

# ENSEÑAR A MEDIR LA DUDA CON INTELIGENCIA ARTIFICIAL: PROPUESTA EDUCATIVA PARA ANALIZAR LAS CAUSAS DE LA VIOLENCIA EN GUAYAQUIL DESDE LA INDETERMINACIÓN Y LA INCERTIDUMBRE

Teaching how to measure doubt with artificial intelligence: an educational proposal to analyze the causes of violence in Guayaquil from the perspective of indeterminacy and uncertainty

Ensinando a mensurar a dúvida com inteligência artificial: uma proposta educacional para analisar as causas da violência em Guayaquil sob a perspectiva da indeterminação e da incerteza

Maikel Y. Leyva Vázquez <sup>1\*</sup>, <https://orcid.org/0000-0001-7911-5879>

Lorenzo Cevallos-Torres <sup>2</sup>, <https://orcid.org/0000-0002-7211-2891>

Leili Genoveva López Domínguez <sup>3</sup>, <https://orcid.org/0000-0002-2484-8044>

Douglas Iturburu-Salvador <sup>4</sup>, <https://orcid.org/0000-0002-7198-3986>

Florentin Smarandache <sup>5</sup>, <https://orcid.org/0000-0002-5560-5926>

<sup>1-4</sup> Universidad de Guayaquil, Ecuador

<sup>5</sup> Universidad de Nuevo México, Nuevo México, EE.UU.

\*Autor para correspondencia. email [maikel.leyvav@ug.edu.ec](mailto:maikel.leyvav@ug.edu.ec)

**Para citar este artículo:** Leyva Vázquez, M. Y., Cevallos-Torres, L., López Domínguez, L. G., Iturburu-Salvador, D. y Smarandache, F. (2025). Enseñar a medir la duda con inteligencia artificial: propuesta educativa para analizar las causas de la violencia en Guayaquil desde la indeterminación y la incertidumbre. *Maestro y Sociedad*, 22(4), 3799-3810. <https://maestroysociedad.ug.edu.ec>

## RESUMEN

**Introducción:** Este artículo presenta una propuesta educativa innovadora para analizar problemas sociales complejos, como la violencia urbana en Guayaquil, mediante la enseñanza de la medición y visualización de la duda y la incertidumbre. Se propone un marco de evaluación epistémica neutrosófica, implementado con modelos de lenguaje de gran tamaño (LLMs), para superar los enfoques analíticos tradicionales binarios y unicausales. **Materiales y métodos:** Se desarrolló el Protocolo de Evaluación Epistémica Neutrosófica (NEEP), que descompone afirmaciones causales en tres dimensiones independientes: Verdad (T), Indeterminación (I) y Falsedad (F). Se realizó un estudio de caso cuasi-experimental (pre-test/post-test) con 75 participantes en Guayaquil, quienes interactuaron con análisis generados por el NEEP sobre cinco proposiciones causales comunes de la violencia. Se evaluó el cambio en su percepción mediante cuestionarios que midieron posturas iniciales, comprensión de la complejidad y valoraciones T, I, F. **Resultados:** El 77.4% de los participantes experimentó un cambio cognitivo positivo, transitando de una visión simplificada a una más matizada y compleja del problema. El análisis cuantitativo reveló medias significativas en las tres dimensiones ( $T=7.12$ ,  $I=6.29$ ,  $F=7.09$ ) y correlaciones bajas entre ellas ( $r < 0.5$ ), validando empíricamente su independencia teórica. La suma  $T+I+F$  superó significativamente el valor neutral, indicando una percepción de conflicto epistémico (hiper-verdad). **Discusión:** Los resultados demuestran que el marco neutrosófico, facilitado por IA, actúa como una herramienta pedagógica efectiva para estructurar el pensamiento crítico y legitimar la incertidumbre como componente analizable. La capacidad del sistema para "abstenerse" de emitir juicios ante evidencia conflictiva o insuficiente modela la humildad epistémica, una virtud crucial para la ciudadanía contemporánea. **Conclusiones:** La integración de la lógica neutrosófica con IA ofrece un paradigma educativo poderoso para la era de la complejidad, centrado en desarrollar competencias para mapear la incertidumbre, evaluar la confianza y reconocer los límites del conocimiento, transformando la duda en un objeto de aprendizaje.

**Palabras clave:** Pensamiento Crítico, Neutrosofía, Inteligencia Artificial, Educación para la Incertidumbre, Violencia Urbana.

## ABSTRACT

**Introduction:** This article presents an innovative educational proposal for analyzing complex social problems, such as urban violence in Guayaquil, by teaching the measurement and visualization of doubt and uncertainty. A neutrosophic

epistemic evaluation framework, implemented with large language models (LLMs), is proposed to overcome traditional binary and unicausal analytical approaches. Materials and methods: The Neutrosophic Epistemic Evaluation Protocol (NEEP) was developed, which decomposes causal claims into three independent dimensions: Truth (T), Indeterminacy (I), and Falsity (F). A quasi-experimental case study (pre-test/post-test) was conducted with 75 participants in Guayaquil, who interacted with analyses generated by the NEEP on five common causal propositions of violence. The change in perception was assessed using questionnaires that measured initial stances, understanding of complexity, and T, I, F assessments. Results: 77.4% of participants experienced a positive cognitive shift, moving from a simplified to a more nuanced and complex view of the problem. Quantitative analysis revealed significant means across the three dimensions ( $T=7.12$ ,  $I=6.29$ ,  $F=7.09$ ) and low correlations between them ( $r < 0.5$ ), empirically validating their theoretical independence. The sum of  $T+I+F$  significantly exceeded the neutral value, indicating a perception of epistemic conflict (hyper-truth). Discussion: The results demonstrate that the neutrosophic framework, facilitated by AI, acts as an effective pedagogical tool for structuring critical thinking and legitimizing uncertainty as an analyzable component. The system's ability to "refrain" from making judgments in the face of conflicting or insufficient evidence models epistemic humility, a crucial virtue for contemporary citizenship. Conclusions: Integrating neutrosophical logic with AI offers a powerful educational paradigm for the age of complexity, focused on developing competencies to map uncertainty, assess trust, and recognize the limits of knowledge, transforming doubt into an object of learning.

**Keywords:** Critical Thinking, Neutrosophy, Artificial Intelligence, Education for Uncertainty, Urban Violence.

## RESUMO

Introdução: Este artigo apresenta uma proposta educacional inovadora para a análise de problemas sociais complexos, como a violência urbana em Guayaquil, por meio do ensino da mensuração e visualização da dúvida e da incerteza. Um arcabouço de avaliação epistêmica neutrosófica, implementado com grandes modelos de linguagem (LLMs), é proposto para superar as abordagens analíticas binárias e unicausais tradicionais. Materiais e métodos: O Protocolo de Avaliação Epistêmica Neutrosófica (NEEP) foi desenvolvido, o qual decompõe afirmações causais em três dimensões independentes: Verdade (V), Indeterminação (I) e Falsidade (F). Um estudo de caso quase-experimental (pré-teste/pós-teste) foi conduzido com 75 participantes em Guayaquil, que interagiram com análises geradas pelo NEEP sobre cinco proposições causais comuns da violência. A mudança na percepção foi avaliada por meio de questionários que mensuraram posicionamentos iniciais, compreensão da complexidade e avaliações de V, I e F. Resultados: 77,4% dos participantes experimentaram uma mudança cognitiva positiva, passando de uma visão simplificada para uma visão mais matizada e complexa do problema. A análise quantitativa revelou médias significativas nas três dimensões ( $T=7,12$ ,  $I=6,29$ ,  $F=7,09$ ) e baixas correlações entre elas ( $r < 0,5$ ), validando empiricamente sua independência teórica. A soma de  $T+I+F$  excedeu significativamente o valor neutro, indicando uma percepção de conflito epistêmico (hiperverdade). Discussão: Os resultados demonstram que a estrutura neutrosófica, facilitada pela IA, atua como uma ferramenta pedagógica eficaz para estruturar o pensamento crítico e legitimar a incerteza como um componente analisável. A capacidade do sistema de "abster-se" de fazer julgamentos diante de evidências conflitantes ou insuficientes modela a humildade epistêmica, uma virtude crucial para a cidadania contemporânea. Conclusões: A integração da lógica neutrosófica com a IA oferece um poderoso paradigma educacional para a era da complexidade, focado no desenvolvimento de competências para mapear a incerteza, avaliar a confiança e reconhecer os limites do conhecimento, transformando a dúvida em um objeto de aprendizado.

**Palavras-chave:** Pensamento Crítico, Neutrosófia, Inteligência Artificial, Educação para a Incerteza, Violência Urbana.

Recibido: 21/7/2025    Aprobado: 4/9/2025

## INTRODUCCIÓN

La sociedad contemporánea se enfrenta a una avalancha de "problemas perversos" (wicked problems), caracterizados por su complejidad, interdependencia y resistencia a soluciones simples (Rittel & Webber, 1973; Head & Alford, 2015). La violencia urbana, particularmente en ciudades como Guayaquil, Ecuador, es un arquetipo de este tipo de desafío. A pesar de la abundancia de datos y análisis, el discurso público y académico a menudo oscila entre narrativas simplificadoras y polarizadas: la violencia es un problema de pobreza, de narcotráfico, de desintegración familiar o de debilidad institucional. Cada una de estas explicaciones, si bien parcialmente cierta, resulta insuficiente por sí sola y contribuye a un ciclo de políticas públicas reactivas y a menudo ineficaces (Muggah, 2015; UNODC, 2019).

El problema fundamental no es la falta de información, sino la falta de herramientas conceptuales y pedagógicas para procesar información contradictoria, incompleta y ambigua. Los marcos educativos tradicionales, anclados en una epistemología bivalente de verdadero/falso, preparan insuficientemente a

los ciudadanos y a los futuros profesionales para navegar la incertidumbre inherente a los sistemas sociales complejos (Barnett, 2004; King & Kitchener, 2004). En este contexto, la pregunta central que motiva nuestra investigación es: ¿Cómo podemos enseñar a medir, visualizar y dialogar constructivamente con la duda y la incertidumbre al analizar problemas sociales?

Este artículo propone una respuesta a través de la convergencia de tres campos: la lógica neutrosófica, la inteligencia artificial (IA) y la pedagogía crítica. Presentamos un marco de evaluación epistémica que, implementado como una capa de análisis sobre modelos de lenguaje de gran tamaño (LLMs), permite a los usuarios deconstruir afirmaciones causales sobre la violencia en Guayaquil. Este marco, inspirado en la neutrosofía de Smarandache (1998), modela explícitamente la Verdad (T), la Indeterminación (I) y la Falsedad (F) como dimensiones independientes y no necesariamente complementarias.

La innovación clave de nuestro enfoque es doble: primero, se aleja de la probabilidad clásica al permitir que la suma de T, I y F sea mayor o menor que 1, lo que permite modelar tanto la ignorancia (suma < 1) como el conflicto epistémico (suma > 1 o "hiper-verdad"). Segundo, y crucial para su valor educativo, el sistema puede y debe abstenerse de emitir un juicio cuando la evidencia es insuficiente o demasiado conflictiva, promoviendo una forma de humildad epistémica (Morrison, 2021; Whitcomb et al., 2017).

El objetivo de este trabajo no es resolver las causas de la violencia en Guayaquil, sino ofrecer una herramienta pedagógica que permita a estudiantes, educadores y ciudadanos analizar la complejidad del problema de una manera más estructurada y honesta. Argumentamos que aprender a cuantificar la indeterminación es una competencia fundamental para el siglo XXI. Para validar esta premisa, realizamos un estudio de caso con 75 participantes en Guayaquil, evaluando cómo la interacción con nuestro modelo neutrosófico impactó su comprensión del fenómeno de la violencia. Los resultados, como se detallará, muestran un cambio significativo desde posturas simplistas hacia una apreciación más matizada de la complejidad causal.

El artículo se estructura de la siguiente manera: primero, se presenta el marco teórico que entrelaza la violencia como fenómeno complejo, la lógica neutrosófica y el rol de la IA como herramienta epistémica. A continuación, se detalla la metodología, que incluye el diseño del protocolo de evaluación y del experimento educativo. Posteriormente, se exponen los resultados cuantitativos y cualitativos del estudio de caso. Finalmente, se discuten las implicaciones pedagógicas y sociales de nuestros hallazgos, concluyendo con una hoja de ruta para la integración de la "educación para la incertidumbre" en los currículos de ciencias sociales y formación ciudadana.

Nuestra propuesta se fundamenta en la intersección de tres dominios conceptuales: la comprensión de la violencia como un fenómeno complejo, el formalismo de la lógica neutrosófica para modelar la indeterminación, y el uso crítico de la inteligencia artificial como un andamiaje para el razonamiento epistémico.

### **La Violencia como un Fenómeno Complejo y Multicausal**

Lejos de ser un evento aislado, la violencia urbana es un sistema adaptativo complejo, un "nudo gordiano" de factores que se retroalimentan (Watts, 2002). La literatura en criminología, sociología y salud pública ha superado hace tiempo los modelos unicausales. Autores como Brantingham y Brantingham (1993) con su "teoría del patrón delictivo" o Sampson, Raudenbush y Earls (1997) con su trabajo sobre "eficacia colectiva" demuestran que la violencia emerge de la interacción dinámica entre individuos, grupos, oportunidades situacionales y ecologías urbanas. Estos factores operan en múltiples escalas, desde dinámicas macroeconómicas y redes de narcotráfico transnacional (UNODC, 2019) hasta factores micro-sociales como la desintegración de lazos comunitarios y la erosión de la confianza en las instituciones (Putnam, 2000).

Esta multicausalidad genera un entorno de alta incertidumbre y contradicción. Por ejemplo, una política de mano dura puede reducir ciertos tipos de delitos a corto plazo (Verdad parcial), pero también puede erosionar la legitimidad policial y aumentar la violencia a largo plazo (Falsedad parcial), con efectos impredecibles en la cohesión social (Indeterminación). Un análisis que ignore esta complejidad está condenado a la simplificación. Por ello, se requiere un marco que no busque "la" causa, sino que mapee el paisaje de influencias causales, incluyendo sus conflictos y zonas grises. Como señala Morin (2005), la verdadera comprensión no reside en disipar la complejidad, sino en navegarla.

### **Lógica Neutrosófica: Un Lenguaje para la Indeterminación**

Para modelar esta complejidad, recurrimos a la lógica neutrosófica, una generalización de la lógica difusa y la lógica intuicionista propuesta por Smarandache (1998, 2013). A diferencia de la lógica clásica (verdadero/

falso) o la probabilística (donde  $P(A) + P(\text{no } A) = 1$ ), la neutrosofía introduce un espacio de verdad tridimensional e independiente:

Verdad (T): El grado de evidencia que soporta una proposición  $\Phi$ .

Indeterminación (I): El grado de evidencia que es ambigua, paradójica, vaga o insuficiente para evaluar  $\Phi$ .

Falsedad (F): El grado de evidencia que refuta una proposición  $\Phi$ .

La característica fundamental es que T, I y F son tratadas como variables independientes, con valores en  $[0, 1]$ . Esto tiene consecuencias profundas:

Modelado de la Ignorancia: Si  $T + I + F < 1$ , el sistema reconoce que carece de información completa. El déficit  $(1 - (T+I+F))$  representa el grado de ignorancia estructural.

Modelado del Conflicto: Si  $T + I + F > 1$ , el sistema detecta una "hiper-verdad" o conflicto epistémico. Esto ocurre cuando existen fuertes argumentos tanto a favor como en contra de una proposición, una situación común en debates sociales polarizados.

Centralidad de la Indeterminación (I): La indeterminación no es simplemente la ausencia de verdad o falsedad. Es una dimensión con entidad propia que puede representar fenómenos como la vaguedad semántica ("un político corrupto"), la paradoja ("esta frase es falsa") o la contingencia futura ("la violencia disminuirá el próximo año").

Este formalismo proporciona un lenguaje preciso para articular la duda. En lugar de forzar una conclusión, permite una cartografía de la estructura del conocimiento y la ignorancia sobre un tema, lo cual es un objetivo pedagógico en sí mismo (Floridi, 2010).

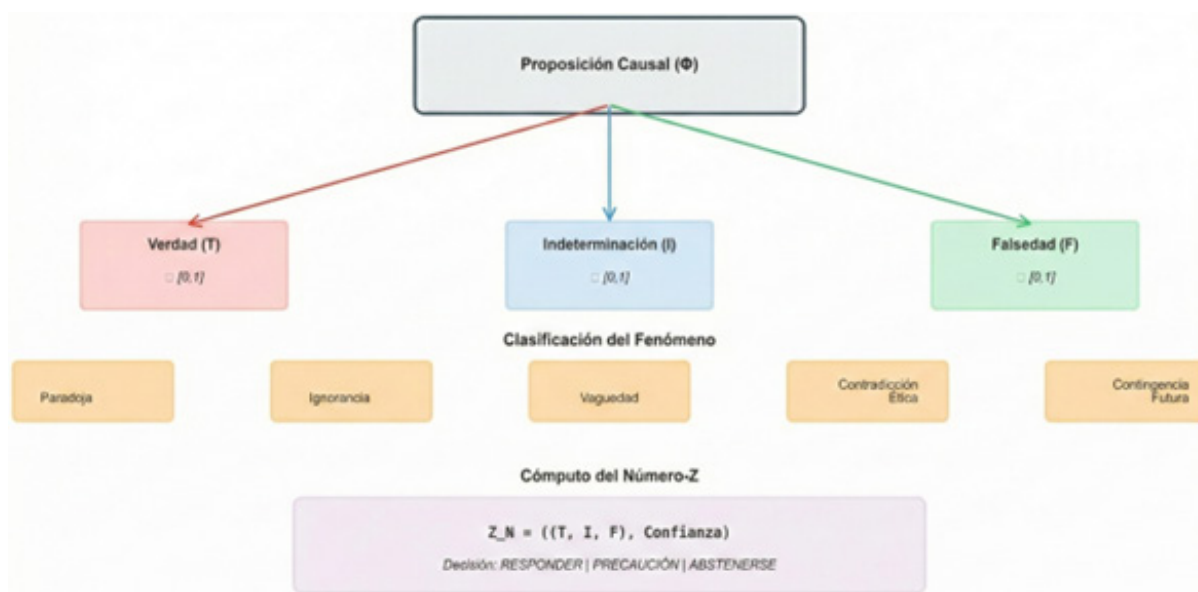


Figura 1: Marco Conceptual de la Evaluación Epistémica Neutrosófica

El marco conceptual descompone una proposición causal ( $\Phi$ ) en tres dimensiones independientes (T, I, F), clasifica el tipo de fenómeno subyacente y computa un Z-Number para guiar la decisión final, permitiendo la abstención.

### Inteligencia Artificial como Herramienta Epistémica

Los modelos de lenguaje de gran tamaño (LLMs) como GPT-4 o Gemini han demostrado una capacidad sin precedentes para procesar y sintetizar vastas cantidades de información textual (Brown et al., 2020). Sin embargo, su arquitectura está diseñada para generar respuestas coherentes y plausibles, no necesariamente veraces. Esta tendencia a la "elocuencia sin verdad" o "alucinación" los convierte en herramientas peligrosas si se utilizan como oráculos de conocimiento, especialmente en dominios socialmente sensibles (Bender et al., 2021; Weidinger et al., 2021).

La propuesta invierte este paradigma: en lugar de pedir al LLM una respuesta, lo utilizamos como un motor de razonamiento para poblar un marco epistémico externo. El LLM no decide si una afirmación es verdadera; su tarea es encontrar y ponderar argumentos a favor y en contra, que luego son procesados por el protocolo neutrosófico. El LLM actúa como un "investigador asistente" incansable, mientras que la responsabilidad del

juicio epistémico recae en el marco formal y, en última-instancia, en el usuario humano que lo interpreta (Shneiderman, 2022).

Este enfoque se alinea con la visión de la IA como "andamiaje cognitivo" (cognitive scaffolding), una herramienta que no reemplaza el pensamiento crítico, sino que lo aumenta (Kirschner et al., 2006). Al externalizar la evaluación en el marco (T, I, F), hacemos que el proceso de razonamiento sea transparente y auditable. El usuario puede ver por qué el sistema considera una afirmación como conflictiva o indeterminada, examinando los argumentos contrapuestos que el LLM ha recopilado. Esta transparencia es la clave de su valor pedagógico: el objetivo no es la respuesta, sino el proceso de llegar a ella.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología de esta investigación se articula en dos fases principales: primero, el diseño e implementación del Protocolo de Evaluación Epistémica Neutrosófica (NEEP); y segundo, la ejecución de un experimento educativo para validar su impacto pedagógico en un contexto real.

### Diseño del Protocolo de Evaluación Epistémica Neutrosófica (NEEP)

El NEEP es un procedimiento estructurado de ocho pasos diseñado para ser implementado computacionalmente, utilizando un LLM como motor de análisis de texto y el marco neutrosófico como estructura de juicio. El flujo de trabajo se ilustra en la Figura 2.

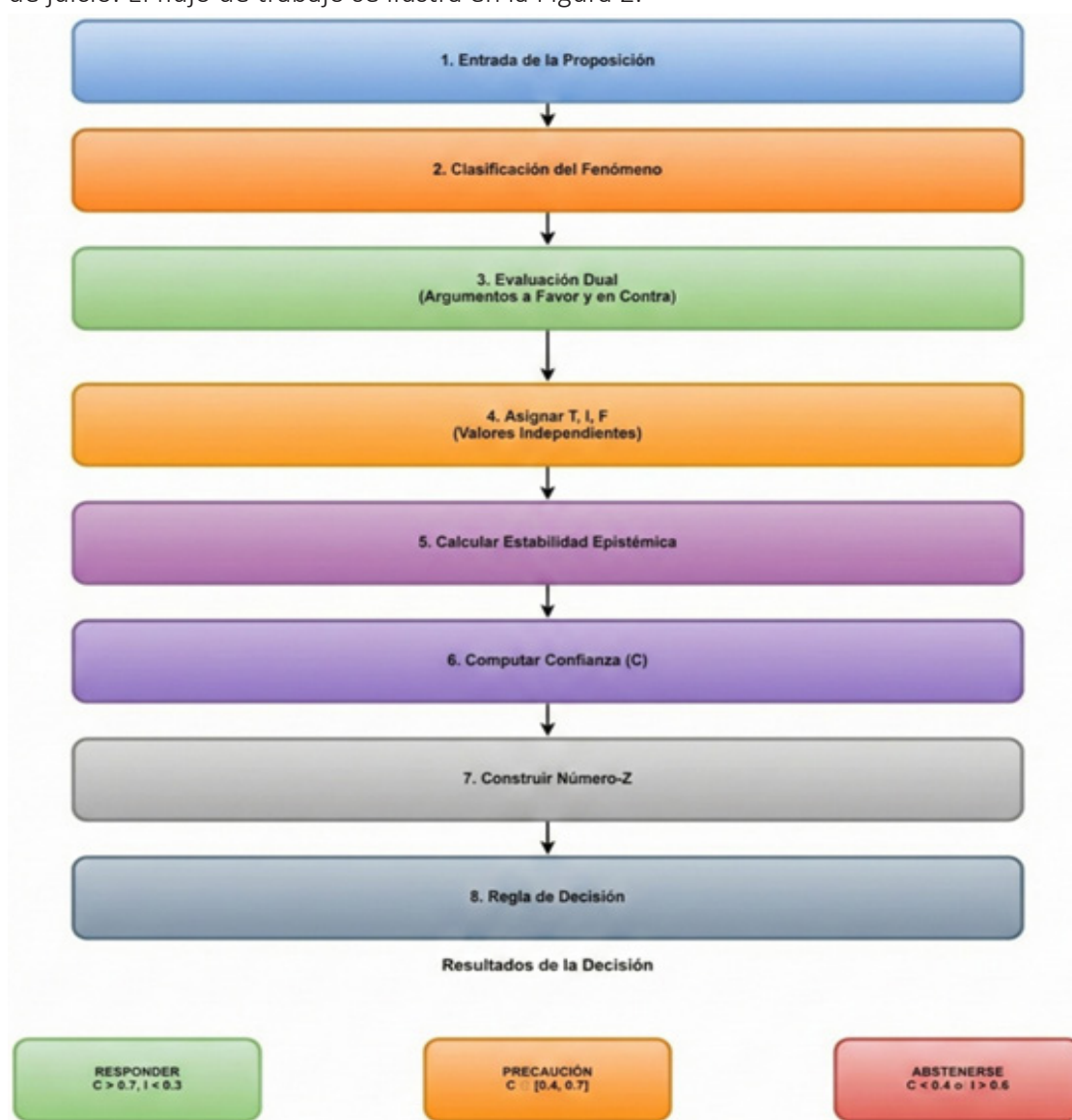


Figura 2: Protocolo de Evaluación Epistémica Neutrosófica (NEEP)

Diagrama de flujo del protocolo de ocho pasos, desde la entrada de la proposición hasta la decisión final basada en umbrales de confianza e indeterminación.



El proceso de evaluación epistémica neutrosófica se implementa mediante un "System Prompt" riguroso que transforma al modelo de lenguaje en una capa de evaluación epistémica, prohibiéndole actuar como asistente conversacional y forzando la transparencia sobre la incertidumbre. El flujo de trabajo ejecutado por este prompt se detalla a continuación:

- Entrada de la Proposición ( $\Phi$ ): El usuario introduce una afirmación causal a evaluar (e.g., "La principal causa de la violencia en Guayaquil es la pobreza").
- Clasificación del Fenómeno (Paso Mandatorio 0): El sistema primero clasifica la naturaleza de la proposición en una de cinco categorías predefinidas y excluyentes: PARADOJA, IGNORANCIA EPISTÉMICA, VAGUEDAD, CONTRADICCIÓN ÉTICA, o CONTINGENCIA FUTURA. Esta clasificación inicial es crítica, ya que impone restricciones "duras" (hard rules) sobre los rangos de puntuación permitidos en los pasos subsiguientes.
- Evaluación Dual (Triangulación): Se instruye al LLM para que realice dos tareas en paralelo de forma independiente: (a) Visión de Soporte: Asignar una tupla inicial ( $T_1, I_1, F_1$ ) asumiendo el máximo apoyo razonable; y (b) Visión Crítica: Asignar una tupla secundaria ( $T_2, I_2, F_2$ ) asumiendo el máximo escepticismo razonable.
- Asignación Restringida de ( $T, I, F$ ): Los valores finales de Verdad ( $T$ ), Indeterminación ( $I$ ) y Falsedad ( $F$ ) se calculan como el promedio de la evaluación dual, pero deben respetar las restricciones de la clasificación del Paso 2. Por ejemplo, si el fenómeno es una "Paradoja" o "Contradicción Ética", el sistema está obligado a asignar valores altos tanto a  $T$  como a  $F$  (e.g.,  $T \geq 0.4$  y  $F \geq 0.4$ ), resultando en una "híper-verdad" ( $T+I+F > 1$ ) que señala explícitamente el conflicto epistémico, en lugar de normalizar los valores.
- Cálculo de Estabilidad Epistémica: Se evalúa la robustez midiendo la divergencia entre la visión de soporte y la visión crítica. La estabilidad ( $S$ ) se clasifica como ALTA, MEDIA o BAJA. Una alta divergencia entre las visiones fuerza un aumento en el valor final de Indeterminación ( $I$ ).
- Cómputo de Confianza ( $C$ ): La confianza no mide la veracidad, sino la fiabilidad y seguridad de la evaluación. El prompt define una fórmula estricta para  $C$ , calculada como el producto de tres factores: el Soporte Neto ( $\max(0, T-F)$ ), la Penalización por Indeterminación ( $1 - I$ ), y un Factor de Estabilidad numérico ( $S\_factor$ : Alto=1.0, Medio=0.7, Bajo=0.4). Fórmula:  $C = (\text{Soporte Neto}) \times (1 - I) \times (S\_factor)$ .
- Construcción del Z-Number: El resultado final se encapsula en un Número-Z neutrosófico, una tupla que combina la evaluación tridimensional con su métrica de confianza derivada:  $Z\_N = ((T, I, F), C)$ .
- Decisión y Justificación (Política Estricta): Basado en umbrales inflexibles definidos en el prompt, el sistema recomienda una de tres posturas epistémicas. La política de ABSTENERSE es obligatoria si se cumple alguna de las siguientes condiciones críticas: la indeterminación es muy alta ( $I \geq 0.6$ ), existe un conflicto epistémico severo ( $T \geq 0.4$  y  $F \geq 0.4$  simultáneamente), o la confianza calculada es insuficiente ( $C < 0.15$ ). Si no se fuerza la abstención, el sistema decide entre RESPONDER (si  $C$  es alta y la indeterminación baja) o RESPONDER CON CAUTELA. Finalmente, el sistema debe justificar la decisión clasificando el estado epistémico dominante (e.g., Dominio de Ignorancia, Estado de Híper-Verdad) y declarando la abstención como la postura más responsable.

### **Diseño del Experimento Educativo**

Para evaluar el impacto pedagógico del NEEP, se diseñó un estudio de caso con un diseño cuasi-experimental de pre-test/post-test con un único grupo.

#### **Participantes**

Se reclutó una muestra por conveniencia de 75 participantes residentes en Guayaquil, Ecuador. La muestra incluyó estudiantes universitarios de diversas carreras (ciencias sociales, ingeniería, artes), profesionales y miembros de la comunidad. El criterio de inclusión fue ser mayor de 18 años y residir en la ciudad. No se ofreció compensación monetaria. A todos los participantes se les garantizó el anonimato y dieron su consentimiento informado.

#### **Instrumentos**

Se diseñó un cuestionario en línea con tres secciones:

- Pre-Test: Medía la postura inicial de los participantes sobre las causas de la violencia en Guayaquil a través de preguntas de opción múltiple y escalas de Likert. Se preguntaba por su grado de acuerdo con explicaciones unicasales y su percepción de la complejidad del problema.

- Intervención: Se presentó a los participantes un análisis generado por el NEEP sobre cinco proposiciones causales comunes sobre la violencia en la ciudad. Para cada proposición, se mostraban los valores (T, I, F), los argumentos a favor y en contra, y la decisión final del sistema (e.g., ABSTENER).

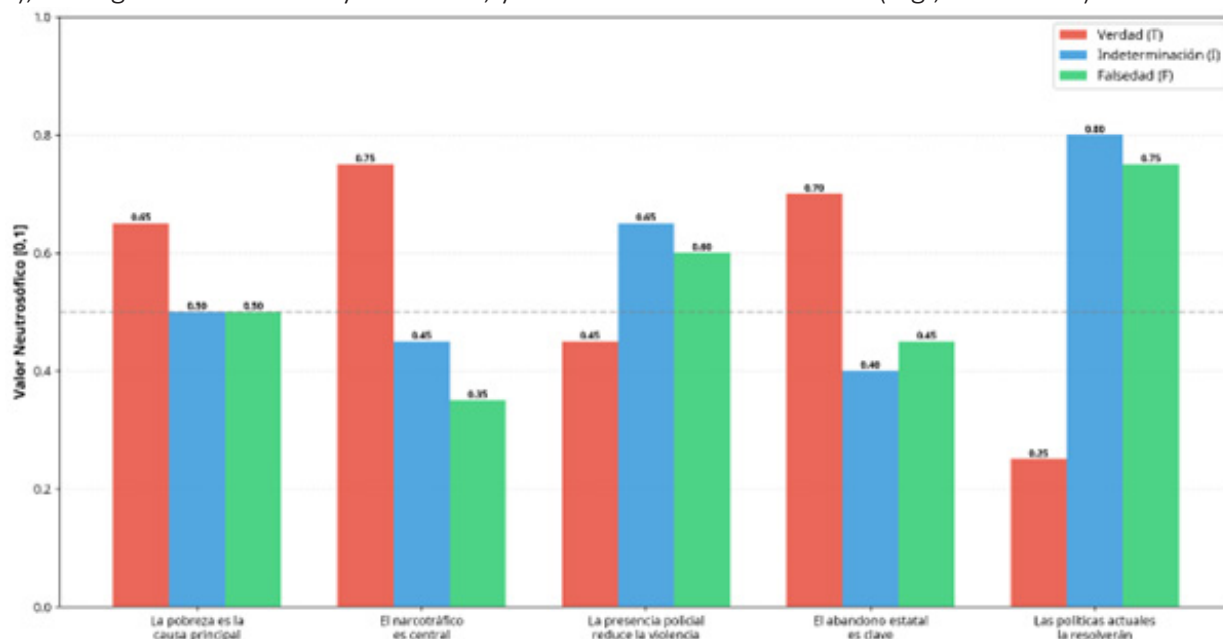


Figura 3: Matriz de Evaluaciones Neutrosóficas para Afirmaciones sobre la Violencia en Guayaquil

Ejemplo ilustrativo de los resultados presentados a los participantes. Cada barra representa el grado de Verdad, Indeterminación o Falsedad para cinco afirmaciones causales comunes.

Post-Test: Se repetían algunas preguntas del pre-test para medir el cambio de perspectiva. Además, se incluían nuevas preguntas para evaluar la utilidad percibida del marco neutrosófico, la claridad del concepto de indeterminación y cómo el análisis había afectado su comprensión global. Las variables clave se midieron en una escala de 1 a 10.

El experimento se llevó a cabo en línea durante un período de dos semanas en noviembre de 2025. Los participantes completaron el cuestionario a su propio ritmo. El tiempo promedio de participación fue de 25 minutos. Los datos recopilados fueron analizados utilizando una combinación de métodos estadísticos descriptivos e inferenciales. Se calcularon frecuencias para las variables categóricas (postura inicial, tipo de cambio de perspectiva). Para las variables numéricas (escalas T, I, F), se calcularon medias, medianas y desviaciones estándar. Se realizaron análisis de correlación para evaluar la independencia de las dimensiones T, I y F percibidas por los usuarios. Finalmente, se utilizaron pruebas de ANOVA para determinar si existían diferencias significativas en los perfiles neutrosóficos entre los grupos que experimentaron diferentes tipos de cambio cognitivo (e.g., "Ruptura" vs. "Resistencia").

## RESULTADOS

El análisis de los datos recopilados de los 75 participantes revela un impacto sustancial del marco de evaluación neutrosófica en la percepción de la complejidad de la violencia urbana. Los resultados se presentan en tres áreas: el cambio en la perspectiva cognitiva, el análisis de las valoraciones neutrosóficas (T, I, F) y la validación empírica de los principios teóricos del modelo.

### Transformación de la Perspectiva: De la Simplicidad Binaria a la Complejidad Matizada

El primer hallazgo clave es el cambio significativo en la estructura del pensamiento de los participantes después de interactuar con el análisis neutrosófico. El cuestionario pre-intervención reveló que una mayoría significativa (58.7%) partía de una visión simplificada del problema, ya sea creyendo en una causa única (32%) o en una dicotomía clara de culpables vs. víctimas (26.7%). Solo un 36% ya intuía la complejidad, aunque sin un lenguaje para articularla (ver Figura 4, panel izquierdo). Tras la intervención, se observó una notable reconfiguración cognitiva. Clasificamos las respuestas del post-test en cuatro categorías de cambio:

- Confirmación (42.7%): Participantes que ya sospechaban de la complejidad y sintieron que el marco neutrosófico les proporcionó la estructura y el vocabulario para validar y articular sus intuiciones.

- Ruptura (34.7%): El grupo que experimentó el cambio más profundo. Reportaron un quiebre con su visión binaria anterior, reconociendo que las fronteras entre víctima y victimario son difusas y que las causas son interdependientes.
- Resistencia (16.0%): Una minoría que se mantuvo aferrada a un pensamiento binario, encontrando el concepto de indeterminación innecesario o confuso.
- Confusión (6.7%): Un pequeño grupo que, aunque abierto al concepto, no logró comprender completamente la dimensión de indeterminación.

En conjunto, un 77.4% de los participantes (Confirmación + Ruptura) experimentó un cambio cognitivo positivo, adoptando una visión más compleja y matizada del problema. Este es el principal resultado pedagógico del estudio.

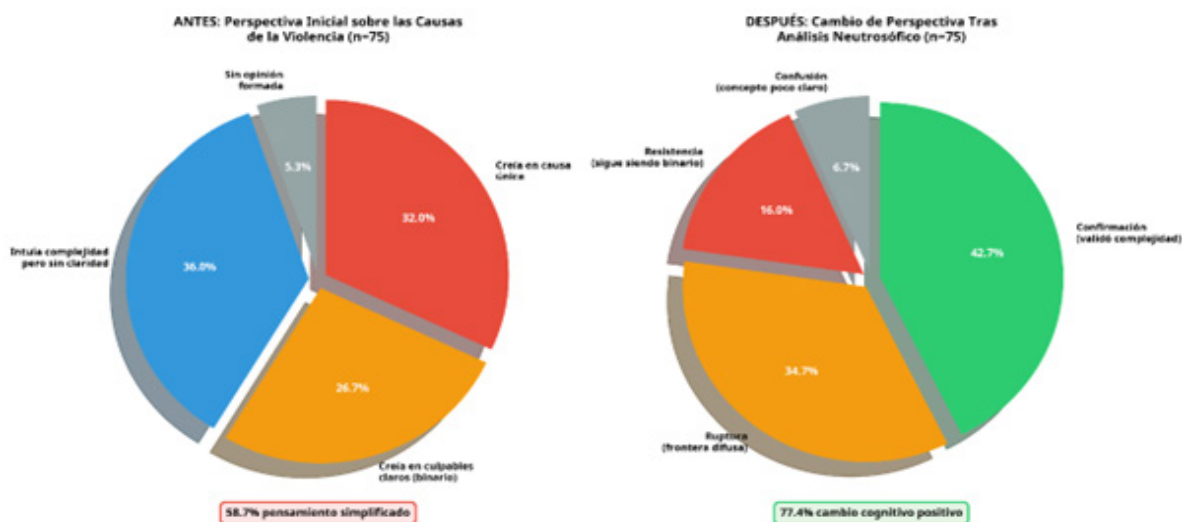


Figura 4: Cambio de Perspectiva Cognitiva Antes y Después de la Intervención Neutrosófica. A la izquierda, la distribución de posturas iniciales muestra un predominio de pensamiento simplificado. A la derecha, el cambio de perspectiva post-intervención revela que más de tres cuartas partes de los participantes adoptaron una visión más compleja.

### Análisis de las Evaluaciones Neutrosóficas Percibidas

Se pidió a los participantes que calificaran en una escala de 1 a 10 su percepción de las dimensiones T, I y F después del análisis. Los resultados (ver Figura 5) muestran una distribución informativa:

- Verdad (T): La media fue de 7.12 ( $\pm 1.97$ ), indicando que los participantes sentían que comprendían razonablemente bien las causas visibles y directas (e.g., factores educativos y sociales).
- Indeterminación (I): La media fue de 6.29 ( $\pm 2.32$ ). Este valor, significativamente alto, demuestra que el marco logró hacer saillante la percepción de "zonas grises", ambigüedad e incertidumbre estructural.
- Falsedad (F): Medida como el peso dado a factores externos que contradicen las explicaciones simples, la media fue de 7.09 ( $\pm 1.83$ ), similar a la de Verdad. Esto sugiere que los participantes asignaron una importancia casi igual a los argumentos a favor y en contra de las narrativas simplistas.

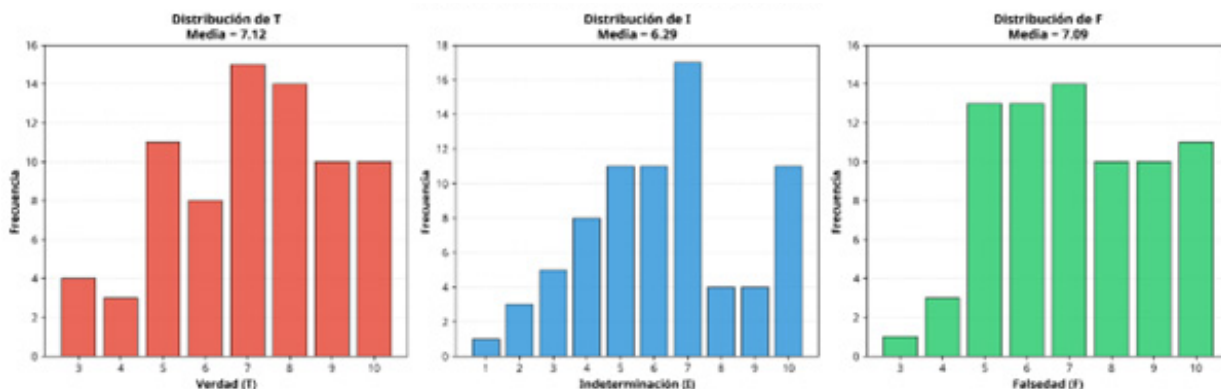


Figura 5: Distribución Empírica de los Valores Neutrosóficos Percibidos. Histogramas de las puntuaciones asignadas por los 75 participantes a las dimensiones de Verdad (T), Indeterminación (I) y Falsedad (F) después de la intervención. Las tres dimensiones muestran distribuciones robustas y medias significativas.



## Validación Empírica de los Principios Neutrosóficos

El estudio permitió validar empíricamente dos de los principios fundamentales de la teoría neutrosófica.

**Principio 1: Independencia de T, I y F.** La teoría postula que estas tres dimensiones no son mutuamente excluyentes. Un análisis de correlación entre las puntuaciones asignadas por los participantes (ver Figura 6) apoya esta hipótesis. Se encontraron correlaciones bajas y no significativas:  $r(T, I) = 0.38$ ,  $r(T, F) = 0.50$ , y  $r(I, F) = 0.32$ . Estos valores, lejos de 1 o -1, sugieren que, en la mente de los participantes, la percepción de verdad, indeterminación y falsedad operaron como juicios independientes, en lugar de competir en un único eje de certeza.

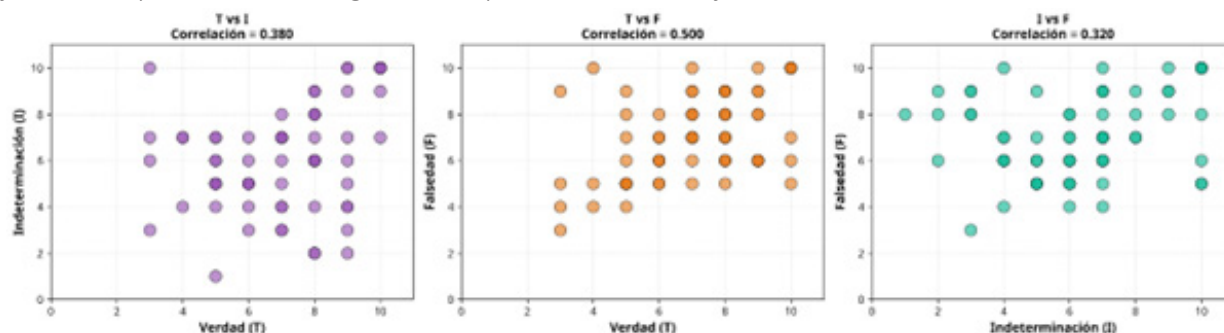


Figura 6: Análisis de Correlación para la Independencia de las Dimensiones Neutrosóficas

Gráficos de dispersión que muestran la relación entre las puntuaciones de T, I y F. Las nubes de puntos dispersas y los coeficientes de correlación bajos ( $r < 0.5$ ) respaldan la hipótesis de que las tres dimensiones son percibidas como independientes.

**Principio 2: Hyper-truth como indicador de conflicto.** La teoría permite que  $T + I + F > 1$  para modelar el conflicto epistémico. En nuestro estudio, la suma de las puntuaciones medias ( $7.12 + 6.29 + 7.09$ ) es 20.5, en una escala donde la "neutralidad" sería 15 ( $5+5+5$ ). La distribución de la suma  $T+I+F$  para cada participante muestra una media de 20.51 ( $\pm 4.73$ ), significativamente por encima del valor normalizado. Esto indica que los participantes percibieron un alto grado de conflicto causal, donde fuertes argumentos a favor y en contra coexisten, validando la utilidad del concepto de hyper-truth para capturar la naturaleza contenciosa del problema.

## Perfiles Neutrosóficos por Tipo de Cambio Cognitivo

Finalmente, un análisis ANOVA reveló diferencias significativas en los perfiles neutrosóficos entre los grupos de cambio cognitivo (ver Figura 7). El grupo de "Ruptura" mostró las puntuaciones más altas en las tres dimensiones ( $T=7.92$ ,  $I=7.08$ ,  $F=8.31$ ), indicando una inmersión profunda en la complejidad. En contraste, el grupo de "Resistencia" mostró las puntuaciones más bajas, especialmente en F (5.83), sugiriendo una menor disposición a considerar evidencia que contradiga su visión inicial. Estas diferencias fueron estadísticamente significativas para F ( $p < 0.05$ ), lo que sugiere que la capacidad de valorar la "falsedad" de las propias creencias es un factor clave en la apertura al pensamiento complejo.

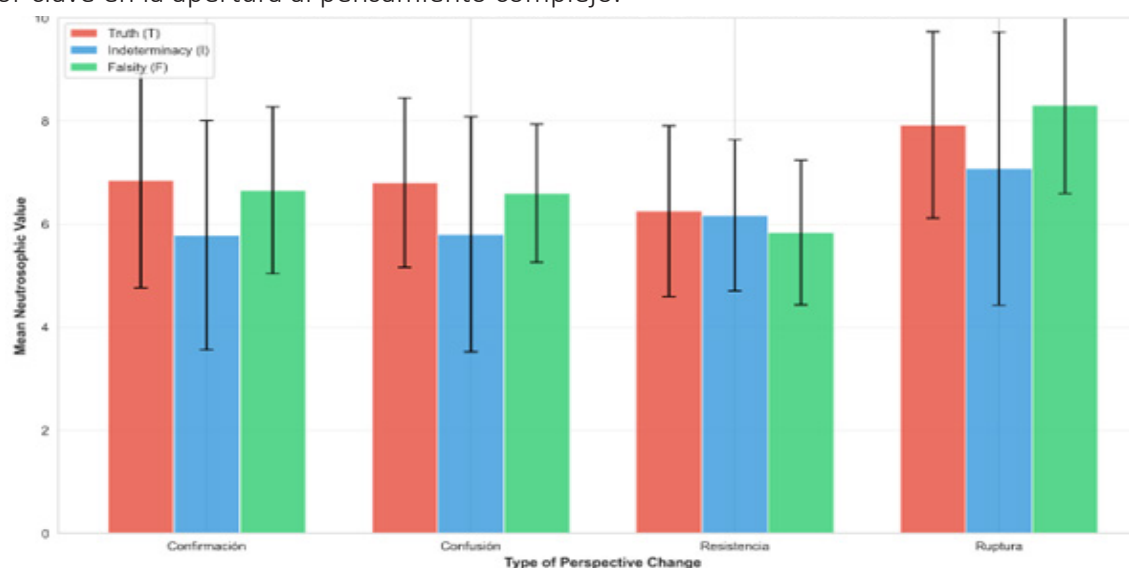


Figura 7: Perfiles Neutrosóficos Medios por Tipo de Cambio de Perspectiva]. Comparación de las puntuaciones medias de T, I y F para cada uno de los cuatro grupos de cambio cognitivo. El grupo de "Ruptura" muestra una mayor aceptación de las tres dimensiones de la complejidad, mientras que el de "Resistencia" muestra valores más bajos, especialmente en Falsedad.

## DISCUSIÓN

Los resultados de nuestro estudio tienen implicaciones significativas tanto para la pedagogía del pensamiento crítico como para el análisis de problemas sociales complejos. El hallazgo principal —que una breve intervención basada en un marco neutrosófico puede inducir un cambio medible hacia una mayor apreciación de la complejidad— es a la vez prometedor y provocador.

### **Enseñar a Medir la Duda: Hacia una Pedagogía de la Incertidumbre**

El éxito de la intervención (77.4% de cambio cognitivo positivo) sugiere que la dificultad para razonar sobre problemas complejos no es una incapacidad inherente, sino una falta de herramientas conceptuales adecuadas. Al proporcionar un lenguaje (T, I, F) y una visualización para la duda, el marco neutrosófico actúa como un "organizador avanzado" (Ausubel, 1968) que permite a los individuos estructurar su pensamiento de una manera más sofisticada. La "confusión" reportada por una pequeña minoría (6.7%) no debe ser vista como un fracaso, sino como una parte intrínseca del proceso de aprendizaje. Como señala Piaget (1977), el desequilibrio cognitivo es una precondition para el acomodo y el desarrollo de nuevas estructuras mentales. Nuestro marco parece facilitar este proceso de desequilibrio controlado.

El concepto de Indeterminación (I) se reveló como particularmente poderoso. Al darle un nombre y un valor medible a las "zonas grises", se legitima la incertidumbre como un componente real y analizable del problema, en lugar de un ruido a ser eliminado. Esto tiene el potencial de transformar la dinámica del aula: en lugar de buscar la "respuesta correcta", el objetivo pedagógico se convierte en construir el mapa más completo posible de la certeza, la incertidumbre y el conflicto. Esto fomenta lo que Keats llamó "capacidad negativa": la habilidad de permanecer en la incertidumbre, los misterios y las dudas, sin una búsqueda irritable de hechos y razones (Bate, 1963).

### **La Abstención Epistémica como Virtud Cívica**

Quizás la característica más radical y pedagógicamente valiosa del modelo propuesto es su capacidad para abstenerse. En una era de desinformación y polarización, donde los LLMs pueden generar respuestas elocuentes para cualquier postura, la capacidad de un sistema para decir "no sé" o "la evidencia es demasiado conflictiva para concluir" es una forma de honestidad intelectual computacional. Al modelar este comportamiento, el NEEP enseña una virtud epistémica crucial: la humildad. Demuestra que la respuesta más inteligente no es siempre la más segura, sino la más honesta sobre los límites del conocimiento disponible (Morrison, 2021; Whitcomb et al., 2017).

Esto tiene implicaciones directas para la formación ciudadana. Un ciudadano equipado con la capacidad de reconocer la indeterminación y demandar abstención epistémica de sus líderes y medios de comunicación es menos susceptible a la manipulación populista y a las soluciones simplistas. Enseñar a medir la duda es, en esencia, enseñar una forma de resiliencia cognitiva contra la desinformación.

### **Implicaciones para el Análisis de Políticas Públicas**

Aunque nuestro enfoque es principalmente pedagógico, los resultados sugieren su utilidad para el análisis de políticas. La alta percepción de "hyper-truth" ( $T+I+F > 15$ ) en el caso de la violencia en Guayaquil es un diagnóstico en sí mismo: revela un problema donde múltiples narrativas causales, todas parcialmente válidas, compiten en el espacio público. Un análisis de políticas que utilice este marco no buscaría la "mejor" solución, sino que mapearía las intervenciones según su impacto en las diferentes dimensiones. Por ejemplo, una política podría tener un alto T (evidencia de que funciona) pero también un alto F (evidencia de efectos secundarios negativos) y un alto I (incertidumbre sobre su impacto a largo plazo). Visualizar este perfil neutrosófico podría conducir a decisiones más robustas y a un debate público más informado.

### **Limitaciones y Futuras Líneas de Investigación**

Este estudio tiene varias limitaciones. La muestra, aunque informativa, es pequeña y no representativa, y la falta de un grupo de control nos obliga a ser cautelosos al atribuir causalidad. El efecto de la novedad de la IA podría haber influido en los resultados. Futuras investigaciones deberían emplear diseños experimentales más rigurosos, con muestras más grandes y grupos de control que reciban análisis tradicionales. Sería particularmente valioso realizar estudios longitudinales para ver si el cambio cognitivo persiste en el tiempo.

Otra área crucial es la validación inter-modelo e inter-cultural. ¿Producen diferentes LLMs (Gemini, Claude, Llama) evaluaciones consistentes? ¿Cómo se percibe y valora la indeterminación en diferentes contextos

culturales? Finalmente, el desafío a largo plazo es integrar esta "pedagogía de la incertidumbre" de manera efectiva en los currículos escolares y universitarios, desarrollando materiales y estrategias didácticas que vayan más allá de intervenciones aisladas.

## CONCLUSIONES

En este artículo, hemos argumentado y demostrado empíricamente que es posible enseñar a medir la duda. Al combinar la estructura formal de la lógica neutrosófica con la capacidad de procesamiento de lenguaje de la IA, hemos creado una herramienta pedagógica que facilita una comprensión más profunda y honesta de los problemas sociales complejos. Nuestro estudio de caso sobre la violencia en Guayaquil no solo validó la utilidad del marco, sino que también reveló una demanda latente por parte de los ciudadanos de herramientas que les permitan navegar la incertidumbre sin sucumbir a la simplificación.

La principal contribución de este trabajo es la articulación de un paradigma educativo para la era de la complejidad y la IA. Este paradigma se aleja de la memorización de hechos y la búsqueda de respuestas únicas, y se centra en el desarrollo de competencias epistémicas: la capacidad de mapear la incertidumbre, evaluar la confianza en la información, reconocer el conflicto de evidencia y, quizás lo más importante, la sabiduría para saber cuándo no se sabe. Al externalizar y visualizar la duda, transformamos un obstáculo cognitivo en un objeto de análisis y, por lo tanto, de aprendizaje.

El camino hacia una sociedad más sabia y resiliente no pasa por eliminar la incertidumbre, sino por aprender a convivir con ella de manera inteligente y constructiva. Enseñar a medir la duda es un paso fundamental en esa dirección.

## REFERENCIAS

- Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. Holt, Rinehart and Winston.
- Barnett, R. (2004). Learning for an unknown future. *Higher Education Research & Development*, 23(2), 247–260. <https://doi.org/10.1080/0729436042000215386>
- Bate, W. J. (1963). *John Keats*. Harvard University Press.
- Bender, E. M., Gebu, T., McMillan-Major, A., & Shmitchell, S. (2021). On the dangers of stochastic parrots: Can language models be too big? In *Proceedings of the 2021 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency* (pp. 610–623). <https://doi.org/10.1145/3442188.3445922>
- Brantingham, P. J., & Brantingham, P. L. (1993). Environment, routine, and situation: Toward a pattern theory of crime. En R. V. Clarke & M. Felson (Eds.), *Advances in criminological theory: Vol. 5. Routine activity and rational choice* (pp. 259–294). Transaction Publishers.
- Brown, T. B., Mann, B., Ryder, N., Subbiah, M., Kaplan, J., Dhariwal, P., Neelakantan, A., Shyam, P., Sastry, G., Askell, A., Agarwal, S., Herbert-Voss, A., Krueger, G., Henighan, T., Child, R., Ramesh, A., Ziegler, D. M., Wu, J., Winter, C., ... Amodei, D. (2020). Language models are few-shot learners. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 33, 1877–1901.
- Floridi, L. (2010). *Information: A very short introduction*. Oxford University Press.
- Head, B. W., & Alford, J. (2015). Wicked problems: Implications for public policy and management. *Administration & Society*, 47(6), 711–739. <https://doi.org/10.1177/0095399713481601>
- King, P. M., & Kitchener, K. S. (2004). Reflective judgment: Theory and research on the development of epistemic assumptions through adulthood. *Educational Psychologist*, 39(1), 5–18. [https://doi.org/10.1207/s15326985ep3901\\_2](https://doi.org/10.1207/s15326985ep3901_2)
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75–86. [https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102\\_1](https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1)
- Morin, E. (2005). *Introducción al pensamiento complejo*. Gedisa Editorial.
- Morrison, D. (2021). Epistemic humility in the public square. *Social Epistemology*, 35(4), 397–409. <https://doi.org/10.1080/02691728.2021.1914050>
- Muggah, R. (2015). Deconstructing the fragile city: An examination of social, economic and political vulnerability in the global South. *Environment and Urbanization*, 27(2), 345–358. <https://doi.org/10.1177/0956247815591420>
- Piaget, J. (1977). *The development of thought: Equilibration of cognitive structures* (A. Rosin, Trans.). Viking Press.
- Putnam, R. D. (2000). *Bowling alone: The collapse and revival of American community*. Simon & Schuster.

Rittel, H. W. J., & Webber, M. M. (1973). Dilemmas in a general theory of planning. *Policy Sciences*, 4(2), 155–169. <https://doi.org/10.1007/BF01405730>

Sampson, R. J., Raudenbush, S. W., & Earls, F. (1997). Neighborhoods and violent crime: A multilevel study of collective efficacy. *Science*, 277(5328), 918–924. <https://doi.org/10.1126/science.277.5328.918>

Shneiderman, B. (2022). *Human-centered AI*. Oxford University Press.

Smarandache, F. (1998). *Neutrosophy: Neutrosophic probability, set, and logic*. American Research Press.

Smarandache, F. (2013). *n-Valued refined neutrosophic logic and its applications to physics*. Education Publisher.

United Nations Office on Drugs and Crime (UNODC). (2019). *Global study on homicide 2019*. <https://www.unodc.org/documents/data-and-analysis/gsh/Booklet1.pdf>

Watts, D. J. (2002). A simple model of global cascades on random networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(9), 5766–5771. <https://doi.org/10.1073/pnas.082090499>

Weidinger, L., Mellor, J., Rauh, M., Griffin, C., Uesato, J., Huang, P.-S., Cheng, M., Glaese, M., Balle, B., Kasirzadeh, A., Kenton, Z., Brown, S., Hawkins, W., Stepleton, T., Biles, C., Birhane, A., Haas, J., Rimell, L., Hendricks, L. A., ... Gabriel, I. (2021). Ethical and social risks of harm from language models. *arXiv preprint arXiv:2112.04359*.

Whitcomb, D., Battaly, H., Baehr, J., & Howard-Snyder, D. (2017). Intellectual humility: Owning our limitations. *Philosophy and Phenomenological Research*, 94(3), 509–539. <https://doi.org/10.1111/phpr.12228>

### **Conflicto de intereses**

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

### **Declaración de responsabilidad de autoría**

Los autores del manuscrito señalado, DECLARAMOS que hemos contribuido directamente a su contenido intelectual, así como a la génesis y análisis de sus datos; por lo cual, estamos en condiciones de hacernos públicamente responsable de él y aceptamos que sus nombres figuren en la lista de autores en el orden indicado. Además, hemos cumplido los requisitos éticos de la publicación mencionada, habiendo consultado la Declaración de Ética y mala praxis en la publicación.

Maikel Y. Leyva Vázquez, Lorenzo Cevallos-Torres, Leili Genoveva López Domínguez, Douglas Iturburu-Salvador y Florentin Smarandache: Proceso de revisión de literatura y redacción del artículo.