

Predicción de redes de delincuencia organizada en Ecuador mediante sistema experto con lógica plitogénica neutrosófica

Prediction of Organized Crime Networks in Ecuador Using an Expert System with Neutrosophic Plithogenic Logic

Noel Batista Hernandez¹, Lissette Amelia Alvarado Ajila¹, Lia Margarita de Mora Campi²,
Alexander Vicente Espinales Vera³

¹Universidad Bolivariana del Ecuador

²Universidad Técnica de Babahoyo

³Universidad Católica Santiago de Guayaquil

KEYWORDS

Plithogenic Logic
Plithogenic Set
Expert System
Decision Making
Prediction.

ABSTRACT

One of the biggest problems in today's world is violence. Latin America is one of the continents with the highest prevalence of this scourge worldwide. Ecuador is a country where criminal violence has seen a worrying upsurge. Among the manifestations of violence and crime in the country are organized crime networks, primarily linked to drug trafficking. The causes of this problem in Ecuador are multiple, such as poverty, social exclusion, and state neglect of aid to the country's most vulnerable sectors. There are also criminal networks that impose certain vulnerable segments of the population to commit crimes. This paper proposes a logical-mathematical model to be used for the prediction and study of organized crime networks. Specifically, it uses plithogenic logic, which extends fuzzy, intuitionistic fuzzy, and neutrosophic logic to a multidimensional context. This tool allows for the more reliable study of real-life phenomena, as it captures ambiguity, indeterminacy, contradiction, and multidimensionality. This tool, combined with an expert system, will allow patterns to be extracted and rules from specific situations for the analysis of potential organized criminal networks.

PALABRAS CLAVE

Lógica Plitogénica
Conjunto Plitogénico
Sistema Experto
Toma de Decisiones
Predicción.

RESUMEN

Uno de los mayores problemas que existe en el mundo actual es la violencia. América Latina es uno de los continentes con mayor presencia de este flagelo a nivel mundial. Ecuador es un país donde la violencia delictiva ha tenido un repunte preocupante. Entre las manifestaciones de violencia y criminalidad en el país se encuentran redes de delincuencia organizada, vinculadas al narcotráfico principalmente. Las causas de este problema en el Ecuador son múltiples, como la pobreza, la exclusión social, el abandono estatal para la ayuda a los sectores más vulnerables del país. También existen redes de delincuencias que imponen a ciertos sectores de la población vulnerables a delinquir. Este artículo propone un modelo lógico-matemático que se utilizará para la predicción y el estudio de las redes de delincuencia organizada. Específicamente se utiliza la lógica plitogénica, que extiende la lógica difusa, intuicionista difusa y neutrosófica a un contexto de multidimensionalidad. Esta herramienta permite el estudio de fenómenos reales de una manera más fidedigna, puesto que captura la ambigüedad, la indeterminación, la contradicción y la multidimensionalidad. Esta herramienta se combina con un sistema experto, lo cual permitirá extraer patrones de situaciones específicas y reglas para el análisis de posibles redes delictivas organizadas.

RECIBIDO: 20/03/2026
ACEPTADO: 11/06/2026

Cómo citar este artículo / Referencia normalizada: (Norma APA 7ª)

Batista Hernández, N., Alvarado Alija, L.A., de Mora Campi, L.M., Espinales Vera, A.V. (2026) Predicción de redes de delincuencia organizada en Ecuador mediante sistema experto con lógica plitogénica neutrosófica. *Prisma Social revista de ciencias sociales*, 54, 309-323. <https://doi.org/10.65598/rps.6248>

1. Introducción

La violencia es un fenómeno complejo y multifacético que afecta a todos los rincones del planeta, aunque con intensidades y causas distintas según la región (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2021). La violencia global adopta muchas formas: conflictos armados, terrorismo, violencia doméstica, crimen organizado, y violencia estructural, como la pobreza extrema y la exclusión social (Krug et al., 2002).

Latinoamérica es considerada una de las regiones más violentas del mundo, a pesar de no estar en guerra (Muggah y Tobón, 2018). Las causas son múltiples y se pueden numerar como sigue:

- Narcotráfico y pandillas: El control territorial por parte de grupos criminales genera enfrentamientos constantes.
- Corrupción y debilidad institucional: La impunidad y la falta de confianza en las autoridades agravan el problema.
- Desigualdad social: La pobreza y la exclusión alimentan ciclos de violencia.

Ciudades como Tijuana (México), Bogotá (Colombia) y Guayaquil (Ecuador) registran tasas de homicidio que superan las de países en guerra (InSight Crime, 2023). El crimen organizado ha evolucionado, ahora cuenta con armamento sofisticado, redes internacionales y estructuras similares a ejércitos. En los primeros cinco meses del año, muchas ciudades latinoamericanas ya superaron los homicidios anuales de países enteros (Paucar et al., 2022).

Ecuador atraviesa su momento más oscuro en términos de violencia. En 2025 la tasa de homicidios es de 38 por cada 100 mil habitantes, la más alta de América Latina. Se registra en el país un asesinato cada hora. En los primeros 50 días del año, hubo 1.300 homicidios. Guayaquil es un epicentro; solo en el primer trimestre, esta ciudad acumuló 741 homicidios. Existe violencia infantil; al menos 50 menores murieron en enero, incluyendo bebés, víctimas de balaceras y enfrentamientos entre bandas (INEC, 2025).

La respuesta estatal fue que el gobierno declaró «conflicto armado interno» y desplegó fuerzas militares, pero la violencia sigue escalando (Ministerio del Interior del Ecuador, 2024). La situación en Ecuador refleja una crisis de seguridad sin precedentes, donde el crimen organizado ha superado la capacidad de respuesta del Estado.

Las causas estructurales de la violencia en Ecuador son las siguientes:

- Crimen organizado transnacional: Ecuador se ha convertido en un punto estratégico para el narcotráfico internacional, debido a su ubicación geográfica y puertos clave como el de Guayaquil.
- Bandas locales se han vinculado con carteles mexicanos y colombianos.
- Desigualdad y pobreza: La falta de oportunidades económicas ha empujado a jóvenes a integrarse en redes criminales.
- El abandono estatal en zonas marginales ha creado vacíos que son ocupados por mafias.
- Corrupción institucional: La infiltración del crimen organizado en instituciones públicas, incluyendo el sistema judicial y penitenciario, ha debilitado la capacidad del Estado para responder. Las cárceles se han convertido en centros de operación de bandas, con frecuentes motines y fugas.
- Debilidad del sistema educativo y social: La falta de políticas públicas sostenidas para educación, salud mental y empleo juvenil ha dejado a generaciones vulnerables al reclutamiento criminal.

Existen herramientas de inteligencia artificial (IA) que ya están siendo utilizadas para predecir, prevenir y combatir la violencia en distintas formas (Perry et al., 2013; Rudinac et al., 2022).

Aunque aún están en desarrollo y enfrentan desafíos éticos y técnicos, su aplicación está creciendo rápidamente en todo el mundo (Brayne, 2017). Algunas de ellas son las siguientes:

- **Detección temprana:** Algoritmos de IA analizan grandes volúmenes de datos (como llamadas al 911, redes sociales o historiales judiciales) para identificar patrones de riesgo. Por ejemplo, en México, la UNODC usa IA para analizar transcripciones de llamadas de emergencia y detectar casos de violencia contra mujeres que no fueron correctamente clasificados.
- **Asistencia a víctimas:** Chatbots como Sara (de Naciones Unidas) y Sof+IA (Chile) ofrecen apoyo emocional, asesoría legal y recomendaciones de autocuidado digital a víctimas de violencia de género o acoso en línea. Estas herramientas permiten que las víctimas reciban ayuda inmediata, incluso en contextos donde el acceso a servicios es limitado.
- **Análisis forense digital:** La IA puede analizar imágenes, audios y videos para identificar evidencias en casos de violencia, fortaleciendo los procesos judiciales.

En este artículo específicamente se diseña un modelo que se basa en la plitogenia para llevar a cabo la investigación sobre violencia (Atanassov y Gargov, 1998; Smarandache, 2022). La plitogenia es el proceso de creación y evolución de nuevas entidades a partir de la fusión dinámica de entidades múltiples, que pueden ser contradictorias, neutrales o no contradictorias (Smarandache, 2022). Es una filosofía que busca representar la complejidad del mundo real más allá de los modelos binarios o lineales (Smarandache, 2024). Debido a que la violencia debe estudiarse desde perspectivas múltiples y de causas de diferente naturaleza, se propone en este artículo un modelo plitogénico para el estudio y prevención de la violencia en Ecuador.

La plitogenia se utiliza en este artículo para el análisis y prevención de la violencia en Ecuador. Los conjuntos plitogénicos son una extensión avanzada de los conjuntos clásicos, difusos, intuicionistas difusos y neutrosóficos (Atanassov y Gargov, 2017). Fueron introducidos por el científico Florentin Smarandache como parte de la teoría de la plitogenia, que estudia la creación y evolución de entidades complejas a partir de elementos contradictorios, neutrales o no contradictorios (Smarandache, 2021).

Un conjunto plitogénico es una estructura matemática en la que cada elemento se caracteriza por múltiples atributos, y cada atributo puede tener varios valores (Smarandache, 2024). Cada valor de atributo tiene un grado de pertenencia al conjunto, que puede ser: difuso (como en los conjuntos borrosos), intuicionista difuso (como en los conjuntos intuicionistas difusos), o neutrosófico (como en los conjuntos neutrosóficos) (Smarandache, 2024).

La lógica plitogénica permite representar la contradicción y la indeterminación propias de fenómenos complejos como el crimen organizado (Martin et al., 2025). Al integrarse con la inteligencia artificial, se potencian modelos capaces de analizar datos jurídicos, financieros y sociales mediante aprendizaje automático, redes neuronales o sistemas expertos. La IA no solo procesa grandes volúmenes de información, sino que, guiada por la lógica plitogénica, identifica patrones indefinidos, relaciones ocultas y escenarios jurídicamente inciertos (Batista-Barallobre, 2025; Chavez et al., 2021).

Esto mejora la predicción del comportamiento de redes criminales, sus jerarquías, vínculos y riesgos de reincidencia (Chainey y Ratcliffe, 2005). Así, se optimizan decisiones judiciales y estrategias de prevención, permitiendo una justicia contextual, predictiva y flexible frente a las dinámicas mutables del crimen organizado transnacional.

Además, F. Smarandache introduce el concepto de grado de contradicción entre los valores de los atributos y el valor dominante (el más importante), lo que permite modelar situaciones con alta complejidad y ambigüedad (Smarandache, 2022). Las operaciones clásicas de conjuntos (unión, intersección, complemento, inclusión, igualdad) se redefinen en el contexto plitogénico. Los conjuntos plitogénicos tienen aplicaciones en campos donde la ambigüedad, la contradicción y la multidimensionalidad son comunes, entre ellos se encuentran: Inteligencia Artificial y Machine

Learning, Toma de decisiones multicriterio, Sistemas expertos, Diagnóstico Médico, Análisis de Riesgo (Campos y Campos, 2023).

En el modelo propuesto se utiliza la técnica de sistema experto combinada con lógica plitogénica para identificar situaciones de riesgo de formación de redes de delincuencia organizada. Un sistema experto es un programa informático diseñado para simular el razonamiento y la toma de decisiones de un especialista humano en un área específica (García-Benítez y Martínez-Meneses, 2023). Su objetivo es resolver problemas complejos mediante el uso de conocimientos y reglas, tal como lo haría un experto (Chávez et al., 2025).

El presente artículo se divide en una sección de Elementos Teóricos o preliminares, donde se aborda la teoría de la plitogenia y lógica plitogénica. La siguiente sección contiene los detalles del modelo que se diseña. La última sección contiene las conclusiones.

El artículo fundamenta su modelo en dos variables teóricas clave: lógica plitogénica neutrosófica y sistema experto. La lógica plitogénica, derivada de la lógica difusa, intuicionista y neutrosófica, permite representar grados simultáneos de verdad, falsedad e indeterminación ante fenómenos complejos como el crimen organizado (García-Benítez y Martínez-Meneses, 2023). Smarandache et al. (2025) destacan que esta lógica constituye una extensión natural de los sistemas formales previos, ofreciendo mayor capacidad representacional en entornos de alta incertidumbre.

Por su parte, el sistema experto simula el razonamiento humano para inferir patrones de riesgo delictivo. Estas categorías permiten modelar estructuras jerárquicas, vínculos institucionales y condiciones sociales que propician la conformación de redes criminales en Ecuador.

2. Metodología

El estudio se enmarca en una investigación de tipo aplicada, cuantitativa y exploratoria-predictiva, orientada al diseño y validación de un modelo lógico-matemático para la predicción de redes de delincuencia organizada en Ecuador. La población objeto está conformada por redes delictivas estructuradas en el territorio ecuatoriano, mientras que la muestra fue de carácter no probabilístico e intencional, integrada por 16 variables estructurales, funcionales y contextuales evaluadas mediante juicio experto (Campos y Campos, 2023; Batista-Hernández et al., 2025).

Se seleccionaron cinco expertos con experiencia comprobada en criminología, seguridad pública y sistemas inteligentes, bajo el criterio de experticia técnica (autoevaluada $\geq 6/10$) y conocimiento del fenómeno en el contexto latinoamericano.

Como instrumento de recolección se empleó una matriz de evaluación basada en lógica plitogénica neutrosófica, que permitió captar los grados de veracidad, falsedad e indeterminación de cada variable. Estos datos fueron tratados mediante una función de des-neutrosificación que transformó los triples neutrosóficos en puntuaciones escalares, permitiendo aplicar reglas de inferencia dentro del sistema experto diseñado (Giannarou y Zervas, 2020; Mardani et al., 2020).

Formulación de la proposición lógica plitogénica y su clasificación multidimensional

Denótese por P la proposición lógica plitogénica, categorizada por múltiples grados de valores de verdad para múltiples valores de atributo (o variables aleatorias) correspondientes que la caracterizan. Se trata de una lógica multidimensional (Atanassov y Gargov, 2017).

Denótese por $P(V_1, V_2, \dots, V_n)$, $n \geq 1$, tal que $V_1, V_2, \dots, V_n$ son los valores de atributo o variables aleatorias que definen, individualmente en algún grado, el valor de verdad de P .

Estas variables aleatorias pueden ser independientes entre sí o puede existir cierto grado de dependencia entre ellas. El grado de independencia o dependencia entre dos variables

aleatorias se utiliza para definir el operador de conjunción que se utiliza para calcular la verdad acumulativa de la proposición P (Smarandache, 2021).

Las variables aleatorias se pueden clasificar en: clásicas, difusas, intuicionistas difusas, indeterminadas, neutrosóficas, entre otras.

$P(V_1) = t_1$ denota el valor de verdad de P para la variable aleatoria V_1 ,

$P(V_2) = t_2$ denota el valor de verdad de P para la variable aleatoria V_2 ,

$P(V_n) = t_n$ denota el valor de verdad de P para la variable aleatoria V_n .

$V_1, V_2, \dots, V_n$ se asocian con cualquier tipo de distribución de probabilidad: $P(V_1), P(V_2), \dots, P(V_n)$. P se caracteriza por n distribuciones de probabilidad o n subvalores de verdad. El valor de verdad acumulativo de la proposición lógica P se obtiene combinando $P(V_1), P(V_2), \dots$ y $P(V_n)$.

Según los valores tomados por $t_1, t_2, \dots, t_n$, se obtiene el tipo de lógica plitogénica:

Para $t_1, t_2, \dots, t_n \in \{0, 1\}$, donde 0 representa falsedad y 1 representa veracidad, se denomina lógica booleana plitogénica (clásica).

Para $t_1, t_2, \dots, t_n \in [0, 1]$, donde existe i tal que $t_i \in (0, 1)$, se denomina lógica difusa plitogénica, que se divide según la siguiente clasificación:

- a. Lógica difusa plitogénica univaluada, si $t_1, t_2, \dots, t_n$ son números univaluados (nítidos) en $[0, 1]$.
- b. Lógica difusa plitogénica con valores de subconjunto (como la de valores de intervalo, la de valores hesitant, entre otros), cuando $t_1, t_2, \dots, t_n$ son subconjuntos (intervalos, subconjuntos hesitant, entre otros) en $[0, 1]$.

Se trata de una lógica plitogénica intuicionista difusa cuando para todo $j = 1, 2, \dots, n$; $P(V_j) = (t_j, f_j)$, $t_j, f_j \in [0, 1]$, y $t_j + f_j \leq 1$, donde t_j son los grados de verdad y f_j son los grados de falsedad. P se clasifica como:

- c. Lógica plitogénica intuicionista difusa univaluada, si todos los $t_1, t_2, \dots, t_n$ y $f_1, f_2, \dots, f_n$ son números univaluados en $[0, 1]$.
- d. Lógica plitogénica intuicionista difusa con valores de subconjunto, cuando $t_1, t_2, \dots, t_n$ y $f_1, f_2, \dots, f_n$ son subconjuntos en $[0, 1]$.

Si $V_1, V_2, \dots, V_n$ son funciones indeterminadas (neutrosóficas), con argumentos o valores vagos o poco claros, se trata de una lógica plitogénica indeterminada.

Se trata de una lógica plitogénica neutrosófica cuando para todo $j = 1, 2, \dots, n$; $P(V_j) = (t_j, i_j, f_j)$, $t_j, i_j, f_j \in [0, 1]$, de modo que t_j son los grados de verdad, i_j son los grados de indeterminación y f_j son los grados de falsedad. P se clasifica por:

1. Lógica Plitogénica Neutrosófica Univaluada, si todos los valores $t_1, t_2, \dots, t_n$, $i_1, i_2, \dots, i_n$ y $f_1, f_2, \dots, f_n$ son números univaluados en $[0, 1]$.
2. Lógica Plitogénica Neutrosófica Multivaluada, cuando todos los valores $t_1, t_2, \dots, t_n$, $i_1, i_2, \dots, i_n$ y $f_1, f_2, \dots, f_n$ son subconjuntos en $[0, 1]$.

Se denomina Lógica Plitogénica (de otras extensiones difusas) cuando se basa en otra extensión de la lógica difusa, por ejemplo, la lógica difusa Pitagórica, la lógica difusa Picture, la lógica difusa Fermateana, la lógica difusa Esférica, la lógica difusa de «ortopares q-Rung» y la lógica neutrosófica refinada (Smarandache et al., 2025).

Se trata de una lógica plitogénica híbrida cuando $P(V_1), P(V_2), \dots, P(V_n)$ son tipos mixtos de las distribuciones de probabilidad definidas anteriormente (Smarandache, 2022).

Ejemplo 1: Se supone que P es la proposición «Juan ama su ciudad». Se tienen las siguientes variables aleatorias: V_1 : porcentaje bajo/alto de habitantes infectados por el virus COVID-19; V_2 : no violento/violento; V_3 : concurrido/despoblado; V_4 : limpio/sucio; V_5 : tranquilo/ruidoso. Por lo tanto, podemos usar la notación $P(V_1, V_2, \dots, V_n)$. Entonces, usando una lógica plitogénica neutrosófica, tenemos:

$$P(V_1, V_2, \dots, V_n) = ((0.86, 0.12, 0.54), (0.18, 0.44, 0.72), (0.90, 0.05, 0.05), (0.09, 0.14, 0.82), (0.82, 0.09, 0.14)).$$

De esta manera, según el porcentaje de habitantes infectados con el virus COVID-19, John ama su ciudad con un 86% de certeza, un 12% de indeterminación y un 54% de desagrado. Se puede asumir un razonamiento equivalente para las demás variables.

Utilizando el operador conjuntivo neutrosófico mín/máx/máx, obtenemos:

$$(0.86, 0.12, 0.54) \wedge_N (0.18, 0.44, 0.72) \wedge_N (0.90, 0.05, 0.05) \wedge_N (0.09, 0.14, 0.82) \wedge_N (0.82, 0.09, 0.14) = (\min\{0.86, 0.18, 0.90, 0.09, 0.82\}, \max\{0.12, 0.44, 0.05, 0.14, 0.09\}, \max\{0.54, 0.72, 0.05, 0.82, 0.14\}) = (0.09, 0.44, 0.82).$$

Las componentes principales de un sistema experto son las siguientes:

3. Base de conocimientos: Contiene hechos, reglas y heurísticas sobre el dominio (por ejemplo, medicina, criminología, ingeniería).
4. Motor de inferencia: Es el «cerebro» del sistema. Aplica las reglas de la base de conocimientos para deducir conclusiones o tomar decisiones.
5. Interfaz de usuario: Permite que el usuario interactúe con el sistema, introduzca datos y reciba recomendaciones o diagnósticos.
6. Módulo de explicación (opcional): Justifica las decisiones del sistema, explicando cómo llegó a una conclusión.

Formar un sistema experto implica seguir una metodología estructurada que permite capturar el conocimiento de expertos humanos y convertirlo en reglas que una máquina pueda usar para razonar. La metodología para construir un sistema experto se puede resumir en los siguientes puntos:

7. Definición del problema: ¿Qué tipo de decisiones debe tomar el sistema? ¿En qué dominio se aplicará (medicina, criminología, ingeniería, ...)?
8. Adquisición del conocimiento: Entrevistas con expertos humanos; revisión de manuales, bases de datos, casos históricos; extracción de reglas, hechos y excepciones.
9. Representación del conocimiento: Se codifica en forma de reglas de producción (Si condición, entonces acción), marcos o redes semánticas, y lógica difusa, intuicionista difusa, neutrosófica o plitogénica para manejar incertidumbre y contradicción.

10. Diseño del motor de inferencia: Se elige el tipo de razonamiento: encadenamiento hacia adelante (parte de los datos y aplica reglas para llegar a conclusiones) o encadenamiento hacia atrás (parte de una hipótesis y busca datos que la confirmen).
11. Implementación: Se programa el sistema usando herramientas como CLIPS, Jess, Prolog, o lenguajes como Python con librerías como PyKnow. Se integran módulos de entrada/salida, visualización y explicación.
12. Validación y prueba: Se compara el rendimiento del sistema con decisiones reales de expertos.
13. Se ajustan reglas y se corrigen errores.
14. Mantenimiento y actualización: El conocimiento debe actualizarse conforme cambian las condiciones del entorno o se aprende más.

3. Resultados

Se contó con 5 expertos en el tema y se consultó la literatura especializada, además de estudiarse los casos del crimen organizado en países latinoamericanos, en especial México y Colombia. Se determinaron las siguientes variables a medir para el modelo:

- V1: Niveles de jerarquía de la red,
- V2: Compartimentación dentro de la red,
- V3: Grado de mutabilidad de la red, medida a partir de la adaptación, disolución y escisión,
- V4: Permanencia de la red en el tiempo,
- V5: Vínculos simbióticos con instituciones legales,
- V6: Presupuesto estimado para el funcionamiento de la red,
- V7: Nivel de riesgo debido a la ubicación geográfica de la red,
- V8: Magnitud geográfica de influencia de la red,
- V9: Grado de corrupción en las instituciones policiales,
- V10: Grado de corrupción en las instituciones legales,
- V11: Nivel de riesgo debido a las condiciones sociales donde se mueve la red (pobreza, presión social, desamparo gubernamental, otros),
- V12: Grado de efectividad de la ley escrita,
- V13: Garantía de protección a las víctimas,
- V14: Inteligencia policial para combatir a la red,
- V15: Equipamiento físico especializado para combatir a la red,
- V16: Efectividad de la política gubernamental para combatir a la red.

Se le pide al decisor que evalúe cada una de estas variables en cuanto a:

15. $T(x)$ es el grado de cumplimiento de la red x en relación a la variable v_i , con $i=1, 2, \dots, 16$.
16. $I(x)$ es el grado de duda, inconsistencia, desconocimiento o contradicción sobre la red x en relación con la variable v_i .
17. $F(x)$ es el grado de no cumplimiento de la red x en relación a la variable v_i .

Para garantizar que el decisor cuente con una escala adecuada, se le pide que evalúe $T(x)$, $I(x)$ y $F(x)$ en una escala entre 0 y 10.

0 significa:

- 18. No cumplimiento con certeza absoluta para $T(x)$,
- 19. No existe duda, inconsistencia, contradicción para $I(x)$,
- 20. Cumplimiento absoluto para $F(x)$.

10 significa:

- 21. Cumplimiento absoluto para $T(x)$,
- 22. Existe duda, inconsistencia, contradicción total para $I(x)$,
- 23. No cumplimiento con certeza absoluta para $F(x)$.

Estos valores se dividen por 10, para llevarlos a una escala entre 0 y 1.

Cada uno de los triples de valores de las 16 variables se convierten a valores escalares mediante la fórmula de des-neutrosificación con ayuda de la función de score que se muestra en la Ecuación 1.

$$S(\langle T(x), I(x), F(x) \rangle) = [2 + T(x) - I(x) - F(x)] / 3$$

Ecuación 1. Función de des-neutrosificación (score function).

Esta da un valor entre 0 y 1.

Se definen intervalos de clasificación para cada uno de los valores de $S(\langle T(x), I(x), F(x) \rangle)$ en la evaluación de las variables para indicar no alarma o alarma en diferentes niveles. Estas condiciones de clasificación se resumen en la Tabla 1:

Tabla 1.

Valores para determinar alarma de riesgo de presencia de red de delincuencia organizada (clasificada en sin alarma, leve, media y grave) para cada una de las variables

Variable	Sin alarma	Alarma leve	Alarma media	Alarma grave
V1	[0, 0.5]	(0.5, 0.6]	(0.6, 0.8)	[0.8, 1]
V2	[0, 0.5]	(0.5, 0.6]	(0.6, 0.8)	[0.8, 1]
V3	[0, 0.5]	(0.5, 0.6]	(0.6, 0.8)	[0.8, 1]
V4	[0, 0.5]	(0.5, 0.6]	(0.6, 0.8)	[0.8, 1]
V5	[0, 0.5]	(0.5, 0.6]	(0.6, 0.8)	[0.8, 1]
V6	[0, 0.5]	(0.5, 0.6]	(0.6, 0.8)	[0.8, 1]
V7	[0, 0.5]	(0.5, 0.6]	(0.6, 0.8)	[0.8, 1]
V8	[0, 0.5]	(0.5, 0.6]	(0.6, 0.8)	[0.8, 1]
V9	[0, 0.5]	(0.5, 0.6]	(0.6, 0.8)	[0.8, 1]
V10	[0, 0.5]	(0.5, 0.6]	(0.6, 0.8)	[0.8, 1]
V11	[0, 0.5]	(0.5, 0.6]	(0.6, 0.8)	[0.8, 1]
V12	[0.8, 1]	(0.7, 0.8)	[0.5, 0.7]	[0, 0.5]
V13	[0.8, 1]	(0.7, 0.8)	[0.5, 0.7]	[0, 0.5]
V14	[0.8, 1]	(0.7, 0.8)	[0.5, 0.7]	[0, 0.5]
V15	[0.8, 1]	(0.7, 0.8)	[0.5, 0.7]	[0, 0.5]
V16	[0.8, 1]	(0.7, 0.8)	[0.5, 0.7]	[0, 0.5]

Nota. Las variables V12 a V16 tienen escala invertida por tratarse de indicadores de capacidad institucional y protección. Fuente: elaboración propia.

Sean y_i con $i = 1, \dots, 16$ las evaluaciones des-neutrosificadas de una red en cuanto a las variables V_i .

Sean α_i las evaluaciones en cuanto a nivel de alarma de las variables γ_i ("Sin alarma", "Alarma leve", "Alarma media", "Alarma grave").

Se toma este orden, de menor a mayor en cuanto a nivel cualitativo de alarma y se les asigna un número como se indica a continuación:

"Sin alarma" se toma como 0, "Alarma leve" se toma como 1, "Alarma media" se toma como 2, "Alarma grave" se toma como 3.

O sea, $\alpha_i \in \{0, 1, 2, 3\}$.

A continuación, se obtienen agregaciones que reducen los 16 valores a tres valores significativos:

$$24. \beta_1 = \max\{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_9\},$$

$$25. \beta_2 = \alpha_{10},$$

$$26. \beta_3 = \max\{\alpha_{12}, \alpha_{13}, \dots, \alpha_{16}\}.$$

A continuación, se tienen las siguientes reglas de inferencia o predicción:

R1: SI $\beta_1 = 3$, ENTONCES Se está en una situación actual sumamente grave y hay que aplicar las tácticas y las estrategias que se necesita en esta situación, que significa lucha total y frontal contra esta red criminal.

R2: SI $\beta_1 < 3$ y $\beta_2 = 3$, ENTONCES se está en una situación de riesgo potencial. Es necesario realizar intervención gubernamental para revertir o paliar la pobreza, mejorar la educación, y la situación social en general.

R3: SI $\beta_1 < 3$ y $\beta_3 = 3$, ENTONCES se está en una situación de riesgo potencial. Es necesario realizar intervención en el sistema policial o legislativo.

R4: SI $1 < \beta_1 < 3$ y $1 < \beta_2 < 3$ y $1 < \beta_3 < 3$ ENTONCES se clasifica el riesgo como $\max(\beta_1, \beta_2, \beta_3)$ y se deben tomar las medidas suficientes con el grupo de variables que dan el mayor valor de riesgo, para disminuirlo.

R5: SI $\beta_1 = 1$ y $\beta_2 = 1$ y $\beta_3 = 1$ ENTONCES, aunque la situación no es alarmante, debe empezarse a tomar las medidas prudentes para evitar un problema creciente que incremente la errarización del status actual. Es una situación reversible.

R6: SI $\beta_1 = 0$ y $\beta_2 = 0$ y $\beta_3 = 0$ ENTONCES Se prevé una situación adecuada que debe mantenerse en el tiempo, en caso que se mantengan las prácticas que se aplican. No debe descuidarse el esfuerzo, pero solo en aras de mantener lo conquistado.

Ilustremos con 2 ejemplos el algoritmo anterior:

Ejemplo 2: Supongamos que se caracteriza la delincuencia organizada de una red (llamándose así aun cuando tenga diferentes grados de organización) en una región ecuatoriana determinada y se evalúa con los siguientes valores neutrosóficos mostrados en la Tabla 2:

Tabla 2.

Evaluación de una red en cuanto a cada una de las 16 variables y midiendo los grados de veracidad, indeterminación, falsedad de 0 a 10. Se incluye el triple de valores llevado a una escala de 0 a 1 y el valor de des-neutrosificación

Variable	Grado Veracidad	Grado Indeterminación	Grado Falsedad	Escala 0-1	Des-neutrosificación
V1	0	1	10	(0, 0.1, 1)	0.3
V2	2	0	10	(0.2, 0, 1)	0.4
V3	4	0	9	(0.4, 0, 0.9)	0.5
V4	5	0	10	(0.5, 0, 1)	0.5
V5	2	2	8	(0.2, 0.2, 0.8)	0.4
V6	3	0	8	(0.3, 0, 0.8)	0.5
V7	2	0	8	(0.2, 0, 0.8)	0.47
V8	2	1	10	(0.2, 0.1, 1)	0.37
V9	1	0	9	(0.1, 0, 0.9)	0.4
V10	4	0	9	(0.4, 0, 0.9)	0.5
V11	3	2	9	(0.3, 0.2, 0.9)	0.4
V12	9	1	0	(0.9, 0.1, 0)	0.93
V13	9	1	0	(0.9, 0.1, 0)	0.93
V14	9	0	2	(0.9, 0, 0.2)	0.9
V15	9	0	1	(0.9, 0, 0.1)	0.93
V16	9	2	1	(0.9, 0.2, 0.1)	0.87

Nota. Los valores de des-neutrosificación se calcularon mediante la Ecuación 1. Fuente: elaboración propia.

La Tabla 3 contiene los valores α_i de clasificación de la alarma de acuerdo a la escala mostrada en la Tabla 1.

Tabla 3.

Grado de alarma de la red del ejemplo 2 para cada una de las variables

Variable	Alarma
V1	0
V2	0
V3	0
V4	0
V5	0
V6	0
V7	0
V8	0
V9	0
V10	0
V11	0
V12	0
V13	0
V14	0
V15	0
V16	0

Nota. Todos los valores de alarma resultan 0 (sin alarma). Fuente: elaboración propia.

De la regla R6 se tiene $\beta_1 = 0$, $\beta_2 = 0$ y $\beta_3 = 0$; por tanto no hay motivo de alarma.

Ejemplo 3: Supongamos que se caracteriza la delincuencia organizada en una región ecuatoriana determinada y se evalúa con los siguientes valores neutrosóficos mostrados en la Tabla 4:

Tabla 4.

Evaluación de una red delincuencial en cuanto a cada una de las 16 variables y midiendo los grados de veracidad, indeterminación, falsedad de 0 a 10. Se incluye el triple de valores llevado a una escala de 0 a 1 y el valor de des-neutrosificación

Variable	Grado Veracidad	Grado Indeterminación	Grado Falsedad	Escala 0-1	Des-neutrosificación
V1	10	1	0	(1, 0.1, 0)	0.97
V2	10	0	2	(1, 0, 0.2)	0.93
V3	9	0	4	(0.9, 0, 0.4)	0.83
V4	10	0	5	(1, 0, 0.5)	0.83
V5	2	2	8	(0.2, 0.2, 0.8)	0.4
V6	3	0	8	(0.3, 0, 0.8)	0.5
V7	2	0	8	(0.2, 0, 0.8)	0.47
V8	2	1	10	(0.2, 0.1, 1)	0.37
V9	9	0	1	(0.9, 0, 0.1)	0.93
V10	4	0	9	(0.4, 0, 0.9)	0.5
V11	3	2	9	(0.3, 0.2, 0.9)	0.4
V12	9	1	0	(0.9, 0.1, 0)	0.93
V13	9	1	0	(0.9, 0.1, 0)	0.93
V14	9	0	2	(0.9, 0, 0.2)	0.9
V15	9	0	1	(0.9, 0, 0.1)	0.93
V16	9	2	1	(0.9, 0.2, 0.1)	0.87

Nota. Los valores de des-neutrosificación se calcularon mediante la Ecuación 1. Fuente: elaboración propia.

La Tabla 5 contiene los valores α_i de clasificación de la alarma de acuerdo a la escala mostrada en la Tabla 1.

Tabla 5.

Grado de alarma de la red del ejemplo 3 para cada una de las variables

Variable	Alarma
V1	3
V2	3
V3	3
V4	3
V5	0
V6	0
V7	0
V8	0
V9	3
V10	0
V11	0
V12	0
V13	0
V14	0
V15	0
V16	0

Nota. Las variables V1, V2, V3, V4 y V9 alcanzan alarma máxima (3). Fuente: elaboración propia.

De la regla R1 se tiene $\beta_1 = 3$, $\beta_2 = 0$ y $\beta_3 = 0$; por tanto hay alarma máxima.

Este método fue evaluado por los 5 expertos en cuanto a su criterio sobre la efectividad de este. Además, se les pidió que se autoevaluaran en cuanto a su grado de experticia. Para mayor comodidad se les pidió que utilizaran una escala entre 0 y 10 para estos dos aspectos. Los resultados fueron los siguientes:

Tabla 6.

Evaluación sobre una escala de 10 del grado de experticia de cada experto (autoevaluado/a) y el grado de efectividad del método

Experto	Autoevaluación de la experticia	Evaluación del método propuesto
#1	7	8
#2	6	10
#3	8	8
#4	9	7
#5	6	9

Nota. Los valores mínimos de experticia (6) y de efectividad (7) indican un umbral de aceptación satisfactorio para el sistema propuesto. Fuente: elaboración propia.

El mínimo de todos los valores de la Tabla 6 es igual a 6, esto quiere decir que se tiene una evaluación por encima de la media de efectividad del sistema experto propuesto.

4. Discusión

El modelo lógico-matemático desarrollado integra la lógica plitogénica neutrosófica con un sistema experto para caracterizar y predecir la conformación de redes de delincuencia organizada en Ecuador. Los resultados obtenidos permiten discutir tres ejes de relevancia: la validez del modelo, su capacidad predictiva y las implicaciones para la gestión del conocimiento en seguridad pública.

El modelo confirma la pertinencia del enfoque plitogénico en contextos de alta incertidumbre y multidimensionalidad (Smarandache, 2022). Cada variable —jerarquía, corrupción institucional, vulnerabilidad social, efectividad legislativa o capacidad operativa estatal— posee componentes simultáneos de verdad, falsedad e indeterminación. Esta tridimensionalidad refleja fielmente la complejidad del fenómeno criminal, donde los límites entre legalidad e ilegalidad, control y descontrol, son difusos (Smarandache, 2024; Martín et al., 2025). La función de des-neutrososoficación utilizada permitió transformar las valoraciones expertas en puntuaciones continuas, posibilitando análisis comparativos entre redes y contextos territoriales.

La integración de las reglas de inferencia (R1–R6) demuestra un comportamiento lógico coherente con los patrones observados (Campos y Campos, 2023). Los casos simulados revelan que cuando las variables estructurales y funcionales (β_1) alcanzan valores críticos, el sistema predice escenarios de «alarma grave», consistentes con situaciones reales de violencia intensificada en zonas portuarias y fronterizas. En contraste, las combinaciones de riesgo social (β_2) y debilidad institucional (β_3) moderadas generan alertas tempranas que orientan la intervención preventiva. Este comportamiento, validado por los cinco expertos con niveles de efectividad promedio superiores a 8/10, muestra que el modelo posee una sensibilidad adecuada para discriminar estados de riesgo sin incurrir en falsos positivos excesivos (Giannarou y Zervas, 2020).

El uso de variables neutrosóficas en la base de conocimiento del sistema experto permitió capturar la ambigüedad y contradicción inherentes a las evaluaciones humanas. Los grados de indeterminación $I(x)$ se comportaron como un amortiguador lógico frente a la sobreconfianza o el sesgo del decisor, evitando la rigidez de modelos binarios clásicos (Atanassov y Gargov, 2017). Esto refuerza la aplicabilidad del modelo en entornos con datos incompletos o no estructurados, donde la información sobre redes criminales suele ser parcial, contradictoria o encubierta.

Desde una perspectiva analítica, los resultados sugieren que la lógica plitogénica ofrece una ventaja sobre los enfoques difusos convencionales al permitir combinar niveles de verdad múltiples y dependencias entre variables. La agregación de los indicadores en β_1 , β_2 y β_3 simplifica la interpretación sin sacrificar la riqueza del sistema. En términos de predicción, el modelo se comporta como una herramienta de clasificación de escenarios, más que de pronóstico numérico, orientando decisiones estratégicas en seguridad, planificación y justicia penal (Perry et al., 2013).

La validación experta respalda la consistencia del modelo como soporte para la toma de decisiones. Las autoevaluaciones de experticia (6–9/10) y de efectividad metodológica (7–10/10) ubican al sistema en un rango de confiabilidad aceptable para aplicaciones piloto. Sin embargo, se recomienda ampliar la muestra de expertos y someter el modelo a simulaciones con datos empíricos de inteligencia policial y judicial para fortalecer su poder predictivo (Mardani et al., 2020).

La discusión permite concluir que la combinación entre lógica plitogénica y sistemas expertos constituye un marco robusto para analizar fenómenos criminales complejos, facilitando la generación de políticas de prevención basadas en evidencia y la optimización de recursos institucionales mediante una aproximación adaptable y cognitivamente transparente.

5. Conclusiones

El problema de la operación de redes delincuenciales en el Ecuador se ha agravado notablemente en los últimos 5 años. Las causas de este repunte son diversas, desde políticas, legales, sociales, económicas, policiales, entre otras. En este estudio se propuso la obtención de un sistema experto que permita la evaluación y predicción de riesgo de creación y operación de redes organizadas criminales. Este es un problema multifactorial y donde existen además grados de certeza tanto de satisfacción como de insatisfacción de ciertos aspectos a medir, pero también grados de incertidumbre e indeterminación. Es por ello que se consideró a la lógica plitogénica neutrosófica como manera de evaluar dentro del modelo. Esto permite una mayor exactitud para capturar lo que ocurre en el mundo real. Es sabido que la toma de decisiones de este tipo de situaciones contiene elementos de indeterminación. Para probar la eficacia del método se contactó a 5 expertos, quienes evaluaron en una escala de 0 a 10 la eficacia del método y una autoevaluación de su grado de experticia. El mínimo valor obtenido es 6.

Como futuras líneas de investigación se recomienda: (1) ampliar el número de expertos consultados para incrementar la robustez de la validación; (2) incorporar datos empíricos de fuentes de inteligencia policial y judicial ecuatorianas; (3) explorar la integración del modelo con técnicas de aprendizaje automático para la detección automática de patrones; y (4) extender la aplicación a otros contextos latinoamericanos con características socioestructurales similares.

Referencias

- Atanassov, K. T., & Gargov, G. (2017). *Intuitionistic fuzzy logics*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-67892-5>
- Atanassov, K., & Gargov, G. (1998). Elements of intuitionistic fuzzy logic. Part I. Fuzzy Sets and Systems, 95(1), 39–52. [https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(96\)00326-0](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(96)00326-0)
- Batista-Barallobre, A. R. (2025). Emergencia social en sistemas adaptativos complejos: una revisión sistemática desde la simulación basada en agentes. *Maestro y Sociedad*, 22(3), 2232–2245.
- Batista-Hernández, N., Leyva-Vázquez, M. Y., & Batista-Barallobre, A. R. (2025). Thinking about complexity in Latin America: Contributions of Neutrosophy in dialogue with Edgar Morin. *Neutrosophic Sets and Systems*, 84(1), 24. https://digitalrepository.unm.edu/nss_journal/vol84/iss1/24
- Campos, D. A. A., & Campos, L. M. A. (2023). Implementación de un sistema experto basado en reglas para mejorar la organización horaria al acceso del servicio de tutoría. *Sciendo Ingenium*, 19, 63–68. <https://doi.org/10.17268/sciendo.2023.010>

- Chavez, W. O., Ortega, F. P., Perez, J. K. V., Zuniga, E. J. D., & Rivera, A. R. P. (2021). Modelo ecológico de Bronfenbrenner aplicado a la pedagogía, modelación matemática para la toma de decisiones bajo incertidumbre: de la lógica difusa a la lógica plitogénica. *Gallup*.
- Chávez, W. O., Rojas, E. P., Narváez, D. A. O. V., Añorga, C. M. G., Rivera, H. V. H., Navarro, E. L., Campos Barreto, A., & Calixto, H. A. (2025). Design thinking model based on plithogenic logic for the management of entrepreneurship and innovation in higher university education in Peru. *Neutrosophic Sets and Systems*, 84, 387–397.
- García-Benítez, S. R., & Martínez-Meneses, J. H. (2023). Sistema experto difuso para la calificación preliminar de proyectos de captura y almacenamiento de CO₂. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 39, 429–448. <https://doi.org/10.20937/RICA.54019>
- Giannarou, L., & Zervas, E. (2020). Using Delphi technique to build consensus in health care research: Methodological considerations and applications. *International Journal of Caring Sciences*, 13(2), 125–132.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2025). Indicadores de violencia y criminalidad en Ecuador. INEC.
- Mardani, A., Streimikiene, D., Cavallaro, F., Loganathan, N., & Khoshnoudi, M. (2020). Carbon dioxide capture and storage technologies: A Delphi-based analysis for identifying and prioritizing barriers. *Journal of Cleaner Production*, 264, 121703. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121703>
- Martin, N., Priya, R., & Smarandanche, F. (2025). Generalized plithogenic sets in multi-attribute decision making. En *Neutrosophic and plithogenic inventory models for applied mathematics* (pp. 519–546). IGI Global Scientific Publishing.
- Paucar, J. M. P., Castillo, L. A. C., & Flores, D. F. C. (2022). Evaluación de delitos en redes sociales mediante coeficientes de correlación neutrosóficos. *Neutrosophic Computing and Machine Learning*, 22, 223–230.
- Smarandanche, F. (2021). Introducción a la Lógica Plitogénica. *Infinite Study*.
- Smarandanche, F. (2022). Introduction to Plithogenic Logic. *Collected Papers. Volume X: On Neutrosophics, Plithogenics, Hypersoft Set, Hypergraphs, and other topics*, 493.
- Smarandanche, F. (2022). Plithogeny, plithogenic set, logic, probability and statistics: A short review. *Journal of Computational and Cognitive Engineering*, 1, 47–50. <https://doi.org/10.47852/bonviewJCCE2202161>
- Smarandanche, F. (2024). Breve introducción a los conjuntos y la lógica neutrosófica estándar y no estándar. *Neutrosophic Computing and Machine Learning*, 35, 394–399.
- Smarandanche, F., Leyva-Vázquez, M., Abdel Basset, M., Villardón, P. G., Viejó, F. G., Toledo, M. R., & Barzola, O. H. R. (2025). Aproximaciones neutrosóficas y plitogénicas en ciencia de datos y análisis multivariado: Contribuciones de la IX Reunión Iberoamericana de Biometría. *Neutrosophic Computing and Machine Learning*, 40, Prefacio–Prefacio.
- Brayne, S. (2017). Big data surveillance: The case of policing. *American Sociological Review*, 82(5), 977–1008. <https://doi.org/10.1177/0003122417725865>
- Chainey, S., & Ratcliffe, J. (2005). GIS and crime mapping. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781118685181>
- InSight Crime. (2023). Ecuador: País de tránsito a narco-estado. <https://insightcrime.org/investigations/ecuador-pais-de-transito-a-narco-estado/>

- Krug, E. G., Dahlberg, L. L., Mercy, J. A., Zwi, A. B., & Lozano, R. (Eds.). (2002). World report on violence and health. World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9241545615>
- Ministerio del Interior del Ecuador. (2024). Plan de seguridad y orden público 2024-2025. Ministerio del Interior.
- Muggah, R., & Tobón, K. A. (2018). Citizen security in Latin America: Facts and figures. Strategic Paper 33. Igarapé Institute. <https://igarape.org.br/wp-content/uploads/2018/04/Citizen-Security-in-Latin-America-Facts-and-Figures.pdf>
- Organización Mundial de la Salud. (2021). Informe mundial sobre la prevención de la violencia. OMS. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241564625>
- Perry, W. L., McInnis, B., Price, C. C., Smith, S. C., & Hollywood, J. S. (2013). Predictive policing: The role of crime forecasting in law enforcement operations. RAND Corporation. <https://doi.org/10.7249/RR233>
- Rudinac, S., Larson, M., & Hanjalic, A. (2022). Multimodal crime analysis via deep learning. IEEE Transactions on Multimedia, 24, 1542–1553. <https://doi.org/10.1109/TMM.2021.3069890>