Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 39, 2025

University of New Mexico

IA Ética y Sostenibilidad a través del Método Ayni Multi-Neutrosófico Basado en Lógica Ancestral y Razonamiento N-Aléctico

Ethical AI and Sustainability through the Ayni Multi-Neutrosophic Method Based on Ancestral Logic and N-Alectical Reasoning

Maikel Y. Leyva Vázquez [1,2*], Edwin Alberto Callejas [3] y Florentin Smarandache [4]

[1] Universidad Bolivariana del Ecuador, Durán, Guayas Ecuador; myleyvav@ube.edu.ec
[2] Universidad de Guayaquil, Guayas Ecuador; maikel.leyvav@ug.edu.ec
[3] Facultad de Ciencias de la Computación y Ciencias Aplicadas, Universidad Tecnológica de El Salvador, San Salvador 1020, El Salvador
[4] Profesor Emérito de Matemáticas en la Universidad de Nuevo México, Gallup, Nuevo México, EE. UU.; smarand@unm.edu
* Correspondencia: myleyvav@ube.edu.ec

Resumen

El presente artículo introduce el Método Ayni Multi-Neutrosófico, un marco innovador que fusiona las filosofías indígenas latinoamericanas con la lógica neutrosófica para orientar el desarrollo ético y sostenible de la inteligencia artificial. Basado en principios ancestrales como Ayni, Buen Vivir, In Lak'ech, Ch'ixi y Nepantla, este enfoque permite modelar juicios éticos plurales, ambiguos y contextualmente dependientes mediante Conjuntos Multi-Neutrosóficos (MNS). Una de sus aportaciones más relevantes es la Medida Euclidiana de Consenso Multi-Neutrosófico, diseñada para cuantificar el nivel de concordancia entre las evaluaciones de distintos actores sin eliminar las diferencias epistemológicas. Esta herramienta facilita la identificación de umbrales de convergencia durante deliberaciones interculturales, ofreciendo un instrumento robusto y flexible para la toma de decisiones éticas complejas. El método se ejemplifica mediante un estudio de caso que analiza la implementación de un sistema de diagnóstico basado en IA dentro de una comunidad indígena. Los hallazgos indican que la aplicación iterativa del principio Ayni, entendido como un proceso de negociación ética recíproca, incrementa tanto la alineación entre las partes como la legitimidad de las decisiones. Este trabajo demuestra que las lógicas indígenas, al formalizarse mediante la neutrosofía, no solo poseen un valor filosófico profundo, sino que también ofrecen herramientas metodológicas aplicables al diseño de sistemas de IA responsables y sostenibles. también operativamente valiosas para desarrollar tecnologías justas, inclusivas y sensibles al contexto.

Palabras clave: Conjuntos multineutrosóficos; principio de Ayni; razonamiento n- aléctico ; ética intercultural de la IA; lógica indígena; sostenibilidad; medida de consenso.

Abstract

This paper introduces the Ayni Multi-Neutrosophic Method, an innovative framework that integrates Latin American indigenous philosophies with neutrosophic logic to guide the ethical and sustainable development of Artificial Intelligence

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

(AI). Based on ancestral principles such as Ayni, Buen Vivir, In Lak'ech, Ch'ixi, and Nepantla, this approach enables the modeling of plural, ambiguous, and context-dependent ethical judgments through Multi-Neutrosophic Sets (MNS). A key contribution is the Multi-Neutrosophic Euclidean Consensus Measure, designed to quantify the level of agreement among evaluations from different stakeholders without eliminating epistemological differences. This tool facilitates the identification of convergence thresholds during intercultural deliberations, providing a robust and flexible instrument for complex ethical decision-making. The method is illustrated through a case study analyzing the implementation of an AI-based diagnostic system within an indigenous community. Findings indicate that the iterative application of the Ayni principle, understood as a process of reciprocal ethical negotiation, enhances both alignment among parties and the legitimacy of decisions. This work demonstrates that indigenous logics, when formalized through neutrosophy, possess not only profound philosophical value but also methodological utility for designing responsible and sustainable AI systems, operationally supporting the development of fair, inclusive, and context-sensitive technologies.

Keywords: Multi-Neutrosophic Sets, Ayni Principle, N-Alectical Reasoning, Intercultural AI Ethics, Indigenous Logic, Sustainability, Consensus Measure.

1. Introducción

El rápido avance de la inteligencia artificial (IA) ha generado desafíos éticos y de sostenibilidad que superan los límites de los marcos tradicionales binarios para abordarlos. Los modelos éticos dominantes, fundamentados en perspectivas utilitaristas o deontológicas propias de epistemologías occidentales [1], suelen resultar insuficientes en contextos culturalmente diversos, especialmente frente a cosmovisiones que priorizan la comunidad, la reciprocidad espiritual y la interdependencia ecológica [2]. Aunque investigaciones recientes han comenzado a examinar las implicaciones éticas de la IA en escenarios no occidentales [3,4], todavía existe una brecha significativa en herramientas formales capaces de representar rigurosamente las epistemologías indígenas de manera transdisciplinaria. Las filosofías indígenas latinoamericanas, como el Buen Vivir (Sumak Kawsay) [5], Yanantin [6], Ch'ixi [7], In Lak'ech [8] y Nepantla [9], proporcionan marcos conceptuales que trascienden dualismos al incorporar la complementariedad, la ambigüedad y verdades múltiples, principios que se alinean estrechamente con el razonamiento n-aléctico [10], derivado de la neutrosofía, que admite simultáneamente la verdad, la falsedad y la indeterminación. Para cubrir esta necesidad, el presente artículo propone el Método Ayni Multi-Neutrosófico, un enfoque innovador que combina lógica neutrosófica y filosofías indígenas, integrando precisión matemática y pluralismo epistémico para abordar la complejidad de la toma de decisiones interculturales. El principio de Ayni [11,12], basado en la reciprocidad andina, sostiene que todas las acciones deben equilibrarse mediante cuidado mutuo, diálogo y respeto contextual; aplicado a la ética de la IA, promueve la participación de los poseedores de conocimientos indígenas como coevaluadores, respetando la diversidad sin imponer homogeneización y facilitando consensos. El método incluye la Medida de Consenso Neutrosófico Euclidiano, que cuantifica el grado de alineación entre evaluaciones de distintos actores sin borrar las diferencias epistemológicas, permitiendo identificar umbrales de convergencia en deliberaciones interculturales. Se ilustra su aplicación mediante un estudio de caso sobre la integración de IA en un sistema de atención de salud indígena, demostrando que la iteración del principio Ayni mejora tanto la alineación como la legitimidad de las decisiones. En síntesis, la combinación de saberes ancestrales y lógica matemática proporciona un enfoque transdisciplinario para la evaluación ética de la IA, inclusivo, pluralista y fundamentado en la rigurosidad formal y la sensibilidad intercultural, ofreciendo herramientas para un desarrollo ético y sostenible de la inteligencia artificial.

2. Preliminares

2.1 Principios cosmovisionales con una estructura N- aléctica

2.1.1 Buen Vivir (*Sumak Kawsay*)

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Buen vivir (en quechua *sumak kawsay* , en aymara *suma El qamaña (qamaña*) [13], tal como se adopta en las constituciones de los países andinos, es un principio que propone vivir en plenitud y armonía con la comunidad humana y la naturaleza. Más que un simple ideal de vida, constituye un paradigma holístico que rechaza las dicotomías características de los modelos occidentales de desarrollo. En su significado andino original, *sumak* se refiere a la realización ideal y armoniosa del mundo, mientras que *kawsay* significa vida entendida como una existencia digna, equilibrada y plena. Otros pueblos indígenas comparten nociones similares de "buen vivir" (p. ej., *teko kavi* entre los guaraníes), basada en la armonía colectiva [14].

Esta cosmovisión visualiza el mundo como "una casa donde todos viven", enfatizando la comunidad, la familia y la vitalidad del territorio. En términos n- alécticos , el Buen Vivir integra lo que podríamos llamar las "verdades" de diferentes ámbitos: bienestar social, sostenibilidad ambiental y prosperidad económica, evitando priorizar uno en detrimento de los demás. Reconoce que centrarse únicamente en el beneficio material, ignorando la salud social o el medio ambiente, es un "falso" progreso; al mismo tiempo, descuidar las necesidades económicas básicas tampoco conduce a una vida plena (un "falso" idealismo) [15].

La virtud reside en la complementariedad: articular una economía al servicio de la comunidad y de *la Pachamama* (Madre Tierra) [16], logrando simultáneamente la justicia social y el equilibrio ecológico. Por ello, la ética indígena se presenta como un sistema unificado de valores que entrelaza la cohesión social, la sostenibilidad ambiental, el respeto cultural y la espiritualidad. No se trata de equilibrios estáticos, sino de un ajuste dinámico y contextual: cada decisión debe sopesar cómo afecta a todo el tejido de la vida [17].

Las culturas andinas han priorizado tradicionalmente decisiones que integran múltiples dimensiones —humana, espiritual y ambiental— para mantener la armonía ecológica y social. Este principio exige que la IA, para ser ética, no persiga un objetivo aislado (p. ej., maximizar la eficiencia económica) a expensas del bienestar comunitario o de la naturaleza. Más bien, debe optimizar soluciones que generen beneficios compartidos en los ámbitos social, ambiental y económico[18].

En la práctica, guiar la IA según el principio del *Buen Vivir* implica desarrollar tecnologías centradas en el bien común: tecnologías que fortalezcan la salud y la educación comunitarias, respeten los límites de los ecosistemas y distribuyan equitativamente sus beneficios. Cualquier sistema de IA, por potente que sea, debe evaluarse por su contribución a esta plenitud de vida colectiva y sostenible.

2.1.2 *Yanantin* – Dualidad Complementaria Andina

En la cosmovisión andina, *yanantin* [19] representa la unión de energías opuestas pero interdependientes, un principio quechua que a menudo se traduce como la "complementariedad de las diferencias". Mucho antes de que la física moderna explorara el concepto de dualidades o de que las lógicas multivaluadas emergieran en la filosofía, los pueblos andinos ya concebían la realidad como compuesta de pares mutuamente necesarios: femenino y masculino, luz y oscuridad, sol y luna, montaña y valle. Estos opuestos no son irreconciliables ni están jerárquicamente ordenados; más bien, coexisten armoniosamente para formar un todo unificado.

Así, la relación dinámica de polaridades equilibradas se considera el principio organizador fundamental de la creación; la existencia misma depende del intercambio armonioso entre fuerzas opuestas, que deben interactuar sin destruirse mutuamente [20]. Lógicamente, cada elemento del par puede entenderse como una «verdad» parcial: cada uno contiene aspectos valiosos y genuinos por sí mismo , pero también resulta «falso» o incompleto si intenta abarcar el todo sin su contraparte. Una verdad mayor surge de la interacción de ambos lados. El razonamiento andino, por lo tanto, se resiste a la noción de que uno debe elegir un solo lado de la dualidad ; en cambio, busca un tercer espacio de equilibrio en el que ambas mitades coexistan.

La lógica neutrosófica [21] ofrece un modelo formal para esta perspectiva, permitiendo valores intermedios que representan colaboración en lugar de exclusión entre opuestos. Se ha propuesto una "lógica neutrosófica cuádruple" para representar matemáticamente la dualidad andina: la verdad (V) y la falsedad (F) se refinan al introducir dos tipos de indeterminación: una inclinada hacia la verdad ($\boldsymbol{I_T}$, que simboliza la relación complementaria donde los opuestos se apoyan entre sí), y una inclinada hacia la falsedad ($\boldsymbol{I_F}$, que simboliza la

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

tensión contradictoria cuando los opuestos chocan) [10]. Esta formalización refleja la complejidad de la vida real en la que los opuestos pueden ser simultáneamente complementarios y contradictorios. Por ejemplo, tradicionalmente se dice que la mujer complementa al hombre, pero a veces también es "su contradicción" en la coexistencia cotidiana: de la fricción entre ambos surge el ajuste y el crecimiento mutuos.

Aplicado a la inteligencia artificial, el principio de *yanantin* sugiere que el diseño y la implementación de la tecnología deben valorar perspectivas múltiples, opuestas pero complementarias. Una IA verdaderamente ética y eficaz podría surgir de la integración del conocimiento científico occidental con la sabiduría indígena tradicional, en lugar de privilegiar uno y descartar el otro [22]. Esto también implica equilibrar la automatización con la intervención humana: no delegar todas las decisiones críticas a algoritmos carentes de juicio humano (tecnocracia ciega), ni rechazar por completo la innovación tecnológica (ludismo estéril), sino lograr una interacción complementaria.

Este principio nos recuerda que, ante dilemas éticos, la solución óptima a menudo no reside en elegir un extremo, sino en encontrar sinergia entre ambos [23]. Aplicado a la toma de decisiones de IA, *yanantin* fomentaría el desarrollo de sistemas híbridos en los que la IA potencia las capacidades humanas mientras los humanos supervisan y corrigen la IA, creando equipos equilibrados entre humanos y máquinas. De igual manera, en la regulación de la IA, debemos conciliar la libertad de innovación (valorada como verdad por el sector económico) con la protección social y cultural (valorada como verdad por las comunidades y la ética pública), buscando un punto intermedio fértil. En resumen, *yanantin* nos invita a concebir la IA no como un solista, sino como un dúo, armonizando diferentes fuerzas para lograr un resultado más completo y equilibrado que la suma de sus partes.

2.1.3 El pensamiento Ch'ixi : la contradicción complementaria y el estado intermedio

De la cosmovisión andino-aymara surge el concepto de *ch'ixi* , popularizado por la socióloga boliviana Silvia Rivera Cusicanqui [24]. *Ch'ixi* originalmente se refiere a un color moteado o moteado, una mezcla de blanco y negro en la que los dos no se mezclan sino que coexisten sin cancelarse entre sí (Figura 1). En términos culturales, Rivera emplea el concepto para describir una epistemología mestiza donde los elementos indígenas y occidentales se entrelazan sin sintetizarse completamente en un todo homogéneo. Es, por lo tanto, una forma de ser múltiple a la vez: abrazar la contradicción interna como parte integral de la identidad. Un mundo ch'ixi es uno en el que diferentes verdades y lógicas coexisten en una tensión no resuelta, un "tejido hecho de conflicto y complementariedad" [25].

Figura 1. Armonía *Ch'ixi : Hilos de Convivencia.* Imagen creada mediante inteligencia artificial generativa (ChatGPT con modelo DALL·E, OpenAI, 2024). Representación gráfica inspirada en la filosofía andina del *ch'ixi* , que ilustra la coexistencia de diversas identidades sin una mezcla homogénea.

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Este espacio intermedio (*taypi* en aymara) [26] está “lleno de tensiones”, pero también de vitalidad creativa, pues surgen nuevas posibilidades de la fricción continua sin que ninguna perspectiva establezca la hegemonía. En las metáforas textiles andinas, el *taypi El ch'ixi* representa el centro del tejido, equilibrando simetrías y ritmos, permitiendo que hilos de colores opuestos formen un patrón complejo (Figura 1). Como estructura n-aléctica , *el ch'ixi* encarna la idea de que algo puede ser verdadero o falso según el contexto, o que dos afirmaciones contradictorias pueden sostenerse simultáneamente sin anularse mutuamente. Por ejemplo, una persona puede sentirse plenamente indígena y, a la vez, moderna, sin necesidad de elegir una identidad singular: ambas "verdades" coexisten en el individuo, aunque puedan parecer mutuamente excluyentes desde la perspectiva de la lógica clásica [27].

Este concepto desafía el principio aristotélico de no contradicción, alineándose más estrechamente con las lógicas difusas o paraconsistentes [28], en las que una proposición puede ser parcialmente verdadera y parcialmente falsa al mismo tiempo. El pensamiento *Ch'ixi* invita a "habitar voluntariamente la incomodidad y el cuestionamiento", aceptando la ambigüedad en lugar de apresurarse a resolverla. Esta incomodidad es fértil: permite que perspectivas antagónicas coexistan y dialoguen.

En la ética de la IA, un enfoque *ch'ixi* resulta valioso para abordar las incertidumbres e incompatibilidades que surgen en la interacción entre las tecnologías modernas y las culturas tradicionales. Por ejemplo, al introducir un sistema de IA para el diagnóstico médico en una comunidad indígena, pueden surgir tensiones entre la cosmovisión biomédica occidental (basada en datos y biología molecular) y la medicina tradicional de la comunidad (basada en la espiritualidad y el conocimiento herbolario). Un enfoque convencional podría considerarlas mutuamente excluyentes: una debe imponerse como "verdadera" y la otra descartarse como "falsa superstición". En contraste, un enfoque *ch'ixi* Esta perspectiva buscaría la coexistencia [29]: la IA podría utilizarse para la detección rápida de enfermedades, mientras que los tratamientos tradicionales se respetan y practican simultáneamente para otras afecciones o para el equilibrio espiritual del paciente. Ambas visiones no se fusionan forzosamente, sino que se les permite interactuar en una tensión creativa, combinando las fortalezas de cada una.

Este pluralismo contradictorio reconoce que no todo puede integrarse a la perfección —las fricciones ideológicas persistirán—, pero la colaboración en pos de objetivos compartidos (como la salud comunitaria) sigue siendo posible. De igual manera, en el ámbito de los datos, un enfoque *ch'ixi* aceptaría que la noción occidental de propiedad individual de los datos y la visión indígena del conocimiento como sagrado y comunitario pueden entrar en conflicto [30]. En lugar de imponer una política de datos única, se podría diseñar un sistema dual: algunos datos se rigen por protocolos comunitarios tradicionales (p. ej., consulta previa, consentimiento colectivo), mientras que otros se gestionan mediante marcos modernos; ambas estructuras coexisten dentro del ecosistema digital.

Este "mestizaje informativo" puede parecer inconsistente para los puristas de ambos bandos, pero *el ch'ixi* enseña que de una aparente incoherencia puede surgir una práctica más inclusiva y resiliente, mejor adaptada a la complejidad del mundo real. En resumen, *el ch'ixi* contribuye a la IA ética al promover la comodidad con la contradicción: la capacidad de diseñar sistemas en los que coexisten diferentes lógicas y las soluciones no son uniformes, sino fragmentadas, flexibles y específicas del contexto, reflejando la diversidad sin eliminarla.

2.1.4 In Lak'ech – Relacionalidad y reciprocidad universal

In Lak'ech es una expresión de la sabiduría maya y, a la vez, un principio ético profundamente relacional. Comúnmente traducido como "Yo soy otro tú; tú eres otro yo", encapsula la noción de que la existencia individual carece de sentido aislada de los demás. Si bien la autenticidad de esta frase exacta ha sido debatida —y, según especialistas, no se usa comúnmente en la conversación diaria entre hablantes de maya y podría representar una traducción muy literal—, la frase aún transmite con precisión la idea filosófica maya esencial de interconexión y colectividad. Como explica la tradición yucateca: "Yo no existo sin ti, y tú no existes sin mí. Por lo tanto, tú y yo existimos a través de nuestra relación; existimos a través del nosotros" [31] .

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

La cosmovisión maya [32] concibe el universo como una vasta red de interdependencia: individuos, comunidades, animales, plantas, vientos, espíritus y ancestros están todos interconectados, y nada existe separado de sus relaciones. Cada ser existe porque participa en un todo mayor. Nosotros , que también incluye a la naturaleza. De aquí surge una ética de reciprocidad: «Si te respeto, me respeto a mí mismo; si te hago daño, me hago daño a mí mismo». Esto no es una mera metáfora poética, sino una comprensión literal de la realidad: el daño infligido a otro ser, humano o no humano, inevitablemente se refleja, ya que la identidad individual se constituye por vínculos relacionales.

Figura 2. *Sitio arqueológico de Joya de Cerén, conocido como la "Pompeya de América", El Salvador.* Fotografía de los autores que muestra ruinas mayas con estructuras residenciales excepcionalmente conservadas gracias a una erupción volcánica alrededor del año 600 d. C.

En este contexto, el concepto maya de cero (*nik '*), una innovación matemática y cosmológica, refuerza el carácter no dual y cíclico de esta cosmovisión (Figura 3). Lejos de representar una mera ausencia, el cero maya significa un momento de transición, un estado de potencialidad del cual la vida y el tiempo emergen y retornan. Esta idea resuena con la lógica neutrosófica, especialmente en su formulación n-alética, que permite la coexistencia de la verdad (V), la falsedad (F) y la indeterminación (I) dentro de cualquier proposición. Así como el cero no es un vacío absoluto sino un umbral dentro de un ciclo, *In Lak'ech* refleja una ética relacional donde el significado surge de la interconexión dinámica en lugar de la certeza aislada. Ambos sistemas, maya y neutrosófico, rechazan las binariedades rígidas y adoptan la multiplicidad, el cambio y el conocimiento contextual como fundamentales. Como explica Batz [33] , el cero maya es un símbolo vital de interdependencia, que se hace eco de los compromisos ontológicos de filosofías relacionales como la neutrosofía .

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

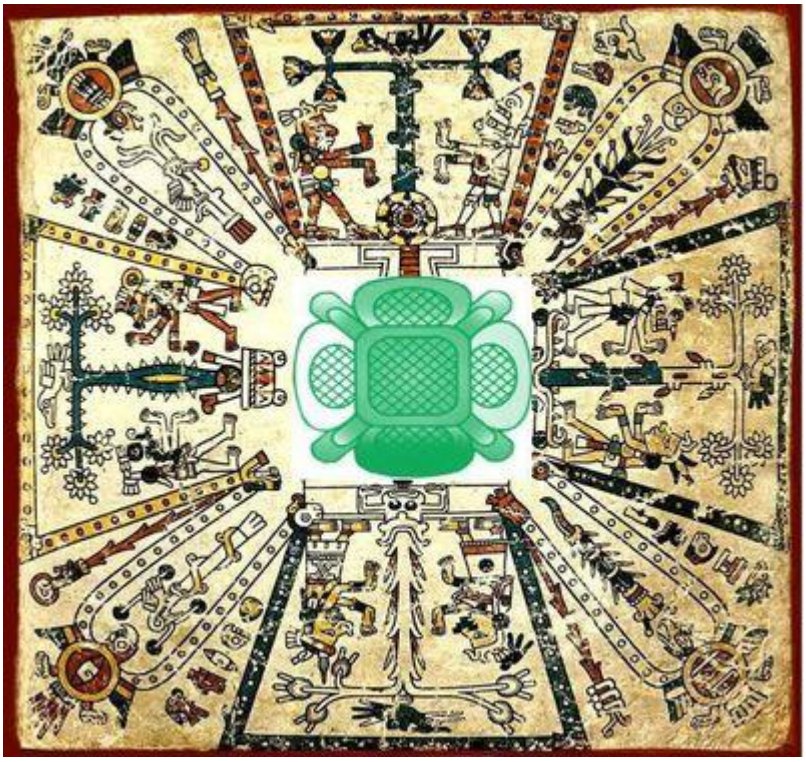

Figura 3. *Representación del cero maya (Nik) como una flor en el Códice Fejérváry-Mayer.* Esta imagen, tomada de un códice azteca precolombino del centro de México, ilustra el simbolismo cosmológico y calendárico. El panel derecho enfatiza la representación de *Nik* , el concepto maya del cero, como un glifo floral. Adaptado de Batz [33], recuperado de https://baas.aas.org/pub/2021n1i336p03/release/2 .

marco neutrosófico n- aléctico , In *Lak'ech* puede entenderse como una trascendencia de la dualidad yo-otro a través de un tercer término mediador: el nosotros . En lugar de considerar el yo y el otro como mutuamente excluyentes, este principio maya afirma tanto la unidad relacional como la distinción individual: « tú eres otro yo» no implica fusión, sino coexistencia. Esta tensión filosófica encuentra resolución en la comunidad , que funciona como un punto medio inclusivo. Un poderoso símbolo de esta dualidad en unidad es el concepto maya del cero [34]. Lejos de denotar la nada absoluta, el cero maya significa un vacío fértil, un momento de pausa, transición y potencialidad interconectada. Esta neutralidad simbólica evoca el componente indeterminado (yo) en la lógica neutrosófica, donde el significado y el valor existen en grados fluctuantes de verdad, falsedad e indeterminación, moldeados por dinámicas relacionales y contextuales.

Aplicado a la ética de la IA, *In Lak'ech* exige una reorientación desde los enfoques extractivos y antropocéntricos hacia una ética relacional basada en la reciprocidad y la interconexión. Las decisiones deben considerar a todos los miembros de la red de la vida —humanos, no humanos y el medio ambiente— como parte de una red unificada. Este principio exige prácticas inclusivas en la gobernanza de datos, especialmente con respecto a la soberanía indígena y el diseño participativo. Haciendo eco del simbolismo regenerativo del cero maya, los sistemas de IA deben concebirse no como herramientas de dominación, sino como tecnologías de cuidado: actos restauradores que reflejan nuestra identidad interconectada. En este sentido, In *Lak'ech* se convierte en una ética rectora para el desarrollo de una IA que nutre en lugar de explotar, incorporando en cada algoritmo un reconocimiento del Otro como parte integral del Ser.

2.1.5 *Nepantla* como umbral N-Alético: ambigüedad creativa y transición sostenida

El concepto de *nepantla* , de origen náhuatl, se refiere a estar “entre” o en “tierra de nadie”, un espacio liminal entre dos mundos, culturas o estados de ser. Más allá de su connotación lingüística, pensadores como Gloria Anzaldúa [35] han reivindicado *nepantla* como categoría existencial y política que permite habitar simultáneamente lo viejo y lo nuevo, lo impuesto y lo original, sin borrar las tensiones que surgen entre ellos.

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Nepantla se convierte así en un estado de ambigüedad fértil, donde las certezas se fracturan, pero donde también pueden surgir nuevas identidades, cosmovisiones ampliadas o sistemas de valores más integradores.

Desde la perspectiva del razonamiento n-alético, *nepantla* no es un estado de parálisis ni una contradicción irresoluble, sino una configuración compleja en la que coexisten elementos de verdad (V), falsedad (F) e indeterminación (I). Esta lógica, desarrollada en el marco de Florentin Smarandache, La neutrosofía rompe con las lógicas binarias clásicas al permitir que las ideas, creencias o sistemas se evalúen no solo como verdaderos o falsos, sino también como parcialmente verdaderos, contradictorios o inciertos en diversos grados. En este sentido, *nepantla* representa un espacio genuinamente neutrosófico, donde coexisten conocimientos en tensión y donde los límites entre los opuestos se difuminan, dando lugar a posibilidades híbridas[36].

Aplicado al ámbito de la sostenibilidad, *nepantla* puede interpretarse como el umbral de transición entre un paradigma insostenible y uno emergente. En esta zona de transición, las decisiones y acciones están impregnadas de incertidumbre: las viejas estructuras persisten, mientras que las nuevas aún no se consolidan [37]. Desde una perspectiva lógica convencional, este período podría parecer caótico o improductivo; sin embargo, desde una perspectiva n-alética, este estado intermedio es necesario y revelador. Nos permite reconocer que no existe un único camino hacia un futuro sostenible, sino múltiples trayectorias que deben dialogar, complementarse o incluso contradecirse para impulsar una auténtica transformación.

El nepantla , tal como lo experimentan muchas comunidades indígenas, especialmente bajo las presiones de la colonización y la globalización, representa un espacio cultural y epistémico donde se entrecruzan el conocimiento ancestral y las tecnologías modernas como la IA. Este " *nepantla tecnológico* " encarna la tensión creativa en lugar de la contradicción, lo que lo convierte en un terreno fértil para la neutrosofía aplicada . Dentro de un marco n-alético, el nepantla se convierte en un umbral dinámico —un espacio de ambigüedad y coexistencia— a través del cual pueden surgir nuevas formas de conocimiento y gobernanza inclusivas y sostenibles.

2.2 Conjuntos multineutrosóficos y lógica N-alética para representar la pluralidad epistémica

Para modelar formalmente las estructuras complejas, fluidas y a menudo contradictorias que caracterizan las epistemologías indígenas —como *Nepantla* , *In Lak'ech* , *Ch'ixi* , *Yanantin* y *Buen Vivir*— recurrimos al marco de la Lógica Neutrosófica. Esta lógica avanzada permite la representación simultánea de la verdad, la falsedad y la indeterminación, ofreciendo una estructura formal para el razonamiento n-alético. Los elementos fundamentales de los Conjuntos Neutrosóficos, junto con sus extensiones refinadas y multivaluadas, proporcionan las herramientas matemáticas necesarias para expresar estos conceptos ancestrales no como metáforas simbólicas, sino como componentes rigurosos del diseño de sistemas éticos, sostenibles e interculturales [38].

Las siguientes definiciones describen los constructos básicos de los conjuntos neutrosóficos:

Definición 1 [39]: El conjunto neutrosófico N está definido por tres funciones de pertenencia: la función de pertenencia de verdad $\boldsymbol{T_A}$, la función de pertenencia de indeterminación $\boldsymbol{I_A}$y la función de pertenencia de falsedad $\boldsymbol{F_A}$, donde U representa el Universo del Discurso. y $\forall \mathbf{x} \in \mathbf{U}$, $\boldsymbol{T_A(x), I_A(x), F_A(x)} \subseteq]^{-}\mathbf{0}, \mathbf{1}^{+}[$, y $^{-}\mathbf{0} \leq \mathbf{inf}\, \boldsymbol{T_A(x)} + \mathbf{inf}\, \boldsymbol{I_A(x)} + \mathbf{inf}\, \boldsymbol{F_A(x)} \leq \mathbf{sup}\, \boldsymbol{T_A(x)} + \mathbf{sup}\, \boldsymbol{I_A(x)} + \mathbf{sup}\, \boldsymbol{F_A(x)} \leq \mathbf{3}^{+}$.

Según la definición, $\boldsymbol{T_A(x), I_A(x)}$, y $\boldsymbol{F_A(x)}$son subconjuntos reales estándar o no estándar de $]^{-}\mathbf{0}, \mathbf{1}^{+}[$y, por lo tanto, $\boldsymbol{T_A(x), I_A(x)}$y $\boldsymbol{F_A(x)}$pueden ser subintervalos de $[\mathbf{0}, \mathbf{1}]$. $^{-}\mathbf{0}$y $\mathbf{1}^{+}$pertenecen al conjunto de números hiperreales.

Definición 2 [40]: El Conjunto Neutrosófico de Valor Único (SVNS) $\boldsymbol{A}$ sobre $\boldsymbol{U}$ es $\boldsymbol{A} = \{< \boldsymbol{x}, \boldsymbol{T_A(x), I_A(x), F_A(x)} > : \boldsymbol{x} \in \boldsymbol{U}\}$, donde $\boldsymbol{T_A}: \boldsymbol{U} \rightarrow [\mathbf{0}, \mathbf{1}]$, $\boldsymbol{I_A}: \boldsymbol{U} \rightarrow [\mathbf{0}, \mathbf{1}]$y $\boldsymbol{F_A}: \boldsymbol{U} \rightarrow [\mathbf{0}, \mathbf{1}]$. $\mathbf{0} \leq \boldsymbol{T_A(x)} + \boldsymbol{I_A(x)} + \boldsymbol{F_A(x)} \leq \mathbf{3}$.El Número Neutrosófico de Valor Único (SVNN) está simbolizado por $\boldsymbol{N} = (\boldsymbol{t}, \boldsymbol{i}, \boldsymbol{f})$, tal que $\mathbf{0} \leq \boldsymbol{t}, \boldsymbol{i}, \boldsymbol{f} \leq \mathbf{1}$y $\mathbf{0} \leq \boldsymbol{t} + \boldsymbol{i} + \boldsymbol{f} \leq \mathbf{3}$.

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

cosmovisionales indígenas como *nepantla* , *In Lak'ech* , *ch'ixi* , *yanantin* y *Buen Vivir* (*Sumak Kawsay*) encarnan formas de pensamiento que desafían las lógicas binarias tradicionales al operar dentro de una estructura n-alética, una en la que coexisten la verdad, la falsedad y la indeterminación. Esta lógica se puede formalizar a través del Conjunto Neutrosófico Refinado (SNR), que descompone los componentes clásicos de la lógica neutrosófica en subniveles de verdad (T_i), indeterminación (I_i) y falsedad (F_i), junto con su modelo isomórfico, el Conjunto MultiNeutrosófico (SNM). Estas estructuras permiten representar con precisión contextos complejos, ambiguos o transicionales, precisamente los tipos de realidades descritas por estos principios ancestrales [10] .

Por lo tanto, tanto los Conjuntos Neutrosóficos Refinados [41] como los Conjuntos MultiNeutrosóficos Los conjuntos[42] no solo permiten la representación de estas estructuras n-aléticas, sino que también apoyan su aplicación en campos como la ética de la IA, la sostenibilidad y la toma de decisiones intercultural. Esta articulación entre la lógica matemática avanzada y la sabiduría ancestral no solo valida las epistemologías indígenas en términos formales, sino que también enriquece la comprensión y el diseño de sistemas tecnológicos más justos, inclusivos y en armonía con la vida.

Definición 3 [42]. El Conjunto Neutrosófico Refinado por Subconjuntos (SRNS). Sea $\mathcal{U}$ un universo de discurso y un conjunto $R \subset \mathcal{U}$. Entonces, un R Neutrosófico Refinado por Subconjuntos se define como sigue: $R = \{x, x(T, I, F), x \in U\}$,donde T se refina/divide en p subverdades, $T = \langle T_1, T_2, \dots T_p \rangle, T_j \subseteq [0,1], 1 \leq j \leq p$; I se refina/divide en r subindeterminaciones, $I = \langle I_1, I_2, \dots I_r \rangle, I_k \subseteq [0,1], 1 \leq k \leq r$,y F se refina/divide en s subfalsedades, $F = \langle F_1, F_2, \dots F_l \rangle, F_s \subseteq [0,1], 1 \leq l \leq s$,donde $p, r, s \geq 0$son enteros, y $p + r + s = n \geq 2$, y al menos uno de $p, r, s\ is \geq 2$para asegurar la existencia de refinamiento (división).

Definición 4 [42]. El Conjunto MultiNeutrosófico (o Subconjunto Conjunto MultiNeutrosófico SMNS). Sea $\mathcal{U}$ sea un universo de discurso y M un subconjunto de él. Entonces, un Conjunto $M = \{x, x(T_1, T_2, \dots, T_p; I_1, I_2, \dots, I_r; F_1, F_2, \dots, F_s)\}, x \in U$,MultiNeutrosófico es: donde p , r , s son enteros $\geq 0, p + r + s = n \geq 2$ y al menos uno de $p, r, s\ is \geq 2$,para asegurar la existencia de una multiplicidad de al menos un componente neutrosófico: verdad/pertenencia, indeterminación o falsedad/no pertenencia; todos los subconjuntos $T_1, T_2, \dots, T_p; I_1, I_2, \dots, I_r; F_1, F_2, \dots, F_s \subseteq [0,1]$; $0 \leq \sum_{j=1}^{p} inf\ T_j + \sum_{k=1}^{r} inf\ I_k + \sum_{l=1}^{s} inf\ F_l \leq \sum_{j=1}^{p} sup\ T_j + \sum_{k=1}^{r} sup\ I_k + \sum_{l=1}^{s} sup\ F_l \leq n$.

Esta expresión establece los límites generales para los componentes neutrosóficos refinados o multivaluados. Establece que la suma de los valores mínimos (ínfimos) de todos los componentes de verdad, indeterminación y falsedad debe ser mayor o igual a cero, mientras que la suma de sus valores máximos (supremos) no debe exceder un valor total n. Esto permite un modelado flexible de sistemas complejos con múltiples subcomponentes de verdad, incertidumbre y falsedad, sin imponer restricciones adicionales a su distribución.

El elemento x, con respecto al conjunto M, se caracteriza por un Multigrado de Verdad (o Multipertenencia), representado por los valores $T_1, T_2, \dots, T_p$; un Multigrado de Indeterminación (o Multineutralidad), dado por $I_1, I_2, \dots, I_r$y un Multigrado de Falsedad (o Multinopertenencia), expresado como$F_1, F_2, \dots, F_s$ Cada uno de estos valores captura contribuciones específicas de diversas fuentes, lo que permite una representación más matizada del estado del elemento dentro del conjunto. Todos estos $p + r + s = n \geq 2$ componentes se asignan por $n$fuentes —ya sean totalmente independientes, parcialmente interdependientes o totalmente dependientes— según las necesidades de cada aplicación específica [43].

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Esta estructura multifuente resuena con la lógica n-alética de las filosofías indígenas, donde coexisten perspectivas múltiples, a veces contradictorias, sin necesidad de resolución. Cada verdad, indeterminación o falsedad —proporcionada por diferentes expertos o contextos— refleja la plurivocalidad del pensamiento ancestral, que valora la coexistencia por encima de la reducción binaria.

Un elemento genérico x con respecto al Conjunto MultiNeutrosófico A tiene la forma:

$$x(T_1, T_2, \dots, T_p; \quad I_1, I_2, \dots, I_r; \quad F_1, F_2, \dots, F_s)$$

multi-verdad multiindeterminación falsedad múltiple

En muchos casos particulares $p = r = s$, y una fuente (experto) asigna los tres grados de verdad, indeterminación y falsedad T_j, I_j, F_jpara el mismo elemento.

La clasificación de los tipos MultiNeutrosóficos de valor n de la misma forma (p, r, s), $(T_1, T_2, \dots, T_p; I_1, I_2, \dots, I_r; F_1, F_2, \dots, F_s)$donde p, r, sson números enteros ≥ 0, y $p + r + s = n \geq 2$, y al menos uno de $p, r, s \geq 2$para estar seguro de que tiene multiplicidad para al menos un componente neutrosófico (ya sea verdad, indeterminación o falsedad).

Para clasificar dos tuplas neutrosóficas múltiples de valor n de las formas (p_1, r_1, s_1)y respectivamente (p_2, r_2, s_2),donde $p_1, r_1, s_1, p_2, r_2, s_2$son números enteros ≥ 0, y $p_1 + r_1 + s_1 = n_1 \geq 2$,y al menos uno de $p_1, r_1, s_1 is \geq 2$,para estar seguro de que existe multiplicidad para al menos un componente neutrosófico (ya sea verdad, indeterminación o falsedad); de manera similar $p_2 + r_2 + s_2 = n_2 \geq 2$,y al menos uno de$p_2, r_2, s_2\ is \geq 2$.

Tomemos las siguientes tuplas multineutrosóficas de valor único (SVMNT):

$SVMNT = (T_1, T_2, \dots, T_p; I_1, I_2, \dots, I_r; F_1, F_2, \dots, F_s)$de $(p_1, r_1, s_1) - form$, y

$SVMNT' = (T'_1, T'_2, \dots, T'_p; I'_1, I'_2, \dots, I'_r; F'_1, F'_2, \dots, F'_s)$de $(p_1, r_1, s_1) - form$.

Se calculan los promedios clásicos de verdad (T_a), indeterminaciones (I_a) y falsedad (F_a), respectivamente, para $SVMNT = (T_a, I_a, F_a)$y los promedios de verdades (T_a), indeterminaciones (I_a) y falsedad (F_a), respectivamente, para: $SVMNT = (T'_a, I'_a, F'_a)$. A continuación, se aplican las funciones de puntuación ( ), precisión ( ) y certeza (C) , como para el conjunto neutrosófico univaluado:

Calcular la función de puntuación (promedio de positividad) (7).

$$S(T_a, I_a, F_a) = \frac{T_a + (1 - I_a) + (1 - F_a)}{3}$$

$$S(T'_a, I'_a, F'_a) = \frac{T'_a + (1 - I'_a) + (1 - F'_a)}{3} \quad (1)$$

i. Si $S(T_a, I_a, F_a) \geq S(T'_a, I'_a, F'_a)$entonces $SVMNT \geq SVMNT'$,

ii. Si $S(T_a, I_a, F_a) \leq S(T'_a, I'_a, F'_a)$entonces $SVMNT \leq SVMNT'$,

iii. Y si $S(T_a, I_a, F_a) = S(T'_a, I'_a, F'_a)$entonces $SVMNT = SVMNT'$, entonces pasa al segundo paso.

Calcular la función de precisión (diferencia entre la verdad y la falsedad) (8).

$$A(T_a, I_a, F_a) = T_a - F_a$$

$$A(T'_a, I'_a, F'_a) = T'_a - F'_a \quad (2)$$

i. Si $A(T_a, I_a, F_a) \geq A(T'_a, I'_a, F'_a)$entonces $SVMNT \geq SVMNT'$,

ii. Si $A(T_a, I_a, F_a) \leq A(T'_a, I'_a, F'_a)$entonces $SVMNT \leq SVMNT'$,

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

iii. Y si $A(T_a, I_a, F_a) = A(T'_a, I'_a, F'_a)$entonces $SVMNT = SVMNT'$, entonces pasa al tercer paso.

3. Calcular la función de certeza (verdad) (9).

$$C(T_a, I_a, F_a) = T_a$$
$$C(T'_a, I'_a, F'_a) = T'_a \quad (3)$$

i. Si $C(T_a, I_a, F_a) \geq C(T'_a, I'_a, F'_a)$entonces $SVMNT \geq SVMNT'$,

ii. Si $C(T_a, I_a, F_a) \leq C(T'_a, I'_a, F'_a)$entonces $SVMNT \leq SVMNT'$,

iii. Y si $C(T_a, I_a, F_a) = C(T'_a, I'_a, F'_a)$entonces $SVMNT = SVMNT'$son multi-neutrosóficamente iguales, es decir $T_a = T_a^{'}, I_a = I_a^{'}, F_a = F_a^{'}$, o sus promedios correspondientes de verdad, indeterminación y falsedad son iguales.

Cuando algunas fuentes contribuyen con diferentes niveles de importancia, ponderados Se utilizan promedios, denotados como T_{wa}, I_{ua}, F_{va}y $T'_{wa}, I'_{ua}, F'_{va}$,y para las respectivas tuplas multineutrosóficas. Dado que las fuentes pueden ser totalmente independientes, parcialmente independientes o dependientes, la suma de los pesos no está limitada a ser igual a uno. Por lo tanto, los pesos $w_1, w_2, \dots, w_p,\ u_1, u_2, \dots, u_p,\ v_1, v_2, \dots, v_p$se definen dentro del intervalo [0,1], y sus sumas pueden ser menores, iguales o mayores que 1. Las funciones de Puntuación, Precisión y Certeza se aplican a estos promedios ponderados para establecer una clasificación más matizada de los elementos multineutrosóficos.

3. Material y métodos

Este estudio emplea Conjuntos Multineutrosóficos (MNS) como mecanismo formal para representar la coexistencia de diversos juicios éticos en entornos culturalmente heterogéneos. En la lógica neutrosófica, cualquier proposición, como «Este sistema de IA mejora la salud de la comunidad», se evalúa en función de su valor de verdad (V) , indeterminación (I) **y** falsedad (F) , cada uno con valores independientes de 0 a 1. La versión refinada permite múltiples fuentes o grados de cada componente: $T = \{T_1, T_2, \dots, T_p\}$, $I = \{I_1, I_2, \dots, I_r\}$, y $F = \{F_1, F_2, \dots, F_s\}$, reflejando puntos de vista plurales y posiblemente conflictivos.

Esta estructura es ideal para el razonamiento n-alético , que abarca la coexistencia de verdades, falsedades e incertidumbres sin imponer una resolución binaria. Particularmente en la ética de la IA aplicada a la salud, la interacción entre los sistemas de conocimiento ancestral y los modelos algorítmicos genera zonas de ambigüedad (*nepantla*) y contradicción (*ch'ixi*), que requieren un razonamiento ético adaptado a la tensión, el diálogo y el consenso negociado.

Este artículo presenta un enfoque denominado Método Ayni Multineutrosófico , inspirado en el principio andino de *Ayni* —una forma de coexistencia recíproca y ética que valora el equilibrio, el respeto mutuo y la armonía dinámica—. Este método modela la interacción ética entre diversas fuentes de juicio sin forzar la unificación [12]. En lugar de eliminar las diferencias, las honra mediante una estructura formal que permite la convergencia negociada. El nombre refleja tanto el fundamento matemático de la lógica neutrosófica como la epistemología intercultural que busca respetar y operacionalizar.

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Como contribución novedosa, este artículo presenta una Medida de Consenso Neutrosófico[44] basada en la distancia euclidiana, diseñada para cuantificar el grado de alineación (o divergencia) entre las diversas evaluaciones proporcionadas por múltiples fuentes. En lugar de imponer un consenso, esta medida preserva la integridad de las perspectivas plurales, a la vez que ofrece una métrica para identificar zonas de convergencia en la deliberación ética intercultural. Este enfoque mejora los procesos de toma de decisiones al destacar la diversidad epistémica como una fortaleza en lugar de una limitación.

Definición 5: Medida de consenso multineutrosófico euclidiano

Sea
$$\boldsymbol{x(T_1, T_2, \ldots, T_p;\ I_1, I_2, \ldots, I_r;\ F_1, F_2, \ldots, F_s)} \quad (4)$$

ser una evaluación Multi-Neutrosófica de un elemento $x \in U$, donde cada componente refleja valores de fuentes distintas.

Dejar:

$$\bar{T} = \frac{1}{p}\sum_{j=1}^{p} T_j \quad (5)$$

$$\bar{I} = \frac{1}{r}\sum_{k=1}^{r} I_k \quad (6)$$

$$\bar{F} = \frac{1}{s}\sum_{l=1}^{s} F_l \quad (7)$$

Entonces, la Medida de Consenso Neutrosófico $C_x$se define como:

$$C_x = 1 - \frac{1}{3}\left(\sqrt{\frac{1}{p}\sum_{j=1}^{p}\left(T_j - \bar{T}\right)^2} + \sqrt{\sum_{k=1}^{r}\frac{1}{r}(I_k - \bar{I})^2} + \sqrt{\frac{1}{s}\sum_{l=1}^{s}(F_l - \bar{F})^2}\right) \quad (8)$$

dónde $\boldsymbol{p}$, $\boldsymbol{r}$, y $\boldsymbol{s}$representan el número de valores de verdad, indeterminación y falsedad, respectivamente, y $\boldsymbol{n = p + r + s}$ es el número total de valores neutrosóficos.

El resultado $\boldsymbol{C_x} \in [\boldsymbol{0}, \boldsymbol{1}]$, donde:

$\boldsymbol{C_x = 1}$indica máximo consenso (sin dispersión),

$\boldsymbol{C_x \approx 1}$ Indica consenso mínimo (máxima dispersión).

Esta medida refleja el grado de alineación entre diversas fuentes, sin requerir un acuerdo exacto, lo que la hace especialmente adecuada para evaluaciones éticas en entornos interculturales y plurales.

Para operacionalizar la evaluación ética plural en contextos culturalmente diversos, este estudio propone el Método Ayni Multineutrosófico , un enfoque gradual que integra la ética relacional ancestral (*Ayni*) con la lógica neutrosófica para evaluar la aceptabilidad de los sistemas sociotécnicos. El método se desarrolla de la siguiente manera (Figura 4):

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

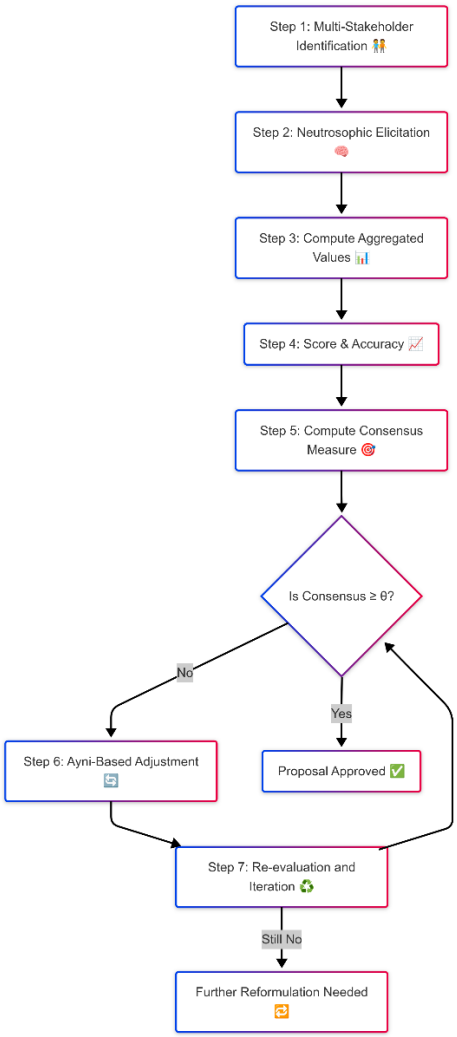

Figura 4. Método Ayni Multi-Neutrosófico

Paso 1: Identificación de múltiples partes interesadas

Identifique un conjunto diverso de actores involucrados o afectados por la intervención propuesta. Estos pueden incluir expertos técnicos, ancianos de la comunidad, poseedores de conocimientos tradicionales, funcionarios públicos y otros actores relevantes. Defina un umbral de consenso (θ), donde $\theta \in [0, 1]$, como un valor predefinido que depende del contexto.

Paso 2: Elicitación neutrosófica

Cada parte interesada evalúa una propuesta ética determinada (por ejemplo, "Este sistema de IA es beneficioso y éticamente apropiado") en términos de:

- Verdad (V) – validez ética y práctica percibida.
- Indeterminación (I) – incertidumbre o preocupaciones no resueltas.
- Falsedad (F) – percepción de daño o inadecuación ética.

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Cada componente puede expresarse como un conjunto de grados $T = \{T_1, \dots, T_p\}$, $I = \{I_1, \dots, I_r\}$, $F = \{F_1, \dots, F_s\}$, formando una tupla multineutrosófica .

Paso 3: Calcular valores agregados

Calcular el promedio de cada componente:

$$\bar{T} = \frac{1}{p}\sum_{j=1}^{p} T_j,\ \bar{I} = \frac{1}{r}\sum_{k=1}^{r} I_k,\ \bar{F} = \frac{1}{s}\sum_{l=1}^{s} F_l \quad (9)$$

Paso 4: Calcular la puntuación neutrosófica y la precisión

Utilice la función de puntuación:

$$S = \frac{1}{3}\left(\bar{T} + (1 - \bar{I}) + (1 - \bar{F})\right) \quad (10)$$

y la función de precisión :

$$A = \bar{T} - \bar{F} \quad (11)$$

Estos valores proporcionan un reflejo cuantitativo de la alineación y divergencia ética colectiva.

Paso 5: Calcular la medida de consenso multineutrosófico euclidiano

Para evaluar el nivel de convergencia entre las partes interesadas, calcule C_x (8).

Regla del umbral de consenso : si $C_x < \theta$, se inicia una nueva ronda deliberativa para abordar el disenso y refinar la propuesta.

Paso 6: Ajuste basado en Ayni

Si no se alcanza el umbral de consenso, se activa un proceso culturalmente arraigado de *Ayni :*

- Las partes interesadas expresan abiertamente sus preocupaciones y expectativas.
- Las propuestas se renegocian éticamente a través de la lógica comunitaria, rituales o mediación simbólica.
- Se realizan ajustes al diseño tecnológico o estrategia de implementación.

Paso 7: Reevaluación e iteración

Se realiza una segunda evaluación neutrosófica (o posterior) con valores actualizados. Si se supera el umbral de consenso, la propuesta avanza con legitimidad intercultural. De lo contrario, podría requerirse mayor diálogo y reformulación.

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Este método reconoce verdades plurales, incertidumbres dinámicas y falsedades situadas , sin forzar una resolución prematura. Promueve la alineación ética no mediante una autoridad vertical, sino mediante la convergencia dialógica basada tanto en la lógica formal como en la reciprocidad ancestral . Como tal, el Método Ayni Multi-Neutrosófico constituye un enfoque replicable, flexible y culturalmente sensible para la toma de decisiones éticas en sistemas de salud basados en IA y más allá.

3. Caso ilustrativo: evaluación de un sistema de diagnóstico de salud con inteligencia artificial en un territorio indígena

Una autoridad sanitaria regional propone implementar un sistema de diagnóstico basado en IA, basado en datos biomédicos, para facilitar la detección temprana de enfermedades en una comunidad indígena. El sistema utiliza el reconocimiento de patrones sintomáticos y modelos predictivos para sugerir posibles diagnósticos.

Sin embargo, la comunidad cuenta con una larga tradición de medicina ancestral, basada en principios holísticos que incluyen tratamientos herbales, diagnóstico espiritual y rituales comunitarios. El sistema propuesto, si bien técnicamente prometedor, genera tensiones epistémicas con los curanderos y ancianos locales.

Para evaluar la aceptabilidad ética del proyecto, se convoca una asamblea comunitaria. Participan:

- **Desarrollador de IA médica** : valora la precisión del diagnóstico y la escalabilidad del sistema de IA.
- **Curandero tradicional (yachak)** : enfatiza el riesgo de desequilibrio espiritual y erosión cultural.
- **Líder comunitario** : busca la integración pero no está seguro de las implicaciones a largo plazo.
- **Representantes de salud pública** destacan los posibles beneficios para la salud pública.
- **Jóvenes miembros de la comunidad** : expresan apertura pero con preguntas sobre la confianza y el respeto.

Cada participante ofrece una **evaluación multi-neutrosófica** de la propuesta:

"El sistema de IA será beneficioso y éticamente apropiado para nuestras prácticas de salud comunitaria".

Situación: La asamblea comunitaria analiza el proyecto de IA utilizando el método Ayni Multi-Neutrosófico .

1. **Fuentes de verdad (T):**
   - $p = 3$ *evaluadores* (desarrollador de IA, funcionario de salud pública, representante de la juventud)
   - Valores asignados:

     $$T = \{0.90, 0.40, 0.30\}$$

     Estos valores reflejan una amplia gama de percepciones, desde un fuerte optimismo hasta el escepticismo, con respecto a las capacidades técnicas del sistema y su alineación con los objetivos de salud pública.
2. **Fuentes de indeterminación (I):**
   - $r = 2$ *evaluadores* (líder comunitario, representante juvenil)

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

- Valores asignados:

$$I = \{0.80, 0.20\}$$

Esto refleja puntos de vista divergentes sobre la compatibilidad cultural, la gobernanza y la confianza en las tecnologías de IA.

3. **Fuentes de falsedad (F):**
   - *s = 2 evaluadores* (curandero tradicional, anciano miembro de la comunidad)
   - Valores asignados:

$$F = \{0.85, 0.25\}$$

Las preocupaciones van desde un fuerte sentido de conflicto epistémico y espiritual hasta un escepticismo más moderado respecto de la erosión de las prácticas médicas ancestrales.

Tupla multi-neutrosófica final:

Proyecto AIHealth$(0.90, 0.40, 0.30\}, \{0.80, 0.20\}, \{0.85, 0.25\})$

Componentes promediados:

- Verdad (T^-) ≈ (0,90 + 0,40 + 0,30)/3 = **0,533**
- Indeterminación ($\bar{I}$) ≈ (0,80 + 0,20)/2 = 0,50
- Falsedad (F^-) ≈ (0,85 + 0,25)/2 = 0,55

Función de puntuación neutrosófica:

$$S = \frac{\bar{T} + (1 - \bar{I}) + (1 - \bar{F})}{3} = \frac{0.533 + 0.50 + 0.45}{3} \approx 0.494$$

Exactitud:

$A = \bar{T} - \bar{F} = 0.533 - 0.55 = -0.17$

Medida de consenso (C_x):

$C_x \approx 0{,}57$

Interpretación:

Por lo tanto, la Medida de Consenso Neutrosófico para el Proyecto AIHealth es de aproximadamente 0,57, lo que indica un nivel moderado de consenso entre las diferentes evaluaciones. Esto se acerca más al acuerdo (1) que al desacuerdo total (0) . Cabe destacar que la Medida de Consenso Multi-Neutrosófico Euclidiano (C_x) ≈ 0,57) cae por debajo del umbral preestablecido de 0,9, lo que indica una falta de convergencia suficiente entre las perspectivas de las partes interesadas

Acción colectiva y ajuste basado en Ayni:

En respuesta al umbral de consenso no alcanzado, la asamblea comunitaria activó un proceso participativo basado en Ayni, el principio andino de reciprocidad y equilibrio relacional:

- Los curanderos tradicionales solicitaron la inclusión formal del conocimiento diagnóstico ancestral

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

en el sistema propuesto.

- Los representantes de la juventud pidieron mecanismos para garantizar la transparencia y el seguimiento participativo permanente del desempeño de la IA.
- Se tomó la decisión de probar el sistema en paralelo con las prácticas tradicionales existentes, en lugar de reemplazarlas.
- La comunidad llegó a un acuerdo sobre la gobernanza de datos guiada por el derecho consuetudinario y los protocolos de consentimiento colectivo.
- Este proceso de refinamiento dialógico y culturalmente arraigado condujo a una segunda evaluación neutrosófica con un mayor consenso y una mejor alineación entre la innovación técnica y la integridad cultural.

Segunda evaluación (después de los ajustes):

- **Nuevos valores:**

$$T = \{0.85,0.85,0.75\}, I = \{0.30,0.25\}, F = \{0.40,0.30\}$$

Proyecto AIHealth ($\{0.85,0.85,0.75\}$, $\{0.30,0.25\}$, $\{0.40,0.30\}$)

- Nuevos promedios:

$$T_a = 0.82,\ I_a = 0.275, F_a = 0.35$$

- **Nueva puntuación:**

$$S = \frac{0.82 + 0.275 + 0.65}{3} \approx 0.73$$

- **Nueva precisión:**

$$A = 0.82 - 0.35 = 0.47$$

- **Medida de consenso:**
- C_x≈0,94

La segunda evaluación muestra una mejora notable tanto en la puntuación (S ≈ 0,73) como en la precisión (A = 0,47), lo que indica un mayor respaldo ético y una diferenciación más clara entre los beneficios y los perjuicios percibidos. Fundamentalmente, la medida de consensoC_x alcanzó 0,94, lo que está muy por encima del umbral preestablecido de 0,9, lo que significa una alta alineación entre las partes interesadas.

Este resultado refleja el éxito del Método Ayni Multineutrosófico al facilitar la negociación intercultural sin reprimir la disidencia. Mediante un diálogo transparente y ajustes culturalmente sensibles, la comunidad pudo perfeccionar el proyecto y co-construir un camino ético hacia adelante . De este modo, el método sirvió como herramienta de toma de decisiones cuantitativa y como mecanismo relacional y epistémicamente plural, ofreciendo un modelo replicable para la adopción inclusiva de una IA en diversos sistemas de salud.

4. Conclusiones

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Este trabajo introduce un marco innovador para evaluar la ética de la inteligencia artificial y la sostenibilidad mediante la integración del razonamiento n- aléctico con los principios filosóficos indígenas latinoamericanos. Al incorporar *Buen Vivir* , *yanantin* , *ch'ixi* , In Lak'ech y *nepantla* , demuestra que las cosmovisiones indígenas reflejan inherentemente estructuras lógicas dinámicas, complementarias y no binarias. Estas pueden formalizarse rigurosamente a través de Conjuntos Refinados y Multi-Neutrosóficos, lo que permite la representación de múltiples verdades, incertidumbres y valores éticos contextuales. Este enfoque ofrece una poderosa lente ética para evaluar las tecnologías de IA en contextos interculturales y ecológicamente sensibles, como lo ilustra el estudio de caso sobre la salud indígena.

Más allá del modelado lógico, el artículo aporta el Método Ayni Multi-Neutrosófico, un proceso de toma de decisiones con raíces culturales que combina el consenso neutrosófico con la ética ancestral de la reciprocidad. La inclusión de la Medida Euclidiana de Consenso Multi-Neutrosófico ofrece una herramienta práctica para evaluar la alineación ética sin suprimir la diversidad, lo que refuerza la importancia de la deliberación pluralista en la gobernanza tecnológica. Las futuras líneas de investigación incluyen la exploración de métricas de consenso ponderadas que reflejen la autoridad epistémica o la confianza comunitaria, y la aplicación del marco en áreas como la adaptación climática, las tecnologías educativas y la planificación territorial indígena. En definitiva, este trabajo invita a académicos y profesionales a participar en el diálogo intercultural, a codiseñar tecnologías con las comunidades y a adoptar lógicas plurales que fomenten la vida, la diversidad y el cuidado del planeta.

5. Referencias

[1] McGee, RW ¿Cuán ética es la ética utilitarista? Un estudio sobre inteligencia artificial. *Un estudio sobre inteligencia artificial* . **2024** , (19 de febrero de 2024).
[2] Lantigua, D. Traduciendo el Buen Vivir: Culturas indígenas latinoamericanas, desarrollo social y ética religiosa comparada. *Revista de Ética Religiosa* **2023** , *51* , 280-320.
[3] Odero, B.; Nderitu, D.; Samuel, G. El método Ubuntu: Garantizar la integración ética de la IA en la investigación sanitaria. *Wellcome Open Research* **2024** , *9* , 625.
[4] Liu, Y. Desafíos transculturales para la ética de la inteligencia artificial. En *el Foro de Ciencias de la Computación y Matemáticas* ; MDPI: Basilea, Suiza, 2023; Volumen 8, n.º 1, pág. 21.
[5] Williams Goodrich, L. Sumak Kawsay : Empoderamiento social a través del diseño participativo centrado en el usuario en Ecuador. *Revista Internacional de Educación en Arte y Diseño.* **2019** , *38* , 193-206.
[6] Mamani, M. Yanantin : relación , complementariedad y cooperación en mundo andino . *Estudios de Teoría Literaria- Revista digital: artes , letras y humanidades* **2019** , *8* , 191-203.
[7] Cusicanqui , SR Ch'ixinakax Utxiwa : Una reflexión sobre las prácticas y los discursos de la descolonización. *South Atlantic Quarterly* **2012** , *111* , 95-109.
[8] Owens, KH En Lak'ech , el aplauso chicano y el miedo: Una autopsia retórica parcial de las clases de estudios étnicos ahora ilegales de Tucson. *Inglés universitario* **2018** , *80* , 247-270.
[9] Scott, C.; Tuana, N. Nepantla : Escritura (desde) lo intermedio. *JSP: Revista de Filosofía Especulativa* **2017** , *31* , 1-15.
[10] Smarandache , F.; Vázquez, MYL De la dialéctica a la n- aléctica : culturas indígenas y filosofías ancestrales en América Latina. *Conjuntos y sistemas neutrosóficos* **2025** , *81* , 1-11.
[11] Smarandache , F. Introducción al conjunto multineutrosófico . *Conjuntos y sistemas neutrosóficos.* **2023** , *61* , 89-99.
[12] Paerregaard , K. Ayni: Sin límites: Cooperación, desigualdad y migración en los Andes peruanos. *Revista de Antropología Latinoamericana y del Caribe.* **2017** , *22* , 459-474.
[13] Pereira da Silva, F. La comunidad y los caminos del pensamiento crítico en la periferia global: los casos de sumak kawsay / suma qamaña y Ubuntu. En *Nuevos Caminos de Desarrollo: Perspectivas desde el Sur Global* ; Editorial: Publisher Location, Country, 2021; pp. 169-178.
[14] Cortinhas , J.; Martinelli, Y.; Barbosa Jr., R. «Nosotros» en lugar de «yo»: Cómo las cosmopraxias indígenas del Buen Vivir nos permiten concebir la seguridad de forma diferente y afrontar juntos las inseguridades. *Revista Europea de Seguridad Internacional* **2024** , *9* , 417-433.
[15] Peredo, AM El buen Vivir : Nociones de bienestar entre los pueblos indígenas de Sudamérica. En *el Manual de bienestar indígena de Routledge* ; Routledge: Londres, Reino Unido, 2019; págs. 156-169.
[16] Weber, SM; Tascón , MA. Pachamama—la Universidad del Buen Vivir: Una universidad de sostenibilidad de las Primeras Naciones en América Latina. En: *Universidades como laboratorios vivientes para el desarrollo sostenible: Apoyo a la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible* ; Editorial: Publisher Location, Country, 2020; pp. 849-862.

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

[17] Quintana , JXI; Pincay, GFF; Sagba , EYS; Cuji, JEA Sistema de recomendaciones para la evaluación del buen vivir de los niños migrantes que pertenecen a familias extranjeras en la ciudad de Riobamba. *Computación neutrosófica y aprendizaje automático* **2024** , *33* , 98-106.
[18] Stahl, BC *Inteligencia artificial para un futuro mejor: una perspectiva ecosistémica sobre la ética de la IA y las tecnologías digitales emergentes* ; Springer Nature: Cham, Suiza, 2021; pág. 124.
[19] del Pozo, JY Yanantin : La filosofía andina dialógica del manuscrito de Huarochirí . Tesis doctoral, Universidad Católica de América, Washington, DC, EE.UU., 2000.
[20] Schmitt, JF Inclusión natural , sabiduría indígena y la realidad de la naturaleza. *Arenas humanas* **2018** , *1* , 37-55.
[21] Smarandache , F. Un campo unificador en lógica: lógica neutrosófica. En *Filosofía* ; American Research Press: Rehoboth, EE. UU., 1999; págs. 1-141.
[22] Williams, DH; Shipley, GP: Mejorando la inteligencia artificial con sabiduría indígena. *Open Journal of Philosophy* **2020** , *11* , 43-58.
[23] Guerra, DMR; Peña, OP; Yanez, JAT. Evaluación neutrosófica de factores éticos en la atención médica remota. *Métodos de conjuntos de HyperSoft en ingeniería.* **2024** , *1* , 11-20.
[24] Cusicanqui , SR Ch'ixinakax Utxiwa : Una reflexión sobre las prácticas y los discursos de la descolonización. *South Atlantic Quarterly* **2012** , *111* , 95-109.
[25] Vázquez, MYL; Smarandache , F. Epistemología andina, Ch'ixi y lógica neutrosófica. *Conjuntos y sistemas neutrosóficos* . **2025** , *81* , 246-257.
[26] Bicas , M. Democracia Andina Aymara: Taypi y Diversidad Deliberativa hacia una Democracia Intercultural. En *Demodiversidad* ; Routledge: Londres, Reino Unido, 2020; págs. 209-232.
[27] Smarandache , F. Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones . *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informática* **2024** , *17* , 164-168.
[28] Priest, G. Lógica paraconsistente. En *Manual de lógica filosófica* ; Springer Países Bajos: Dordrecht, Países Bajos, 2002; págs. 287-393.
[29] Amabie , T.; Izah, SC; Ogwu , MC; Hait, M. Armonizando tradición y tecnología: La sinergia de la inteligencia artificial en la medicina tradicional. En *Fitoquímica de la Medicina Herbaria: Aplicaciones y Tendencias* ; Springer International Publishing: Cham, Suiza, 2024; págs. 2103-2125.
[30] Weckert , J.; Bayod, R. La ética de la tecnología: ¿Cómo puede contribuir el pensamiento indígena?. *Nanoética* **2023** , *17* , 6.
[31] Monroy, A. In lak'ech . Excélsior . Disponible en línea: https://www.excelsior.com.mx/blog/camino-ligero/lakech/1258541 (consultado el 18 de marzo de 2025).
[32] Gillespie, SD La persona extendida en la ontología maya. *Estudios Latinoamericanos* **2021** , *41* , 105-127.
[33] Batz, JM " Nik" — El cero en las matemáticas mayas vigesimales. *Boletín de la AAS* **2021.** Disponible en línea: https://baas.aas.org/pub/2021n1i336p03/release/2
[34] Ifrah, G. *La historia universal de los números: desde la prehistoria hasta la invención de la computadora* ; John Wiley & Sons: Nueva York, EE. UU., 2000.
[35] Anzaldúa, G. Arte Fronterizo. Nepantla , el lugar de la frontera . En *Entre Guadalupe y Malinche : Tejanas en la literatura y el arte* ; Prensa de la Universidad de Texas: Austin, EE. UU., 2016; págs. 23-32.
[36] Smarandache , F. *Hacia un nuevo paradigma: conocimientos sobre la filosofía neutrosófica* ; Publicación NSIA: Gallup, Nuevo México, EE. UU., 2025.
[37] Morales, CJ Navegando Nepantla . En *Directores de Diversidad en la Educación Superior Hoy* ; Routledge: Londres, Reino Unido, 2024; págs. 144-159.
[38] Vázquez, MYL; Smarandache , F. Uniendo la sabiduría antigua y la lógica moderna: Perspectivas neutrosóficas sobre el cuerpo, la mente, el alma y el espíritu. *Conjuntos y sistemas neutrosóficos* **2025** , *82* , 108-121.
[39] Smarandache , F. El conjunto neutrosófico es una generalización del conjunto difuso intuicionista, el conjunto difuso intuicionista inconsistente (conjunto difuso de imagen, conjunto difuso ternario), el conjunto difuso pitagórico , el conjunto difuso esférico y el conjunto difuso de ortopares de q-peldaños , mientras que la neutrosofificación es una generalización de la teoría del arrepentimiento, la teoría de sistemas grises y la decisión de tres vías (revisada). *Journal of New Theory* **2019** , *29* , 1-31.
[40] Smarandache , F.; Zhang, Y.; Sunderraman , R. Conjuntos neutrosóficos de valor único. En *Neutrosofía : probabilidad neutrosófica, conjunto y lógica* ; American Research Press: Rehoboth, EE. UU., 2009; Volumen 4, págs. 126-129.
[41] Kandasamy, I.; Vasantha, WB; Obbineni , JM; Smarandache , F. Análisis de sentimiento de tuits mediante conjuntos neutrosóficos refinados. *Informática en la industria.* **2020** , *115* , 103180.
[42] Smarandache , F. Introducción al conjunto multineutrosófico . *Conjuntos y sistemas neutrosóficos.* **2023** , *61* , 89.

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

[43] Arias, EAO; Vargas, JLC; Sánchez, JAF; Estrada, SMD. Análisis multineutrosófico de estados financieros como base para la toma de decisiones estratégicas en entornos de incertidumbre. *Conjuntos y sistemas neutrosóficos.* **2025** , *82* , 370-380.
[44] Teruel, KP; Cedeño, JC; Gavilánez, HL; Díaz, CB. Un marco para la selección de servicios de computación en la nube basado en el consenso bajo números neutrosóficos de valor único. *Conjuntos y sistemas neutrosóficos* . **2018** , *22* , 4.

Recibió: Febrero 26, 2025. Aceptado: Mayo 7, 2025.

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/