

# ANÁLISIS NEUTROSÓFICO DE LOS FACTORES DE RIESGO EN LA ETIOLOGÍA DE LA PARÁLISIS CEREBRAL

Piedad Elizabeth Acurio Padilla\*, Icler Naun Sisalema Aguilar<sup>1\*\*</sup>.

\* Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Sede Ambato

\*\* Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Sede Santo Domingo

## ABSTRACT.

Cerebral Palsy represents the most prevalent motor disorder during childhood. Establishing risk factors associated with this disorder is challenging due to its frequently multifactorial etiology. A descriptive study was conducted, involving a sample of 152 patients diagnosed with Cerebral Palsy and treated between March 2020 and January 2022. Various bibliographic sources, including Pubmed, Dialnet, Scielo, among others, were consulted for the study. Additionally, the medical records of these patients were thoroughly examined to identify the risk factors linked to the etiology of this condition. Expert consultations were conducted, employing the Application of Compensatory Fuzzy Logic in neutrosophic extension. Through this strategic analysis, it was determined that the highest percentage of cases is concentrated in the Peri Natal Period. Consequently, proposed actions aim to prevent such disorders that can potentially impact the well-being of the infant and their family.

**KEYWORDS:** Cerebral Palsy, Risk Factors, Etiology, Compensatory Fuzzy Logic in neutrosophic extension..

**MSC:** 62P10

## RESUMEN

La Parálisis Cerebral es la forma más común de trastorno motor en la infancia. Los factores de riesgo asociados con este trastorno son difíciles de establecer, ya que su etiología es frecuentemente multifactorial. Se llevó a cabo un estudio descriptivo con una muestra de 152 pacientes diagnosticados con Parálisis Cerebral, tratados en el período de marzo de 2020 a enero de 2022. Para ello, se consultó la bibliografía de sitios como Pubmed, Dialnet, Scielo, entre otros. También se revisaron los expedientes médicos de estos pacientes con el objetivo de establecer los factores de riesgo asociados con la etiología de esta condición. Se sometieron a consulta de expertos, la cual se procesó a través de la Aplicación de Lógica Difusa Compensatoria en extensión neutrosófica. Este análisis estratégico permitió conocer que el mayor porcentaje de casos se encuentra en el Periodo Perinatal. Por lo tanto, se proponen acciones para prevenir este tipo de trastorno que de alguna manera incapacita al infante y a su familia.

**PALABRAS CLAVE:** Parálisis Cerebral, Factores de Riesgo, Etiología, Lógica Difusa Compensatoria en extensión neutrosófica.

## 1. INTRODUCCIÓN

La parálisis cerebral (PC) es un término general que abarca diversos trastornos permanentes en el desarrollo del movimiento y la postura, limitando la actividad debido a trastornos no progresivos durante el desarrollo cerebral fetal o infantil. Además de las discapacidades motoras, los niños con parálisis cerebral experimentan alteraciones en la sensación, percepción, aprendizaje y comportamiento. Esta condición impone considerables demandas a los servicios de salud, sociales y educativos, generando una carga financiera y emocional significativa para las familias [10].

La prevalencia de la parálisis cerebral es alta, reportándose tasas de hasta 3 por cada 1000 nacidos vivos en los Estados Unidos, con alrededor de 764,000 personas viviendo con signos de esta condición en el país. Aunque las tasas de prevalencia aumentaron hacia finales del siglo XX, se han estabilizado en la actualidad [15]. Diversos factores contribuyen a esta tendencia, como una mayor supervivencia entre los bebés prematuros, una incidencia elevada de parálisis cerebral en recién nacidos a término y una mayor longevidad en personas con parálisis cerebral [12].

La vulnerabilidad de las vías motoras durante el desarrollo cerebral es determinante para la manifestación motora en la parálisis cerebral, cuya etiología es variada. Las causas más frecuentes incluyen complicaciones de la prematuridad, hipoxia-isquemia perinatal o postnatal, exposición a la bilirrubina, infecciones o trauma [1]. Sin embargo, en algunos pacientes con parálisis cerebral, especialmente aquellos nacidos a término y sin una lesión cerebral clara identificable por neuroimagen, no se puede determinar una etiología, y se sospecha que gran parte de esta fisiopatología desconocida puede deberse a factores genéticos o epigenéticos. De hecho, se estima que hasta un 30% de los pacientes diagnosticados con parálisis cerebral pueden tener una determinación genética [26].

<sup>1</sup> Email: us.iclersisalema@uniandes.edu.ec

Los pacientes con parálisis cerebral se clasifican clínicamente en subgrupos espásticos, hipotónicos, distónicos (también llamados "disaléticos"), atáxicos y mixtos, y según las extremidades afectadas (diplejía, hemiplejía o cuadriplejía, y ocasionalmente otros patrones). Cada uno de estos subgrupos clínicos y patrones de afectación es también heterogéneo desde el punto de vista etiológico y genético. Mientras que ciertas formas genéticas principales de parálisis cerebral producen característicamente solo un tipo específico de afectación, la presentación clínica de otras formas genéticas de parálisis cerebral es variable [13] [4].

La parálisis cerebral presenta una gran variabilidad clínica debido a su diversa etiología y factores de riesgo, que se pueden clasificar en prenatales, perinatales y postnatales [17]. El diagnóstico se realiza principalmente de manera clínica, con signos de sospecha que incluyen alteraciones conductuales, tono muscular alterado (espasticidad), retraso en los hitos motores y persistencia o retraso en la desaparición de reflejos primitivos. Los trastornos motores van acompañados de alteraciones sensoriales, perceptivas, del control postural o equilibrio, gastrointestinales, pulmonares, urinarias y cognitivas, que están relacionadas con discapacidad intelectual y alteraciones comunicativas [18,3,25].

El objetivo de esta investigación es determinar los factores de riesgo más comunes en la etiología de la parálisis cerebral, con el propósito de proponer acciones preventivas para este tipo de afectación motora.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Neutrosfía aplicada a la Lógica Difusa Compensatoria

La teoría de la neutrosfía, en este caso, la inclusión de esta teoría enriquece las posibilidades de análisis al complementar los valores mostrados en la tabla 1 ([22, 6]). Esto se debe principalmente a dos cuestiones, en primer lugar, la adición de la noción de indeterminación y, en segundo lugar, la posibilidad de realizar cálculos utilizando términos lingüísticos. Por esta razón, se decidió optar por una fusión de ambas técnicas y llevar a cabo el estudio mediante el uso de la lógica neutrosófica CFL. En primer lugar, exponemos formalmente la definición original de la lógica neutrosófica, tal como se muestra en [14-16].

Definición 1. Sea  $X$  un universo de discurso. Un Conjunto Neutrosófico (CN) se caracteriza por tres funciones de membresía.  $u_A(x), r_A(x), v_A(x): X \rightarrow ]-0,1+[$ , el cual satisfice las siguientes condiciones  $-0 \leq \inf u_A(x) + \inf r_A(x) + \inf v_A(x) \leq 3^+$  for all  $x \in X$ .  $u_A(x), r_A(x)$  y  $v_A(x)$  Interpreta las funciones de pertenencia verdadera, indeterminada y falsa de  $x$  en  $A$ , respectivamente, y sus imágenes son subconjuntos estándar o no estándar de  $-0,1+[$  [24].

Definición 2. Sea  $X$  un universo de discurso. Un Conjunto Neutrosófico de Valor Único (SVNS)  $A$  sobre  $X$  es un objeto de la forma

$$A = \{(x, u_A(x), r_A(x), v_A(x)): x \in X\} \quad (1)$$

donde  $u_A, r_A, v_A: X \rightarrow [0,1]$ , satisfice la condición  $0 \leq u_A(x) + r_A(x) + v_A(x) \leq 3$  para todo  $x \in X$ .  $u_A(x), r_A(x)$  y  $v_A(x)$  Denota las funciones de pertenencia verdadera, indeterminada y falsa de  $x$  en  $A$ , respectivamente. Para mayor conveniencia, un Número Neutrosófico de Valor Único (SVNN, por sus siglas en inglés) se expresará como  $A = (a, b, c)$ , donde  $a, b, c$  pertenecen al intervalo  $[0,1]$  y cumplen con la condición  $0 \leq a + b + c \leq 3$ .

En este documento, los términos lingüísticos se asociarán con SVNN, de manera que los expertos puedan llevar a cabo sus evaluaciones en términos lingüísticos, lo cual es más natural. Por lo tanto, se tendrán en cuenta las escalas mostradas en la Tabla 1.

Truth value	Category	SVNN
0	Falso	(0,1,1)
0.1	Casi falso	(0.10,0.90,0.90)
0.2	Bastante falso	(0.20,0.85,0.80)
0.3	Algo falso	(0.30,0.75,0.70)
0.4	Más falso que verdadero	(0.40,0.65,0.60)
0.5	Tan verdadero como falso	(0.50,0.50,0.50)
0.6	Más verdadero que falso	(0.60,0.35,0.40)
0.7	Algo verdadero	(0.70,0.25,0.30)
0.8	Verdadero lo suficiente	(0.8,0.15,0.20)
0.9	Casi verdadero	(0.9, 0.1, 0.1)
1	Real	(1,0,0)

**Tabla 1.** Evolución de la escala desde variables lingüísticas difusas hasta variables lingüísticas neutrosóficas.

Para convertir números neutrosóficos a números precisos, se utilizará la siguiente ecuación:

$$s(V) = 2 + T - F - I \quad (2)$$

La Lógica Difusa Compensatoria utiliza operadores matemáticos que garantizan la combinación efectiva de elementos intangibles valorados por expertos, teniendo en cuenta escalas categóricas de veracidad, junto con información cuantitativa. Esto proporciona valores de verdad a través de predicados convenientemente definidos basados en dicha información.

Operators	Lógica de predicados
Conjunción	(Y C,Λ)
Disyunción	(or), d, V
Orden estricto difuso	(either)
Negación	(not)

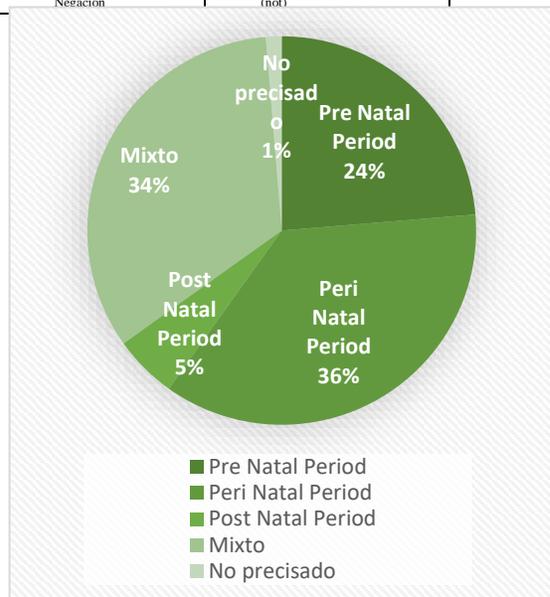
**Table 2.** Presentation of the mathematical operators in the logic of predicates of the CFL.

El mapeo de un espacio  $\{([0,1]^n)\}$  a  $\{([0,1])\}$  o de  $\{([0,1]^2)\}$  a  $\{([0,1])\}$ , con  $(n)$  perteneciendo a  $\{([0,1])\}$ , satisfaciendo los siguientes axiomas:

1. Propiedad de Compensación \*\*:  $(\min\{x_1, x_2, \dots, x_n\} \leq d(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq \max\{x_1, x_2, \dots, x_n\})$ .
2. Propiedad de Conmutatividad o Simetría \*\*:  $(d(x_1, x_2, \dots, x_n) = d(x_2, x_1, \dots, x_n))$ .
3. Propiedad de Crecimiento Estricto: Si  $(x_1 = y_1, x_2 = y_2, \dots, x_{i-1} = y_{i-1}, x_{i+1} = y_{i+1}, \dots, x_n = y_n)$ , de manera que ninguno es cero y  $(x_i > y_i)$ , entonces  $(d(x_1, x_2, \dots, x_n) > d(y_1, y_2, \dots, y_n))$ .
4. Propiedad de Veto: Si  $(x_i = 1)$  para algún  $(i)$ , entonces  $(d(x_1, x_2, \dots, x_n) = 1)$ .
5. Propiedad de Idempotencia:  $(d(x_1, x_2, \dots, x_n) = d(x_1, x_2, \dots, x_n))$ .

Además, el coeficiente de variación (Cv) de los predicados se calculará utilizando la ecuación 5 y se aplicarán criterios de decisión estadística según los siguientes parámetros:

- Si  $(Cv \geq 0.20)$ , se tomará el valor modal (calificación dada por los expertos que se repite más en el rango analizado).
- Si  $(Cv < 0.20)$ , se tomará el valor de la media aritmética (calificación promedio de los expertos).



**Figura 1.** Período de ocurrencia de los Factores de riesgo en la LESNC.

$$Cv = \frac{S}{X_{med}}$$

(3)

En donde (S) representa la desviación estándar de los datos y  $(X_{med})$  es la media de los datos.

La lógica difusa compensatoria en extensión neutrosófica permite manejar la incertidumbre y la indeterminación de los datos, lo cual es fundamental en contextos médicos donde la información puede ser incompleta o ambigua. Se emplearon números neutrosóficos para evaluar las variables de riesgo, asignando grados de verdad, falsedad e indeterminación a cada factor implicado. Esta aproximación proporciona una herramienta robusta para modelar las complejidades y las variabilidades inherentes a los factores de riesgo de la parálisis cerebral, facilitando así decisiones más informadas y estrategias de prevención más efectivas basadas en un análisis matizado de los datos disponibles.

### 3. RESULTADOS

Se llevó a cabo una revisión de las historias clínicas de pacientes diagnosticados con Parálisis Cerebral en el período comprendido entre marzo de 2020 y enero de 2022. La muestra seleccionada para el estudio incluyó 152 casos. Se extrajeron los siguientes datos de interés para la investigación::

- ✓ Período Pre Natal: 36
- ✓ Período Peri Natal: 55
- ✓ Período Post Natal: 8
- ✓ Mixto: 51
- ✓ No precisado: 2

La Figura 1 presenta una síntesis de los momentos en que ocurrieron las lesiones en cada uno de los pacientes incluidos en la muestra de este estudio. Según los resultados del análisis, en consonancia con la información recopilada en las historias clínicas, se observó que el período de mayor incidencia fue el Período Perinatal, con causas predominantemente mixtas. Es esencial tener en cuenta estos hallazgos para proponer posibles soluciones.

A continuación, se presentan en tablas la clasificación de los factores relacionados con la etiología, desglosados por cada paciente y distribuidos según los diferentes períodos, con el fin de facilitar su comprensión.

Factores de riesgo	No.	%

Infecciones Vaginales Materna	6	16,6
Antecedentes de Amenaza de Parto Pre término	6	16,6
HTA/Toxemia	5	13,8
Sufrimiento Fetal	10	27,7
Anemia Materna	1	2,7
Edad materna menor de 18 años	1	2,7
Edad materna mayor de 40 años	1	2,7
Embarazo gemelar	1	2,7
Antecedentes Genéticos	1	2,7
CIUR (Retraso en el Crecimiento Intrauterino)	1	2,7
Antecedentes Obstétrico de Parto Prematuro	1	2,7
Fiebre durante el parto	2	5,5

**Tabla 3.** Distribución de los pacientes con PC según factores de riesgo manifestados en Período Prenatal. Fuente: Historias clínicas. Nota: elaboración propia

Factores de riesgo	No.	%
Hipoxia severa al nacer	13	23,6
Convulsiones neonatales	9	16,36
Bajo Peso al Nacer	5	9
Cesárea	4	7,2
Ventilación mecánica	1	1,8
Parto instrumentado	6	11
Sepsis del Recién Nacido	8	14,54
Parto Pretermino	5	9
Trastornos metabólicos	1	1,8
Parto postérmino	1	1,8
Trauma obstétrico	1	1,8
Infecciones del SNC	1	1,8

**Tabla 4.** Distribución de los pacientes con PC según factores de riesgo presentes en Periodo Peri natal. Fuente: Historias clínicas. Nota: elaboración propia

Factores de riesgo	No.	%
Trauma craneoencefálicos	2	25
Infecciones del SNC	2	25
Status convulsivos	3	37,5
Intoxicaciones	1	12,5

**Tabla 5.** Distribución de los pacientes con PC según factores de riesgo presentes en Periodo Postnatal. Fuente: Historias clínicas. Nota: elaboración propia

- ✓ En el período pre natal, se obtuvo que los factores de mayor incidencia fueron: Infecciones Vaginales Materna, Antecedentes de Amenaza de Parto Pre término, HTA y Sufrimiento Fetal, representando entre ellos el 74,4 % del total de los 36 casos ubicados en este período.
- ✓ En el período Peri Natal, que fue el de mayor frecuencia, con un 55 % del total de la muestra, se encontró que los factores que aparecen más elevados fueron: Hipoxia severa al nacer, Convulsiones neonatales, Bajo Peso al Nacer, Parto instrumentado, Sepsis del RN y Parto Pretérmino, la suma de ellos representa el 83,5% del total.
- ✓ Del período post natal se seleccionaron 3 factores, que fueron: Trauma craneoencefálicos, Infecciones del SNC y Status convulsivos, los que sumaron 87.5% del total

De entre los factores presentados en las Tablas 3, 4 y 5, se identificaron aquellos con mayor incidencia, conforme a los resultados obtenidos en este estudio. Estos factores se sometieron a un análisis mediante la Lógica Difusa Compensatoria en su extensión neutrosófica. A través de la experiencia de expertos consultados, se buscó determinar cuáles de estos factores aportan valores más significativos en la práctica médica. Este enfoque permitirá orientar eficazmente el trabajo preventivo.

### 3.1 Aplicación de la Lógica Difusa Compensatoria en extensión neutrosófica.

Para analizar los factores de riesgo que influyen en la etiología de la Parálisis Cerebral (PC), se llevaron a cabo los siguientes procedimientos

- Se llevó a cabo una revisión exhaustiva de las historias clínicas de los pacientes, centrándonos en los datos relacionados con la

etiología del diagnóstico. Se seleccionaron los factores de mayor incidencia, tal como se detalla en las Tablas 3, 4 y 5.

- Se realizaron entrevistas y consultas con expertos especializados en la atención a niños con Parálisis Cerebral. El equipo de expertos incluyó profesionales como pediatras, neurólogos, especialistas en Medicina Física y Rehabilitación, así como enfermeros y obstetras.
- Se llevó a cabo un análisis de los factores de riesgo previamente identificados, aplicando la lógica difusa compensatoria en su extensión neutrosófica, siguiendo la metodología descrita a continuación:

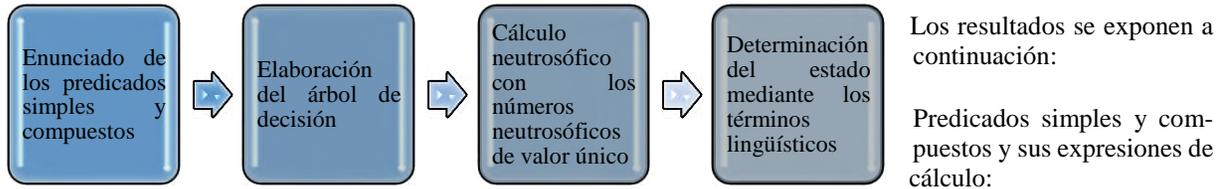


Figura 2. Algoritmo de trabajo. Nota: elaboración propia

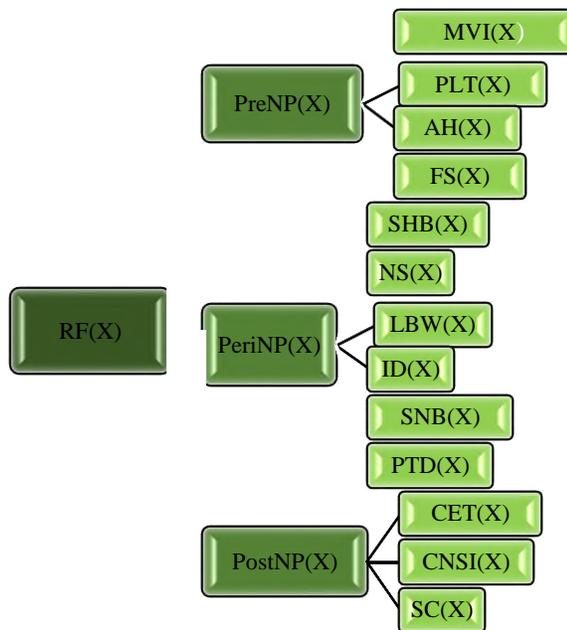


Figura 3: Árbol de predicados. Elaboración propia

✓ Factores de riesgo	<i>RF(X)</i>
✓ Período Prenatal	<i>PreNP(X)</i>
✓ Período Perinatal	<i>PeriNP(X)</i>
✓ Período Postnatal	<i>PostNP(X)</i>
✓ Infecciones Vaginales Maternas	<i>MVI(X)</i>
✓ Amenaza de Parto Prematuro	<i>PLT(X)</i>
✓ Hipertensión Arterial	<i>AH(X)</i>
✓ Sufrimiento Fetal	<i>FS(X)</i>
✓ Hipoxia Severa al Nacer	<i>SHB(X)</i>
✓ Convulsiones Neonatales	<i>NC(X)</i>
✓ Bajo Peso al Nacer	<i>LBW(X)</i>
✓ Parto Instrumentado	<i>ID(X)</i>
✓ Sepsis del Recién Nacido	<i>SNB(X)</i>
✓ Parto Prematuro	<i>PD(X)</i>
✓ Trauma Craneoencefálico	<i>CET(X)</i>
✓ Infecciones del Sistema Nervioso Central	<i>SNSI(X)</i>
✓ Estado Convulsivo	<i>CS(X)</i>

## Expresiones de Cálculo:

$$RF(X) = PreNP(X) \wedge PeriNP(X) \wedge PostNP(X)$$

$$PreNP(x) = MVI(X) \wedge PLT(X) \wedge AH(X) \wedge FS$$

$$PeriNP(X) = SHB(X) \wedge NS(X) \wedge LBW(X) \wedge ID(X) \wedge SNB(X) \wedge PTD(X)$$

$$PostNP(X) = CET(X) \wedge CNSI(X) \wedge SC(X)$$

Las siguientes tablas muestran, el cálculo de los predicados por grupos de expertos utilizando las escalas neutrosóficas de la tabla 1 y los operadores matemáticos de la tabla 2:

Predicados Simples	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Experto 4	Experto 5
$MVI(X)$	(1;0;0)	(0,7;0,25;0,3)	(0,5;0,5;0,5)	(0,5;0,5;0,5)	(0,9;0,1;0,1)
$PLT(X)$	(0,5;0,5;0,5)	(1;0;0)	(0,8;0,15;0,2)	(0,9;0,1;0,1)	(1;0;0)
$AH(X)$	(1;0;0)	(0,9;0,1;0,1)	(0,9;0,1;0,1)	(1;0;0)	(0,8;0,15;0,2)
$FS(X)$	(0,9;0,1;0,1)	(0,8;0,15;0,2)	(1;0;0)	(0,9;0,1;0,1)	(1;0;0)
$SHB(X)$	(0,8;0,15;0,2)	(1;0;0)	(1;0;0)	(1;0;0)	(1;0;0)
$NC(X)$	(1;0;0)	(1;0;0)	(1;0;0)	(0,9;0,1;0,1)	(1;0;0)
$LBW(X)$	(0,5;0,5;0,5)	(1;0;0)	(0,8;0,15;0,2)	(0,7;0,25;0,3)	(0,5;0,5;0,5)
$ID(X)$	(0,8;0,15;0,2)	(0,7;0,25;0,3)	(0,5;0,5;0,5)	(0,7;0,25;0,3)	(0,4;0,65;0,6)
$SNB(X)$	(1;0;0)	(0,7;0,25;0,3)	(1;0;0)	(0,4;0,65;0,6)	(1;0;0)
$PD(X)$	(0,5;0,5;0,5)	(1;0;0)	(0,6;0,35;0,4)	(1;0;0)	(0,6;0,35;0,4)
$CET(X)$	(0,8;0,15;0,2)	(0,6;0,35;0,4)	(0,6;0,35;0,4)	(0,6;0,35;0,4)	(0,7;0,25;0,3)
$SNSI(X)$	(0,9;0,1;0,1)	(1;0;0)	(0,8;0,15;0,2)	(1;0;0)	(1;0;0)
$CS(X)$	(0,5;0,5;0,5)	(0,5;0,5;0,5)	(0,5;0,5;0,5)	(0,2;0,85;0,8)	(0,5;0,5;0,5)

Tabla 3. Cálculo del valor de verdad de los predicados simples de los expertos 1 al 5. Fuente: evaluación de expertos. Elaboración propia

Predicados Simples	Experto 6	Experto 7	Experto 8	Experto 9	Experto 10
$MVI(X)$	(0,7;0,25;0,3)	(0,5;0,5;0,5)	(0,7;0,25;0,3)	(0,6;0,35;0,4)	(0,4;0,65;0,6)
$PLT(X)$	(0,8;0,15;0,2)	(1;0;0)	(1;0;0)	(0,8;0,15;0,2)	(0,9;0,1;0,1)
$AH(X)$	(0,4;0,65;0,6)	(0,9;0,1;0,1)	(0,8;0,15;0,2)	(0,9;0,1;0,1)	(0,7;0,25;0,3)
$FS(X)$	(1;0;0)	(1;0;0)	(0,9;0,1;0,1)	(1;0;0)	(0,8;0,15;0,2)
$SHB(X)$	(0,9;0,1;0,1)	(1;0;0)	(0,9;0,1;0,1)	(0,9;0,1;0,1)	(0,9;0,1;0,1)
$NC(X)$	(0,7;0,25;0,3)	(0,5;0,5;0,5)	(0,9;0,1;0,1)	(0,9;0,1;0,1)	(0,9;0,1;0,1)
$LBW(X)$	(0,7;0,25;0,3)	(0,8;0,15;0,2)	(0,8;0,15;0,2)	(0,7;0,25;0,3)	(0,9;0,1;0,1)
$ID(X)$	(0,9;0,1;0,1)	(0,9;0,1;0,1)	(1;0;0)	(0,9;0,1;0,1)	(0,9;0,1;0,1)
$SNB(X)$	(1;0;0)	(1;0;0)	(0,7;0,25;0,3)	(0,7;0,25;0,3)	(1;0;0)
$PD(X)$	(0,6;0,35;0,4)	(0,5;0,5;0,5)	(0,9;0,1;0,1)	(0,6;0,35;0,4)	(0,5;0,5;0,5)
$CET(X)$	(1;0;0)	(1;0;0)	(0,9;0,1;0,1)	(0,7;0,25;0,3)	(1;0;0)
$SNSI(X)$	(1;0;0)	(0,8;0,15;0,2)	(0,8;0,15;0,2)	(0,8;0,15;0,2)	(1;0;0)
$CS(X)$	(0,8;0,15;0,2)	(0,8;0,15;0,2)	(0,8;0,15;0,2)	(0,5;0,5;0,5)	(0,4;0,65;0,6)

Tabla 4. Cálculo del valor de verdad de los predicados simples de los expertos 6 al 10. Fuente: evaluación de expertos. Elaboración propia

Predicados Simples	Moda	Media	Valor de Verdad	Categoría
$MVI(X)$	(1;0;0)	(1;0;0)	(1;0;0)	True
$PLT(X)$	(0,8;0,15;0,2)	(1;0;0)	(0,8;0,15;0,2)	True enough
$AH(X)$	(0,9;0,1;0,1)	(1;0;0)	(0,9;0,1;0,1)	Almost true
$FS(X)$	(1;0;0)	(1;0;0)	(1;0;0)	True
$SHB(X)$	(1;0;0)	(1;0;0)	(1;0;0)	True
$NC(X)$	(0,9;0,1;0,1)	(1;0;0)	(0,9;0,1;0,1)	Almost true
$LBW(X)$	(0,8;0,15;0,2)	(1;0;0)	(0,8;0,15;0,2)	True enough
$ID(X)$	(0,9;0,1;0,1)	(1;0,001;0,002)	(0,9;0,1;0,1)	Almost true

$SNB(X)$	(1;0;0)	(1;0;0)	(1;0;0)	True
$PD(X)$	(1;0;0)	(1;0;0)	(1;0;0)	True
$CET(X)$	(0,7;0,25;0,3)	(1;0;0,001)	(0,7;0,25;0,3)	Somewhat true
$SNSI(X)$	(1;0;0)	(1;0;0)	(1;0;0)	True
$CS(X)$	(0,5;0,5;0,5)	(1,0;0,44;0,042)	(0,5;0,5;0,5)	As true as false

**Tabla 5:** Cálculo de los Valores de Verdad de los predicados simples. Fuente: evaluación de expertos. Elaboración propia

El análisis de los valores de verdad de los predicados simples reveló una incidencia notable de los factores vinculados al Período Perinatal, seguido de aquellos relacionados con el Período Prenatal. Esto sugiere que la Lesión Estática del Sistema Nervioso Central se origina principalmente de la combinación de estos factores, según la opinión de los expertos previamente mencionados. Esencialmente, se destacan los factores asociados con Infecciones Vaginales Maternas, Sufrimiento Fetal, Hipoxia Severa al Nacer, Sepsis del Recién Nacido, Parto Prematuro e Infecciones del Sistema Nervioso Central. Estos elementos deben considerarse al buscar posibles soluciones.

### Cálculo de los predicados compuestos

Predicados	Valor de Verdad	Categoría
$RF(X)$	(0,70;0,25;0,30)	Somewhat true
$PreNP(X)$	(0,8;0,15;0,20)	True enough
$PeriNP(X)$	(0,9;0,1;0,1)	Almost true
$PostNP(X)$	(0,70;0,25;0,30)	Somewhat true

**Tabla 6:** Cálculo de los valores de verdad de los predicados compuestos. Fuente: evaluación de expertos. Elaboración propia

Del ejercicio anterior se pudo obtener que el valor más significativo en los predicados compuestos lo obtuvo el relacionado a Peri Natal Period, dando mayor significación a las causas mencionadas, en los predicados simples relacionados con este período. Seguido del Pre Natal Period, que es donde se dan las condiciones para que la gestación se produzca de forma adecuada. Es importante incidir sobre todos los factores, teniendo en cuenta que este tipo de lesión puede producirse por uno o la combinación de varios de ellos. En algunos pacientes, no se precisa el momento en que pudo ocurrir. Por lo que tomar medidas que se encaminen a la prevención de la Parálisis Cerebral, pueden contribuir al buen desarrollo del menor y su familia.

## 4. DISCUSIÓN

La prevalencia de la Parálisis Cerebral es de 1,5-3 por cada 1.000 recién nacidos vivos<sup>5</sup>, siendo mayor en recién nacidos prematuros de < 28 semanas (111,8/1.000 recién nacidos vivos) y recién nacidos < 1.500 g (59,2/1.000 recién nacidos vivos). Los niños con PC tienen necesidades de atención médica complejas y a menudo requieren atención por un equipo multidisciplinario, ya que además de los problemas neurológicos asocian otros trastornos que serán más frecuentes a mayor grado de afectación de la PC y que van a ser claves en la estimación de la esperanza de vida[15]. Estos resultados evidencian la necesidad de tomar acciones preventivas para evitar que se produzca la lesión.

La prevalencia de la Parálisis Cerebral es de 1,5-3 por cada 1.000 recién nacidos vivos, siendo más elevada en recién nacidos prematuros de menos de 28 semanas (111,8/1.000 recién nacidos vivos) y recién nacidos con peso inferior a 1.500 g (59,2/1.000 recién nacidos vivos). Los niños afectados por PC presentan necesidades de atención médica complejas y a menudo requieren la intervención de un equipo multidisciplinario. Además de los problemas neurológicos, suelen asociar otros trastornos que aumentan con el grado de afectación de la PC, siendo determinantes en la estimación de la esperanza de vida[15]. Estos resultados subrayan la importancia de implementar medidas preventivas para evitar posibles lesiones.

Cerebral Palsy es la discapacidad motora más común en la infancia. La identificación temprana es una prioridad crucial para los padres y es fundamental para acceder a recursos de intervención temprana que pueden optimizar la función[10]. Un diagnóstico precoz facilita una estimulación y tratamiento más efectivos para los niños afectados.

Reconocer la causa específica de la PC en un individuo afectado es esencial para proporcionar un manejo clínico óptimo. Las anomalías estructurales y/o funcionales del sistema nervioso central que subyacen a la PC pueden originarse durante la concepción, el desarrollo embrionario o fetal, el período perinatal o la primera infancia. Factores no genéticos, como exposiciones teratogénicas, hipoxia, hemorragia o infecciones, pueden causar PC en algunos pacientes[13]. Un estudio previo mostró resultados similares a los encontrados en esta investigación.

En un estudio con niños a término, se identificó una correlación significativa entre la admisión a la Unidad de Cuidados Intensivos (UCIN) y la encefalopatía neonatal en niños que desarrollaron PC. También se observó asociación entre PC e infecciones, malformaciones del sistema nervioso central, eventos adversos perinatales, gestación múltiple, infartos placentarios y pre eclampsia. Los factores de riesgo más frecuentes asociados a PC en una comunidad mexicana, según este estudio, son los perinatales[7,2]. Estos hallazgos coinciden con los resultados de una investigación realizada en Ecuador.

Un estudio titulado "Pediatric cerebral palsy in Botswana: etiology, outcomes, and comorbidities" señala que la parálisis cerebral en Botswana tiene diferentes etiologías y está asociada con peores resultados y una mayor prevalencia de

comorbilidades que lo reportado en entornos de recursos elevados. Se sugiere la necesidad de más estudios para determinar estrategias óptimas de prevención y tratamiento en esta población[5,19,20,21].

Estos resultados resaltan la validez de la presente investigación y sugieren la implementación de acciones para reducir la incidencia de la LESNC, tales como

1. Educar a las embarazadas sobre posibles factores de riesgo durante este periodo crucial para la gestación, concientizando sobre las posibles consecuencias para el futuro bebé y su familia.
2. Implementar acciones en los centros hospitalarios que destaquen la importancia de un cuidado especial durante el parto y la prevención de factores de riesgo.
3. Realizar acciones comunitarias para preparar a las púerperas y sus familias sobre la importancia del cuidado del recién nacido, evitando los factores de riesgo mencionados en la investigación.

Para concluir la sección de discusión, es fundamental resaltar que los hallazgos de este estudio tienen implicaciones prácticas significativas para la prevención y el manejo de la Parálisis Cerebral. Al identificar y comprender mejor los factores de riesgo y su etiología mediante el uso de la lógica difusa compensatoria en extensión neutrosófica, los profesionales de la salud pueden desarrollar estrategias más efectivas y personalizadas para intervenir tempranamente. Este enfoque permite una asignación de recursos más precisa y estrategias de intervención que potencialmente pueden reducir la incidencia y severidad de la Parálisis Cerebral. Además, estos resultados pueden informar políticas de salud pública dirigidas a fortalecer los programas de prevención y educación para las familias y los cuidadores, mejorando así los resultados a largo plazo para los niños afectados y sus comunidades.

## 5. CONCLUSIONES

En pacientes con Lesión Estática del Sistema Nervioso Central, los factores de riesgo se manifestaron principalmente en dos periodos: el Peri Natal, que registró la mayor incidencia, y el Mixto, caracterizado por la combinación de dos o más periodos.

Según la información recopilada de expertos mediante la aplicación de la Lógica Difusa Compensatoria en la extensión neutrosófica, los factores más relevantes en la etiología de la Parálisis Cerebral incluyen Infecciones Vaginales Maternas, Sufrimiento Fetal, Hipoxia Severa al Nacer, Sepsis del Recién Nacido, Parto Prematuro e Infecciones del Sistema Nervioso Central. Estos aspectos deben considerarse al buscar soluciones adecuadas.

Utilizando el método de Lógica Difusa Compensatoria con números neutrosóficos de valor único, se llevó a cabo un análisis estratégico, tomando en cuenta los criterios de los expertos consultados para proponer posibles soluciones destinadas a prevenir la incidencia de este tipo de diagnóstico (Parálisis Cerebral).

Se propone extender las acciones preventivas derivadas de la investigación a otros centros de atención Materno-infantil. Esto tiene como objetivo reducir la incidencia de la Parálisis Cerebral, considerando su impacto en el desarrollo adecuado del niño, su integración en la sociedad y la dinámica familiar. Además, se destaca la importancia de abordar los elevados costos asociados a esta condición tanto para el sistema de salud como para la economía familiar.

**RECEIVED: FEBRUARY, 2024.**

**REVISED: MAY, 2024.**

## REFERENCES

[1] ÁLVAREZ GÓMEZ, G. A., LEYVA VÁZQUEZ, M. Y., & ESTUPIÑÁN RICARDO, J. (2022): Application of Neutrosophy to the analysis of open government, its implementation and contribution to the Ecuadorian judicial system. <b>Neutrosophic Sets and Systems</b> , 52, 213-222
[2] BARRÓN-GARZA, F., M. CORONADO-GARZA, H. RIQUELME-HERAS, F. GUZMÁN-DE LA GARZA, C. IBARRA-RODRÍGUEZ, AND L. COVARRUBIAS-CONTRERAS, (2018): Factores De Riesgo Asociados A Parálisis Cerebral En Una Poblacion De Niños Y Jovenes Mexicanos, <b>Revista Ecuatoriana de Neurología</b> , 27, 34-40.
[3] BEARDEN, D.R., B. MONOKWANE, E. KHURANA, J. BAIER, E. BARANOV, K. WESTMORELAND, ET AL., (2016): Pediatric cerebral palsy in Botswana: etiology, outcomes, and comorbidities, <b>Pediatric Neurology</b> , 59, 23-29.
[4] BENNETT, J.F., M. ANDREWS, AND J. OMURA, (2020): Cerebral Palsy: Etiology, Evaluation, and Management of the Most Common Cause for Pediatric Disability, <b>Physician Assistant Clinics</b> , 5, 525-538.
[5] BOUZA-HERRERA, C. N., JUÁREZ-MORENO, P. O., SANTIAGO-MORENO, A., & SAUTTO-VALLEJO, J. M. (2022): A Two-Stage Scrambling Procedure: Simple and Stratified Random Sampling. An Evaluation of COVID 19's data in Mexico. <b>Investig. Oper</b> , 43, 421-430.
[6] CABEZAS, R., J. G. RUIZ, AND M. LEYVA, (2017): A Knowledge-based Recommendation Framework using SVN, <b>Neutrosophic Sets and Systems</b> , 16, 24-27.
[7] CANTERO, M.J.P., E. E. M. MEDINILLA, A. C. MARTÍNEZ, AND S. G. GUTIÉRREZ, (2021): Comprehensive approach to children with cerebral palsy, <b>Anales de Pediatría (English Edition)</b> , 95, 276-289.
[8] ELLIOTT A.M. AND C. GUIMOND, (2021): Genetic counseling considerations in cerebral palsy, <b>Molecular Genetics and Metabolism</b> , 137, 428-435

[9]	ESCOBAR GONZÁLES, EUGENIO JAVIER, ET AL. (2023): La neurosofía en la valoración del empleo de lubricadoras automotrices en el cantón Riobamba y su incidencia en la contaminación de aguas residuales. <b>Neutrosophic Computing &amp; Machine Learning</b> 27, 39. 47.
[10]	ESPÍN-ANDRADE, R.A.,E. GONZÁLEZ-CABALLERO, W. PEDRYCZ, AND E. FERNÁNDEZ, (2016): An Interpretable Logical Theory: The case of Compensatory Fuzzy Logic, <b>International Journal of Computational Intelligence Systems</b> , 9, 612-626.
[11]	FERNÁNDEZ,M.M., M.Y.L. VÁZQUEZ. (2022): Main types of computer crimes existing in Ecuador. <b>Journal of Social Problems Research</b> , 1, 56-65.
[12]	FRIEDMAN, J.M., P. VAN ESSEN, AND C. D. VAN KARNEBEEK, (2021): Cerebral palsy and related neuromotor disorders: Overview of genetic and genomic studies, <b>Molecular Genetics and Metabolism</b> , 137, 399-419..
[13]	GLASS, H.C., Y. LI, M. GARDNER, A. J. BARKOVICH, I. NOVAK, C. E. MCCULLOCH, ET AL., (2021): Early identification of cerebral palsy using neonatal MRI and General Movements Assessment in a cohort of high-risk term neonates, <b>Pediatric Neurology</b> , 118, 20-25.
[14]	GÓMEZ-PÉREZ, C., J. C. MARTORI, A. P. DIVÍ, J. M. CASANOVAS, J. V. SAMSÓ, AND J. M. FONT-LLAGUNES, (2021): Gait event detection using kinematic data in children with bilateral spastic cerebral palsy, <b>Clinical Biomechanics</b> , 90, 105492
[15]	HODELÍN HODELÍN, YASNAY, ET AL. (2023): Análisis estadístico neutrosófico para la evaluación de las habilidades de alfabetización informacional en los profesionales que asisten a la sala de atención al doctorado. <b>Neutrosophic Computing &amp; Machine Learning</b> 27 , 147-153
[16]	JADÁN-SOLÍS, P., B. A. AURIA-BURGOS, M. L. TRIANA-PALMA, C. Y. MACKENCIE-ÁLVAREZ, AND F. D. R. CARRIEL-PAREDES, (2019): Compensatory fuzzy logic model for impact assessment when implementing ICT in pedagogical scenarios, <b>Neutrosophic Sets and Systems</b> , 26, 41-48.
[17]	LEYVA-VÁZQUEZ, M., K. PÉREZ-TERUEL, AND R. I. JOHN, (2014): A model for enterprise architecture scenario analysis based on fuzzy cognitive maps and OWA operators, in <b>CONIELECOMP 2014 - 24th International Conference on Electronics, Communications and Computers, 2014</b> , 243-247.
[18]	MCINERNEY, M., C. IMMS, P. N. CARDING, AND D. S. REDDIHOUGH, (2021): Evaluation of an intensive voice treatment to reduce anterior drooling in children with cerebral palsy: Protocol for a concurrent multiple-baseline, single case experimental design study, <b>Contemporary Clinical Trials Communications</b> , 24, 100872.
[19]	MOLINA GUITÉRREZ, T. D. J., MACHADO MALIZA, M. E., ÁLVAREZ TAPIA, M., & MORENO LEMUS, N. (2023): Application of neutrosophic correlation in the identification of deficiencies in animal protection. <b>Neutrosophic Sets and Systems</b> , 62, 287-294.
[20]	MORIWAKI, M., H. YUASA, M. KAKEHASHI, H. SUZUKI, AND Y. KOBAYASHI, (2022): Impact of social support for mothers as caregivers of cerebral palsy children in Japan, <b>Journal of Pediatric Nursing</b> , 63, e64-e71.
[21]	NARVÁEZ MONTENEGRO, B. D., SILVA MONTOYA, O. F., SANTILLAN ANDRADE, J. R., & TANTALEÁN ODAR, C. F. (2023): Neutrosophic analysis of equity in the justice system. <b>Neutrosophic Sets and Systems</b> , 62, 295-302.
[22]	PENA, Y.R., J. R. HECHAVARRIA-HERNANDEZ, AND M. L. VAZQUEZ, (2019): Problem-based learning. An experience on the inclusion of quality problems in <b>Educational Software Engineering, in 2018 World Engineering Education Forum - Global Engineering Deans Council, WEEF-GEDC</b> .
[23]	SMARANDACHE, F., J. E. RICARDO, E. G. CABALLERO, M. Y. L. VÁZQUEZ, AND N. B. HERNÁNDEZ, (2020): Delphi method for evaluating scientific research proposals in a neutrosophic environment, <b>Neutrosophic Sets and Systems</b> , 34, 204-213.
[24]	SMARANDACHE, F., M. A. QUIROZ-MARTÍNEZ, J. E. RICARDO, N. B. HERNÁNDEZ, AND M. Y. L. VÁZQUEZ, Application of neutrosophic offsets for digital image processing, <b>Investigacion Operacional</b> , 41, 603-611.
[25]	SOLANO MORENO, A. F., CADENA POSSO, A. A., ANDRADE SANTAMARÍA, D. R., & VALVERDE TORRES, Y. L. (2022): Application of compensatory fuzzy logic to a legal analysis of abandonment of causes. <b>Neutrosophic Sets and Systems</b> , 52, 41-50.
[26]	VITERI-MOYA, J.R., G. A. ÁLVAREZ-GÓMEZ, C. VITERI-SÁNCHEZ, AND M. Y. LEYVA-VÁZQUEZ, (2021): El liderazgo sincrónico en la transformación de la educación superior, <b>Universidad y Sociedad</b> , 13, 139-146.
[27]	ZOUVELOU, V., D. YUBERO, L. APOSTOLAKOPOULOU, E. KOKKINOU, M. BILANAKIS, Z. DALIVIGKA, ET AL., (2019): The genetic etiology in cerebral palsy mimics: the results from a Greek tertiary care center, <b>European Journal of Paediatric Neurology</b> , 23, 427-437.