mx/index.php/voces/article/view/39/37>
- Rodríguez, Z. J., Marín, T. M. C., & González, G. M. J. (2023). Transmisión del conocimiento herbolario y sus beneficios en la comunidad mazahua otomí, Estado de México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 20(3), 347-363.
<https://doi.org/10.22231/asyd.v20i3.1537>
- Rubin, H. J., & Rubin, I. S. (2011). *Qualitative interviewing: The art of hearing data* (2a ed.). Sage Publications.
- Sabatier, P. A. (2007). *Theories of the policy process* (2nd ed.). Westview Press.

Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2019). *Research methods for business students*. Pearson Education.

Schwarz, G. (1978). Estimating the dimension of a model. *The Annals of Statistics*, 6(2), 461–464.
<https://doi.org/10.1214/aos/1176344136>.

Secretaría de Educación Pública (SEP). (2019). *La Nueva Escuela Mexicana: principios y orientaciones pedagógicas*. SEP.
<https://dfa.edomex.gob.mx/sites/dfa.edomex.gob.mx/files/files/NEM%20principios%20y%20orientacio%C3%ADn%20pedago%C3%ADgica.pdf>

Secretaría de Educación Pública (SEP). (2019). *Nueva Escuela Mexicana*.
<https://www.gob.mx/sep/nueva-escuela-mexicana>

Secretaría de Educación Pública (SEP). (2022). *Plan de Estudio para la educación preescolar, primaria y secundaria*.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/792397/plan_de_estudio_para_la_educacion_preescolar_primaria_secundaria_2022.pdf

Secretaría de Educación Pública (SEP). (2023). *Sistema Interactivo de Consulta de Estadística Educativa*.
<http://planeacion.sep.gob.mx/principalescifras/>

Taha, H. A. (2012). *Investigación de operaciones*. Pearson Educación.

Tamayo, C. & Jaramillo, D. (2015). (Re)significación del currículo escolar indígena, relativo al conocimiento [matemático], desde y para las prácticas sociales: el caso de los maestros indígenas Dule de la comunidad de Alto Caimán.
https://www.researchgate.net/publication/281461441_RESIGNIFICACION_DEL_CURRICULO_ESCOLAR_INDIGENA_RELATIVO_AL_CONOCIMIENTO_MATEMATICO_DESDE_Y_PARA_LAS_PRACTICAS_SOCIALES_EL_CASO_DE_LOS_MAESTROS_INDIGENAS_DULE_DE_LA_CUMUNIDAD_DE_ALTO_CAIMAN

UNESCO. (2019). *Informe mundial de seguimiento de la educación 2019. Migración, desplazamiento y educación: construir puentes, no muros*. UNESCO.
https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000265996_spa?posInSet=3&queryId=c56eb3d7-b6b2-484c-95b2-977257832cff