

## El cómputo ludoeducativo para la revitalización del náhuatl: diseño y evaluación de una herramienta interactiva para niños de primaria

### Ludoeducational computing for the revitalization of Nahuatl: design and evaluation of an interactive tool for primary school children

Alejandro Sampedro Mendoza<sup>1</sup>, Manuel Alejandro Ojeda-Misses<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Área de Comunicación, Unidad Académica Profesional Huehuetoca, Universidad Autónoma del Estado de México, La Cañada, CP. 54680 Huehuetoca, Estado de México, México. [asampedrom@uaemex.mx](mailto:asampedrom@uaemex.mx)

<sup>2</sup> Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Área Académica de Computación y Electrónica, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca-Hidalgo, CP. 42184, México. [manuel\\_ojeda@uaeh.edu.mx](mailto:manuel_ojeda@uaeh.edu.mx)

\*Autor de correspondencia

## Resumen

### Palabras clave:

Aplicación; cómputo; didáctica; juego; náhuatl.

Este artículo presenta el diseño, implementación y evaluación de una plataforma ludoeducativa para el aprendizaje del náhuatl en niños de educación básica. La herramienta integra un juego educativo y un traductor automático que integra el cómputo inteligente, la didáctica y las ciencias del juego. Fue puesta en marcha en una escuela primaria mexicana en el estado de Hidalgo, donde se observaron mejoras en el aprendizaje del idioma y una alta usabilidad, con una puntuación de 84.7 en la *System Usability Scale*. Estos resultados evidencian que el cómputo ludoeducativo es una estrategia eficaz para fortalecer el aprendizaje lingüístico y contribuir a la preservación de la identidad cultural. Asimismo, se identificaron áreas de mejora, como el diseño visual y la inclusión de más recursos multimedia. La herramienta se propone como un modelo replicable para otras lenguas en riesgo.

## Abstract

### Keywords:

Application; computing; didactics; game; nahuatl.

This article presents the design, implementation, and evaluation of a ludic-educational platform for learning Nahuatl among elementary school children. The tool integrates an educational game and an automatic translator, combining intelligent computing, didactics, and game science to provide a personalized learning experience. It was implemented in a Mexican primary school in the state of Hidalgo, where improvements in language learning and high usability were observed, achieving a score of 84.7 on the *System Usability Scale*. These results demonstrate that ludic-educational computing is an effective strategy to enhance language learning and contribute to the preservation of cultural identity. Additionally, areas for improvement were identified, such as visual design and the inclusion of more multimedia resources. The tool is proposed as a replicable model for other endangered languages.

Recibido: 07 de agosto de 2025

Aceptado: 12 de marzo de 2026

Publicado: 27 de mayo de 2026

**Cómo citar:** Sampedro, A.; & Ojeda-Misses, M. A. (2026). El cómputo ludoeducativo para la revitalización del náhuatl: diseño y evaluación de una herramienta interactiva para niños de primaria. *Acta Universitaria*, 36, e4749. doi: <http://doi.org/10.15174/au.2026.4749>

## Introducción

En México, con base en el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2025), 39.2 millones de personas se identifican como indígenas, 7.4 millones de personas con 3 años de edad y más hablan alguna lengua indígena, y 7 millones cumplen con ambas condiciones. Las entidades con mayor proporción de población indígena son Oaxaca, Yucatán, Chiapas, Guerrero y Quintana Roo. La población que se autorreconoce como indígena y, además, hablaba al menos una lengua indígena representó el 5.6% de la población de 3 años y más, este porcentaje varió ampliamente por entidad federativa. En el caso particular del estado de Hidalgo, el 11.1% son población indígena (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, [INEGI], 2025), lo que corresponde a 777 000 habitantes. Por otro lado, el INEGI, (2025) considera que la población de 10 a 14 años entre mujeres y hombres es del 7.6%; es decir, se estima que hay 59 052 niños y niñas que cumplen ambas condiciones.

Asimismo, con base en datos del Censo de Población y Vivienda 2020 (INEGI, 2020; Periódico Oficial del Estado de Hidalgo, 2025), la población del estado de Hidalgo ascendía a 3 082 841 habitantes, de los cuales 584 693 se identificaron como parte de hogares indígenas, lo que representa aproximadamente el 19% de la población total. Las comunidades indígenas en Hidalgo se concentran principalmente en tres regiones geoculturales: la Huasteca, el Valle del Mezquital y la Sierra Otomí-Tepehua. Además, 45 municipios del estado son reconocidos como pueblos o comunidades indígenas, según el artículo 4º de la Ley de Derechos y Cultura Indígena para el Estado de Hidalgo. Los cinco municipios con el mayor porcentaje de población indígena (igual o superior al 90%) son: Xochiatipan (98%), Yahualica (92%), Huazalingo (92%), Huautla (91%) y Jaltocán (90%).

Con base en el reporte del Periódico Oficial del Estado de Hidalgo (2025), en cuanto a la población que habla lengua indígena, el estado se posiciona como la quinta entidad con mayor porcentaje de hablantes, con un 12.3% de la población de 3 años de edad y más, además de que ocupa el octavo lugar por número absoluto de hablantes, con 362 629 personas. Del total de hablantes, 28 497 personas (7.9%) no hablan español. Las lenguas más habladas en el estado son náhuatl (64%), otomí o hñähñu (33.2%) y tepehua (0.5%). Por sexo, el 52% de los hablantes son mujeres y el 48% son hombres. Los cinco municipios con el mayor porcentaje de hablantes de lengua indígena son: Xochiatipan (91%), Yahualica (79%), Huazalingo (78%), Jaltocán (74%) y Atlapexco (70%).

En términos de condiciones socioeconómicas, el 41.0% de la población de Hidalgo se encontraba en situación de pobreza, según los informes del Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) 2016-2022, mientras que en los municipios indígenas este porcentaje aumenta al 55.5%, afectando a más de la mitad de sus habitantes. Para el año 2020, el 72.4% de la población indígena se encontraba en situación de pobreza y 76.2% recibía ingresos inferiores a la línea de pobreza extrema.

Adicionalmente, aproximadamente el 80% de las personas que hablan una lengua indígena viven en localidades de menos de 2500 habitantes, evidenciando una relación directa entre la presencia de población indígena y la marginación. La escasez de intérpretes y traductores, la limitada gestión de programas de desarrollo económico, la falta de acceso a alimentación adecuada y la insuficiencia de estrategias de salud preventiva repercuten directamente en las condiciones de vida de estas comunidades. Estas carencias reducen las oportunidades de desarrollo, generan problemas de nutrición y salud, y perpetúan situaciones de desigualdad al limitar el acceso a la justicia y a servicios esenciales en su lengua materna. Es importante resaltar que, aunque el Periódico Oficial del Estado de Hidalgo (Diario Oficial) publicado en 2025 contiene datos del INEGI correspondientes a 2020 —los cuales representan la información más precisa sobre las lenguas indígenas en el estado—, estos difieren de los datos más recientes del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2025), ya que estos últimos corresponden a la información oficial actualizada.

Se ha intentado contrarrestar estas problemáticas mediante diversas estrategias educativas, culturales y tecnológicas que fomentan su preservación y uso activo en distintos ámbitos. Una de las acciones más importantes es la implementación de programas de educación bilingüe y bicultural, que permiten enseñar tanto en la lengua indígena como en español. Esto incluye la creación de planes de estudio, libros de texto y materiales didácticos adaptados a cada idioma, garantizando que niños y jóvenes aprendan y mantengan su lengua materna.

Con respecto al náhuatl, investigaciones recientes han destacado el valor de las tecnologías interactivas como los juegos serios, los traductores automáticos y la realidad aumentada para fomentar el aprendizaje lúdico de la lengua y fortalecer la identidad cultural en comunidades escolares (Cardenas & Mayoral, 2023; Castillo Alarcon *et al.*, 2026). Además, se han desarrollado programas de alfabetización y formación comunitaria dirigidos a adultos y maestros locales. Estas iniciativas fortalecen la transmisión intergeneracional del idioma, asegurando que el conocimiento de la lengua se mantenga y se utilice dentro de las propias comunidades.

La incorporación de medios digitales y tecnologías también ha sido clave. Se han creado aplicaciones con traductores, plataformas y aplicaciones educativas y materiales multimedia (Van't Hooft & Aguilar Tamayo, 2011) que facilitan el aprendizaje y la práctica de las lenguas indígenas, incluyendo diccionarios digitales, cursos virtuales y herramientas de traducción (Mirón-Chacón *et al.*, 2017), lo que amplía las posibilidades de acceso y uso del idioma más allá del entorno comunitario.

Paralelamente, se han promovido proyectos culturales y lingüísticos que incluyen bibliotecas comunitarias, radios locales, festivales y registros de tradición oral. Estas iniciativas documentan y difunden cuentos, canciones y tradiciones en lengua indígena, fomentando su uso cotidiano y su valoración cultural (Thouvenot, 2023).

Finalmente, las políticas públicas y la legislación respaldan estos esfuerzos. Organismos como la Secretaría de Educación Pública (SEP) y el Instituto Nacional de Lenguas Indígenas (INALI, 2020) desarrollan estrategias para proteger las lenguas indígenas, promover su enseñanza y garantizar los derechos lingüísticos de las comunidades, asegurando que puedan acceder a servicios y justicia en su propio idioma.

Ante esta situación, el uso de las tecnologías digitales en el ámbito educativo emerge como una herramienta para vincular a los niños con su lengua y cultura mediante experiencias interactivas. Desde esa perspectiva, las disciplinas ludoeducativas, que buscan implementar aplicaciones computacionales con fines educativos mediante el juego, surgen como una alternativa para motivar y facilitar el aprendizaje en contextos escolares (Denning & Martell, 2015; Gros, 2007). En particular, la niñez es una etapa crítica para la adquisición de lenguas, ya que el cerebro infantil posee alta plasticidad y receptividad a nuevos estímulos lingüísticos (Da Silva & Signoret, 2005). Esto facilita la adquisición de lenguas indígenas como el náhuatl, fortaleciendo habilidades lingüísticas, cognitivas y de comprensión lectora, y sentando bases sólidas para el aprendizaje futuro de otras lenguas.

Por lo tanto, se propone en este trabajo el cómputo ludoeducativo como una disciplina que no solo hace uso de juegos digitales, sino también integra fundamentos pedagógicos y tecnologías inteligentes capaces de adaptarse a las características y necesidades individuales del alumno. Esta forma de cómputo incluye la representación computacional del conocimiento educativo, su dinamismo a través del juego y su personalización gracias a sistemas inteligentes (Bers, 2020; Krauss & Prottzman, 2020). Adicionalmente, la estrategia ha demostrado ser efectiva para revitalizar lenguas en riesgo, al contextualizar el aprendizaje desde lo significativo, lo emocional y lo cultural (Montes Santiago *et al.*, 2024).

En este contexto, establecer un vínculo explícito entre cómputo, lengua originaria y niñez, especialmente en estudiantes de educación primaria, resulta fundamental, puesto que es en las primeras etapas escolares cuando se consolidan las bases cognitivas, lingüísticas y culturales que favorecen la identidad y la permanencia de una lengua. Diversos estudios reportan que el uso de entornos lúdicos e interactivos incrementa la motivación, facilita la práctica oral y fortalece el sentido de pertenencia cultural en comunidades indígenas, mostrando mejoras en la retención de vocabulario y en la participación activa del alumnado (Bers, 2020; Chien *et al.*, 2022; Harbord *et al.*, 2022). Estas investigaciones subrayan que el co-diseño con hablantes nativos y la incorporación de contenidos culturales son factores decisivos para el éxito de las intervenciones. Por ello, desde la introducción de este trabajo se enfatiza la necesidad de articular el cómputo ludoeducativo con programas escolares de primaria como una vía prometedora para fortalecer la transmisión intergeneracional de las lenguas originarias.

Así, este artículo aborda el diseño y desarrollo de una herramienta ludoeducativa para niños de primaria que integra juegos lúdicos y un traductor automático de náhuatl. Asimismo, la herramienta pretende promover no solo el aprendizaje básico del idioma, sino también el aprecio y reconocimiento de su importancia cultural. En los apartados siguientes se analizan los fundamentos teóricos desde la didáctica y el aprendizaje, las ciencias del juego y el cómputo inteligente, desde un enfoque ludoeducativo, así como la implementación y perspectivas futuras.

## Marco teórico

### El cómputo ludoeducativo para el aprendizaje del náhuatl

El cómputo ludoeducativo tiene como objetivo el desarrollo de sistemas computacionales que integran objetivos didácticos, elementos lúdicos y capacidades inteligentes, con el propósito de generar experiencias significativas, motivantes y adaptativas en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Este enfoque combina la lógica formal del cómputo (Denning, 2001), el poder motivacional del juego (Gee, 2007; Prensky, 2001) y los principios pedagógicos del aprendizaje significativo (Ausubel, 1968). Se fundamenta en tres pilares conceptuales: el cómputo, el contexto lúdico y el contexto educativo. El cómputo aporta la estructura lógica y el procesamiento de información, lo lúdico introduce la dinámica del juego como medio de exploración y motivación, y lo educativo orienta estos elementos hacia el logro de competencias, habilidades y conocimientos específicos (Bers, 2020).

En ese sentido, el cómputo educativo se centra en el uso de tecnologías computacionales para mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje, mediante *software* educativo, simuladores, entornos virtuales y plataformas de aprendizaje adaptativo (Romero & Ventura, 2010). Por su parte, el cómputo lúdico enfatiza la creación de experiencias interactivas orientadas al entretenimiento, tales como videojuegos, simulaciones y mundos virtuales (Sweetser & Wyeth, 2005). El cómputo ludoeducativo, entonces, surge como una convergencia de ambos enfoques, al incorporar mecánicas de juego dentro de entornos computacionales educativos con el propósito de aumentar la motivación, la retención de contenidos y el aprendizaje activo (Anderson *et al.*, 2010).

Este enfoque ha cobrado relevancia en el contexto contemporáneo debido a su capacidad de responder a los desafíos de la educación del siglo XXI, donde se demandan metodologías más participativas, centradas en el estudiante, apoyadas por tecnologías digitales e inteligentes (Selwyn, 2016) y de la literacidad mediática multimodal. Además, se alinea con los postulados del constructivismo y del aprendizaje basado en el juego, que sostienen que el conocimiento se construye de manera más efectiva cuando el estudiante se involucra activamente en tareas significativas, motivadoras y contextualizadas (Krauss & Prottzman, 2020; Vygotsky, 1978).

En suma, el cómputo ludoeducativo representa una evolución en la intersección entre el cómputo inteligente, la didáctica y las ciencias del juego, para así ofrecer nuevas posibilidades de transformar los entornos educativos tradicionales en experiencias más dinámicas, interactivas y efectivas, al tiempo que se aprovechan los avances en inteligencia artificial, realidad aumentada y análisis de datos para personalizar y enriquecer la experiencia educativa (Johnson *et al.*, 2016).

El avance de las ciencias computacionales ha dado lugar a diversas ramas especializadas del cómputo, cada una orientada a resolver problemáticas específicas de interacción, automatización, personalización y contextualización. Entre ellas destaca el cómputo ubicuo, propuesto por Weiser, que busca integrar la tecnología de forma imperceptible y contextual al entorno cotidiano, posibilitando experiencias adaptativas y móviles en escenarios reales (Bezerra *et al.*, 2014; Weiser, 1991). A este se suman el cómputo cognitivo, orientado a emular procesos mentales humanos para apoyar la toma de decisiones; el cómputo afectivo, que interpreta emociones para personalizar la interacción; y el cómputo inteligente, que emplea algoritmos de inteligencia artificial y aprendizaje automático para construir sistemas autónomos capaces de adaptar contenidos, analizar datos y responder en tiempo real (Russell & Norvig, 2021).

En paralelo, otras formas de cómputo han emergido en función de las necesidades sociales, creativas y educativas. El cómputo visual y el cómputo espacial han revolucionado la manera en que se diseñan entornos inmersivos y de realidad aumentada, fundamentales para experiencias educativas sensoriales e interactivas (Billinghurst *et al.*, 2015). Asimismo, el cómputo social examina las dinámicas colaborativas en entornos digitales, permitiendo el diseño de plataformas donde el aprendizaje se da en comunidad. El cómputo creativo, por su parte, ha sido clave para el diseño de experiencias expresivas y personalizadas, muy utilizadas en pedagogías basadas en proyectos y narrativas digitales (Filchenkov *et al.*, 2023).

Más recientemente, se han desarrollado aproximaciones computacionales específicas para contextos educativos, como el cómputo educativo. Este campo engloba herramientas tecnológicas, plataformas interactivas y *software* de aprendizaje diseñados explícitamente con fines pedagógicos. En este marco se incluyen enfoques como la gamificación, los juegos serios y los entornos virtuales de aprendizaje (Zambrano *et al.*, 2020). Asimismo, el cómputo lúdico ha explorado el potencial del juego digital y de los juegos ubicuos como recursos motivadores para el aprendizaje informal y formal, donde el estudiante se involucra activamente a través de la exploración, la resolución de retos y la cooperación (Albrechtsen *et al.*, 2001).

No obstante, aún no se ha consolidado un campo teórico y metodológico que articule de manera integral los aportes del cómputo educativo, el cómputo lúdico, el cómputo inteligente, la didáctica contemporánea en una propuesta unificada y la problematización del juego como metáfora lúdica. Esta ausencia se hace especialmente visible en contextos donde el aprendizaje tiene implicaciones culturales, sociales y lingüísticas profundas, como es el caso de la enseñanza de lenguas indígenas. Las investigaciones actuales evidencian que los niños aprenden mejor cuando interactúan de manera significativa con su entorno, viven experiencias lúdicas e inmersivas y reciben retroalimentación adaptativa, lo cual demanda una integración estructurada de estas áreas (Ríos, 2020; Tamayo-Osorio & Cuellar-Lemos, 2016).

Frente a esta laguna disciplinar, se propone el surgimiento del cómputo ludoeducativo como un campo multidisciplinario emergente, cuyo objetivo es el diseño y análisis de sistemas educativos computacionales que integran tres pilares: objetivos didácticos, elementos lúdicos estructurados y capacidades de cómputo inteligente. A diferencia de otras ramas ya consolidadas, el cómputo ludoeducativo está basada en la robótica ludoeducativa (Ojeda, 2022) que busca enfocarse en el desarrollo de experiencias de aprendizaje significativas, motivantes, adaptativas y culturalmente pertinentes, con especial atención en poblaciones vulnerables o en procesos de revitalización lingüística, como el caso del náhuatl.

El cómputo ludoeducativo se justifica en su capacidad de integrar conocimiento pedagógico, lúdico, tecnológico y sociocultural en experiencias activas de aprendizaje. Desde la pedagogía, retoma fundamentos del aprendizaje situado (Lave & Wenger, 1991), del aprendizaje basado en juego (Gee, 2007) y del aprendizaje significativo (Ausubel, 1963). Desde el juego, adopta mecánicas, estructuras narrativas, retroalimentación y motivación intrínseca como motores del involucramiento activo del estudiante (Salen & Zimmerman, 2004). Desde el cómputo inteligente, se apoya en modelos adaptativos, análisis de patrones, personalización de contenidos y respuestas automatizadas según el progreso del usuario (Russell & Norvig, 2021).

En consecuencia, el cómputo ludoeducativo no solo representa una herramienta didáctica más, sino que se rige como un nuevo paradigma que redefine la manera en que se diseña, implementa y evalúa el aprendizaje mediado por tecnología. Esta disciplina emergente tiene el potencial de transformar las prácticas educativas tradicionales para ofrecer soluciones innovadoras y culturalmente pertinentes, especialmente en contextos donde las tecnologías convencionales no logran generar impacto educativo significativo. Su desarrollo implica también una agenda de investigación robusta, con base teórica sólida, metodologías de evaluación rigurosas y una clara vinculación con los contextos locales de aprendizaje.

## Fundamentos del cómputo ludoeducativo

En esta sección se lleva a cabo la formulación y aplicación del cómputo ludoeducativo basado en el cómputo inteligente, la didáctica y las ciencias del juego. Se consideran los aportes más actuales de las tres disciplinas involucradas, con el fin de diseñar y desarrollar herramientas teóricas y prácticas pertinentes y eficaces considerando tres principales variables: el cómputo, el aprendizaje de lenguas y el juego como herramienta de apoyo a dicho aprendizaje.

El cómputo ludoeducativo es denominado como un campo multidisciplinario orientado al desarrollo de sistemas educativos computacionales que integran objetivos didácticos, elementos lúdicos y capacidades inteligentes, con el propósito de generar experiencias de aprendizaje significativas, motivantes y adaptativas. Su enfoque busca transformar los procesos de enseñanza-aprendizaje mediante el uso de tecnologías inteligentes y estrategias basadas en el juego.

Este enfoque se fundamenta en tres componentes conceptuales principales. En primer lugar, el cómputo, entendido como la disciplina que estudia el diseño y construcción de sistemas capaces de ejecutar tareas propias de la inteligencia humana, como el razonamiento, la adaptación y el aprendizaje (Denning & Martell 2015; Russell & Norvig, 2021). En segundo lugar, el prefijo ludo- remite a lo lúdico, es decir, todo aquello relacionado con el juego: materiales, estructuras, contextos y actitudes que remiten a la metáfora del *ludus* (Real Academia Española, 2014). Por último, el término educativo hace referencia a lo que forma, instruye o contribuye a los procesos de enseñanza y aprendizaje, proviniendo etimológicamente del latín *educare*, que significa criar o formar (Castellano & Mársico, 1995; Real Academia Española, 2014). En conjunto, el cómputo ludoeducativo articula la potencia del cómputo inteligente, el poder motivador del juego y los principios pedagógicos de la didáctica, para diseñar entornos de aprendizaje centrados en el estudiante. Esta integración favorece la participación, la exploración autónoma, la personalización del aprendizaje y el desarrollo de habilidades cognitivas y socioemocionales mediante la mediación de tecnologías inteligentes con intencionalidad pedagógica.

Así, el cómputo ludoeducativo engloba sistemas computacionales inteligentes con fines educativos que recurren a aplicaciones lúdicas con propósitos de enseñanza y aprendizaje. Ahora bien, esta denominación no hace evidente un aspecto en común entre las tres disciplinas, es decir, la interacción. Desde el enfoque del cómputo inteligente, la interacción humano-máquina ha sido un campo de estudio de creciente relevancia en los últimos años, especialmente en interfaces inteligentes y sistemas adaptativos (Manenat-Thalman *et al.*, 2016). La interacción humano-computadora es una actividad comunicativa dirigida a uno o varios usuarios, mediante un intercambio de acciones y reacciones verbales y no verbales. El modelo de interacción que se desarrolla en las siguientes páginas permite estudiar estas interacciones y se enfoca particularmente en sistemas computacionales interactivos y de apoyo educativo (Johnson *et al.*, 2020). La interacción vista desde el cómputo busca propiciar una forma natural de comunicación entre el usuario y el sistema computacional por medio de una modalidad dada. La modalidad de interacción se refiere a la manera en que se lleva a cabo la actividad comunicativa. Las modalidades de interacción aquí consideradas son tres: la modalidad verbal, la modalidad no verbal y la modalidad multimodal (Manenat-Thalman *et al.*, 2016).

En efecto, hablar de interacción desde el cómputo conlleva a la parte de la comunicación un aspecto primordial en la didáctica y, específicamente, la interacción verbal. Esta consiste en un tipo de interacción realizada por dos o más participantes que se comunican mutuamente, en un intercambio de acciones verbales y no verbales. Una conversación cotidiana, una reunión de trabajo, una clase o un saludo son ejemplos de interacciones verbales (Meraz Meza & Pérez-Almonacid, 2016). En efecto, el uso de la lengua se da en el marco de las relaciones sociales, generalmente con el objetivo de comunicar o intercambiar ideas. En cualquier acto de interacción se usan signos verbales y no verbales, y elementos correlativos, como son los gestos, la mímica, los sonidos expresivos, siempre y cuando expresen o comuniquen algo (Ríos, 2020).

Para entender el rol de la interacción desde el juego, se considera aquí una perspectiva social, siguiendo a Sykes & Reinhardt (2009) y Sykes (2013), quienes estudian la interacción durante el juego desde un enfoque ideacional, interpersonal y textual. Por su parte, Salen & Zimmerman (2004) han planteado la existencia de tres tipos de interacción lúdica: la interacción formal con el sistema de juego, la interacción social con otros jugadores y la interacción cultural con un conjunto de comunidades y culturas. En el ámbito del juego, la interacción es el resultado del diseño interactivo desde el cual es posible crear condiciones para la interacción. Sin embargo, no se puede controlar la interacción por completo, pues el jugador elegirá en cualquier momento interactuar o no con el juego según las modalidades previstas. Así, existen en el juego una interacción ideal y una interacción real, que no siempre coincidirán; el diseño de las actividades de juego debe tomar en cuenta ese desfase.

Sykes & Reinhardt (2009), quienes han estudiado el juego digital aplicado a la enseñanza y aprendizaje de idiomas, mencionan que la interactividad, en muchos casos, es un elemento esencial en los juegos. Esta característica lo distingue de otros tipos de soportes de entretenimiento, como libros o películas, que no suelen ser explícitamente participativos. Según Juul (2004), el juego pone en marcha cuatro tipos de interacción: cognitiva, funcional, explícita y cultural. La mayoría de los sistemas computacionales interactivos, independientemente del tipo y su aplicación, requieren de una interfaz humano-máquina capaz de procesar la información del entorno, detectar al usuario y establecer respuestas específicas. Las interfaces pueden estar equipadas con cámaras, botones físicos y/o virtuales, sensores y actuadores controlados por una computadora, un procesador, un microprocesador o un sistema programable. Por ende, es posible reformular y completar la definición anterior para postular que el cómputo ludoeducativo es aquella rama del cómputo que busca aprovechar la interacción humano-máquina integrando consideraciones didácticas y lúdicas.

En la Figura 1 se presenta un diagrama representativo de la sinergia de cada una de las disciplinas, considerando en la intersección entre ellas al cómputo ludoeducativo. Es importante destacar que, contrariamente al diagrama aquí ilustrado, en los sistemas concebidos desde el cómputo ludoeducativo no necesariamente deben aparecer representadas las tres disciplinas de manera proporcional. El grado de presencia de cada una dependerá del objetivo de las aplicaciones lúdicas, del tipo de interacción, del tipo de interfaz, de los elementos de literacidad mediática multimodal utilizados, del tipo de sistema computacional desarrollado y, por supuesto, del área disciplinar de aprendizaje en la cual será utilizado el sistema y de la o las teorías del aprendizaje que sustenten el conjunto.

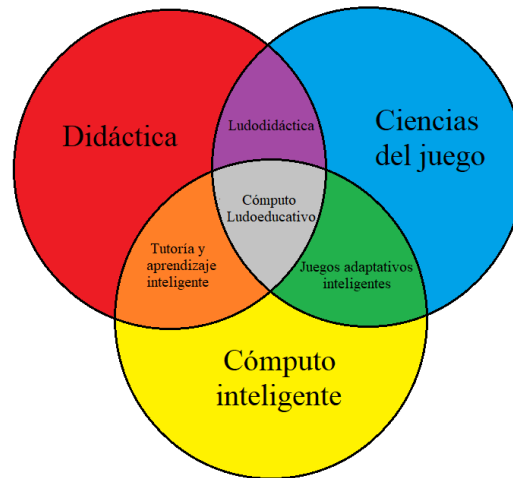


Figura 1. Diagrama de intersección del cómputo ludoeducativo.  
Fuente: Elaboración propia.

Para desarrollar de manera óptima un sistema de cómputo ludoeducativo destinado a aplicaciones lúdicas para el aprendizaje, es primordial remitir a las teorías psicopedagógicas del aprendizaje, sobre todo aquellas que han influido en el estado actual y que pueden brindar información actualizada acerca de cómo se aprende.

Primero, en el marco del cómputo ludoeducativo, aprender de manera fácil y rápida depende de la capacidad del sistema para adaptarse a las características individuales de cada usuario mediante técnicas de cómputo inteligente, como el aprendizaje automático y la personalización adaptativa. No todos aprendemos igual ni a la misma velocidad; el sistema puede identificar estilos y ritmos de aprendizaje diversos para optimizar la experiencia.

Quien logra aprender es quien se encuentra en un entorno donde se combinan motivación, retroalimentación oportuna y recursos adecuados. Las limitantes del aprendizaje no están fijadas rígidamente desde el nacimiento, sino que pueden ser moduladas por factores externos e internos: el entorno familiar y escolar, la calidad del profesor, la disponibilidad y adecuación del material de apoyo, así como el diseño lúdico y didáctico del sistema.

El cómputo ludoeducativo reconoce que la interacción con el entorno digital debe ser flexible y capaz de responder a diferencias cognitivas, emocionales y sociales. Esto facilita que cada aprendiz reciba la atención adecuada a sus necesidades, reduciendo las limitaciones tradicionales y permitiendo maximizar el potencial individual.

Con respecto a la práctica, el uso constante y consciente de la práctica es fundamental para el aprendizaje efectivo dentro de cualquier sistema ludoeducativo basado en cómputo inteligente. La mejora en la ejecución de una habilidad depende en gran medida de la repetición significativa que el sistema puede facilitar a través de juegos y ejercicios adaptativos que mantienen la motivación y el interés.

Las circunstancias más favorables para la práctica incluyen la variabilidad de las tareas, la retroalimentación inmediata y la posibilidad de experimentar sin miedo al error, características que el cómputo ludoeducativo puede ofrecer mediante interfaces intuitivas y escenarios gamificados. Además, la práctica dentro de este enfoque no es arbitraria; está guiada por teorías psicopedagógicas que orientan la secuencia y complejidad de las actividades para optimizar el aprendizaje.

Aunque las experiencias necesarias para aprender diferentes comportamientos pueden variar, el cómputo inteligente puede analizar patrones y generar rutas personalizadas, facilitando la transferencia y consolidación del aprendizaje a través de prácticas diseñadas para cada aprendiz.

Con respecto al papel de la cognición, el conocimiento juega un rol esencial en la formación de comportamientos, ya que actúa como base para la interpretación, predicción y ejecución de tareas. En el contexto del cómputo ludoeducativo, los sistemas inteligentes pueden proporcionar contextos ricos en significado y explicaciones claras que facilitan el aprendizaje consciente y significativo.

Aprendemos más fácilmente cuando entendemos el propósito y el contexto de lo que estudiamos, porque el cerebro puede relacionar la nueva información con conocimientos previos y construir redes significativas de información. El aprendizaje inconsciente, aunque también efectivo, suele ser más limitado y menos flexible.

Este aspecto es especialmente relevante en el aprendizaje verbal y lingüístico, donde el sistema puede usar tecnologías de procesamiento de lenguaje natural para adaptar las interacciones según el nivel y la comprensión del usuario, promoviendo así un aprendizaje más eficiente y profundo.

Finalmente, con respecto al papel de las habilidades y de los conocimientos previos, aprender una cosa puede facilitar o interferir con el aprendizaje de otra, dependiendo de la relación entre los contenidos y las habilidades involucradas. En el cómputo ludoeducativo, la transferencia de conocimientos se potencia mediante la integración inteligente de actividades que conectan saberes previos con nuevos retos lúdicos.

Esta transferencia se da de manera óptima cuando el sistema identifica y refuerza las conexiones conceptuales y procedimentales entre temas, facilitando la generalización y aplicación de lo aprendido en distintos contextos. También puede detectar interferencias o conflictos cognitivos y ofrecer estrategias para superarlos, ajustando dinámicamente la dificultad y el tipo de *feedback*.

En la didáctica moderna, especialmente en ambientes mediadas por cómputo inteligente, es crucial monitorear y gestionar estas interacciones para evitar bloqueos y promover un aprendizaje progresivo y coherente. Según Silva (1999, 2008, 2013), el significado atribuido a la noción de juego es denominado como una metáfora lúdica, es un constructo social determinado por factores históricos y culturales. Si bien el conjunto de significados es muy amplio y diverso, puede ser estudiado mediante la aplicación de un modelo en el que se distinguen cuatro niveles semánticos. Para referirse a ellos, la autora usa también la expresión de regiones metafóricas para subrayar, tal como lo hace Henriot (1989), que el objeto de estudio no es un hipotético referente fenomenológico único, sino más bien la red analógica del discurso que se construye en torno a aquello que en un momento y en un sitio dado se denomina juego, recurriendo a un mecanismo metafórico.

La teoría de las regiones metafóricas permite problematizar el concepto de juego y llevarlo a la práctica para el desarrollo de aplicaciones lúdicas mediante sistemas de cómputo ludoeducativo. Estas cuatro regiones metafóricas son: el material lúdico, el contexto lúdico, la estructura y la actitud lúdicas (Silva, 1999).

El material lúdico en el cómputo ludoeducativo comprende todos los recursos con los que interactúan los aprendices durante la experiencia de juego y aprendizaje, ya sean explícitamente diseñados para actividades lúdicas o no. Esto incluye desde elementos tradicionales como dados o cartas, hasta componentes tecnológicos como interfaces digitales, sensores y dispositivos computacionales que facilitan la interacción y la inmersión.

La estructura lúdica se define como el conjunto de reglas y algoritmos que regulan la actividad lúdica dentro del sistema computacional. Estas reglas, propias de cada aplicación, activan mecanismos precisos que guían las acciones tanto del sistema como del usuario. Se distinguen cuatro tipos de reglas: las específicas del juego, que permiten su funcionamiento; las disposiciones técnicas, que optimizan el desempeño del jugador; las estrategias individuales desarrolladas por cada usuario; y las relacionadas con la cultura del juego, ligadas a la literacidad lúdica y la comprensión compartida del entorno lúdico digital.

El contexto lúdico se refiere al conjunto de factores externos que influyen en la experiencia de aprendizaje, incluyendo determinaciones históricas y culturales, así como condiciones materiales, espaciales y temporales. Los sistemas de cómputo ludoeducativo son productos propios del siglo XXI y reflejan las prácticas, creencias y valores sociales de su entorno, además de estar vinculados a las instituciones y comunidades específicas donde se utilizan.

La actitud lúdica es la disposición interna del aprendiz, su motivación y convicción respecto al sentido y propósito de sus acciones dentro del juego. Esta actitud es fundamental para la efectividad del aprendizaje y es estimulada por el diseño de la plataforma, que busca promover el compromiso, la exploración y la disposición positiva hacia el error como parte del proceso educativo.

El sistema de cómputo constituye el principal dispositivo y herramienta para acceder a las aplicaciones ludoeducativas, funcionando como el material lúdico central sin excluir la complementariedad con otros recursos físicos o digitales. No obstante, como señala Silva (1999), el material por sí solo no es suficiente para convertir una actividad en juego; debe estar acompañado por una estructura lúdica que defina claramente las reglas de interacción.

Estas reglas determinan las tareas y acciones durante la interacción humano-máquina y, tras la fase piloto y con mayor experiencia de los usuarios, pueden incorporarse nuevas reglas definidas por los propios jugadores, así como estrategias personales basadas en su nivel de literacidad lúdica y conocimiento colectivo.

El desarrollo del cómputo ludoeducativo permite tanto la adaptación de juegos tradicionales al entorno digital como la creación de nuevas dinámicas diseñadas específicamente para fines lúdicos y educativos. Así, tecnologías inicialmente pensadas para ámbitos industriales o de gestión encuentran nuevas aplicaciones en el aprendizaje, siempre que se implementen reglas lúdicas claras que faciliten la interacción y el compromiso.

Finalmente, el contexto histórico, cultural y social en que se inserta cada sistema define un entorno único que condiciona la percepción y uso de estas tecnologías. Además, el proceso de aculturación esperado es parte integral del diseño y la implementación de estas plataformas.

## Materiales en la implementación de una aplicación de cómputo ludoeducativa para el aprendizaje del náhuatl

El desarrollo del prototipo de la aplicación para el aprendizaje del náhuatl se fundamentó en el cómputo ludoeducativo, combinando objetivos didácticos, elementos lúdicos estructurados y capacidades de cómputo inteligente. Esta integración permitió que la aplicación no solo presentara contenidos de manera digital, sino que diseñara experiencias de aprendizaje significativas, culturalmente pertinentes y adaptadas al contexto de los niños de educación básica. La arquitectura del sistema se orientó a generar un entorno interactivo que fomenta la motivación, la exploración y la práctica constante, en línea con los principios de esta disciplina emergente.

Durante la implementación, se incorporaron algoritmos de aprendizaje automático, específicamente la red neuronal y personalización adaptativa que analizaron patrones de interacción de cada estudiante. Estos algoritmos ajustaron automáticamente la dificultad de los juegos y ejercicios, permitiendo rutas de aprendizaje. Así, la aplicación respondía a diferencias cognitivas, emocionales y sociales, asegurando que cada niño recibiera actividades acordes a su ritmo y estilo de aprendizaje, un aspecto clave del cómputo ludoeducativo.

Los elementos lúdicos se implementaron mediante juegos y ejercicios gamificados que ofrecían retroalimentación inmediata y variabilidad de tareas. Esto permitió que los estudiantes practicara de manera constante, sin miedo al error, y reforzaran habilidades lingüísticas de forma progresiva. La plataforma utilizó secuencias de actividades diseñadas según teorías psicopedagógicas, garantizando que la práctica fuera intencional y orientada a la consolidación de los conocimientos.

El sistema integró contenidos contextualizados mediante imágenes, audios y frases en náhuatl relacionadas con la vida cotidiana de los estudiantes. Esto facilitó que los niños comprendieran el propósito de las actividades y construyeran relaciones entre conocimientos previos y nuevos retos lingüísticos. Además, la aplicación ajustaba dinámicamente las actividades para reforzar la transferencia de conocimientos y detectar posibles interferencias cognitivas, optimizando el aprendizaje consciente y significativo.

El corpus lingüístico y cultural empleado fue recopilado en colaboración con comunidades indígenas de la zona de Huejutla, Hidalgo, y docentes de nivel primaria. La traducción automática se llevó a cabo mediante una red neuronal recurrente con técnicas de aprendizaje profundo, que ha mostrado un alto nivel de precisión en evaluaciones preliminares (Castillo Alarcon *et al.*, 2026). Se espera que, a largo plazo, la herramienta contribuya a la revitalización activa del náhuatl, apoyando el aprendizaje formal y la transmisión cultural, así como fortaleciendo el vínculo entre las nuevas generaciones y su herencia lingüística.

El desarrollo de aplicaciones ludoeducativas permite diseñar e innovar tanto juegos ya existentes – es decir, los tradicionalmente concebidos como tales– como nuevas dinámicas que integran fines lúdicos y educativos. Esto implica que elementos inicialmente ajenos al universo lúdico, como el cómputo inteligente, pueden ser resignificados como herramientas de aprendizaje si se estructuran bajo reglas de juego. Un ejemplo relevante es la enseñanza del náhuatl, particularmente en su variante hablada en el estado de Hidalgo, mediante plataformas interactivas que incorporan juegos diseñados con un enfoque didáctico constructivista. Este enfoque promueve la participación activa del estudiante, donde el conocimiento se construye a través de la experiencia significativa con el entorno y el lenguaje desde un enfoque constructivista.

El material lúdico se basa en programas computacionales que permiten desarrollar juegos virtuales con interfaces accesibles desde la computadora o dispositivos móviles. Estos juegos están estructurados con reglas claras y objetivos pedagógicos, integrando un modelo de red neuronal LSTM (*Long Short-Term Memory*) que forma parte del cómputo inteligente, para identificar, traducir y adaptar en tiempo real vocabulario y estructuras gramaticales del náhuatl al español y viceversa. Este tipo de red es especialmente eficaz para procesar secuencias lingüísticas, lo que resulta ideal para un entorno educativo orientado a lenguas indígenas.

El contexto lúdico de estas aplicaciones no es neutro, responde a determinaciones históricas, ideológicas y socioculturales propias del siglo XXI. Aunque se busca un uso amplio y adaptativo, el origen geográfico y cultural –en este caso, comunidades nahuas del estado de Hidalgo– influye profundamente en la percepción, apropiación y eficacia de la herramienta. Así, estas aplicaciones no solo transmiten conocimiento lingüístico, sino que también preservan y revitalizan un patrimonio cultural específico. Finalmente, la aplicación ludoeducativa busca fomentar una actitud lúdica genuina, entendida como la disposición interna del jugador hacia el aprendizaje, en un entorno donde el juego se convierte en un medio significativo para explorar, comprender y valorar el idioma náhuatl desde su propia identidad territorial y cultural.

La aplicación desarrollada hace uso de una red neuronal LSTM, que está basada en las redes neuronales artificiales multicapas perceptrón (MLP) y las redes neuronales recurrentes (RNN, por sus siglas en inglés) (Brownlee, 2020). La red neuronal LSTM toma una secuencia de datos como entradas, y estas son propagadas a través de neuronas hacia otras de otras capas. Sin embargo, este tipo de redes contienen conexiones recurrentes para aprender de datos pasados, al igual que lo hacen las RNN (Brownlee, 2020). La diferencia entre estas últimas es que LSTM tiene la habilidad de aprender a superar retrasos de tiempos superiores a mil intervalos de tiempo o más, a diferencia de las RNN que suelen tener fallas en presencia entre cinco y 10 intervalos de tiempo (Gers *et al.*, 2000; Gers *et al.*, 2002).

La red neuronal LSTM ha sido usada en gran cantidad de aplicaciones, entre ellas: clasificación, generación y predicción en sistemas económicos, sociales, de control, computación, entre otras (Brownlee, 2020). Esto permite predecir datos con mayor precisión debido a que recuerdan la información en un orden secuencial muy parecido a la forma en que lo hacen los seres humanos (Reddy & Prasad, 2018).

La Figura 2 muestra la estructura de una red LSTM, con varias unidades de recurrencia  $UR_n$ , para cada valor de la serie de tiempo. Cada  $UR_n$  contiene dos estados de memoria y tres funciones lógicas (Gers *et al.*, 2002; Nahapetyan, 2019). Estas funciones son la puerta de entrada  $i_n$ , la puerta de olvido  $f_n$  y la puerta de salida  $o_n$ .

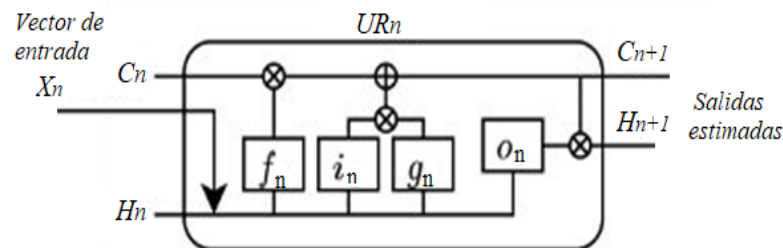


Figura 2. Estructura de la red neuronal LSTM.  
Fuente: Elaboración propia.

El objetivo de cada puerta es decidir la información que se almacenará en cada estado, cuanto tiempo se almacenará y cuando es necesario utilizarla dentro de la  $UR_n$ . Por otro lado, los dos estados de memoria presentes en  $UR_n$  (son el estado de actualización  $C_n$  y el estado oculto  $H_n$ , donde el primero permite conservar la información de largo plazo, y el segundo permite conservar la información en corto plazo.

La puerta de entrada  $i_n$  decide qué información del estado oculto debe ser considerada para ajustar el nivel de  $C_n$ , de acuerdo con la Ecuación 4 (Kang et al., 2020; Kang et al., 2016).

$$i_n = \sigma(W_{nx}X_n + W_{iH}H_{n-1} + b_n) \quad (1)$$

Posteriormente, para actualizar el estado  $C_n$  debe agregarse información nueva dada por la función  $g_n$  es expresada como:

$$g_n = \tanh(W_{gx} + W_{gH}H_{n-1} + b_o) \quad (2)$$

La puerta de olvido  $f_n$  tiene el objetivo de decidir la información que se va a mantener dentro de la red LSTM. Para ello, toma en cuenta tanto la entrada de la célula  $X_n$ , como el estado oculto  $H_n$  devolviendo un valor entre 0 y 1, donde 0 implica que la información completa ha sido olvidada y 1 implica que la información completa se mantiene (Reddy & Prasad, 2018). La siguiente ecuación representa la estimación de  $f_n$  (Jia et al., 2017):

$$f_n = \sigma(W_{fx}X_n + W_{fH}H_{n-1} + b_f) \quad (3)$$

Finalmente, la puerta de salida  $o_n$  decide cuál será la información que pasará a la siguiente célula de memoria a través de  $H_n$  dada como:

$$o_n = \sigma(W_{ox}X_n + W_{oH}H_{n-1} + b_o) \quad (4)$$

Es importante mencionar que, en las ecuaciones anteriores, es necesario definir pesos para cada conexión entre funciones lógicas y estados  $W_{fH}$ , así como entre funciones lógicas y la información de entrada  $W_{fx}$ . Adicionalmente, es necesario agregar un conjunto de valores que definen los sesgos en cada una de las funciones lógicas  $b_f$ .

La información de entrada de los estados de memoria de  $UR_{n+1}$  son los valores actualizados de los estados de memoria de  $UR_n$ , es decir,  $C_{n+1}$  y  $H_{n+1}$ . Las ecuaciones 5 y 6 expresan como es actualizado cada estado basado en las salidas de cada una de las funciones lógicas definidas líneas arriba:

$$C_{n+1} = (f_n C_n) + (i_n + g_n) \quad (5)$$

$$H_{n+1} = o_n * \tanh(C_n) \quad (6)$$

A continuación, se presenta el uso de la red neuronal LSTM para el procesamiento de palabras para el traductor.

El procesamiento del lenguaje natural (PLN) ha avanzado mucho gracias a las redes neuronales, especialmente en la traducción automática. Antes se usaban métodos basados en reglas o modelos estadísticos, pero las redes neuronales mejoraron la calidad y permitieron una mejor interpretación contextual del lenguaje (Liang et al., 2020).

Modelos como *sequence-to-sequence* y arquitecturas *transformer*, como BERT, han sido clave para entender el contexto y mejorar tareas de traducción, clasificación y análisis de sentimientos (Devlin *et al.*, 2019). La traducción automática neuronal (NMT) produce traducciones más precisas y naturales, facilitando sistemas de traducción en tiempo real como Google Translate y DeepL (Hidalgo-Ternero, 2020).

La vectorización de palabras con modelos como Word2Vec, GloVe y BERT ayuda a captar mejor las relaciones semánticas. Sin embargo, vectorizar idiomas indígenas como el náhuatl es un reto debido a su complejidad morfológica, variabilidad dialectal y falta de grandes corpus etiquetados (Liang *et al.*, 2020). Para el náhuatl, es fundamental contar con un corpus adecuado que incluya textos de distintas variantes dialectales y que refleje su estructura morfológica basada en sufijos y prefijos (Torres-Moreno *et al.*, 2024; Gutiérrez-Vasques *et al.*, 2016).

La vectorización de palabras es un proceso crítico en el Procesamiento del Lenguaje Natural (PLN), ya que transforma palabras en representaciones numéricas, permitiendo que los modelos de aprendizaje automático, especialmente las redes neuronales, trabajen eficazmente con datos textuales. El objetivo principal es convertir palabras, que son cualitativas, en datos cuantitativos procesables por algoritmos (HaCohen-Kerner, Miller, & Yigal, 2020). Matemáticamente, el alfabeto se define como un conjunto ordenado. Si denotamos el conjunto de caracteres del alfabeto náhuatl como  $A$ , entonces:

$$A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\} \quad (7)$$

donde  $a_1, a_2, \dots, a_n$  representan los caracteres del alfabeto náhuatl, ordenados según su posición. En este caso, el conjunto incluye no solo los caracteres estándar del alfabeto español, sino también las vocales acentuadas y la letra "ñ". La posición de cada carácter en el conjunto se puede usar para asignarle un valor numérico real. Entonces, un carácter  $a \in A$  se define por su representación como:

$$f(a) = \frac{\text{pos}(a)+1}{n} \quad (8)$$

donde  $\text{pos}(a)$  es la posición del carácter  $a$  y  $n$  es el número total de caracteres en el alfabeto. Es importante mencionar que, si el carácter no pertenece al alfabeto, se le asigna el valor 0.

La vectorización de palabras es un proceso crítico en el Procesamiento del Lenguaje Natural (PLN), ya que transforma palabras en representaciones numéricas, permitiendo que los modelos de aprendizaje automático, especialmente las redes neuronales, trabajen eficazmente con datos textuales. El objetivo principal es convertir palabras, que son cualitativas, en datos cuantitativos procesables por algoritmos (HaCohen-Kerner, Miller, & Yigal, 2020).

Existen varias técnicas para la vectorización de palabras, incluyendo métodos como codificación *one-hot*, frecuencia de término-frecuencia inversa de documento (TF-IDF), y enfoques más avanzados como Word2Vec, GloVe y FastText. TF-IDF sigue siendo ampliamente utilizado por su simplicidad y efectividad en muchas aplicaciones (Kurniawan & Maharani, 2020; Nurdin *et al.*, 2020; Çelik & Koç, 2021), mostrando mejoras en tareas como análisis de sentimientos y clasificación de textos (Afifah, Yulita, & Sarathan, 2021).

Dado que cada carácter tiene un valor numérico, una palabra se transforma en un vector de longitud fija. Supongamos que una palabra está formada por una secuencia de caracteres  $X = (c_1, c_2, \dots, c_m)$ . El vector de la palabra se define como:

$$\vec{X} = (f(c_1), f(c_2), \dots, f(c_m)), \quad (9)$$

Si  $m < longitud$  del vector, se rellena con ceros hasta alcanzar la longitud deseada. Si  $m > longitud$ , se trunca a los primeros 15 elementos. Esta normalización asegura que todos los vectores tengan la misma dimensión, lo cual es un requisito para procesarlos con la red neuronal LSTM. En este caso, la longitud de las palabras es a lo más de 15 letras, por lo tanto, el vector se define como:

$$\vec{X} = (f(c_1), f(c_2), f(c_3), 0, 0, \dots, 0) \in \mathbb{R}^{15} \quad (10)$$

Finalmente, el corpus vectorizado se construye aplicando este proceso a cada palabra de la lista de palabras en náhuatl. Por ejemplo, si tenemos una lista de tres palabras en náhuatl (atl, calli y xochitl), cada palabra se transforma en un vector de longitud fija, y el conjunto completo de vectores se presenta como una matriz definida como:

$$C = \begin{bmatrix} \vec{X}_1 \\ \vec{X}_2 \\ \vec{X}_3 \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^{3 \times 15} \quad (11)$$

La matriz  $C$  es el corpus de palabras de entrada, definido como un conjunto numérico que representa palabras en una forma interpretable por la red neuronal LSTM. Esta permite a la red interpretar, procesar y aprender patrones lingüísticos codificados en las representaciones vectoriales de las palabras. Formalmente,  $C \in \mathbb{R}^{k \times m}$  actúa como el tensor de entrada, donde cada fila corresponde a una palabra vectorizada de longitud fija  $m$  y  $k$  es el número total de palabras en el corpus. Esto es:

$$C = \begin{bmatrix} \vec{X}_1 \\ \vec{X}_2 \\ \vdots \\ \vec{X}_n \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^{k \times m} \quad (12)$$

Esta entrada estructurada permite que la red neuronal identifique dependencias tanto a nivel de carácter como de palabra, lo cual es crucial para manejar lenguas morfológicamente complejas como el náhuatl.

## Resultados experimentales

Los resultados experimentales se dividen en dos secciones. Primero, son presentados los resultados de entrenamiento de la red neuronal para la identificación de las palabras en náhuatl. Posteriormente, el entrenamiento es usado para el diseño del traductor, de los juegos y del contenido de la aplicación de escritorio que son descritos a continuación.

Una vez dada la red neuronal, se procedió a la fase de desarrollo. A continuación, se describe el proceso de generación de código para desarrollar la red neuronal LSTM en Python. Primeramente, se realizó la importación de las bibliotecas de Python Keras, biblioteca que facilita la creación de modelos para el aprendizaje profundo y construidas sobre *Tensor Flow*, biblioteca de código abierto desarrollada por Google que se utiliza ampliamente en el campo del aprendizaje profundo y el procesamiento de datos.

En el módulo de datos, se utilizó la biblioteca *pandas* para leer y cargar los datos de los archivos llamados 'palabras\_espanol.csv' y 'palabras\_nahuatl.csv', los cuales contienen una columna: 'palabra' y 'traducción', respectivamente. Posteriormente se añadieron marcadores de inicio (*start*) y fin (*end*) a las traducciones para que el modelo sepa cuándo comenzar y terminar la secuencia de salida. Para el módulo de preprocesamiento se realizó la tokenización de los datos, es decir, se convirtieron las palabras a vectores para poder ser procesados por el modelo.

En el módulo de entrenamiento se definió la arquitectura del modelo de red neuronal LSTM utilizando Tensor Flow y Keras. El modelo consta de una capa LSTM con 256 neuronas, esto se especifica en el parámetro *latent\_dim* que posteriormente se pasa al constructor de la capa LSTM. La capa de salida del modelo, que es una capa densa (*Dense*), utiliza la función de activación softmax para generar las probabilidades de las palabras del vocabulario de destino (náhuatl).

El optimizador utilizado para actualizar los pesos del modelo es RMSprop, que resulta ser una variante del descenso del gradiente estocástico (SGD) que utiliza una media móvil del cuadrado gradiente para normalizar el gradiente. La función de pérdida para evaluar el rendimiento del modelo fue *categorical\_crossentropy*, adecuado para problemas de clasificación multiclase, como la traducción de secuencias.

El listado de palabras consta de setenta y cuatro palabras en español y su respectiva equivalencia en náhuatl. Contiene una clasificación de animales: águila, ajolote, araña, borrego, búho, caballo, cerdo, conejo, cotorro, cucaracha, gallina, gallo, gato, golondrina, grillo, guajolota, gusano, hormiga, jabalí, lagartija, mapache, mariposa, mosca, paloma, pato, perro, pez, piojo, pollito, rana, ratón, sapo, serpiente, tlacuache y venado (34 palabras). Aloja vocabulario relacionado con Frutas y alimentos, como las palabras: fruta, chalahuite, coco, durazno, guayaba, jícama, limón, mamey, manzana, melón, naranja, piña, plátano, sandía, tejocote y zapote (16 palabras). Finalmente, integra vocabulario sobre algunas partes del cuerpo humano como: cuerpo, barba, boca, brazo, cabello, cachete, cara, carne, ceja, codo, cuello, dedo, diente, hombro, hueso, lengua, mano, nariz, ojo, oreja, panza, pie, rodilla, uña (24 palabras).

El traductor funciona mostrando una ventana de salida (Figura 3) cuando el error cae por debajo de un umbral predefinido, denotado como delta ( $\delta$ ). Esto indica que la red neuronal ha aprendido exitosamente el comportamiento deseado utilizando el algoritmo propuesto. Por el contrario, si el error permanece por encima de delta, el programa genera un mensaje, notificando al usuario que el error excede el límite aceptable. Este resultado sugiere que la red neuronal aún no ha aprendido de manera óptima el patrón objetivo con el algoritmo de entrenamiento actual.

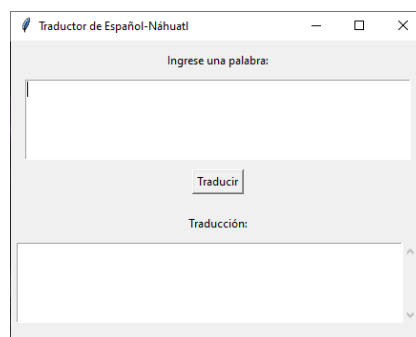
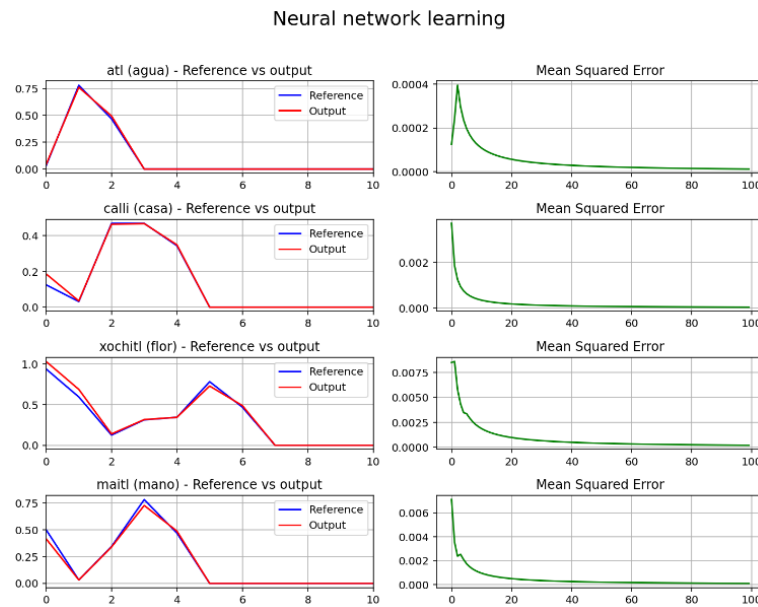


Figura 3. Ventana del traductor que funciona mediante la red neuronal LSTM.  
Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos utilizando la red neuronal LSTM se presentan en la Figura 4. Cabe resaltar que en dicha figura solamente son presentadas cuatro palabras vectorizadas y representadas en las señales discretas. Las palabras empleadas están dadas por un corpus de categorías dadas por saludos, integrantes de la familia, frutas, animales y partes del cuerpo.

En cuanto al error cuadrático medio (ECM), la identificación de las palabras tiene un índice bajo, lo que indica una condición inicial favorable. A lo largo del proceso de entrenamiento, el ECM disminuye rápidamente y se estabiliza en un valor en estado estable significativamente menor. En consecuencia, la red entrenada con esta función de activación logra una mejor precisión y una convergencia más rápida, lo que la convierte en una opción más adecuada para la tarea de identificación, permitiendo usar la red neuronal LSTM para el traductor náhuatl-español aplicado en este trabajo.



**Figura 4.** Resultados obtenidos de la red neuronal mediante la vectorización de palabras y sus respectivos errores cuadráticos medios.  
Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 1 muestra la evolución del error cuadrático medio (ECM) a lo largo del tiempo (de 0 a 100 unidades) para cuatro sistemas o modelos diferentes denominados atl, calli, xochitl y maitl. El ECM es una métrica común utilizada para medir la diferencia cuadrática promedio entre los valores predichos y los reales. Valores más bajos de ECM indican un mejor ajuste y un desempeño más preciso del modelo. La tabla revela una tendencia clara de disminución del error en todos los modelos a medida que avanza el tiempo, lo que sugiere un proceso de aprendizaje o adaptación en el que cada sistema mejora sus predicciones con el tiempo.

Tabla 1. Error cuadrático medio para las palabras identificadas.

Tiempo	Error cuadrático medio (atl)	Error cuadrático medio (calli)	Error cuadrático medio (xochitl)	Error cuadrático medio (maitl)
0	0.00015	0.0028	0.0075	0.0062
25	0.00005	0.0006	0.0012	0.0011
50	0.000025	0.0003	0.0006	0.0004
75	0.000015	0.0002	0.0003	0.0002
100	0.00001	0.0001	0.0002	0.0001

Fuente: Elaboración propia.

Inicialmente, en el tiempo 0, el modelo atl ya comienza con un error muy bajo de 0.00015, superando significativamente a los otros tres modelos, que parten de niveles de error más altos: calli con 0.0028, xochitl con 0.0075 y maitl con 0.0062. Esto sugiere que atl podría tener una configuración inicial más favorable o un mecanismo de aprendizaje más eficiente. A medida que el tiempo avanza a 25 y 50 unidades, todos los modelos muestran una reducción sustancial en sus valores de ECM, lo que indica que están aprendiendo y adaptándose de manera efectiva. Para el tiempo 100, los cuatro modelos han alcanzado valores de ECM muy bajos, con atl manteniendo su posición de liderazgo (0.00001), seguido de calli (0.0001), xochitl (0.0002) y maitl (0.0001).

Esta disminución progresiva del error a lo largo del tiempo implica que cada modelo está realizando el entrenamiento, que conduce a salidas más precisas. El hecho de que todos los modelos muestren mejoras sugiere que sus algoritmos de aprendizaje están funcionando correctamente, pero el rendimiento consistentemente superior de atl indica que puede ser el más eficiente o robusto de los cuatro. Esta diferencia en el desempeño podría deberse a factores como la arquitectura del modelo, la calidad de los datos de entrenamiento, la configuración de hiperparámetros o decisiones de diseño inherentes.

Una vez presentada la identificación de las palabras usando la red neuronal LSTM, esta es usada para el diseño del traductor, de los juegos y del contenido de la aplicación de escritorio (Figura 4). En la aplicación de escritorio son presentados algunos elementos, los cuales son: 1) La barra de encabezado, que contiene el nombre de la aplicación de escritorio; 2) El menú principal, donde se da un preámbulo sobre la historia e importancia de la lengua náhuatl en México; 3) Un apartado donde se da el contenido de palabras referentes a las frutas, algunas oraciones formuladas usando dichas palabras y dos juegos (un memorama y un juego de ahorcado); 4) Un apartado donde se crea el menú de traductor, en el que el usuario puede traducir un corpus de palabras dadas por saludos, frutas, animales y partes del cuerpo de náhuatl al español y viceversa; 5) En la pestaña de los animales se tiene un listado, algunas oraciones formuladas usando dichas palabras y dos juegos (un memorama y un juego de ahorcado); 6) En la pestaña de partes del cuerpo se tiene un listado de ellas, algunas oraciones formuladas usando estas palabras y dos juegos (un memorama y un juego de ahorcado). Finalmente, en la Figura 5 se presenta la venta de la aplicación con funciones esenciales, como minimizar y maximizarse el tamaño, además de cerrar la ventana, donde cada parte está numerada.

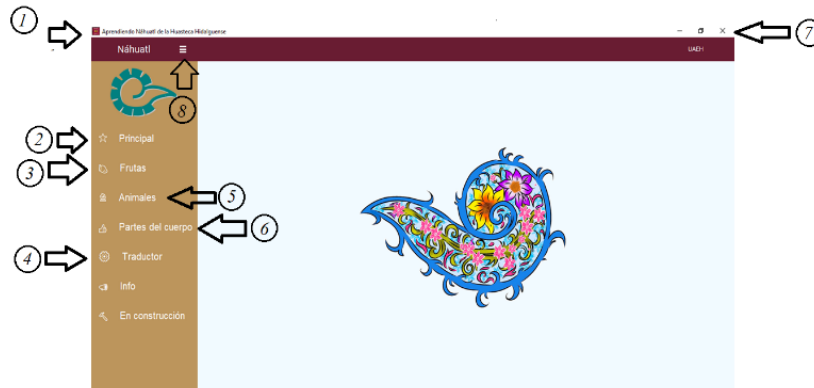


Figura 5. Ventana principal de la aplicación de escritorio para aprendizaje de náhuatl.  
Fuente: Elaboración propia.

La estructura de la navegación del contenido de la aplicación de escritorio está basada en la siguiente descripción. La página principal contiene los apartados: a) aprendiendo sobre el náhuatl, b) ¿dónde se originó la lengua náhuatl?, c) relevancia del náhuatl en el periodo colonial y d) características de la lengua náhuatl. En cuanto a las lecciones se encuentra la de frutas, que tiene una presentación de lección, una tabla de frutas en español y náhuatl, otra de oraciones sobre frutas en español y náhuatl, además de los juegos. La sección de animales contiene la presentación de lección, la tabla de animales en español y náhuatl, tabla de oraciones sobre animales en español y náhuatl y los juegos. Para la sección de partes del cuerpo, se considera muy similar con el contenido: presentación de lección, la tabla de partes del cuerpo en español y náhuatl, la tabla de oraciones sobre partes del cuerpo en español y náhuatl y los juegos, así como una pestaña para el traductor.

En la Figura 6 se presenta la primera ventana del menú principal. Aquí se describen detalles de la lengua náhuatl, un número aproximado de personas que hablan dicha lengua y algunos estados donde se habla.

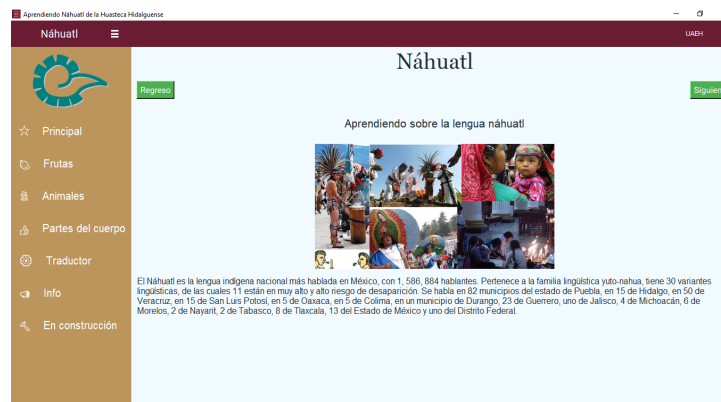



Figura 6. Ventana inicial de la aplicación de escritorio que describe datos de la lengua náhuatl.  
Fuente: Elaboración propia.

En el apartado tópico de frutas se presenta una lista con algunas frutas como coco, durazno, guayaba, limón, piña, plátano y sandía, donde además de contener su traducción al náhuatl se presentan ejemplos de oraciones (Figura 7). Puede observarse que, en algunos casos, no existe una correspondencia lineal entre cada palabra del español al náhuatl, por lo que es importante tener una clase donde se explique la gramática de la lengua indígena.











Fruta	Oración	Náhuatl
	Esto se llama coco	Ni itoca cocotl
	El durazno está caro	Yoloxocotl patyio
	Hay dos guayabas en la mesa	Elloc ome chalchocotl ipan mesa
	Ahí está una naranja	Nepa itzoc se xocotl
	Fu a vender limones	Nijamacaco limo
	¿Cuánto cuesta esta piña?	¿Quesqui ipati ni matsati?
	Voy a comer un plátano	Ni itakuas se kuaxilotl
	La sandía está muy dulce	Ni uoleyatl itauel tsopekik

Figura 7. Contenido del apartado de frutas de la aplicación de escritorio para aprendizaje de náhuatl.

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, en la Figura 8 se presenta la ventana que despliega el botón del juego de memorama en la sección de frutas. Aquí la aplicación despliega dicha imagen, donde es posible memorizar los nombres, colores y frutas. Se considera que la aplicación es hecha para principiantes, es decir, aprendientes que poseen nulo conocimiento de la lengua, por lo que en imágenes de las frutas se anexan los nombres en náhuatl y español.

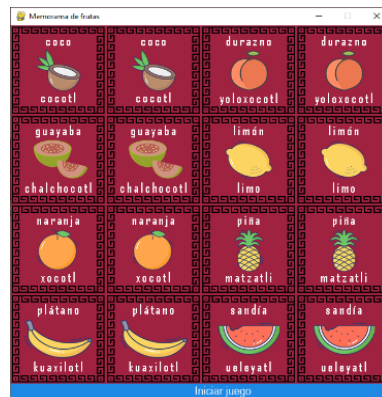


Figura 8. Memorama de frutas de la aplicación de escritorio para aprendizaje de náhuatl.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez que los jugadores están listos, pueden dar clic en el botón azul en la parte inferior para iniciar el juego y se desplegará la ventana de la Figura 9, donde todas las figuras se ordenan de manera aleatoria y son reemplazadas por el signo de interrogación.

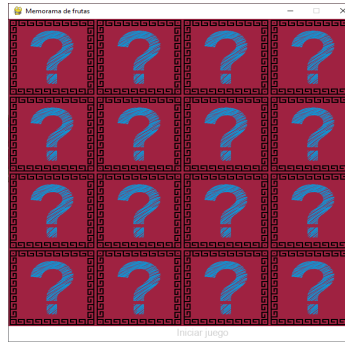


Figura 9. Memorama en modo incognito de las frutas de la aplicación de escritorio para aprendizaje de náhuatl.  
Fuente: Elaboración propia.

Una vez que un usuario encuentra dos imágenes iguales, ambas quedan al descubierto. Cuando no hay coincidencia entre los pares, las imágenes vuelven a su posición de interrogante. Al final, de manera automática se reactiva el botón de Iniciar el juego, lo que permite inicializarlo las veces que sean necesarias. De manera similar, se presenta el apartado de animales (Figura 10) y partes del cuerpo (Figura 11), respectivamente.

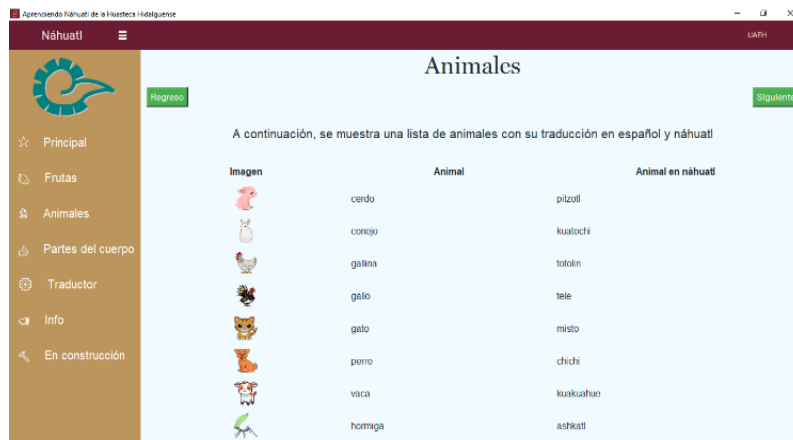


Figura 10. Contenido del apartado de animales de la aplicación de escritorio para aprendizaje de náhuatl.  
Fuente: Elaboración propia.

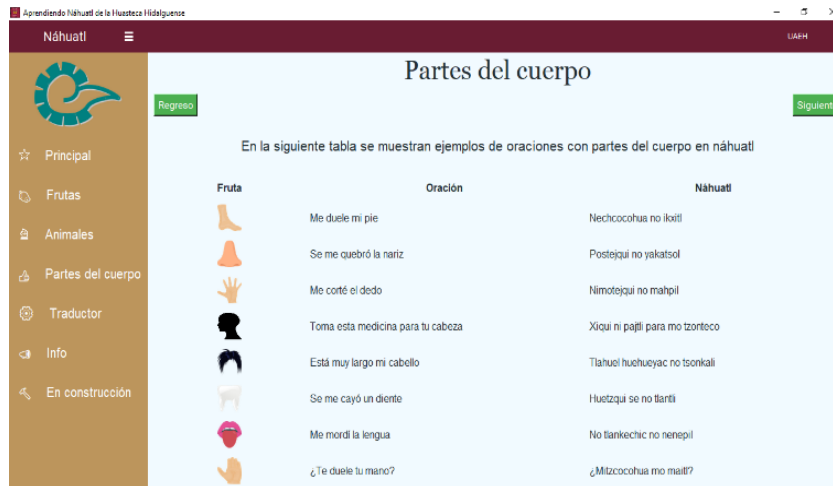


Figura 11. Contenido del apartado de partes del cuerpo de la aplicación de escritorio para aprendizaje de náhuatl.

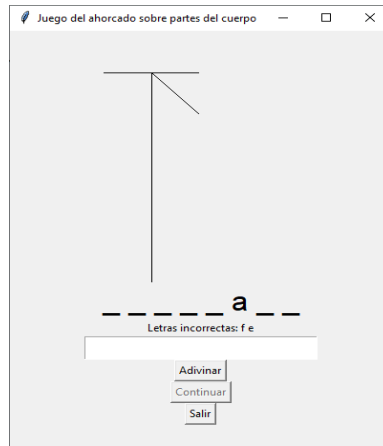
Fuente: Elaboración propia.

Ahora se describirá el contenido para el juego del ahorcado. Dicho juego es considerado como una actividad educativa y entretenida que puede ser adaptada para enseñar vocabulario en náhuatl, especialmente en categorías como partes del cuerpo, animales y frutas. A continuación, se presentan las reglas básicas del juego y algunas recomendaciones para su implementación en una aplicación de escritorio.

En la preparación, la aplicación de escritorio selecciona de manera aleatoria una palabra secreta relacionada con las categorías mencionadas. Se muestra una serie de guiones bajos representando cada letra de la palabra. Para iniciar el juego, el jugador intenta adivinar la palabra sugiriendo letras una a una. Si la letra está en la palabra, se revela en todas sus posiciones. Si la letra no está en la palabra, se dibuja una parte del cuerpo del hombre ahorcado (cabeza, cuerpo, brazos, piernas, etc.). El jugador tiene un número limitado de intentos (en este caso son nueve que corresponden al soporte, la cuerda, la cabeza, el cuerpo, brazo derecho, brazo izquierdo, pierna derecha y pierna izquierda) antes de perder.

Finalmente, el juego termina cuando el jugador adivina la palabra completa o cuando se completa el dibujo del hombre ahorcado, es decir, gana o pierde. En la Figura 12 se muestra el juego del ahorcado donde es presentado para la categoría de partes del cuerpo. Aquí puede observarse que el usuario ha tenido dos errores enlistando las letras incorrectas en la parte inferior a los guiones correspondientes a cada letra de la palabra.

Por otro lado, si el usuario adivina la letra, esta será mostrada como se presenta en la Figura 12 (para la letra a). En caso de que el usuario sepa la palabra, la puede escribir en el recuadro blanco y enseguida dar clic en el botón Adivinar; si es el caso, la palabra aparecerá, si no, el usuario debe seguir jugando y dar clic en Continuar. Finalmente, el usuario puede salir del juego simplemente dando clic a la pestaña Salir.



**Figura 12.** Juego del ahorcado para la sección de partes del cuerpo de la aplicación de escritorio para aprendizaje de náhuatl.  
Fuente: Elaboración propia.

Es importante mencionar que los dos juegos incluidos en la plataforma fueron seleccionados por su capacidad de promover la motivación, la práctica significativa y la retroalimentación inmediata, elementos esenciales del aprendizaje ludoeeducativo. El juego de memorama tiene una justificación pedagógica, ya que facilita la asociación entre la escritura de las palabras en náhuatl y sus imágenes o figuras representativas, reforzando la memoria semántica y el aprendizaje visual; además, incentiva la exploración, la curiosidad y la resolución de retos a través del reconocimiento de pares. La parte computacional se justifica en la capacidad del sistema para registrar patrones de aciertos y errores, ajustando la dificultad y ofreciendo retroalimentación adaptativa según el desempeño del usuario.

Asimismo, el juego del ahorcado contribuye pedagógicamente al aprendizaje letra por letra de palabras en náhuatl, fortaleciendo la ortografía y la construcción de vocabulario, genera tensión positiva y motivación mediante el reto de completar la palabra antes de cometer errores; y desde el punto de vista computacional, permite monitorear progresos, detectar dificultades recurrentes y adaptar la presentación de palabras según el nivel de cada estudiante. Ambos juegos ofrecen así una experiencia interactiva y contextualizada cultural, integrando objetivos didácticos, elementos lúdicos y capacidades de cómputo inteligente, y su elección será fundamentada de manera más detallada en futuras iteraciones del proyecto.

Finalmente, en el apartado del traductor se muestra la Figura 13, donde, al dar clic en el apartado verde de traductor, la aplicación de escritorio desplegará automáticamente la ventana del traductor de la Figura 3.

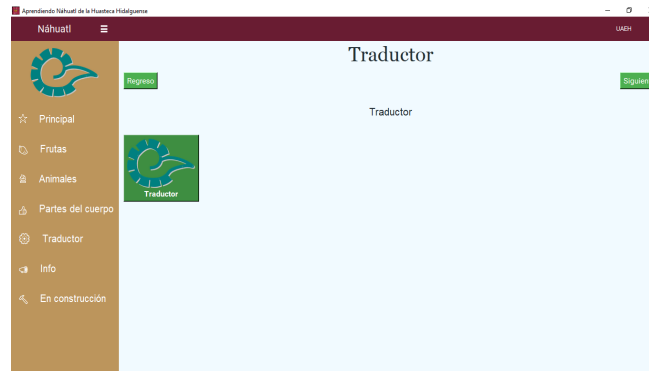


Figura 13. Sección de la aplicación de escritorio donde se encuentra el traductor de náhuatl.

Fuente: Elaboración propia.

En esta ventana el usuario podrá insertar palabras contenidas en el corpus contemplado para la aplicación de escritorio. Es importante mencionar que pueden traducirse palabras del español al náhuatl y viceversa; en caso de no contener la palabra a traducir, la aplicación dará un mensaje de palabra no encontrada. El traductor automático integrado en la plataforma tiene una justificación pedagógica, ya que permite a los estudiantes comprender el significado de palabras en náhuatl de manera inmediata, facilitando la construcción de vocabulario, la comprensión lectora y la conexión entre conocimientos previos y nuevos aprendizajes. Al ofrecer traducciones contextuales, contribuye a que el aprendizaje sea más consciente y significativo, reforzando la relación entre forma y significado en la lengua.

Desde la perspectiva lúdica, el traductor actúa como un recurso que potencia la exploración y la autonomía del aprendiz, permitiendo que los estudiantes experimenten con palabras y construcciones lingüísticas sin temor al error. Esta retroalimentación inmediata genera motivación intrínseca y mantiene el interés durante los minijuegos y actividades interactivas, reforzando la participación activa y el compromiso con el aprendizaje.

En cuanto a la justificación computacional, el traductor utiliza algoritmos de procesamiento de lenguaje natural que permiten adaptar las respuestas al nivel y desempeño del estudiante. Además, puede registrar interacciones, identificar patrones de error frecuentes y sugerir rutas de aprendizaje personalizadas, integrándose con los juegos y ejercicios de la plataforma para optimizar la práctica y consolidación del aprendizaje mediante redes neuronales. De esta manera, el traductor no solo apoya la comprensión lingüística, sino que también refuerza la adaptación dinámica del sistema a las necesidades individuales de cada usuario, cumpliendo con los principios del cómputo ludoeducativo.

A continuación, se presentará la discusión de los resultados obtenidos tras la implementación de la herramienta en un grupo de 42 alumnos pertenecientes a una escuela primaria de la capital del estado de Hidalgo. El grupo estuvo conformado por niños y niñas de educación básica, pertenecientes al mismo grupo escolar, cursando el sexto grado de primaria. La prueba de la plataforma se realizó dentro de la escuela, durante varias sesiones organizadas a lo largo de dos semanas, garantizando un ambiente controlado y familiar para los estudiantes.

Antes de prueba final con los alumnos, se realizó una prueba piloto de la plataforma para verificar que el programa cumpliera con los objetivos del estudio y que las actividades y juegos fueran comprensibles y funcionales para el público objetivo. Este ejercicio preliminar permitió identificar la necesidad de hacer ajustes en la interfaz, los juegos y los contenidos lingüísticos, garantizando que la experiencia de aprendizaje fuera adecuada y significativa. Asimismo, las preguntas que constituyeron el *pretest* y el *postest* fueron sometidas a una revisión de los docentes de la primaria en didáctica de lenguas indígenas y educación primaria, con el fin de asegurar su validez pedagógica, la pertinencia cultural y la adecuación al nivel de comprensión de los estudiantes. Estas acciones contribuyeron a que la evaluación reflejara de manera confiable los avances en el aprendizaje del náhuatl y la efectividad de la plataforma ludoeeducativa.

Las pruebas se llevaron a cabo con una autorización escrita de parte de los desarrolladores de la aplicación con la directora de la escuela primaria, obtenida mediante un consentimiento informado que explicó los objetivos del proyecto, la voluntariedad de la participación y las medidas de confidencialidad para proteger la identidad de los estudiantes.

En cuanto a la situación lingüística de los participantes, se trabajó con un grupo de niños no bilingües, es decir, que tienen solo conocimientos de la lengua española. Esta condición permitió evaluar cómo la plataforma ludoeeducativa influye en el fortalecimiento del vocabulario y la escritura en náhuatl, así como en la consolidación de habilidades lingüísticas de manera contextualizada y significativa.

## Discusión de los resultados

Tras la firma de un consentimiento informado con padres de familia, la directora de la escuela y el docente del grupo, se llevaron a cabo tres sesiones para el uso de la aplicación con 42 alumnos de primaria de 6to grado, cuyas edades oscilan entre 11 y 13 años, a través de una evaluación *pretest* para conocer la incidencia de esta en el aprendizaje. Se realizó una evaluación *pretest* para conocer el conocimiento previo sobre la lengua náhuatl de los niños y niñas, considerando que ninguno de ellos tiene conocimiento de la lengua. Posteriormente, se consideró el *postest* para conocer el aporte de la aplicación a nivel aprendizaje en la escala de Likert, lo que permite evaluar el conocimiento adquirido, la escala de usabilidad, la facilidad de uso, el atractivo visual, el contenido educativo y la motivación y satisfacción de los participantes de la aplicación de escritorio del estudiante sobre palabras en náhuatl.

Primero, se realizó el siguiente *pretest* antes de la intervención con la aplicación, cuyo objetivo es conocer el conocimiento previo del estudiante sobre palabras en náhuatl, incluyendo las siguientes preguntas:

Instrucciones: Indica tu nivel de acuerdo con las siguientes afirmaciones utilizando la escala de Likert considerada como Totalmente en desacuerdo 1 (TD), En desacuerdo 2 (ED), Neutral 3 (N), De acuerdo 4 (DA) y Totalmente de acuerdo 5 (TA).

- Conozco algunas palabras en náhuatl relacionadas con partes del cuerpo.
- Reconozco palabras en náhuatl que se refieren a animales.
- Sé cómo se dice fruta en náhuatl.
- Puedo identificar palabras en náhuatl que nombran frutas comunes.
- Tengo conocimiento de palabras en náhuatl relacionadas con animales domésticos.

A partir de lo anterior, se obtuvieron los resultados de la Tabla 2, donde al menos el 64.28% de los alumnos respondió que están totalmente en desacuerdo y en desacuerdo frente a: no conoce, no reconoce, no sabe, no identifica o no tiene el conocimiento de palabras en náhuatl (Figura 14). Se puede observar que prevalece la tendencia de Totalmente en desacuerdo (color azul marino) y En desacuerdo (color naranja).

Tabla 2. Resultados obtenidos del *pretest* usando escala de Likert.

	TD	ED	N	DA	TA
1. Ahora conozco varias palabras en náhuatl relacionadas con partes del cuerpo.	27	15	0	0	0
2. Reconozco palabras en náhuatl que se refieren a animales.	25	17	0	0	0
3. Ahora sé cómo se dice fruta en náhuatl.	24	18	0	0	0
4. Puedo identificar palabras en náhuatl que nombran frutas comunes.	29	13	0	0	0
5. Tengo conocimiento de palabras en náhuatl relacionadas con animales	30	12	0	0	0

Fuente: Elaboración propia.

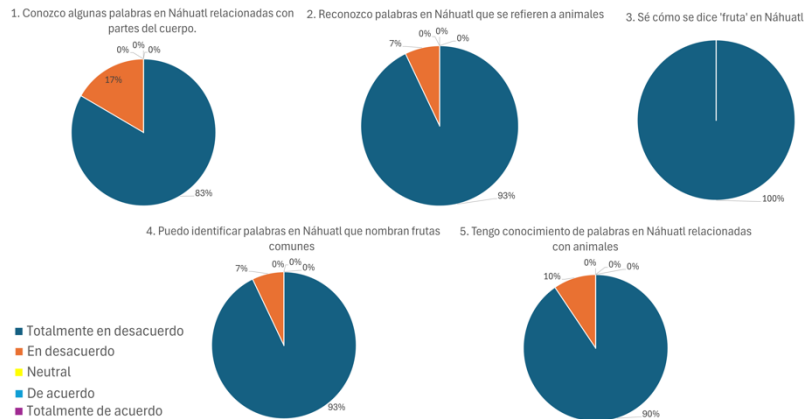


Figura 14. Resultados de la prueba *pretest* usando la escala de Likert para los aprendientes de náhuatl.

Fuente: Elaboración propia.

Posterior al *pretest*, los alumnos experimentaron con la aplicación de escritorio cada una de las secciones mencionadas anteriormente, en donde interactuaron con los juegos, el traductor y el contenido de la aplicación. Tras finalizar la actividad, se realizó el *postest*, cuyo objetivo fue evaluar el conocimiento adquirido del estudiante sobre palabras en náhuatl mediante el uso de la aplicación, como se presenta a continuación (Figura 15).

Instrucciones: Indica tu nivel de acuerdo con las siguientes afirmaciones utilizando la escala de Likert considerada como Totalmente en desacuerdo 1, En desacuerdo 2, Neutral 3, De acuerdo 4 y Totalmente de acuerdo 5:

- Ahora conozco varias palabras en náhuatl relacionadas con partes del cuerpo.
- Reconozco palabras en náhuatl que se refieren a animales.
- Sé cómo se dice fruta en náhuatl.

- Puedo identificar palabras en náhuatl que nombran frutas comunes.
- Tengo conocimiento de palabras en náhuatl relacionadas con animales domésticos.

Con lo anterior se obtuvieron los resultados de la Tabla 3. En la Figura 14 se muestran los resultados iniciales del conocimiento de los estudiantes sobre vocabulario en náhuatl. Puede observarse que la mayoría manifiesta estar Totalmente en desacuerdo en conocer algunas palabras relacionadas con partes del cuerpo, mientras que en categorías como animales y frutas también predominan respuestas de En desacuerdo. Esto evidencia que los participantes no conocen palabras comunes o de uso frecuente. En contraste, la Figura 14 refleja los resultados posteriores a la implementación del recurso didáctico. Se observa un incremento notable en las respuestas positivas, obteniendo al menos el 83.33% en Totalmente de acuerdo en todos los ítems, destacando un cambio significativo en el conocimiento de palabras relacionadas con animales y frutas, lo que anteriormente presentaba mayor dispersión. Asimismo, en los cinco ítems se aprecia que las respuestas tienden a concentrarse en niveles altos de la opción De acuerdo, lo cual sugiere que la actividad tuvo un impacto directo en la ampliación del vocabulario en náhuatl de los estudiantes.

Tabla 3. Resultados obtenidos del *postest* usando escala de Likert.

	TD	ED	N	DA	TA
1. Conozco algunas palabras en náhuatl relacionadas con partes del cuerpo.	0	0	0	7	35
2. Reconozco palabras en náhuatl que se refieren a animales.	0	0	0	3	39
3. Sé cómo se dice fruta en náhuatl.	0	0	0	0	42
4. Puedo identificar palabras en náhuatl que nombran frutas comunes.	0	0	0	3	39
5. Tengo conocimiento de palabras en náhuatl relacionadas con animales	0	0	0	4	38

Fuente: Elaboración propia.

De manera general, la comparación entre ambas figuras muestra que el recurso utilizado favoreció la transición desde un conocimiento parcial o básico hacia un reconocimiento más amplio y seguro de las palabras en náhuatl en diferentes categorías. Esto confirma la eficacia del material y de las actividades implementadas (como el traductor y el juego del ahorcado) para fortalecer el aprendizaje de la lengua.

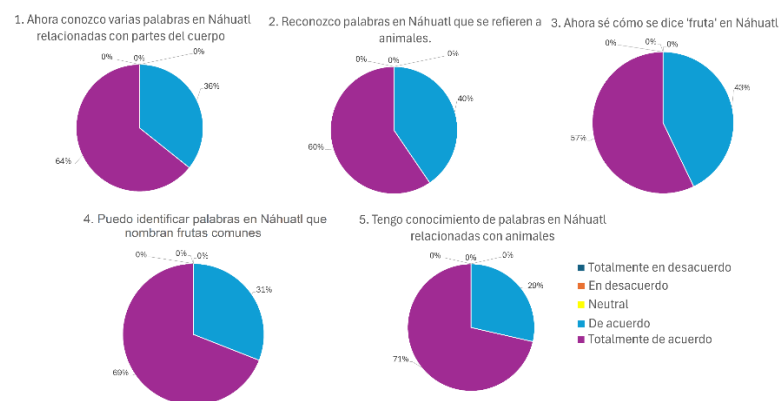


Figura 15. Resultados de la prueba *postest* usando la escala de Likert para los aprendientes de náhuatl.

Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, fue evaluada la efectividad de la aplicación y la experiencia del usuario mediante una escala de usabilidad del sistema (SUS). La SUS (Rubin & Chisnell, 2008) es una herramienta estandarizada ampliamente utilizada para medir la usabilidad percibida de un sistema o aplicación, proporcionando una puntuación que refleja qué tan fácil y satisfactorio resulta para los usuarios interactuar con la herramienta. Esta escala permite identificar fortalezas y áreas de mejora en el diseño y la funcionalidad, contribuyendo a optimizar la experiencia de aprendizaje.

La SUS consiste en 10 afirmaciones que los participantes valoran mediante una escala Likert de 5 puntos, que va desde Totalmente en desacuerdo hasta Totalmente de acuerdo. Las afirmaciones incluidas en la evaluación fueron:

- Creo que me gustaría usar este sistema con frecuencia.
- Encontré el sistema innecesariamente complejo.
- Pensé que el sistema era fácil de usar.
- Creo que necesitaría la ayuda de un experto para usar este sistema.
- Encontré que las diferentes funciones del sistema estaban bien integradas.
- Pensé que había demasiada inconsistencia en el sistema.
- Considero que la mayoría de las personas aprenderían a usar este sistema rápidamente.
- Encontré el sistema muy engorroso de usar.
- Me sentí confiado usando el sistema.
- Necesitaría aprender muchas cosas antes de poder usar este sistema correctamente.

La aplicación de esta herramienta permitió recopilar datos cuantitativos sobre la percepción de los usuarios, identificando qué aspectos del sistema resultaron intuitivos y cuáles podrían generar dificultades o frustración (Tabla 4), graficados en la Figura 16.

Tabla 4. Resultados obtenidos de usabilidad usando escala de Likert.

	<b>TD</b>	<b>ED</b>	<b>N</b>	<b>DA</b>	<b>TA</b>
1. Creo que me gustaría usar este sistema con frecuencia.	0	1	3	20	18
2. Encontré el sistema innecesariamente complejo.	21	15	5	1	0
3. Pensé que el sistema era fácil de usar.	1	1	5	15	20
4. Creo que necesitaría la ayuda de un experto para usar este sistema.	20	18	3	0	1
5. Encontré que las diferentes funciones del sistema estaban bien integradas.	0	0	2	12	28
6. Pensé que había demasiada inconsistencia en el sistema.	18	20	3	0	1
7. Considero que la mayoría de las personas aprenderían a usar este sistema rápidamente.	0	0	2	12	28
8. Encontré el sistema muy engorroso de usar.	25	15	1	1	0
9. Me sentí confiado usando el sistema.	0	3	4	10	25
10. Necesitaría aprender muchas cosas antes de poder usar este sistema correctamente.	20	15	5	2	0

Fuente: Elaboración propia.

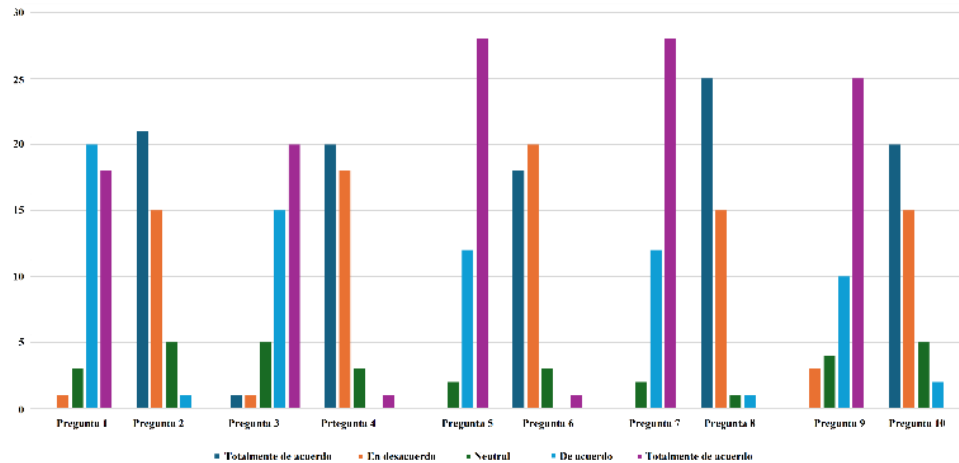


Figura 16. Resultados de la escala de usabilidad del sistema (SUS) usando la escala de Likert para los aprendientes de náhuatl.  
Fuente: Elaboración propia.

Este tipo de evaluación es fundamental, ya que la usabilidad influye directamente en la motivación y el aprendizaje de los estudiantes, especialmente en aplicaciones educativas dirigidas a niños. Una herramienta que resulta intuitiva y agradable de usar aumenta la probabilidad de que los estudiantes exploren más contenidos, repitan actividades y desarrollen habilidades lingüísticas de manera autónoma y sostenida. En consecuencia, los hallazgos de la SUS no solo sirven para medir la satisfacción del usuario, sino que también orientan futuras mejoras de diseño que refuercen el valor educativo y cultural de la aplicación.

Por otro lado, para calcular la puntuación SUS, es necesario restar 1 al valor de las preguntas impares (1, 3, 5, 7, 9) y restar 5 a la puntuación de las afirmaciones pares (2, 4, 6, 8, 10). Posteriormente, se suman todos los valores obtenidos y se multiplica el total por 2.5 para obtener una puntuación final entre 0 y 100. Realizando los cálculos correspondientes, se tiene un resultado de 84.7, por lo que, según la escala de SUS, los resultados de los usuarios arrojan una buena usabilidad, lo que podría indicar una cierta probabilidad para la recomendación del sistema.

Finalmente, se consideran algunas preguntas adicionales que buscan evaluar aspectos específicos de la aplicación en cuanto a temas de facilidad de uso, atractivo visual, contenido educativo y motivación y satisfacción.

#### Facilidad de uso:

- La interfaz de la aplicación es intuitiva.
- Pude navegar por la aplicación sin dificultad.
- Las instrucciones dentro de la aplicación fueron claras.

#### Atractivo visual:

- El diseño visual de la aplicación es atractivo.
- Los colores y gráficos utilizados en la aplicación son agradables.

#### Contenido educativo:

- Las actividades de aprendizaje fueron útiles para recordar palabras en náhuatl.
- La aplicación ofrece una variedad adecuada de ejercicios.

#### Motivación y satisfacción:

- Me sentí motivado para continuar utilizando la aplicación.
- Estoy satisfecho con mi experiencia general con la aplicación.
- Recomendaría esta aplicación a otras personas interesadas en aprender náhuatl.

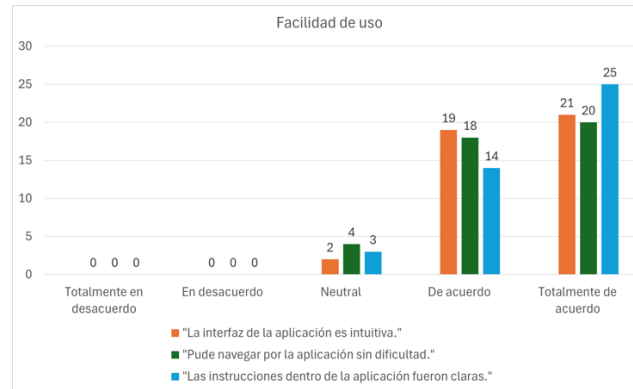
Los datos obtenidos y sintetizados en la Tabla 5 evidencian una valoración positiva de la aplicación en los cuatro ejes principales: facilidad de uso, atractivo visual, contenido educativo y motivación/satisfacción, y se obtuvieron los resultados mostrados en la Figura 17.

Tabla 5. Resultados de preguntas adicionales usando escala de Likert.

	TD	ED	N	DA	TA
Facilidad de uso:					
La interfaz de la aplicación es intuitiva	0	0	2	19	21
Pude navegar por la aplicación sin dificultad	0	0	4	18	20
Las instrucciones dentro de la aplicación fueron claras	0	0	3	14	25
Atractivo visual:					
El diseño visual de la aplicación es atractivo	0	0	4	17	21
Los colores y gráficos utilizados en la aplicación son agradables	1	2	5	18	16
Contenido educativo:					
Las actividades de aprendizaje fueron útiles para recordar palabras en náhuatl	0	0	3	22	17
La aplicación ofrece una variedad adecuada de ejercicios	0	2	5	17	18
Motivación y satisfacción:					
Me sentí motivado para continuar usando la aplicación	0	1	3	18	20
Estoy satisfecho con mi experiencia general con la aplicación	0	2	5	18	17
Recomendaría la aplicación a otras personas interesadas en aprender náhuatl	0	0	2	17	23

Fuente: Elaboración propia.

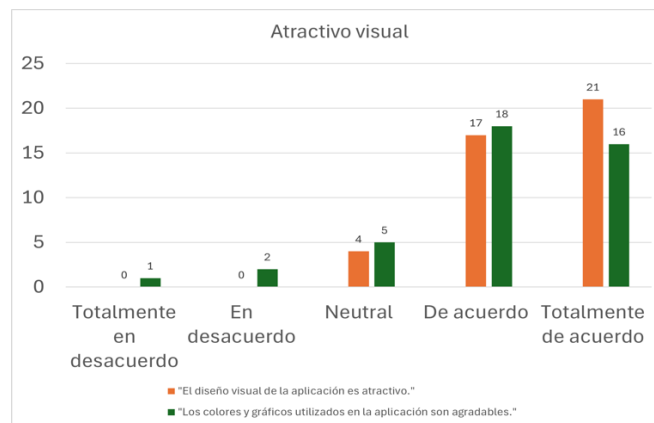
Para facilidad de uso, la mayoría de los estudiantes (92.85%) respondieron que están de acuerdo y totalmente de acuerdo con la interfaz, la navegación y las instrucciones e indicaciones que esta tiene.



**Figura 17.** Resultados de la prueba de facilidad de uso usando la escala de Likert para los aprendientes de náhuatl.  
Fuente: Elaboración propia.

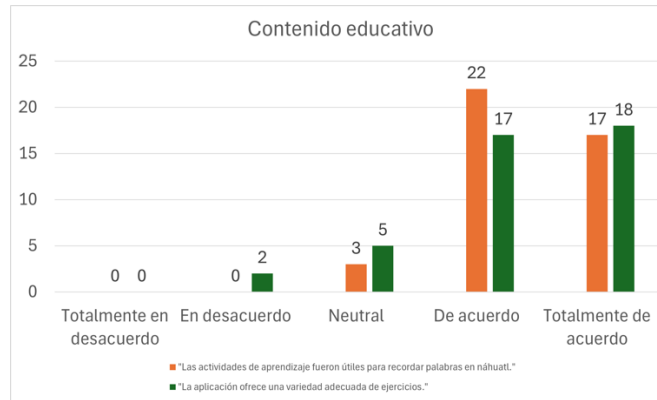
Respecto al atractivo visual de la aplicación, al menos tres usuarios (7.14%) respondieron que no consideran atractivo el diseño visual de la aplicación y que los colores y gráficos utilizados en la aplicación son poco agradables. En el caso particular de este punto, preguntando directamente a los usuarios, consideraron que usar colores como el guinda no ayuda mucho en la aplicación de escritorio, por lo que se buscará a futuro mejorar los colores o usar colores más claros.

A pesar del detalle de los colores y el diseño visual, los resultados muestran que a la mayoría de los usuarios (92.85%) le gustó y que no consideran que los colores representen una desventaja en el diseño y uso de ella. Finalmente, respecto al diseño visual, los resultados reflejan que al menos a 38 estudiantes les agradó o están de acuerdo y completamente de acuerdo con el diseño (Figura 18).



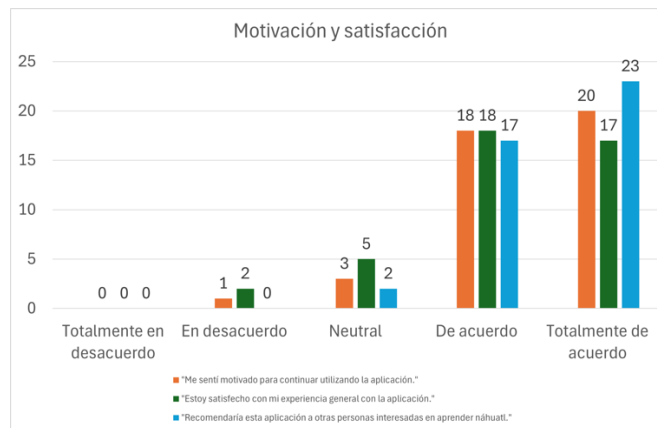
**Figura 18.** Resultados de la prueba de atractivo visual usando la escala de Likert para los aprendientes de náhuatl.  
Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al contenido educativo, los resultados resaltan que para 35 personas (83.33%) dichas actividades de aprendizaje fueron útiles para recordar y aprender algunas palabras en náhuatl. Por otro lado, también puede mencionarse que, de acuerdo con los usuarios, la aplicación ofrece una variedad adecuada de ejercicios y ejemplos que ayudan a aprender la lengua. La Figura 19 muestra que la mayoría de los estudiantes seleccionaron la opción De acuerdo y Totalmente de acuerdo para el contenido educativo.



**Figura 19.** Resultados de la prueba de contenido educativo usando la escala de Likert para los aprendientes de náhuatl.  
Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, la motivación y la satisfacción de la aplicación de escrito predominan en las respuestas De acuerdo y Totalmente de acuerdo. Es decir, los resultados reflejan que los usuarios se sintieron motivados para continuar utilizando la aplicación (Figura 20). Incluso, al final de la experiencia, el 83.33% de los aprendientes declararon estar satisfechos con su experiencia general con la aplicación, reflejado en la segunda pregunta. Para finalizar, se preguntó a los usuarios si recomendarían la aplicación a otras personas interesadas en aprender náhuatl, obteniendo resultados prevalecientes para De acuerdo y Totalmente de acuerdo.



**Figura 20.** Resultados de la prueba de motivación y satisfacción usando la escala de Likert para los aprendientes de náhuatl.  
Fuente: Elaboración propia.

La combinación de entrevistas y observación facilitó recopilar información relevante y contextualizada, lo que permitió identificar tanto los aspectos más atractivos de la aplicación como el valor lúdico y la motivación, además de las posibles áreas de mejora, por ejemplo, la necesidad de simplificar instrucciones o reforzar ayudas visuales. Este método cualitativo resulta especialmente apropiado en contextos educativos con niños, ya que prioriza la comprensión de la experiencia subjetiva del usuario en lugar de limitarse a indicadores técnicos de desempeño (Rubin & Chisnell, 2008).

Algunos hallazgos positivos revelaron que la aplicación logra generar motivación entre los participantes, donde actividades como el juego del ahorcado resultaron entretenidas y fomentaron el interés por continuar con el aprendizaje del náhuatl. Asimismo, los estudiantes valoraron la utilidad del traductor integrado, ya que les permitió comprobar palabras y mejorar la ortografía, reforzando su aprendizaje de manera práctica. Otro aspecto destacado fue la retroalimentación inmediata: los avisos de errores, tanto en letras como en traducciones, ayudaron a los niños a corregirse en el momento, lo que contribuyó a un aprendizaje más dinámico y efectivo.

Sin embargo, también se identificaron problemas que afectan la experiencia de uso. Algunos estudiantes manifestaron dificultad para localizar ciertas secciones de la aplicación, como el vocabulario de frutas, lo que generó la necesidad de solicitar apoyo externo. Además, se observó que cuando el traductor no reconocía una palabra, los niños requerían ejemplos o sugerencias adicionales para poder avanzar en sus ejercicios. En cuanto al juego del ahorcado, varios participantes expresaron frustración al no poder adivinar palabras desconocidas, prolongándose los tiempos de resolución y aumentando los errores.

Los comentarios representativos reflejan estas experiencias, por ejemplo, un estudiante comentó:

"Me gustó porque adivinar palabras es como jugar con mis amigos", mientras que otro señaló: "A veces no sabía dónde buscar la lista de frutas, tuve que pedir ayuda". Estos testimonios resaltan tanto los aspectos motivadores como las barreras que encontraron los usuarios durante la prueba.

Los resultados cualitativos sugieren que la aplicación tiene un alto potencial educativo al favorecer la motivación y el aprendizaje del vocabulario en náhuatl. Los niños reconocen haber aprendido nuevas palabras de manera divertida, lo que indica que el componente lúdico es efectivo. No obstante, los hallazgos también evidencian áreas de mejora importantes, especialmente en la navegación interna, la provisión de ayudas contextuales en el traductor y la adaptación del nivel de dificultad del juego del ahorcado. Estas observaciones apuntan a la necesidad de realizar ajustes que garanticen una experiencia de uso más accesible y menos frustrante, asegurando que los beneficios educativos se maximicen para todos los usuarios.

Por lo tanto, con los resultados obtenidos se puede demostrar que la aplicación de escritorio tiene potencial para emplearse como una herramienta educativa efectiva. Su diseño y funcionalidad permiten facilitar el aprendizaje de manera interactiva y atractiva para los usuarios. Sin embargo, para maximizar su impacto, es importante considerar algunos aspectos que fueron sugeridos en los comentarios de los usuarios.

En primer lugar, la incorporación de detalles más cuidadosos en la selección y combinación de colores podría mejorar significativamente la experiencia visual, haciendo que el entorno de aprendizaje sea más agradable y estimulante. Además, es recomendable enriquecer el contenido con una mayor variedad de actividades que promuevan diferentes formas de aprendizaje, como ejercicios prácticos, cuestionarios interactivos o retos creativos.

Asimismo, durante la prueba de la aplicación de escritorio (Figura 21) varios estudiantes mencionaron la posibilidad de integrar más elementos multimedia que hagan la experiencia aún más dinámica y entretenida. Por ejemplo, la inclusión de animaciones podría ayudar a ilustrar conceptos complejos de manera más clara, mientras que la adición de juegos educativos serviría para reforzar los conocimientos adquiridos a través de la diversión. También se mencionó la utilidad de incorporar audios, ya sea para explicar instrucciones, narrar textos o añadir efectos sonoros y más juegos que permitan aprender.

En conjunto, estas mejoras no solo podrían enriquecer la aplicación, sino también aumentar el grado de motivación y compromiso de los estudiantes, para convertirla en una herramienta más completa y adaptada a las necesidades educativas actuales. Por lo tanto, se recomienda continuar con el desarrollo de estas funcionalidades y realizar pruebas con grupos más amplios para validar su efectividad en diferentes contextos de aprendizaje.



Figura 21. Pruebas de la aplicación de escritorio con alumnos de una escuela primaria en la capital del estado de Hidalgo.

Fuente: Elaboración propia.

## Conclusiones

El presente trabajo demuestra que el cómputo ludoeducativo es un enfoque sólido y pertinente para la revitalización del náhuatl en contextos de educación básica. Al integrar cómputo inteligente, elementos de juego y fundamentos didácticos, se logró un entorno de aprendizaje que favorece la motivación, la retención de vocabulario y el desarrollo de competencias lingüísticas, al mismo tiempo que refuerza el sentido de identidad y pertenencia cultural de la niñez.

La plataforma desarrollada evidenció alta usabilidad, alcanzando una puntuación de 84.7 en la *System Usability Scale*, lo que respalda su aceptación y viabilidad en entornos escolares. La evaluación mostró mejoras claras en el conocimiento del idioma y en la participación de los estudiantes, confirmando que las tecnologías lúdicas pueden ser una vía eficaz para la enseñanza de lenguas indígenas.

Se identificaron, sin embargo, áreas de mejora relacionadas con el diseño visual, la ampliación de actividades y la integración de recursos multimedia que enriquezcan la experiencia interactiva. Abordar estas oportunidades permitirá incrementar la profundidad del aprendizaje y la capacidad de adaptación de la herramienta a diversos estilos y ritmos de los estudiantes.

Además, la experiencia de desarrollo y aplicación ofrece evidencia para la replicabilidad del modelo en otras lenguas originarias en riesgo. Esto resulta particularmente relevante en comunidades que enfrentan vulnerabilidad cultural, donde las políticas educativas requieren estrategias innovadoras que combinen tecnología, juego y pedagogía para preservar el patrimonio lingüístico.

Finalmente, los hallazgos refuerzan la necesidad de políticas públicas y educativas integrales que incorporen el cómputo ludoeducativo como parte de los programas de enseñanza bilingüe y de revitalización lingüística. La combinación de tecnología inteligente, participación comunitaria y metodologías lúdicas no solo apoya la adquisición de una lengua, sino que contribuye a la transmisión intergeneracional de saberes y al fortalecimiento de la diversidad cultural.

## Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

## Referencias

- Afifah, N., Yulita, S., & Sarathan, M. (2021). Natural language processing for automatic sentiment analysis in social media data. *International Journal of Information Engineering and Science*, 1(1), 16–19. <https://doi.org/10.62951/ijies.v1i2.54>
- Albrechtsen, H., Andersen, H. H. K., Bødker, S., & Pejtersen, A. M. (2001). *Affordances in activity theory and cognitive systems engineering*. Risø National Laboratory. [https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/7726876/ris\\_r\\_1287.pdf](https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/7726876/ris_r_1287.pdf)
- Anderson, C. A., Gentile, D. A., & Buckley, K. E. (2010). *Violent video game effects on children and adolescents: theory, research, and public policy*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195309836.001.0001>
- Ausubel, D. P. (1963). *The psychology of meaningful verbal learning*. Grune & Stratton.
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: a cognitive view*. Holt, Rinehart and Winston.
- Bers, M. U. (2020). *Coding as a playground: programming and computational thinking in the early childhood classroom* (2nd ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003022603>
- Bezerra, C., Andrade, R. M. C., Santos, R. M., Abed, M., Marçal de Oliveira, Monteiro, J. M., Santos, I. & Ezzedine, H. (2014). Challenges for usability testing in ubiquitous systems. In Proceedings of the 26th Conference on Interaction Homme-Machine (IHM '14). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 183–188. <https://doi.org/10.1145/2670444.2670468>
- Billinghurst, M., Clark, A., & Lee, G. (2015). A survey of augmented reality. *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction*, 8(2–3), 73–272. <https://doi.org/10.1561/1100000049>
- Brownlee, J. (2020). *Deep learning for time series forecasting: predict the future with MLPs, CNNs and LSTMs in Python*. Machine Learning Mastery. [https://www.inf.u-szeged.hu/~korosig/teach/books/Jason%20Brownlee%20-%20Deep%20Learning%20for%20Time%20Series%20Forecasting%20-%20Predict%20the%20Future%20with%20MLPs,%20CNNs%20and%20LSTMs%20in%20Python%20\(2018\).pdf](https://www.inf.u-szeged.hu/~korosig/teach/books/Jason%20Brownlee%20-%20Deep%20Learning%20for%20Time%20Series%20Forecasting%20-%20Predict%20the%20Future%20with%20MLPs,%20CNNs%20and%20LSTMs%20in%20Python%20(2018).pdf)
- Cardenas, V., & Mayoral, P. (2023). Realidad Aumentada y DUA en la Enseñanza de Lenguas. *CIEX JOURNAL*, 1(16), 71–72. <https://journal.ciex.edu.mx/index.php/cj/article/view/169>
- Castillo Alarcon, I., Sampedro Mendoza, A., Cásares García, L., Franco Árcaga, A., Cruz Olguín, J. M., & Ojeda Misses, M. A. (2026). Desarrollo de una aplicación móvil para el aprendizaje de las lenguas indígenas: Mazahua y Hñähñu (V. López Morales, Trans.). *RIIT Revista Internacional De Investigación E Innovación Tecnológica*, 14(79), 49-74. <https://revistas.uadec.mx/index.php/RIIT/article/view/851>
- Castellano, L. A., & Mársico, C. T. (1995). *Diccionario etimológico de términos usuales en la praxis docente*. Altamira, Buenos Aires.
- Chien, Y. C., Hwang, G. J., & Jong, M. S. Y. (2022). *Effects of peer assessment-based mobile learning on students' English vocabulary learning and engagement*. *Educational Technology & Society*, 25(2), 161–175.
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL). (2022). Estadísticas de pobreza en Hidalgo. <https://www.coneval.org.mx/coordinacion/entidades/Hidalgo/Paginas/principal.aspx>
- Da Silva, H. M., & Signoret, A. (2005). *Temas sobre la adquisición de una segunda lengua*. Editorial Trillas.
- Denning, P. J. (2001). The profession of IT: Who are we?. *Communications of the ACM*, 44(2), 15–19. <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/359205.359239>
- Denning, P. J., & Martell, C. H. (2015). *Great principles of computing*. The MIT Press.
- Devlin, J., Chang, M. W., Lee, K., & Toutanova, K. (2019). BERT: Pre-training deep bidirectional transformers for language understanding. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1810.04805>

- Filchenkov, A., Ponomarenko, A., & Nechaev, R. (eds.). (2023). *Creativity in intelligent technologies and data science: 5th International Conference, CIT&DS 2023*, Volgograd, Russia, September 11–15, *Proceedings* (Vol. 14293). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-44615-3>
- Gee, J. P. (2007). *What video games have to teach us about learning and literacy*. Palgrave Macmillan.
- Gers, F. A., Schmidhuber, J., & Cummins, F. (2000). Learning to forget: continual prediction with LSTM. *Neural Computation*, 12(10), 2451–2471. <https://doi.org/10.1162/089976600300015015>
- Gers, F. A., Schraudolph, N. N., & Schmidhuber, J. (2002). Learning precise timing with LSTM recurrent networks. *Journal of Machine Learning Research*, 3, 115–143. <https://www.jmlr.org/papers/volume3/gers02a/gers02a.pdf>
- Gros, B. (2007). Digital games in education: the design of games-based learning environments. *Journal of Research on Technology in Education*, 40(1), 23–38. <https://doi.org/10.1080/15391523.2007.10782494>
- Gutiérrez-Vasques, X., Sierra, G., & Hernández, I. (2016). Axolotl: a web accessible parallel corpus for Spanish–Nahuatl. *Proceedings of the Tenth International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC 2016)*, 4210–4214. <https://aclanthology.org/L16-1666/>
- HaCohen-Kerner, Y., Miller, D., & Yigal, Y. (2020). The influence of preprocessing on text classification using a bag-of-words representation. *PLOS ONE*, 15(5), e0232525. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232525>
- Harbord, C., Lyons, D., & Dempster, E. (2022). Playing for keeps: digital games to preserve Indigenous languages & traditions. En *Proceedings of DiGRA 2022 Conference: Bringing Worlds Together*. Digital Games Research Association (DiGRA). <https://dl.digra.org/index.php/dl/article/view/1384>
- Henriot, J. (1989). *Sous couleur de jouer. La métaphore ludique*, José Corti, Paris.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). *Estadísticas a propósito de... la lengua indígena en México*. <https://share.google/BxkvotPSR7rDuFzWi>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2025). *Estadísticas a propósito del Día Internacional de los Pueblos Indígenas*. [https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2025/EAP\\_PuebIndig\\_25.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2025/EAP_PuebIndig_25.pdf)
- Instituto Nacional de Lenguas Indígenas (INALI). (2020). *Diagnóstico sobre la situación de las lenguas indígenas en México*. [https://site.inali.gob.mx/pdf/2023/Avance\\_y\\_Resultados\\_2022\\_PROINALI\\_2020-2024.pdf](https://site.inali.gob.mx/pdf/2023/Avance_y_Resultados_2022_PROINALI_2020-2024.pdf)
- Jia, Y., Wu, Z., Xu, Y., Ke, D., & Su, K. (2017). Long short-term memory projection recurrent neural network architectures for piano's continuous note recognition. *Journal of Robotics*, 2017(1), 1–7. <https://doi.org/10.1155/2017/2061827>
- Johnson, L., Adams, S., Cummins, M., Estrada, V., Freeman, A., & Hall, C. (2016). *NMC Horizon Report: 2016 Higher Education Edition*. The New Media Consortium. <https://www.learntechlib.org/p/171478/>
- Johnson, C., Smith, D., & Brown, K. (2020) El impacto de la retroalimentación pedagógica en línea en la motivación y el rendimiento de los estudiantes en matemáticas. *Journal of Educational Research*, 25, 456–470.
- Juul, J. (2004). *Half-real: Video games between real rules and fictional worlds*. IT University of Copenhagen.
- Kang, H., Yang, S., Huang, J., & Oh, J. (2020). Time series prediction of wastewater flow rate by bidirectional LSTM deep learning. *International Journal of Control, Automation and Systems*, 18, 3023–3030. <https://doi.org/10.1007/s12555-019-0984-6>
- Kang, L., Di, L., Deng, M., Yu, E., & Xu, Y. (2016). Forecasting vegetation index based on vegetation-meteorological factor interactions with artificial neural network. 2016 *Fifth International Conference on Agro-Geoinformatics (Agro-Geoinformatics)*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/7577673>
- Kesiku, C. Y., Chaves-Villota, A., & Garcia-Zapirain, B. (2022). Natural language processing techniques for text classification of biomedical documents: a systematic review. *Information*, 13(10), 499. <https://doi.org/10.3390/info13100499>
- Krauss, J., & Prottzman, K. (2020). *Computational thinking and coding for every student: the teacher's getting-started guide*. Corwin.

- Kurniawan, R., & Maharani, D. (2020). Natural language processing for automatic sentiment analysis in social media data. *International Journal of Information Engineering and Science*, 1(1), 16–19. <https://doi.org/10.62951/ijies.v1i1.54>
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: legitimate peripheral participation*. Cambridge University Press.
- Liang, Y., Liu, X., & Zhang, Y. (2020). Challenges in word vectorization for indigenous languages: A case study on Nahuatl. Proceedings of the 12th International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC 2020), 1234–1241.
- Mager, M., Gutierrez-Vasques, X., Sierra, G., & Meza, I. (2018). Challenges of language technologies for the Indigenous languages of the Americas. *Proceedings of the 27th International Conference on Computational Linguistics*, 55-69. <https://aclanthology.org/C18-1006/>
- Manenat-Thalman, N., Yuan, J., Thalman, D., & You, B. (2016). Context Aware Human-Robot and Human-Agent Interaction, Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-19947-4>
- Meque, A. G. M., Angel, J., Sidorov, G., & Gelbukh, A. (2023). Traducción automática entre lenguas indígenas de México y el español. *Research in Computing Science*, 152(9), 329–337. [https://rscs.cic.ipn.mx/2023\\_152\\_9/Traduccion%20automatica%20entre%20lenguas%20indigenas%20de%20Mexico%20y%20el%20espanol.pdf](https://rscs.cic.ipn.mx/2023_152_9/Traduccion%20automatica%20entre%20lenguas%20indigenas%20de%20Mexico%20y%20el%20espanol.pdf)
- Meraz Meza, E., & Pérez-Almonacid, R. (2016). Efecto de diferentes tipos de interacciones verbales sobre un ajuste selector. *Revista Mexicana de Análisis de la Conducta*, 42(3), 222-248.
- Mirón-Chacón, M. J., Jiménez-Hernández, D., Juárez-Ibáñez, J. A., & Angheven, J. S. (2017). Desarrollo de aplicación móvil como herramienta de aprendizaje para náhuatl en la variante Orizabese. *Revista de Sistemas Computacionales y TIC'S*, 3(9), 7-13.
- Montes Santiago, R. E., Sánchez García, J. E., Martínez-Ramírez, Y., & Bautista Morales, R. (2024). Aprendizaje móvil de lenguas indígenas: Revisión de literatura. *Tecnologías educativas y estrategias didácticas*. <https://doi.org/10.61728/AE24002929>
- Nahapetyan, Y. (2019). The benefits of the Velvet Revolution in Armenia: estimation of the short-term economic gains using deep neural networks. *Central European Economic Journal*, 6(53), 286–303. <https://doi.org/10.2478/ceej-2019-0018>
- Nurdin, N., & Maharani, D. (2020). Natural Language Processing for Automatic Sentiment Analysis in Social Media Data. *International Journal of Information Engineering and Science*, 1(1), 16–19. <https://doi.org/10.62951/ijies.v1i2.54>
- Ojeda, M. A. (2022). La robótica ludoeducativa como una disciplina multidisciplinaria. *Revista Lengua y Cultura*, 4(7), 122–132. <https://doi.org/10.29057/lc.v4i7.9691>
- Periódico Oficial del Estado de Hidalgo. (2025). [La Junta de Gobierno...]. [https://transparenciadocs.hidalgo.gob.mx/ENTIDADES/CEDSPI/dir2/docs/web/25/ROP\\_2025\\_ATENCIÓN\\_DESARROLLO.pdf](https://transparenciadocs.hidalgo.gob.mx/ENTIDADES/CEDSPI/dir2/docs/web/25/ROP_2025_ATENCIÓN_DESARROLLO.pdf)
- Prensky, M. (2001). *Digital game-based learning*. McGraw-Hill.
- Real Academia Española, Diccionario de la lengua española, 23a ed., Real Academia Española, Madrid, 2014.
- Reddy, D. S., & Prasad, P. R. C. (2018). Prediction of vegetation dynamics using NDVI time series data and LSTM. *Modeling Earth Systems and Environment*, 4, 409–419. <https://doi.org/10.1007/s40808-018-0431-3>
- Ríos, M. J. (2020). Enseñanza de lenguas indígenas mediadas por las TIC en América Latina. *Revista Lengua y Cultura*, 1(2), 20–27. <https://doi.org/10.29057/lc.v1i2.5447>
- Romero, C., & Ventura, S. (2010). Educational data mining: a review of the state of the art. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, 40(6), 601–618. <https://doi.org/10.1109/TSMCC.2010.2053532>
- Rubin, J., & Chisnell, D. (2008). *Handbook of usability testing: how to plan, design, and conduct effective tests* (2ª ed.). Wiley Publishing.
- Russell, S. J., & Norvig, P. (2021). *Artificial intelligence: a modern approach* (4th ed.). Pearson.
- Salen, K., & Zimmerman, E. (2004). *Rules of play: game design fundamentals*. MIT Press.

- Selwyn, N. (2016). *Education and technology: key issues and debates*. Bloomsbury Publishing.
- Silva, H. (1999). Paradigmas y niveles del juego, Juego, educación y cultura, ENAH/Conaculta, México, pp. 35-52.
- Silva, H. (2008). *Le jeu en classe de langue*. CLE International.
- Silva, H. (2013). La gamificación de la vie: Sous couleur de jouer? *Sciences du Jeu*, (1), 1–11. <https://doi.org/10.4000/sdj.261>
- Sweetser, P., & Wyeth, P. (2005). GameFlow: a model for evaluating player enjoyment in games. *Computers in Entertainment (CIE)*, 3(3), 1–24. <https://doi.org/10.1145/1077246.1077253>
- Sykes, J. M. (2013). Just Playing Games? A Look at the Use of Digital Games for Language Learning, *The Language Educator*, 2013.
- Sykes, J. M., & Reinhardt, J. (2009). *Language at Play. Digital Games in Second and Foreign Language Teaching and Learning*. Pearson, New Jersey.
- Tamayo-Osorio, C., & Cuellar-Lemos, R. N. (2016). Juegos de lenguaje en movimiento: una experiencia indígena. *Revista Latinoamericana de Etnomatemática Perspectivas Socioculturales de la Educación Matemática*, 9(1), 49–70. <https://www.redalyc.org/journal/2740/274044103004/html/>
- Thouvenot, M. (2023). *Herramientas digitales para estudiar la cultura náhuatl*. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Históricas. <https://doi.org/10.22201/iih.9786073072496e.2023>
- Torres-Moreno, J. M., Guzmán-Landa, J. J., Ranger, G., Avendaño, M. L., Figueroa-Saavedra, M., Quintana-Torres, L., González-Gallardo, C. E., Linhares, E., Velázquez, P., & Moreno, L. G. (2024). Un nouveau corpus pour le nahuatl. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2412.15821>
- Van't Hooft, A., & Aguilar Tamayo, M. F. (2011). El uso de las nuevas tecnologías y las lenguas y culturas indígenas. *Teoría de la Educación, Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 12(3), 165-199. <https://revistas.usal.es/tres/index.php/eks/article/view/8488/8581>
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: the development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Weiser, M. (1991). The computer for the 21st century. *Scientific American*, 265(3), 94–104. <https://www.lri.fr/~mbl/Stanford/CS477/papers/Weiser-SciAm.pdf>
- Zambrano, A. P., Lucas, M. D. L. Á., Luque, K. E., & Lucas, A. T. (2020). La gamificación: herramientas innovadoras para promover el aprendizaje autorregulado. *Dominio de las Ciencias*, 6(3), 349–369. <https://doi.org/10.23857/dc.v6i3.1402>