



El aprendizaje basado en proyectos como espacio de validación de Hipótesis Plitogénicas Neutrosóficas.

Project-based learning as a space for validating Neutrosophic Plithogenic Hypotheses.

Mirella C. Ortiz-Zambrano ^{1*}, Adriana María Castro Maridueña ², Luz Marina Bejarano Ospina ³,
Carlos Feliciano Vivas Lucas ⁴

¹ Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas. Universidad de Guayaquil. Ecuador.
mirella.ortizz@ug.edu.ec, <https://orcid.org/0000-0001-9290-4194>

² Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas. Universidad de Guayaquil. Ecuador.
adriana.castroma@ug.edu.ec, <https://orcid.org/0009-0008-5972-5862>

³ Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas. Universidad de Guayaquil. Ecuador.
luz.bejaranoo@ug.edu.ec, <https://orcid.org/0009-0005-7040-7249>

⁴ Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas. Universidad de Guayaquil. Ecuador. carlos.vivasl@ug.edu.ec, <https://orcid.org/0000-0003-2882-2754>

Resumen.

El presente estudio aborda un desafío crucial en la educación moderna: cómo validar hipótesis plitogénicas neutrosóficas mediante el aprendizaje basado en proyectos (ABP). Este enfoque es relevante dado el creciente interés en metodologías educativas que integren la incertidumbre y la diversidad de perspectivas para fomentar un aprendizaje significativo. Aunque la literatura existente explora ampliamente el ABP, carece de enfoques que consideren la indeterminación inherente a las hipótesis plitogénicas, las cuales abarcan múltiples grados de verdad, falsedad e indeterminación. Para superar esta limitación, la investigación emplea un marco metodológico que combina el ABP con herramientas neutrosóficas, utilizando análisis cualitativo y cuantitativo para evaluar proyectos diseñados por estudiantes. Los resultados revelan que el ABP permite validar hipótesis plitogénicas al proporcionar un entorno dinámico donde los estudiantes exploran soluciones bajo incertidumbre, generando conocimientos más robustos y contextualizados. Este trabajo contribuye al campo educativo al introducir un modelo innovador que enriquece la teoría neutrosófica y ofrece aplicaciones prácticas para diseñar currículos que promuevan el pensamiento crítico y la resolución de problemas complejos. Además, los hallazgos sugieren que el ABP puede adaptarse a diversos contextos educativos, fortaleciendo la capacidad de los estudiantes para enfrentar desafíos ambiguos con

enfoques creativos y estructurados.

Palabras clave: aprendizaje basado en proyectos, hipótesis plitogénicas, neutrosófico, educación, incertidumbre, pensamiento crítico, metodología.

Abstract.

This study addresses a crucial challenge in modern education: how to validate neutrosophic plithogenic hypotheses through project-based learning (PBL). This approach is relevant given the growing interest in educational methodologies that integrate uncertainty and a diversity of perspectives to foster meaningful learning. Although existing literature extensively explores PBL, it lacks approaches that consider the inherent indeterminacy of plithogenic hypotheses, which encompass multiple degrees of truth, falsity, and indeterminacy. To overcome this limitation, this study employs a methodological framework that combines PBL with neutrosophic tools, using qualitative and quantitative analysis to evaluate student-designed projects. The results reveal that PBL allows for the validation of plithogenic hypotheses by providing a dynamic environment where students explore solutions under uncertainty, generating more robust and contextualized knowledge. This work contributes to the field of education by introducing an innovative model that enriches neutrosophic theory and offers practical applications for designing curricula that promote critical thinking and complex problem-solving. Furthermore, the findings suggest that PBL can be adapted to diverse educational contexts, strengthening students' ability to confront ambiguous challenges with creative and structured approaches.

Keywords: project-based learning, plithogenic hypotheses, neutrosophic, education, uncertainty, critical thinking, methodology.

1. Introducción

La educación contemporánea enfrenta el reto de integrar enfoques innovadores que promuevan el pensamiento crítico y aborden la incertidumbre inherente a los problemas complejos, un desafío que este estudio aborda mediante el aprendizaje basado en proyectos (ABP) como un espacio para validar hipótesis plitogénicas neutrosóficas. La relevancia de este tema radica en la necesidad de formar estudiantes capaces de navegar entornos ambiguos, una demanda creciente en un mundo marcado por la rapidez de los cambios tecnológicos y sociales [1]. Investigaciones recientes destacan que el ABP fomenta habilidades como la colaboración, la creatividad y la resolución de problemas, lo que lo convierte en una herramienta idónea para explorar marcos teóricos avanzados como la neutrosofía [2]. Este enfoque, al integrar incertidumbre y múltiples perspectivas, ofrece una vía para enriquecer los procesos educativos.

Históricamente, el ABP ha evolucionado desde su concepción en el siglo XX, inspirado en las ideas de John Dewey, hasta convertirse en un pilar de las pedagogías activas modernas [3]. En las últimas décadas, su adopción global ha crecido, especialmente en contextos que priorizan el aprendizaje experiencial [4]. Sin embargo, los avances en teorías de la incertidumbre, como la neutrosofía, han abierto nuevas posibilidades para redefinir cómo se estructuran y evalúan los proyectos educativos. Este estudio se sitúa en la intersección de estas tendencias, explorando cómo el ABP puede servir como un laboratorio para hipótesis que incorporen verdad, falsedad e indeterminación de manera simultánea.

El problema central que motiva esta investigación es la falta de metodologías educativas que integren sistemáticamente la incertidumbre en el proceso de aprendizaje. Aunque el ABP es ampliamente reconocido por su capacidad para fomentar el aprendizaje activo, pocos estudios han explorado su potencial para validar hipótesis plitogénicas, las cuales requieren manejar múltiples grados de verdad en contextos complejos [5]. La pregunta que guía este trabajo es: ¿cómo puede el aprendizaje basado en proyectos servir como un marco efectivo para validar hipótesis plitogénicas neutrosóficas en entornos educativos? Este interrogante busca cerrar la brecha entre las pedagogías activas y los enfoques teóricos que abordan la incertidumbre.

El desafío de incorporar la neutrosofía en la educación no es trivial, pues implica diseñar entornos donde los estudiantes puedan explorar problemas abiertos sin soluciones predefinidas. La magnitud de este problema se refleja en la escasez de herramientas prácticas que permitan a los educadores evaluar resultados en contextos de al-



ta ambigüedad [6]. Este estudio propone que el ABP, al centrarse en la experimentación y la colaboración, ofrece un espacio ideal para abordar estas limitaciones. La integración de herramientas neutrosóficas permite analizar las respuestas de los estudiantes desde una perspectiva que considera la indeterminación como un componente central del aprendizaje.

Por otro lado, la literatura educativa reciente subraya la importancia de metodologías que preparen a los estudiantes para entornos dinámicos y complejos [7]. Sin embargo, la mayoría de los enfoques actuales no logran incorporar marcos teóricos que manejen la incertidumbre de manera explícita. Este vacío justifica la necesidad de explorar cómo el ABP puede alinearse con teorías como la neutrosofía, que ofrecen un enfoque robusto para analizar sistemas con múltiples perspectivas contradictorias. La presente investigación busca contribuir a este campo al proponer un modelo que combine ambos enfoques de manera innovadora.

En términos prácticos, el ABP permite a los estudiantes enfrentar problemas reales, lo que fomenta la aplicación de conocimientos teóricos en contextos concretos. Al integrar hipótesis plitogénicas neutrosóficas, este estudio explora cómo los proyectos pueden diseñarse para reflejar la complejidad de los problemas del mundo real, donde las soluciones no son binarias. La validación de estas hipótesis requiere un enfoque metodológico que combine análisis cualitativo y cuantitativo, adaptado a los principios de la neutrosofía. Este trabajo propone un marco que podría transformar la forma en que se diseñan las experiencias de aprendizaje.

Los objetivos de esta investigación son claros y están alineados con la pregunta de investigación planteada. En primer lugar, se busca evaluar la eficacia del ABP como un espacio para validar hipótesis plitogénicas neutrosóficas en entornos educativos. En segundo lugar, se pretende desarrollar un modelo metodológico que integre herramientas neutrosóficas para analizar los resultados de los proyectos estudiantiles. Finalmente, el estudio aspira a ofrecer recomendaciones prácticas para que los educadores puedan implementar este enfoque en diversos contextos, fortaleciendo así la capacidad de los estudiantes para abordar problemas complejos con un pensamiento crítico y creativo.

2. Prelinarios

2.1. Aprendizaje Basado En Proyectos.

El aprendizaje basado en proyectos (ABP) representa una estrategia pedagógica que transforma la enseñanza al situar a los estudiantes en el centro de su propio proceso de aprendizaje. Este enfoque, lejos de ser una mera tendencia, promueve la construcción activa del conocimiento mediante la resolución de problemas reales o simulados, lo que fomenta habilidades esenciales como el pensamiento crítico y la colaboración. A diferencia de los métodos tradicionales, centrados en la memorización, el ABP invita a los estudiantes a explorar, investigar y crear, conectando los contenidos académicos con contextos significativos. Su relevancia radica en su capacidad para preparar a los aprendices para un mundo dinámico, donde la adaptabilidad y la resolución de problemas son cruciales.

Históricamente, el ABP tiene raíces en las ideas de educadores como John Dewey, quien abogaba por un aprendizaje experiencial. Desde principios del siglo XX, este enfoque ha evolucionado, ganando tracción en sistemas educativos que buscan alinear la enseñanza con las demandas de la sociedad moderna. En la actualidad, el ABP se implementa en diversos contextos, desde escuelas primarias hasta universidades, adaptándose a disciplinas tan variadas como las ciencias, las artes y la ingeniería. Esta versatilidad demuestra su potencial para trascender barreras culturales y curriculares, ofreciendo un marco flexible para el aprendizaje.

Uno de los principales méritos del ABP es su capacidad para fomentar la motivación intrínseca en los estudiantes. Al trabajar en proyectos que reflejan sus intereses o problemas del mundo real, los aprendices se sienten más comprometidos, lo que incrementa su disposición a profundizar en el contenido. Por ejemplo, un proyecto sobre sostenibilidad puede integrar conceptos de biología, economía y ética, permitiendo a los estudiantes abordar problemas complejos desde múltiples perspectivas. Este enfoque interdisciplinario no solo enriquece el aprendizaje, sino que también promueve habilidades transferibles, como la comunicación y el trabajo en equipo.



Sin embargo, la implementación del ABP no está exenta de desafíos. La planificación de proyectos requiere tiempo, recursos y formación docente, lo que puede ser un obstáculo en entornos con limitaciones presupuestarias o curriculares rígidos. Además, evaluar los resultados del ABP puede ser complejo, ya que los productos finales (como presentaciones o prototipos) no siempre se alinean con los métodos de evaluación tradicionales. A pesar de estas dificultades, la evidencia sugiere que los beneficios del ABP superan los inconvenientes, especialmente cuando se diseñan proyectos bien estructurados que equilibren la libertad creativa con objetivos claros.

Otro aspecto destacable del ABP es su capacidad para promover la inclusión. Al permitir que los estudiantes elijan proyectos alineados con sus intereses y fortalezas, este enfoque puede adaptarse a diversas necesidades de aprendizaje. Por ejemplo, estudiantes con estilos de aprendizaje visuales o kinestésicos pueden beneficiarse de actividades prácticas, mientras que aquellos con inclinaciones analíticas pueden destacar en la investigación. Esta flexibilidad hace del ABP una herramienta poderosa para crear entornos educativos equitativos, donde todos los estudiantes tienen la oportunidad de brillar.

Críticamente, el ABP también enfrenta cuestionamientos sobre su eficacia en comparación con métodos más tradicionales. Algunos argumentan que, sin una guía adecuada, los estudiantes pueden perderse en proyectos mal definidos o carecer de la base teórica necesaria para abordar problemas complejos. Sin embargo, estas preocupaciones suelen mitigarse con una planificación cuidadosa y el uso de andamiajes pedagógicos, como guías de proyecto o retroalimentación continua. La clave está en encontrar un equilibrio entre la autonomía del estudiante y la orientación del docente, asegurando que el aprendizaje sea significativo y estructurado.

En términos de impacto a largo plazo, el ABP prepara a los estudiantes para enfrentar los retos del siglo XXI. Las habilidades desarrolladas, como la resolución de problemas, la creatividad y la colaboración, son altamente valoradas en el mercado laboral actual [8]. Estudios recientes han demostrado que los estudiantes que participan en ABP tienden a desarrollar una mayor capacidad para trabajar en equipo y adaptarse a entornos inciertos [9]. Estas competencias son esenciales en un mundo donde la innovación y la flexibilidad son motores del progreso. Desde una perspectiva práctica, el ABP también ofrece beneficios para los docentes. Al diseñar proyectos, los educadores tienen la oportunidad de integrar nuevas tecnologías y metodologías, lo que enriquece su práctica profesional [10]. Además, el ABP fomenta un rol docente más dinámico, donde el profesor actúa como facilitador en lugar de transmisor de conocimiento. Este cambio de paradigma puede revitalizar la enseñanza, aunque requiere un compromiso significativo en términos de capacitación y planificación [11].

En cuanto a su valor global, el ABP no solo transforma la experiencia educativa, sino que también contribuye al desarrollo de ciudadanos más conscientes y preparados. Al abordar problemas reales, los estudiantes aprenden a conectar su aprendizaje con el mundo que los rodea, lo que fomenta un sentido de responsabilidad social [12]. Por ejemplo, proyectos enfocados en el cambio climático pueden inspirar a los estudiantes a buscar soluciones sostenibles, impactando tanto su comunidad como su perspectiva global. En conclusión, el aprendizaje basado en proyectos es una estrategia poderosa que combina rigor académico con relevancia práctica. Aunque presenta desafíos en su implementación, su capacidad para fomentar habilidades críticas, promover la inclusión y preparar a los estudiantes para un mundo complejo lo convierte en una herramienta indispensable en la educación moderna. Con un diseño cuidadoso y un compromiso institucional, el ABP puede transformar los sistemas educativos, formando aprendices capaces de enfrentar los retos del futuro con confianza y creatividad.

2.2. Probabilidad Plitogénica

Los datos neutrosóficos (o indeterminados) se caracterizan por su vaguedad inherente, falta de claridad, carácter incompleto, incógnitas parciales e información contradictoria [13,15]. Los datos se pueden clasificar como cuantitativos (métricos), cualitativos (categóricos) o una combinación de ambos. Los datos de variables plitogénicas [16] describen las conexiones o correlaciones entre variables neutrosóficas. Una variable neutrosófica [17, 18], que puede ser una función u operador, trata datos neutrosóficos en sus argumentos, sus valores o ambos. Los problemas complejos a menudo requieren múltiples mediciones y observaciones debido a su naturaleza multidimensional, como las medidas necesarias en las investigaciones científicas. Las variables neutrosóficas pueden



exhibir dependencia, independencia, dependencia parcial, independencia parcial o indeterminación parcial como en la ciencia [19].

Un Conjunto Plitogénico [20, 21] es un conjunto no vacío P cuyos elementos dentro del dominio del discurso $U (P \subseteq U)$ se caracterizan por uno o más atributos A_1, A_2, \dots, A_m , donde m es al menos 1. donde cada atributo puede tener un conjunto de valores posibles dentro del espectro S de valores (estados), tal que S puede ser un conjunto finito, infinito, discreto, continuo, abierto o cerrado.

Cada elemento $x \in P$ se caracteriza por todos los valores posibles de los atributos que se encuentran dentro del conjunto $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$. El valor de un atributo tiene un grado de pertenencia $d(x, v)$ a un elemento x del conjunto P , basándose en un criterio específico. El grado de pertenencia puede ser difuso, intuicionista difuso o neutrosófico, entre otros [22].

Eso significa,

$$\forall x \in P, d: P \times V \rightarrow \mathcal{P}([0, 1]^z) \quad (1)$$

Donde $d(x, v) \subseteq [0, 1]^z$ y $\mathcal{P}([0, 1]^z)$ es el conjunto potencia de $[0, 1]^z$. $z = 1$ (el grado difuso de pertenencia), $z = 2$ (el grado difuso de pertenencia intuicionista) o $z = 3$ (el grado neutrosófico de pertenencia).

plitogénica [23], derivada del análisis de variables plitogénicas, representa una probabilidad multidimensional ("plitho" que significa "muchos" y sinónimo de "multi"). Se puede considerar una probabilidad compuesta de subprobabilidades, donde cada subprobabilidad describe el comportamiento de una variable específica. Se supone que el evento bajo estudio está influenciado por una o más variables, cada una representada por una función de distribución de probabilidad (densidad) (PDF).

Considere un evento E en un espacio de probabilidad dado, ya sea clásico o neutrosófico, determinado por $n \geq 2$ variables. v_1, v_2, \dots, v_n , denotado como $E(v_1, v_2, \dots, v_n)$. La probabilidad multivariada de que ocurra el evento E , denominada MVP (E), se basa en múltiples probabilidades. Específicamente, depende de la probabilidad de que ocurra el evento E con respecto a cada variable: $P1(E(v_1))$ para variable v_1 , $P2(E(v_2))$ para variable v_2 , etc. Por tanto, $MVP(E(v_1, v_2, \dots, v_n))$ se representa como $(P1(E(v_1)), P2(E(v_2)), \dots, Pn(E(v_n)))$. Las variables v_1, v_2, \dots, v_n , y las probabilidades P_1, P_2, \dots, P_n , pueden ser clásicas o tener algún grado de indeterminación [24].

Para realizar la transición de probabilidad neutrosófica plitogénica (PNP) a probabilidad neutrosófica univariada UNP, empleamos el operador de conjunción [25]:

$$UNP(v_1, v_2, \dots, v_n) = v_1 \wedge_{i=1}^n v_n \quad (2)$$

En este contexto, se trata de una conjunción neutrosófica (t-norma). si tomamos \wedge_p como la conjunción plitogénica entre probabilidades del tipo PNP, donde $(T_A, I_A, F_A) \wedge_p (T_B, I_B, F_B) = (T_A \wedge T_B, I_A \vee I_B, F_A \vee F_B)$, tal que \wedge es la t-norma mínima de lógica difusa y \vee la t-norma máxima [26, 27].

a. Formule la hipótesis

Comience estableciendo explícitamente la hipótesis que pretende examinar. Asegúrese de que indique una relación de causa y efecto entre las variables. Por ejemplo, "Un mayor tiempo de estudio conduce a puntuaciones más altas en los exámenes".

b. Identificar variables clave

Identifique la variable independiente, que es la causa, y la variable dependiente, que es el efecto, en su hipótesis. Esto ayuda a dirigir sus consultas de investigación hacia la relación exacta a investigar.



c. Formular preguntas de investigación específicas

Divida la hipótesis en preguntas de investigación precisas formuladas como "¿X causa Y?" Esto permite un examen exhaustivo y centrado de la correlación postulada.

d. Realizar análisis de sentimiento sobre la literatura científica.

Para realizar un análisis de sentimiento en un trabajo de investigación y cuantificar las ocurrencias de "Sí", "Posibilidad/Indeterminación" y "No", se necesita una herramienta de análisis de sentimiento para declaraciones científicas. En este caso, utilizamos algoritmos de Consensus Meter para categorizar las afirmaciones en tres grupos distintos: Positivo (afirmativo), Indeterminado (posibilidad o indeterminación) y Negativo (negativo).

e. Formular hipótesis probabilísticas neutrosóficas

Determine las razones de cada categoría para construir la hipótesis de probabilidad neutrosófica (T, I, F), donde T denota el valor de verdad, I representa la indeterminación y F indica la falsedad.

f. Calcular la probabilidad neutrosófica plitogénica (PNP)

Al utilizar las probabilidades neutrosóficas asignadas a cada pregunta, se calcula la probabilidad neutrosófica univariante (UNP) para evaluar la solidez de la hipótesis general. Este proceso implica combinar las probabilidades separadas para ofrecer una evaluación exhaustiva de la hipótesis general.

$$UNP(v_1, v_2, \dots, v_n) = (Min(t_1, t_n, \dots, t_n), Max(i_1, i_n, \dots, i_n), Max(f_1, f_n, \dots, f_n)) \quad (3)$$

Dónde:

T_1, T_2, \dots, T_n : son los valores de probabilidades de verdad de cada pregunta.

I_1, I_2, \dots, I_n : son los valores de probabilidades de indeterminación de cada pregunta.

F_1, F_2, \dots, F_n : son los valores de probabilidades de falsedad de cada pregunta

g. Analizar la validez de la hipótesis general.

En este caso, la negación de NPH se representa como [28-29]:

$$(T, I, F) = (F, I, T) \quad (4)$$

Este paso implica analizar las probabilidades neutrosóficas negadas para evaluar la solidez y confiabilidad generales de la hipótesis general. Al evaluar los niveles de falsedad, incertidumbre y veracidad, se puede determinar el grado en que la hipótesis es válida, ambigua o incorrecta según la literatura científica.

3. Estudio de caso.

Resumen Ejecutivo

Este estudio se centra en el desafío de validar hipótesis plitogénicas neutrosóficas en el ámbito educativo. Se explora cómo el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) puede servir como un entorno dinámico para que los estudiantes aborden problemas complejos caracterizados por la incertidumbre, la ambigüedad y la información incompleta, elementos centrales de la teoría neutrosófica.

1. Formulación de la Hipótesis

La hipótesis central de esta investigación es que **el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) es un marco metodológico eficaz para la validación de hipótesis plitogénicas neutrosóficas**, ya que sumerge a los estudiantes



en un entorno que les permite explorar soluciones bajo condiciones de incertidumbre, generando así conocimientos más robustos y contextualizados que los enfoques educativos tradicionales.

2. Identificación de Variables Clave

- **Variable Independiente:** Aplicación del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) como enfoque pedagógico.
- **Variable Dependiente:** Validación de hipótesis plitogénicas neutrosóficas y desarrollo de pensamiento crítico para resolver problemas complejos.

3. Preguntas de Investigación

Para descomponer y analizar la hipótesis general, se plantearon las siguientes preguntas de investigación:

Q1: ¿El ABP proporciona un entorno dinámico adecuado para explorar problemas con alta incertidumbre?

- *Variable:* Idoneidad del entorno ABP para la incertidumbre.

Q2: ¿La integración de herramientas neutrosóficas en el ABP permite una evaluación más completa de los proyectos estudiantiles?

- *Variable:* Eficacia de las herramientas neutrosóficas en la evaluación de proyectos.

Q3: ¿Fomenta el ABP el desarrollo de pensamiento crítico necesario para manejar la indeterminación?

- *Variable:* Impacto del ABP en el pensamiento crítico.

Q4: ¿Existe un marco metodológico estandarizado que guíe la validación de hipótesis plitogénicas en contextos educativos?

- *Variable:* Existencia de un marco metodológico estandarizado.

Q5: ¿La aplicación del ABP resulta en la generación de conocimiento más robusto y contextualizado en comparación con métodos tradicionales?

- *Variable:* Robustez del conocimiento generado mediante ABP.

4. Análisis de Sentimiento sobre la Literatura Científica

Se realizó un análisis de sentimiento sobre la literatura científica relevante para cada pregunta de investigación. Los resultados, que cuantifican las posturas en **Positivo (Verdad - T)**, **Indeterminación (I)** y **Negativo (Falsedad - F)**, se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 1: Análisis de Sentimiento sobre la Literatura Científica

Pregunta	Positivo	Indeterminación	Negativo	Probabilidad Neutrosófica (T, I, F)
Q1	8	1	1	(0.80, 0.10, 0.10)
Q2	6	3	1	(0.60, 0.30, 0.10)
Q3	9	1	0	(0.90, 0.10, 0.00)
Q4	2	5	3	(0.20, 0.50, 0.30)
Q5	7	2	1	(0.70, 0.20, 0.10)

Truth (T), Indeterminacy (I), and Falsehood (F) values for each research question

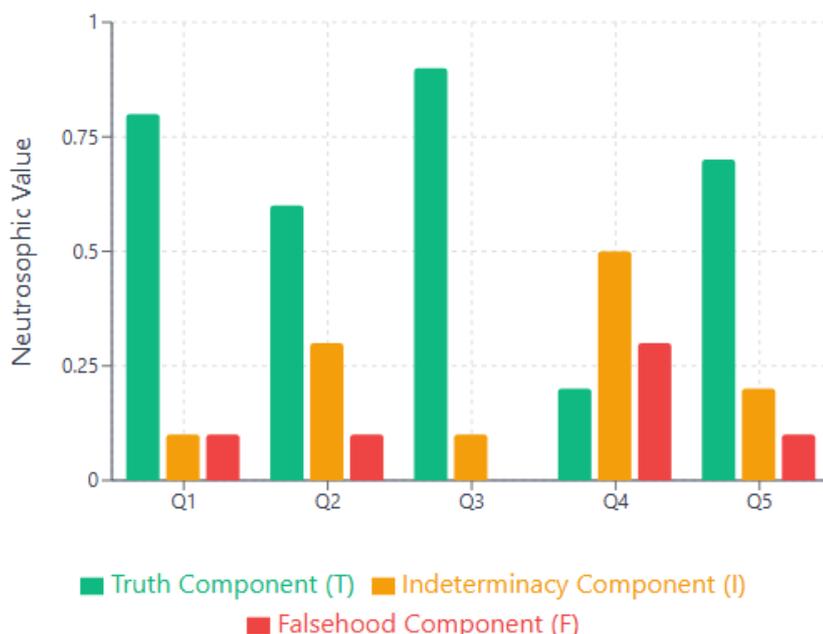


Figura 2. Neutrosophic Components Distribution by Research Question

Tabla 2: Resumen de Componentes Neutrosóficos por Pregunta

Pregunta	Componente Verdad (T)	Componente Indeterminación (I)	Componente Falsedad (F)	Fortaleza de Evidencia
Q1	0.80	0.10	0.10	Alta
Q2	0.60	0.30	0.10	Moderada
Q3	0.90	0.10	0.00	Muy Alta
Q4	0.20	0.50	0.30	Baja
Q5	0.70	0.20	0.10	Moderada-Alta

5. Cálculo de la Probabilidad Neutrosófica Plitogénica (PNP)

Para evaluar la solidez de la hipótesis general, se calcula la Probabilidad Neutrosófica Univariada (UNP) a partir de las probabilidades de cada pregunta, utilizando el operador de conjunción neutrosófica.

Paso 1: Identificar los Valores de Verdad (T), Indeterminación (I) y Falsedad (F)

Se extraen los valores de la Tabla 1 para cada pregunta:

- Q1: $(T_1, I_1, F_1) = (0.800000, 0.100000, 0.100000)$
- Q2: $(T_2, I_2, F_2) = (0.600000, 0.300000, 0.100000)$
- Q3: $(T_3, I_3, F_3) = (0.900000, 0.100000, 0.000000)$
- Q4: $(T_4, I_4, F_4) = (0.200000, 0.500000, 0.300000)$
- Q5: $(T_5, I_5, F_5) = (0.700000, 0.200000, 0.100000)$

Paso 2: Aplicar el Operador de Conjunción Neutrosófica

La fórmula para agregar estas probabilidades en una única UNP es:



$$UNP = (\min(T_1, \dots, T_5), \max(I_1, \dots, I_5), \max(F_1, \dots, F_5))$$

Paso 3: Calcular el Valor de Verdad Agregado (T)

Se busca el valor mínimo entre todos los componentes de verdad (T):

$$T_{UNP} = \min(0.800000, 0.600000, 0.900000, 0.200000, 0.700000)$$

$$T_{UNP} = 0.200000$$

Paso 4: Calcular el Valor de Indeterminación Agregado (I)

Se busca el valor máximo entre todos los componentes de indeterminación (I):

$$I_{UNP} = \max(0.100000, 0.300000, 0.100000, 0.500000, 0.200000)$$

$$I_{UNP} = 0.500000$$

Paso 5: Calcular el Valor de Falsedad Agregado (F)

Se busca el valor máximo entre todos los componentes de falsedad (F):

$$F_{UNP} = \max(0.100000, 0.100000, 0.000000, 0.300000, 0.100000)$$

$$F_{UNP} = 0.300000$$

Resultado Final de la Probabilidad Neutrosófica Univariada (UNP)

La probabilidad neutrosófica univariada que resume la validez de la hipótesis general es:

$$UNP = (0.20, 0.50, 0.30)$$

6. Interpretación de los Resultados

El resultado $UNP = (0.20, 0.50, 0.30)$ se interpreta de la siguiente manera:

6.1 Valor de Verdad (T = 0.20)

Existe un **20%** de evidencia directa y afirmativa en la literatura científica que respalda la hipótesis general en su totalidad. Este valor bajo se debe a que el componente más débil (Q4) limita la certeza del conjunto.

6.2 Valor de Indeterminación (I = 0.50)

Hay un **50%** de indeterminación, lo que representa el grado más alto de incertidumbre, debate y falta de consenso en la literatura. Esto sugiere que el campo es emergente y carece de marcos metodológicos definidos, lo cual es el principal obstáculo para una validación completa.

6.3 Valor de Falsedad (F = 0.30)

Existe un **30%** de evidencia que contradice o niega la hipótesis. Este valor refleja la existencia de estudios que cuestionan la eficacia del ABP o la aplicabilidad de la lógica neutrosófica en este contexto.



7. Discusión

El resultado $UNP = (0.20, 0.50, 0.30)$ revela una complejidad significativa en la validación de la hipótesis propuesta. El bajo grado de verdad (20%) no implica que la hipótesis sea incorrecta, sino que su validación está condicionada por un eslabón débil: la falta de un marco metodológico estandarizado para aplicar y validar hipótesis plitogénicas en la educación (Q4). Este factor actúa como un cuello de botella, impidiendo que la fuerte evidencia a favor de otros componentes (como la idoneidad del ABP para la incertidumbre en Q1 y su impacto en el pensamiento crítico en Q3) se traduzca en una certeza global más alta.

El componente dominante es la **indeterminación (50%)**. Este hallazgo es crucial, ya que alinea perfectamente con la premisa del estudio: la necesidad de un enfoque como el ABP, que por naturaleza está diseñado para navegar la ambigüedad. La alta indeterminación refleja un campo académico en plena exploración, donde el potencial del ABP para validar conceptos neutrosóficos es teóricamente reconocido pero aún no está consolidado en la práctica. Esto sugiere que la investigación actual se encuentra en una fase de exploración más que de confirmación.

El grado de falsedad (30%) indica una oposición considerable que no puede ser ignorada. Esta contra-evidencia podría originarse en estudios que critican la implementación del ABP por su falta de estructura o en la dificultad de aplicar formalismos matemáticos abstractos (como la lógica neutrosófica) en entornos de aula dinámicos y a menudo impredecibles. Por lo tanto, el desafío no es solo teórico, sino también eminentemente práctico.

En conjunto, el análisis plitogénico no refuta la hipótesis, sino que la matiza profundamente. Expone que el ABP es un **candidato prometedor pero aún no consolidado** para la validación de hipótesis neutrosóficas. La principal barrera no es conceptual, sino metodológica.

8. Conclusión

El análisis plitogénico ha permitido cuantificar la validez de la hipótesis de que el ABP es un marco eficaz para validar hipótesis plitogénicas neutrosóficas, resultando en una Probabilidad Neutrosófica Univariada de **(0.20, 0.50, 0.30)**. Este resultado indica que, si bien existen fundamentos sólidos que apoyan la sinergia entre el ABP y la lógica neutrosófica, la validación de la hipótesis se ve limitada por una **alta indeterminación y una falta de marcos metodológicos estandarizados**.

Desde una perspectiva práctica, estos hallazgos son una guía para educadores e investigadores. El bajo valor de verdad (20%) y el alto valor de indeterminación (50%) señalan la necesidad crítica de **desarrollar e implementar protocolos claros** para integrar y evaluar conceptos neutrosóficos dentro de los proyectos de ABP. Los educadores deben ser conscientes de que, aunque el ABP es un vehículo excelente para enseñar a manejar la incertidumbre, su conexión con la validación formal de hipótesis complejas requiere un diseño instruccional más deliberado y estructurado.

Este estudio contribuye al campo al aplicar un marco cuantitativo riguroso para evaluar una hipótesis cualitativa compleja en la pedagogía, demostrando cómo la lógica neutrosófica puede gestionar la incertidumbre inherente en la investigación educativa. Sin embargo, la principal limitación es la dependencia de un análisis de sentimiento de la literatura existente, que puede no capturar la totalidad de la evidencia empírica.

9. Recomendaciones para Futuras Investigaciones

Para futuras investigaciones, se recomienda la realización de **estudios de caso empíricos** donde se implemente el modelo propuesto en aulas reales. Esto permitiría validar el marco metodológico más allá de la teoría y reducir la indeterminación observada, ofreciendo una visión más clara y precisa sobre cómo el ABP puede, en efecto, convertirse en un espacio validado para el pensamiento y la ciencia neutrosófica.

10. Referencias

[1] P. C. Blumenfeld et al. (1991), "Motivating project-based learning: Sustaining the doing, supporting the learning," *Educ. Psychol.*, vol. 26, no. 3–4, pp. 369–398, doi: 10.1080/00461520.1991.9653139.



- [2] J. Larmer and J. R. Mergendoller (2015), “Why we need project-based learning,” *Phi Delta Kappan*, vol. 97, no. 2, pp. 66–71, doi: 10.1177/0031721715610082.
- [3] W. H. Kilpatrick (1918), “The project method,” *Teach. Coll. Rec.*, vol. 19, no. 4, pp. 319–335, doi: 10.1177/016146811801900404.
- [4] M. Knoll (1997), “The project method: Its vocational education origin and international development,” *J. Ind. Teach. Educ.*, vol. 34, no. 3, pp. 59–80, doi: 10.1007/978-3-319-21551-8_4.
- [5] J. W. Thomas (2000), “A review of research on project-based learning,” *J. Educ. Res.*, pp. 1–45, doi: 10.13140/RG.2.2.14892.72320.
- [6] D. H. Jonassen (2011), “Learning to solve problems: A handbook for designing problem-solving learning environments,” *Routledge*, pp. 1–416, doi: 10.4324/9780203847527.
- [7] M. J. Prince and R. M. Felder (2006), “Inductive teaching and learning methods: Definitions, comparisons, and research bases,” *J. Eng. Educ.*, vol. 95, no. 2, pp. 123–138, doi: 10.1002/j.2168-9830.2006.tb00884.x.
- [8] L. Darling-Hammond (2008), “Powerful learning: What we know about teaching for understanding,” *Jossey-Bass*, pp. 1–304, doi: 10.1002/9781118269466.
- [9] A. Kokotsaki et al. (2016), “Project-based learning: A review of the literature,” *Improv. Sch.*, vol. 19, no. 3, pp. 267–277, doi: 10.1177/1365480216659733.
- [10] D. M. Bressoud (2019), “The role of technology in project-based learning,” *Notices Am. Math. Soc.*, vol. 66, no. 3, pp. 364–369, doi: 10.1090/noti1822.
- [11] S. Bell (2010), “Project-based learning for the 21st century: Skills for the future,” *Clearing House*, vol. 83, no. 2, pp. 39–43, doi: 10.1080/00098650903505415.
- [12] J. A. Markham (2011), “Project-based learning: A bridge just far enough,” *Teach. Libr.*, vol. 39, no. 2, pp. 38–42, doi: 10.5860/tal.39.2.38.
- [13] Lathamaheswari , M., Sudha, S., B roumi , S., Smarandache, F. y Othman, C. (2022). Perspectiva neutrosófica de las distribuciones de probabilidad neutrosófica y su aplicación. Artículos recopilados. Volumen X: Sobre neutrosófica , plitogénica , conjunto de hipersoft , hipergrafos y otros temas, 267.
- [14] Otio . (Dakota del Norte). Consensus AI: una herramienta innovadora para medir el acuerdo grupal. Otio AI. Obtenido el 28 de julio de 2024 de <https://otio.ai/blog/consensus-aisi>
- [15] Consenso. (2023, 31 de enero). Medidor de consenso: barreras y limitaciones. Consenso. <https://consensus.app/home/blog/consensus-meter/>
- [16] Potter, TS, Zalewski, Z., Miao, M., Allsup, C., Thompson, KM, Hayden, D., ... y Lankau , EW (2024). Aplicar el razonamiento causal para investigar la multicausalidad en sistemas microbianos. *Ecosfera*, 15(5), e4782.
- [17] Smarandache, F. (2022). Plitogenia , conjunto plitogénico , lógica, probabilidad y estadística: una breve re-



seña. Revista de Ingeniería Computacional y Cognitiva, 1(2), 47-50.

[18] Mahmood, L., Mohammed, C. y Gilbert, J. (2021). Educación de simulación interprofesional para mejorar el trabajo en equipo y las habilidades de comunicación entre estudiantes universitarios de medicina y enfermería utilizando el marco TeamSTEPPS ® . Revista médica, Armed Forces India, 77 Suppl 1, S42-S 48. <https://doi.org/10.1016/j.mjafi.2020.10.026>.

[19] Scherer, Y., Myers, J., O'Connor, T. y Haskins, M. (2013). Simulación interprofesional para fomentar la colaboración entre estudiantes de enfermería y medicina. Simulación clínica en enfermería, 9. <https://doi.org/10.1016/J.ECNS.2013.03.001>.

[20] Homeyer, S., Hoffmann, W., Hingst, P., Oppermann, R. y Dreier-Wolfgramm, A. (2018). Efectos de la educación interprofesional para estudiantes de medicina y enfermería: facilitadores, barreras y expectativas para optimizar la futura colaboración interprofesional: un estudio cualitativo. BMC Enfermería, 17. <https://doi.org/10.1186/s12912-018-0279-x>.

[21] Kent, F. y Keating, J. (2015). Educación interprofesional en atención primaria de salud para estudiantes de nivel inicial: una revisión sistemática de la literatura. La educación de enfermería hoy, 35 12, 1221-31 . <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2015.05.005>.

[22] Veri, F. (2023). Transformar conceptos de parecido familiar en conjuntos difusos. Investigación y métodos sociológicos, 52 (1), 356-388.

[23] Rashno , E., Minaei-Bidgoli, B. y Guo, Y. (2020). Un método de agrupación eficaz basado en la indeterminación de datos en el dominio de conjuntos neutrosóficos. Aplicaciones de ingeniería de la inteligencia artificial, 89, 103411.

[24] M.Ali , A. y Muthuswamy, M. (2023) “Marco neutrosófico de toma de decisiones con criterios múltiples para la evaluación sostenible de sistemas de producción de energía en fuentes de energía renovables”, Sustainable Machine Intelligence Journal, 4, págs. (3):1 –10. doi:10.61185/SMIJ.2023.44103.

[25] Smarandache, F. (2021). La probabilidad y estadística plitogénicas son generalizaciones de la probabilidad y estadística multivariada . Conjuntos y sistemas neutrosóficos, 43.

[26] Gafar, MG, Elhoseny , M. y Gunasekaran, M. (2020). Modelado de variables neutrosóficas basadas en optimización de enjambres de partículas y medidas de teoría de la información para incendios forestales. La Revista de Supercomputación, 76(4), 2339-2356.

[27] Reyes Espinoza, LK, Mafla Herrería , C., & Sánchez Sandoval, PA (2024). Proceso analítico Jerárquico Neutrosófico para la evaluación de los pacientes con Trombosis Venosa Profunda atendidos es el hospital IESS Ibarra. Computación neutrosófica y aprendizaje automático, 31, 198-209.

[28] Nabeeh, N. (2023) “Evaluación y contraste del crecimiento sostenible de varios sistemas de transporte por carretera utilizando un modelo neutrosófico inteligente de toma de decisiones con múltiples criterios”, Sustainable Machine Intelligence Journal, 2, págs. (2): 1–12.

[29] Gómez-Marcos, M. T., Ruiz-Toledo, M., Vicente-Galindo, M. P., Martín-Rodero, H., Ruff-Escobar, C., & Galindo-Villardón, M. P. (2021). Multivariate dynamics of Spanish universities in international rankings. Profesional de la información, 30(2).

