

PROCESAMIENTO NATURAL DEL LENGUAJE Y CLASIFICACIÓN DIFUSA EN RESPUESTAS ABIERTAS

NATURAL LANGUAGE PROCESSING AND FUZZY CLASIFICATION OF OPEN-ENDED RESPONSES

Ismael Osuna Galán

Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo, México
ismael.osuna@uqroo.edu.mx

Yolanda Pérez Pimentel

Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo, México
yolandap@uqroo.edu.mx

Norma Elena Negrete Aguayo

End Child Prostitution, Child Pornography and Trafficking of Children for Sexual Purposes
(ECPAT), México
norma@ecpatmexico.org.mx

Juan Fernando Viveros García

End Child Prostitution, Child Pornography and Trafficking of Children for Sexual Purposes
(ECPAT), México
fernando@ecpatmexico.org.mx

Recepción: 11/diciembre/2025

Aceptación: 25/marzo/2026

Resumen

Este estudio propone un enfoque para el análisis automatizado de respuestas abiertas de adolescentes en entornos educativos digitales mediante procesamiento de lenguaje natural y clasificación difusa. La investigación se aplica a datos de la app educativa *En busca de tu identidad virtual*, diseñada para fomentar la reflexión crítica y prevenir la explotación sexual comercial de niñas, niños y adolescentes. El reto central radica en interpretar respuestas con alta ambigüedad semántica. Para ello, se emplearon embeddings y regresión logística como base de representación y clasificación inicial del texto. Posteriormente, se integró lógica difusa para capturar matices entre categorías solapadas. Los resultados indican que la clasificación difusa incrementa la sensibilidad frente a respuestas híbridas o ambiguas, proporcionando una interpretación más rica y flexible de la voz adolescente. Esta

propuesta fortalece el desarrollo de herramientas tecnopedagógicas orientadas a la ciudadanía digital y la prevención de riesgos en poblaciones juveniles.

Palabras Clave: Adolescencia digital, clasificación difusa, prevención de la ESCNNA, procesamiento de lenguaje natural, respuestas abiertas.

Abstract

This study proposes an approach for the automated analysis of open-ended responses from adolescents in digital educational environments using natural language processing and fuzzy classification. The research is applied to data from the educational app En busca de tu identidad virtual, designed to foster critical reflection and prevent the commercial sexual exploitation of children and adolescents. The main challenge lies in interpreting responses with high semantic ambiguity. To address this, embeddings and logistic regression were employed as the basis for text representation and initial classification. Fuzzy logic was then integrated to capture nuances among overlapping categories. The results indicate that fuzzy classification increases sensitivity to hybrid or ambiguous responses, providing a richer and more flexible interpretation of adolescents' voices. This proposal strengthens the development of techno-pedagogical tools aimed at promoting digital citizenship and risk prevention among young populations.

Keywords: CSEC prevention, digital adolescence, fuzzy classification, natural language processing, open-ended responses.

1. Introducción

La lucha contra la Explotación Sexual Comercial de Niñas, Niños y Adolescentes (ESCNNA) es una prioridad central para ECPAT International, cuya red global impulsa estrategias de prevención, atención y sensibilización en más de 100 países [ECPAT International, 2021]. En México, EDIAC/ECPAT México aplica estas estrategias mediante iniciativas educativas enfocadas en la protección digital y el desarrollo de ciudadanía juvenil informada [ECPAT México, 2025]. La aplicación En búsqueda de tu identidad social en línea fue adaptada desde la iniciativa internacional Social Identity Quest [Social Identity Quest, 2025], lo que permitió

contextualizar preguntas y dinámicas para adolescentes mexicanos. En esta versión se incluyó un personaje, un Ajolote, y una pregunta abierta final titulada “Comentario (opcional)”.

En los últimos años, la Inteligencia Artificial Explicable (XAI) ha cobrado relevancia como un enfoque orientado a dotar de transparencia e interpretabilidad a los modelos de aprendizaje automático. Su importancia radica en que no basta con obtener predicciones precisas; en contextos sensibles como la educación y la prevención de riesgos con adolescentes, se requiere comprender cómo y por qué los sistemas toman decisiones [Arrieta, 2020]. Esta necesidad ha sido resaltada en distintos marcos de aplicación, donde la interpretabilidad se concibe como un criterio esencial para la aceptación social y la legitimidad de las herramientas basadas en IA [Doshi, 2017]. Por su parte, el debate académico ha señalado que la interpretabilidad debe abordarse con cuidado, evitando que se convierta en un concepto vago o ambiguo, tal como señalan diversos trabajos [Lipton, 2018]. Autores como [Lipton, 2018] enfatizan que la explicación de modelos debe sustentarse en evidencias claras, diferenciando entre transparencia técnica y utilidad práctica para los usuarios finales. En el ámbito educativo, esta perspectiva es particularmente relevante, ya que estudiantes, docentes y especialistas requieren sistemas que no solo clasifiquen respuestas, sino que además permitan entender los criterios de dicha clasificación.

En cuanto al Procesamiento de Lenguaje Natural (PLN) en educación, diversos estudios recientes han demostrado el potencial de los embeddings y el topic modeling para analizar respuestas abiertas en encuestas y cuestionarios escolares [Pietsch, 2019]. Estas técnicas permiten descubrir patrones temáticos, identificar actitudes y reconocer niveles de comprensión en estudiantes. Asimismo, organizaciones internacionales como la UNESCO han señalado que el uso de estas metodologías debe enmarcarse en estrategias de educación digital crítica, garantizando tanto la protección de datos como la participación activa de adolescentes en procesos de reflexión [UNESCO, 2023].

A partir de este marco, la metodología del presente estudio combinó técnicas de PLN con lógica difusa. Primero, se representaron las respuestas mediante el modelo

Sentence-BERT (all-MiniLM-L6-v2), generando embeddings de 384 dimensiones que capturan relaciones semánticas contextuales incluso en textos cortos [Reimers, 2019]. Posteriormente, se aplicó Análisis de Componentes Principales (PCA) para reducir la dimensionalidad y facilitar la visualización de la agrupación semántica entre clases. Finalmente, se implementó un sistema de clasificación difusa, que asigna grados de pertenencia a múltiples categorías emergentes, ideal para capturar la ambigüedad y dinamismo del lenguaje adolescente en lugar de limitarse a etiquetas exclusivas [Liu, 2017].

El presente enfoque combinatorio supera las limitaciones de los modelos categóricos convencionales al analizar respuestas abiertas, proporcionando un análisis semántico más flexible e interpretativo. Así, contribuye a fortalecer la capacidad de generar evidencia de herramientas educativas preventivas, alineadas con los objetivos de ECPAT México y su apuesta por metodologías centradas en la voz juvenil y la ciudadanía digital.

2. Métodos

Las respuestas analizadas se recolectaron mediante la aplicación “*En búsqueda de tu identidad social en línea*”, implementada en escuelas secundarias de Quintana Roo. El cuestionario incluyó una pregunta abierta opcional titulada “Comentario (opcional)”, a través de la cual se obtuvieron 13,213 *respuestas*. Tras eliminar vacíos, expresiones triviales y respuestas monosilábicas, se conformó un corpus final de 9,825 respuestas útiles.

El preprocesamiento incluyó limpieza con expresiones regulares, análisis morfosintáctico con spaCy y eliminación de palabras vacías. Este proceso permitió conservar únicamente intervenciones con contenido semántico relevante. La secuencia completa de pasos metodológicos —desde la recolección y limpieza hasta la clasificación difusa— se sintetiza en la Figura 1.

Las respuestas se representaron mediante el modelo Sentence-BERT (all-MiniLM-L6-v2), generando embeddings de 384 dimensiones. Con el fin de facilitar la exploración semántica, se aplicó Análisis de Componentes Principales (PCA) como técnica de reducción de dimensionalidad. Posteriormente, se entrenó un modelo de

regresión logística con cuatro categorías: “Conocimiento y aprendizajes de la problemática”, “Aportes para el mejoramiento de la APP”, “Funcionalidad de la APP para la enseñanza” e “Irrelevantes”. Para atender los casos ambiguos, se implementó un clasificador difuso que asigna grados de pertenencia a múltiples categorías, combinando probabilidades del modelo base con reglas heurísticas derivadas de TF-IDF.



Fuente: Elaboración propia

Figura 1 Diagrama del proceso metodológico.

Los parámetros técnicos del modelo se resumen en la Tabla 1, donde se detallan el modelo de embeddings, clasificador, dimensionalidad y configuración de mezcla con el algoritmo difuso. En síntesis, se compararon dos configuraciones: un modelo base de PLN con embeddings Sentence-BERT y regresión logística, y un modelo híbrido que incorpora una capa difusa basada en ponderaciones léxicas y mezcla condicionada por confianza. Esta estructura permitió evaluar el efecto de la integración de la lógica difusa sobre la interpretabilidad y sensibilidad del sistema.

Tabla 1 Parámetros técnicos del modelo de clasificación.

Parámetro	Valor
Modelo de embeddings	all-MiniLM-L6-v2
Clasificador	Regresión logística
Dimensionalidad de los embeddings	384
Algoritmo difuso	Ponderación léxica con TF-IDF y reglas heurísticas
Alpha mezcla (proba-fuzzy)	0.9

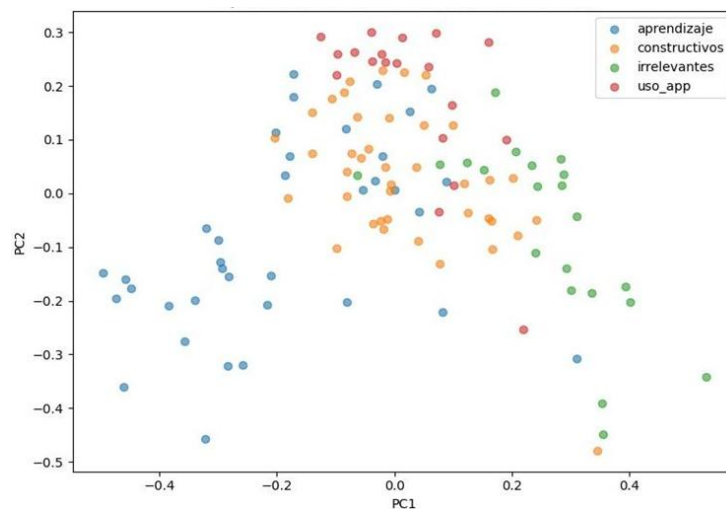
Fuente: Elaboración propia

Este estudio se llevó a cabo bajo principios éticos de respeto y protección a la niñez y adolescencia. No se recopilaron datos personales ni identificadores directos de las y los participantes; únicamente se analizaron las respuestas abiertas voluntariamente registradas en la aplicación. La información fue procesada de manera anónima y exclusiva para fines de investigación académica, en

concordancia con los lineamientos de protección de datos y derechos de niñas, niños y adolescentes establecidos por organismos internacionales como la UNESCO y ECPAT.

3. Resultados

El análisis permitió identificar patrones semánticos y de pertenencia entre categorías a partir de las 9,825 *respuestas* abiertas procesadas. La Figura 2 muestra los resultados del PCA aplicado al corpus. Se observa solapamiento entre clases, lo que confirma la dificultad de una separación rígida y justifica el uso de un enfoque difuso para capturar las áreas intermedias.

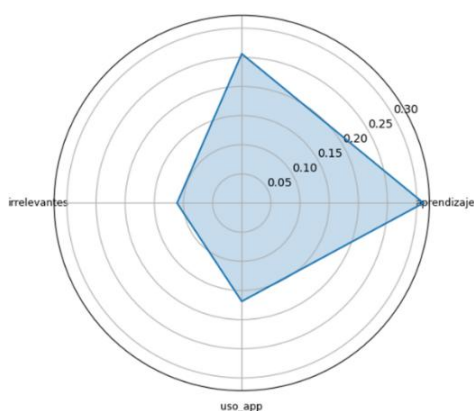


Fuente: Elaboración propia

Figura 2 Separabilidad de clases con PCA (Sentence-BERT).

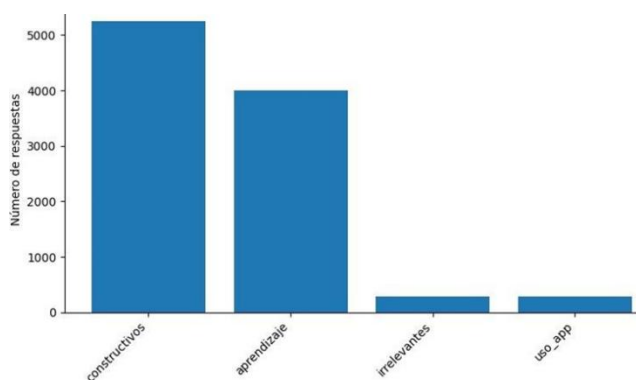
La Figura 3 presenta el radar de pertenencia promedio por categoría. El gráfico ilustra cómo las respuestas no se concentran en una sola clase, sino que muestran distintos grados de afinidad hacia varias categorías, reflejando la ambigüedad natural del lenguaje adolescente. La Figura 4 muestra la distribución general de respuestas por categoría en un gráfico de barras. La mayor proporción corresponde a “*Conocimiento y aprendizajes de la problemática*”, seguida de “*Aportes para el mejoramiento de la APP*” y “*Funcionalidad de la APP para la enseñanza*”, mientras que la categoría “*Irrelevantes*” ocupa un porcentaje menor. Esta representación

permite observar tanto la predominancia de ciertas clases como los desequilibrios en la muestra. La Tabla 2 resume los valores promedio de pertenencia difusa. Los resultados muestran que las respuestas no se asocian de forma exclusiva a una sola categoría, sino que comparten afinidades parciales con varias de ellas. Esto valida la pertinencia del modelo difuso para captar matices que quedarían invisibles en una clasificación rígida.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3 Pertenencia difusa media por categoría (radar).



Fuente: Elaboración propia.

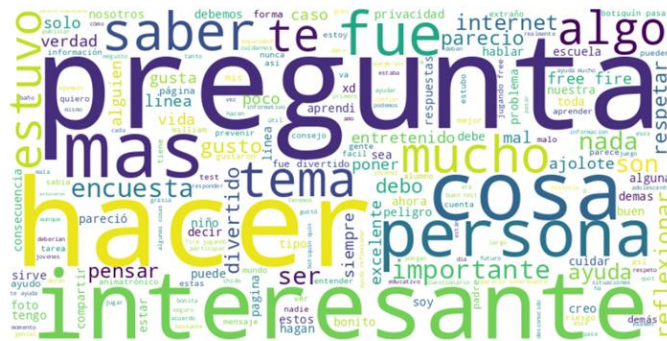
Figura 4 Distribución de respuestas por clase.

Tabla 2 Promedios de pertenencia difusa por categoría.

Categoría	Pertenencia media
Conocimiento y aprendizajes de la problemática	0.382
Aportes para el mejoramiento de la APP	0.315
Irrelevantes	0.147
Funcionalidad de la APP	0.156

Fuente: Elaboración propia

disposición de los estudiantes a realizar sugerencias y participar activamente en la mejora del recurso educativo.



Fuente: Elaboración propia

Figura 7 Nube de palabras: Aportes para el mejoramiento de la APP.

Finalmente, la Figura 8, correspondiente a la categoría “*Irrelevantes*”, contiene expresiones desconectadas del cuestionario, como “Erick Paolo” o “telesecundaria”, lo que permite identificar respuestas sin relación con la experiencia educativa y depurar el análisis sin excluir voces.

En conjunto, estas visualizaciones cualitativas permiten reconocer no solo la diversidad léxica, sino también las distintas formas de implicación de los adolescentes frente a la aplicación: desde la reflexión crítica hasta las sugerencias constructivas o intervenciones marginales.



Fuente: Elaboración propia

Figura 8 Nube de palabras: Irrelevantes.

Las respuestas procesadas evidenciaron una notable complejidad semántica, caracterizada por la coexistencia de múltiples intenciones comunicativas en una

misma intervención. Este fenómeno, frecuente en el lenguaje adolescente, se manifestó en expresiones que combinan reflexión, opinión y lenguaje coloquial. Dichos rasgos confirman la necesidad de enfoques híbridos que integren procesamiento de lenguaje natural y lógica difusa, capaces de representar la ambigüedad y los matices del discurso adolescente de manera más interpretativa y sensible.

El clasificador base alcanzó una exactitud de 0.75 y un F1_macro de 0.669 ($n = 24$). Tras introducir mezcla condicionada por confianza y la ampliación del léxico difuso, el modelo híbrido modificó únicamente 1 – 2 decisiones de 24, sin superar de forma consistente al base en este conjunto de prueba reducido. En consecuencia, se adopta el componente difuso principalmente como módulo de explicar las pertenencias y apoyo interpretativo.

4. Discusión

Los resultados obtenidos reflejan la riqueza y complejidad del lenguaje espontáneo de los adolescentes al interactuar con la aplicación “*En búsqueda de tu identidad social en línea*”. El uso de procesamiento de lenguaje natural permitió representar las respuestas de manera semántica, mientras que la lógica difusa aportó flexibilidad al reconocer grados de pertenencia en lugar de etiquetas rígidas. Esta combinación metodológica permitió interpretar tanto respuestas claras como aquellas de carácter híbrido o ambiguo, aspecto señalado en la literatura como un reto central en el análisis de texto educativo [Liu, 2017].

La interpretación de las Figuras 5 a 8, mostró distintos niveles de apropiación. En “*Conocimiento y aprendizajes de la problemática*” los estudiantes destacaron la importancia de “tener cuidado” en redes sociales, lo cual coincide con hallazgos de la UNESCO sobre la necesidad de educación crítica en entornos digitales [UNESCO, 2023].

En “*Funcionalidad de la APP para la enseñanza*”, términos como “encuesta” y “gustó” evidencian una valoración positiva de la dinámica pedagógica, reforzando el papel del diseño interactivo como factor clave en la adopción de herramientas educativas [Castañeda, 2018].

Los “*Aportes para el mejoramiento de la APP*” revelaron la disposición del alumnado a contribuir con sugerencias, lo que se alinea con los enfoques de diseño centrado en el usuario, donde las voces estudiantiles son insumo fundamental para la mejora continua de los recursos digitales [McKenney, 2019]. Al mismo tiempo, la categoría de “*Irrelevantes*” puso de manifiesto la heterogeneidad en los niveles de participación, recordando que en contextos escolares es común encontrar desde respuestas reflexivas hasta intervenciones marginales.

Estos hallazgos también dialogan con el campo de la Inteligencia Artificial Explicable (XAI). La posibilidad de observar grados de pertenencia y términos clave asociados a cada categoría incrementa la transparencia del sistema y aporta insumos interpretables para docentes y especialistas, evitando la “caja negra” que suele caracterizar a otros modelos de PLN [Arrieta, 2020], [Doshi, 2017]. Al ofrecer explicaciones claras sobre cómo se asignan las respuestas, el modelo fortalece su aceptación y legitimidad en contextos educativos sensibles.

En conjunto, el estudio confirma que integrar PLN con lógica difusa no solo mejora la sensibilidad frente a respuestas ambiguas, sino que también amplía las posibilidades de interpretación pedagógica. La clasificación difusa demostró ser un enfoque adecuado para captar los matices del discurso adolescente, reforzando la importancia de emplear herramientas de análisis que combinen rigor técnico con interpretabilidad y pertinencia social.

En conjunto, los resultados muestran que integrar PLN con lógica difusa amplía la interpretabilidad y permite captar la ambigüedad semántica del discurso adolescente, aunque no mejora significativamente las métricas cuantitativas en este conjunto de prueba limitado.

Un aspecto ético fundamental de este trabajo es que los datos analizados corresponden exclusivamente a respuestas abiertas sin información personal identificable, lo cual garantiza la protección de la privacidad de los participantes. Sin embargo, al trabajar con población adolescente resulta indispensable mantener un marco de responsabilidad y vigilancia ética permanentes. En investigaciones posteriores será relevante profundizar en protocolos de consentimiento informado y en mecanismos de devolución de resultados a las comunidades escolares.

5. Conclusiones

El presente estudio demuestra la pertinencia de combinar técnicas de procesamiento de lenguaje natural con lógica difusa para el análisis automatizado de respuestas abiertas en contextos educativos. La propuesta metodológica permitió superar las limitaciones de enfoques categóricos tradicionales, al reconocer la ambigüedad semántica del lenguaje adolescente y ofrecer interpretaciones más flexibles de sus intervenciones.

Los resultados muestran que este enfoque facilita la identificación de patrones discursivos relacionados con aprendizajes, valoraciones de la aplicación y aportes de mejora, al mismo tiempo que permite reconocer respuestas irrelevantes sin excluir la diversidad de voces estudiantiles. La clasificación difusa evidenció su capacidad para captar matices intermedios en las respuestas, generando información valiosa para la retroalimentación pedagógica y la mejora continua de la herramienta digital.

De cara a fases futuras, será necesario complementar estos hallazgos con métricas cuantitativas de rendimiento y ampliar la validación en distintos contextos escolares. De esta forma, la metodología propuesta no solo contribuirá al análisis educativo automatizado, sino también al desarrollo de estrategias tecnopedagógicas más transparentes, interpretables y orientadas a la prevención de riesgos en la ciudadanía digital juvenil.

6. Referencias y Bibliografía

- [1] Arrieta, A., Explainable Artificial Intelligence (XAI): Concepts, taxonomies, opportunities and challenges toward responsible AI. *Information Fusion*, Vol. 58, pp. 82–115, 2020.
- [2] Castañeda, L., Selwyn, N., More than tools? Making sense of the ongoing digitizations of higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, Vol. 15, No. 22, 2018.
- [3] ECPAT International, Child Sexual Exploitation and Abuse Online: Survivors' Perspectives in Mexico. WeProtect Global Alliance & EDIAC/ECPAT México, México, 2021.

- [4] ECPAT México, México – Overview. ECPAT International, México, 2025.
- [5] Doshi-Velez, F., Towards a rigorous science of interpretable machine learning. arXiv:1702.08608, 2017.
- [6] Lipton, Z., The mythos of model interpretability. *Communications of the ACM*, Vol. 61, No. 10, pp. 36–43, 2018.
- [7] Liu, H., Cocea, M., Fuzzy rule-based systems for interpretable sentiment analysis. *Proceedings of the 9th International Conference on Advanced Computational Intelligence (ICACI)*, pp. 129–136, 2017.
- [8] McKenney, S., Reeves, T. C., *Conducting Educational Design Research*. Routledge, Londres, Reino Unido, 2019.
- [9] Pietsch, A.-S., Lessmann, S., Topic modeling for analyzing open-ended survey responses. *Journal of Business Analytics*, Vol. 1, No. 2, pp. 93–116, 2019.
- [10] Reimers, N., Gurevych, I., Sentence-BERT: Sentence embeddings using Siamese BERT-networks. arXiv:1908.10084, 2019.
- [11] Social Identity Quest, En búsqueda de tu identidad social en línea. Plataforma educativa digital, México, 2025.
- [12] UNESCO, Education for Health and Wellbeing: Digital safety for children and youth. *Reporte internacional*, París, Francia, 2023.