

# Lógica difusa neutrosófica para medir la respuesta de los tejidos periodontales de los pacientes fumadores al proceso de cicatrización.

## Neutrosophic fuzzy logic to measure the response of periodontal tissues of smoking patients to the healing process.

Yaima Rodríguez Cuellar <sup>1</sup>, Elsy Labrada González <sup>2</sup>, and Lessly Chuqui Atiaja <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. E-mail: [ua.yaimarodriguez@uniandes.edu.ec](mailto:ua.yaimarodriguez@uniandes.edu.ec)

<sup>2</sup> Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. E-mail: [ua.elsylabrada@uniandes.edu.ec](mailto:ua.elsylabrada@uniandes.edu.ec)

<sup>3</sup> Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. E-mail: [lesslyca95@uniandes.edu.ec](mailto:lesslyca95@uniandes.edu.ec)

**Resumen.** En la actualidad el tabaquismo se ha convertido en un problema de salud mundial, ya que no solo aumenta el riesgo de desarrollar enfermedad periodontal, sino que afecta también de forma altamente significativa a la respuesta al tratamiento periodontal y procesos quirúrgicos orales. La presente investigación tiene como objetivo desarrollar un método neutrosófico para medir la respuesta de los tejidos periodontales de los pacientes fumadores al proceso de cicatrización. Los resultados obtenidos con la implementación del método neutrosófico demuestran que el tabaquismo influye de forma directa en el proceso de cicatrización de los tejidos periodontales, presentando los pacientes fumadores alveolitis seca, hemorragias y dolor intenso después de procesos quirúrgicos orales como la extracción de una pieza dental.

**Palabras Claves:** números neutrosófico, cirugía bucal, tejidos blandos, tabaquismo, tratamiento activo.

**Summary.** Currently, smoking has become a global health problem, since it not only increases the risk of developing periodontal disease, but also highly significantly affects the response to periodontal treatment and oral surgical processes. The objective of this research is to develop a neutrosophic method to measure the response of the periodontal tissues of smoking patients to the healing process. The results obtained with the implementation of the neutrosophic method demonstrate that smoking directly influences the healing process of periodontal tissues, with smoking patients presenting dry socket, hemorrhages and intense pain after oral surgical processes such as extraction of a tooth.

**Keywords:** neutrosophic numbers, oral surgery, soft tissues, smoking, active treatment.

### 1 Introducción

En la actualidad el tabaquismo se ha convertido en un problema de salud mundial, ya que no solo aumenta el riesgo de desarrollo de enfermedad periodontal, sino que afecta también de forma altamente significativa la respuesta al tratamiento periodontal ya sea quirúrgico como no quirúrgico. El tabaquismo es una práctica considerablemente perjudicial para la salud y se sigue extendido entre la población mundial [1]

En tal sentido, el humo de cigarrillo es una mezcla compleja de alrededor de 4.000 elementos con características mutagénicas, citotóxicas y carcinogénicas, mismas que contienen acetaldehído y acroleína (irritantes de la vía aérea) naftaleno, cadmio, dibenzacridina, benzopireno, uretano y toluidina (sustancias cancerígenas) y varios químicos tóxicos para el organismo, donde resalta la nicotina que es una de las más analizadas, producto de su correlación con la adicción de los individuos fumadores [2].

Asimismo, el tabaquismo es considerado como la primera causa prevenible de fallecimiento prematuro a nivel global y se calcula que el año 2020 se relacionó con cerca de 10 millones de defunciones anuales, principalmente en naciones en vía de desarrollo. Por otra parte, el fumar puede ser factor de riesgo significativo de la periodontitis, los padecimientos crónicos no transmisibles y el cáncer oral que es una causa significativa de fallecimientos a nivel global según la Organización Mundial de la Salud (OMS) [3].

Por otra parte, se define a la enfermedad periodontal como una infección crónica oral de mayor prevalencia y relacionada con el hábito de fumar, lo que genera una elevada pérdida de la funcionalidad bucal. Es considerada como una inestabilidad entre la flora de la placa dental que coloniza el surco gingival y la interacción inmunológica del paciente [4]. Sus manifestaciones iniciales se dan desde edades prematuras, volviéndose más prevalentes una vez la persona ha llegado a los 35 años de edad, cuando cerca de tres de cuatro adultos padecen periodontitis.

Al respecto, la periodontitis es apreciada como una enfermedad inflamatoria, que aflige el periodonto de inserción y de acuerdo al nivel de daño puede resultar en la pérdida total de los tejidos que soportan al diente. Determinados factores de riesgo tiene la probabilidad de cambiar la resistencia o vulnerabilidad en la enfermedad periodontal, entre los cuales se pueden encontrar causas como higiene bucal inadecuada, microorganismos periodontos patógenos, tabaquismo, enfermedades sistémicas asociadas a disfunción inmunológica, sexo, estrés, raza, condiciones socioeconómicas, entre muchas más [5].

Se conoce que en la relación entre el hábito de fumar y la enfermedad periodontal el tabaco es un indiscutible factor directo en la patogénesis de la periodontitis en casos que se han controlado otras variables como los niveles de placa bacteriana, mala higiene bucal y otros factores [6]. Además, la nicotina genera perturbaciones en el metabolismo en la secreción proteica, en la síntesis de colágeno, y en la reproducción de los fibroblastos, microorganismos fundamentales en la respuesta hacia el tratamiento periodontal [7].

Al mismo tiempo el tabaquismo interviene de forma negativa en la respuesta innata e inmune. Los neutrófilos se ven afectados debido a la exposición a la nicotina, como también la fagocitosis, a más de existir generación de peróxido de hidrógeno, y creación de proteasa inhibitoria [8]. Además, en pacientes fumadores se generan variaciones en las células mononucleadas en sangre periférica, en el fluido crevicular gingival y niveles cambiantes de citiquinas, ello debido a que los químicos que conforman al tabaco reducen la capacidad reproductiva de los linfocitos T y B, específicamente se da una reducida producción de los anticuerpos protectores. Por lo que, se puede mencionar que el consumo de tabaco aumenta el riesgo de recurrencia de la periodontitis [9].

Por otra parte, varias indagaciones han relacionado al tabaquismo con una elevada probabilidad de generar en los tejidos periodontales procesos inmunoinflamatorios crónicos, mismos que pueden presentarse de manera diversa, pudiendo afectar los tejidos superficiales como también involucrar los tejidos profundos [10]. Con el hábito fumar se vuelve más difícil el combatir una infección en las encías, ya que una vez que las encías se encuentran dañadas, los efectos del tabaco dificultan el proceso de cicatrización.

Además, se sabe que los individuos con el hábito de fumar y que padezcan o estén afectados por enfermedad periodontal responden de una manera no muy favorable a los tratamientos periodontales [11], a más que el tabaquismo puede estar relacionado con la recidiva del padecimiento durante la etapa de mantenimiento. Por lo que, se tiene que incluir en el tratamiento periodontal, programas educativo-preventivos que busquen eliminar el mal hábito de fumar [12].

A partir de las afirmaciones anteriores, se considera a las afecciones orales y al tabaquismo como un significativo problema de salud debido a su elevada prevalencia. Además, los problemas orales pueden afectar gravemente a las personas ya sea económica y socialmente, además de afectar a la calidad de vida de las personas. Por ello en el presente trabajo se busca identificar como se relaciona el tabaquismo con la recuperación de una persona que ha pasado por un tratamiento periodontal, sus efectos y consecuencias antes y después del procedimiento para poder ayudar a salvaguardar la salud de los pacientes. Para alcanzar este objetivo se emplea la Lógica Difusa Neutrosófica.

## 2 Preliminares

La lógica difusa es un modo de razonamiento que aplica valores múltiples de verdad o confianza a las categorías restrictivas durante la resolución de problemas. El conjunto es una colección de objetos que pueden clasificarse gracias a las características que tienen común. Se define de dos formas: por extensión ( $\{a, e, i, o, u\}$ ) o por comprensión.

Un conjunto booleano  $A$  es una aplicación de un conjunto referencial  $S$  en el conjunto  $\{0, 1\}$ ,  $A : S \rightarrow \{0,1\}$ , y se define con una función característica:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } x \in A \\ 0 & \text{si } x \notin A \end{cases} \quad (1)$$

Los conjuntos difusos dan un valor cuantitativo a cada elemento, el cual representa el grado de pertenencia al conjunto [13], [14].

Un conjunto difuso  $A$  es una aplicación de un conjunto referencial  $S$  en el intervalo  $[0, 1]$

$A : S \rightarrow [0,1]$ , y se define por medio de una función de pertenencia:  $0 \leq \mu_A(x) \leq 1$ .

Mientras más cercano esté el valor a 0 menos se puede asegurar la pertenencia de un elemento a un conjunto [13], [15], [16]. Por el contrario cuanto más cercano esté el valor a 1 más se puede asegurar la pertenencia del elemento al conjunto [17-19].

Puede representarse como un conjunto de pares ordenados de un elemento genérico  $x$ ,  $x \in A$  y su grado de pertenencia  $\mu_A(x)$ :

$$A = \{(x, \mu_A(x)), \mu_A(x) \in [0,1]\} \quad (2)$$

El trabajo con lógica difusa puede ser representado con el empleo de variables lingüísticas para mejorar la interpretabilidad de los datos. Las variables lingüísticas son aquellas del lenguaje natural caracterizadas por los conjuntos difusos definidos en el universo de discurso en la cual se encuentran definidas [20], [21], [22].

Para definir un conjunto de términos lingüísticos se debe establecer previamente la granularidad de la incertidumbre del conjunto de etiquetas lingüísticas con el que se va a trabajar [23], [23], [24]. La granularidad de la incertidumbre es la representación cardinal del conjunto de etiquetas lingüísticas usadas para representar la información.

El grado de pertenencia de un elemento  $M(x)$  a un conjunto difuso será determinado por funciones de pertenencia [25, 26]. Las funciones típicas de pertenencia más abordadas en la literatura científica son [27], [28], [29]: Función Triangular, Función Trapezoidal, Función Gaussiana.

Función Triangular: Definido por sus límites inferior  $a$  y superior  $b$ , y el valor modal  $m$ , tal que  $a < m < b$  [30], [31].

$$A(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x \leq a \\ \frac{(x-a)}{(m-a)} & \text{si } a < x \leq m \\ \frac{(b-x)}{(b-m)} & \text{si } m < x < b \\ 0 & \text{si } x \geq b \end{cases} \quad (3)$$

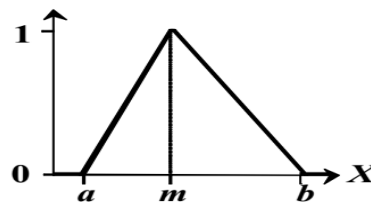


Figura. 1. Función triangular.

Función Trapezoidal: Definida por sus límites inferior  $a$  y superior  $d$ , y los límites  $b$  y  $c$ , correspondientes al inferior y superior respectivamente de la meseta [32], [31], [33].

$$A(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x \leq a \text{ o } x \geq d \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & \text{si } a < x < b \\ 1 & \text{si } b \leq x \leq c \\ \frac{(d-x)}{(d-c)} & \text{si } c < x < d \end{cases} \quad (4)$$

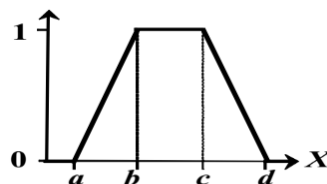


Figura. 2. Función trapezoidal.

Función Gaussiana. Definida por su valor medio  $m$  y el valor  $k > 0$ . Es la típica campana de Gauss (mayor  $k$ , más estrecha es la campana) [34], [35], [36].

$$A(x) = e^{-k(x-m)^2} \quad (5)$$

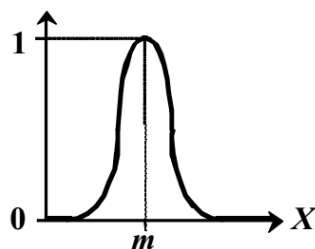


Figura. 3. Función gaussiana.

Sobre los conjuntos difusos se pueden realizar operaciones lógicas de intersección (conjunción), la unión (disyunción) y el complemento (negación). Para hacer dichas operaciones se pueden utilizar las T-Normas y las S-Normas. Las T-Normas especifican las condiciones que deben reunir las operaciones para interceptar conjuntos y las S-Normas lo hacen para las uniones.

Las intersecciones ocurren en las conjunciones y las contribuciones, de forma parecida las uniones ocurren en las disyunciones y el global [37, 38]. Estas operaciones son realizadas en los sistemas expertos para calcular los factores de certeza de las reglas de producción. Según las T-Normas y las S-Normas estas operaciones cumplen con las siguientes condiciones:

Es una operación T-norma si cumple las siguientes propiedades:

- 1 Conmutativa  $T(x, y) = T(y, x)$  (6)

- 2 Asociativa  $T(x, T(y, z)) = T(T(x, y), z)$ . (7)

- 3 Monótono creciente  $T(x, y) > T(x, y)$  si  $x \geq x' \cap y \geq y'$  (8)

- 4 Elemento neutro  $T(x, 1) = x$  (9)

Es una operación T-conorma si cumple las siguientes propiedades:

- 1 Conmutativa  $S(x, y) = T(y, x)$  (10)

- 2 Asociativa  $S(x, S(y, z)) = S(S(x, y), z)$  (11)

- 3 Monótono creciente  $S(x, y) > T(x, y)$  si  $x \geq x' \cap y \geq y'$  (12)

- 4 Elemento neutro  $S(x, 1) = x$  (13)

En un sistema expresado mediante lógica difusa se tienen variables lingüísticas, sus etiquetas, las funciones de pertenencia de las etiquetas, las reglas de producción y los factores de certeza asociados a estas reglas. Como datos de entrada al sistema se tienen valores numéricos que toman las variables lingüísticas.

Los valores de entradas se convierten en valores de pertenencia a etiquetas difusas que son equivalentes a los factores de certeza [39]. Este proceso se llama Fuzzyficación, dado que convierte valores numéricos a difusos.

A partir de estos valores obtenidos en el proceso de Fuzzyficación ocurre el proceso de propagación de certeza usando las reglas de producción definidas. Este es el proceso de Inferencia Fuzzy, en el cual se utilizan las funciones de las T-Normas y las S-Normas [40], [41].

Obteniéndose como resultados valores de certeza que se refieren a las pertenencias a los conjuntos de salida. A partir de los valores de pertenencia a las variables lingüísticas de salida hay que obtener los valores numéricos de estas y a este proceso se le denomina Desfuzzyficación. La Desfuzzyficación de las variables puede realizarse por el Método del Centroide que constituye el más utilizado para este proceso [42], [43], [44]. La figura 4 muestra un esquema de un sistema expresado mediante lógica difusa.

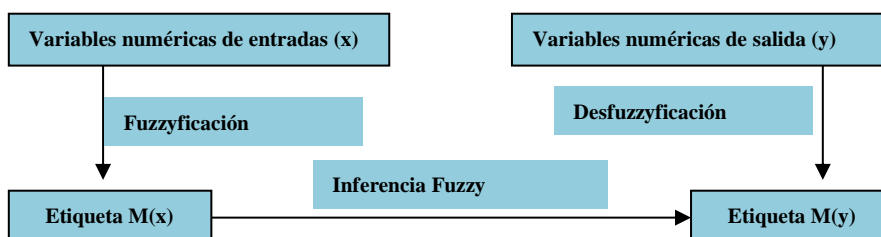


Figura. 4. Esquema de un sistema expresado mediante lógica difusa.

Los números neutrosóficos se definen como: un  $N = \{(T, I, F) : T, I, F \subseteq [0, 1]1n\}$ , una valoración neutrosófica es un mapeo de un grupo de fórmulas proporcional a  $N$ , esto es que por cada oración  $p$  tiene:

$$v(p) = (T, I, F) \tag{14}$$

Con el propósito de facilitar la aplicación práctica a la toma de decisiones y problemas de ingeniería, se realizó la propuesta de las Unidades Neutrosóficas de Valor Único. (SVN) [45],[46], [47], que permiten el uso de variables lingüísticas [48], [49], lo que aumenta la forma de interpretar los modelos de recomendación y el uso de la indeterminación.

Sea  $X$  un universo de habla. Un SVN sobre  $X$  es un objeto de la forma.

$$A = \{x, u_A(x), r_A(x), v_A(x) : x \in X\}d \tag{15}$$

### 3 Método difuso neutrosófico para medir la respuesta de los tejidos periodontales de los pacientes fumadores al proceso de cicatrización

El método para medir la respuesta de los tejidos periodontales de los pacientes fumadores al proceso de cicatrización, basa su funcionamiento mediante la lógica difusa. Utiliza el proceso de inferencia basado en el Centroide o Centro de Gravedad (GOC) en la Desfuzzyficación numérica del valor de la respuesta de los tejidos periodontales de los pacientes fumadores.

La inferencia basada en GOC garantiza no tener que ajustar ningún coeficiente, solo es necesario conocer las funciones de pertenencia de cada una de las etiquetas definidas [50, 51]. Para inferir con GOC se parte de los valores de pertenencia a cada una de las etiquetas asociadas a la variable que se quiere Desfuzzyficar. Para cada variable de salida fuzzyficada, se trunca el valor máximo de la función de pertenencia de cada etiqueta, a partir del valor obtenido durante la inferencia.

El proceso se realiza de igual forma para cada etiqueta. Cada etiqueta se trunca según el valor de certeza inferido. Se garantiza que sean más truncados los gráficos de las etiquetas inferidos con menor valor. Luego se combina el resultado del truncamiento de todas estas funciones y se obtiene el centro de gravedad [52]. Para eso se usa la ecuación 16:

$$GOC = \frac{\int M(x) * x dx}{\int M(x) dx} \tag{16}$$

Donde  $M(x)$  representa el grado de pertenencia del elemento  $X$  que tomará valores en el universo discurso, usando un paso definido. Mientras menor sea este paso más exacto será el resultado del GOC.

Para medir el efecto de la respuesta de los tejidos periodontales de los pacientes fumadores al proceso de cicatrización, el método basa su funcionamiento mediante la lógica difusa, que tendrá como variables lingüísticas los indicadores definidos en la tabla 1. Estos indicadores son estabilidad emocional, antecedentes psicosociales y de salud. Como variable de salida se tiene la evaluación del efecto la respuesta de los tejidos periodontales de los pacientes fumadores al proceso de cicatrización. Se definió que cada una de estas variables de entrada o salida, tendrán asociadas las etiquetas de Baja, Media, Alta y Excelente. Para valorar el impacto que tienen las etiquetas lingüísticas de la variable de salida ver Tabla 1.

**Tabla 1.** Impacto de las etiquetas de la variable de salida.

Etiqueta	Impacto
Baja	Una disminución en la profundidad de sondaje indica una mejora en la salud periodontal, lo que sugiere que los tejidos periodontales están respondiendo de manera positiva a la cicatrización.
Media	Un aumento en el nivel de inserción clínica indica una mejora en la unión del tejido conectivo al diente, lo que es un signo positivo de cicatrización.
Alta	Una disminución en la recesión gingival indica una mejora en la posición de la encía, lo que puede ser un indicador de una respuesta favorable a la cicatrización. Esto puede significar una mejor cobertura radicular y protección del diente, así como una mejora estética para el paciente.

Para la etiqueta BAJA la función de pertenencia asociada será la función triangular, tal que  $\langle 0,4,5 \rangle$ . El primer valor representa dónde comienza la función, el segundo dónde se hace 1, el tercero dónde comienza a disminuir y el cuarto dónde se hace 0.

Para la etiqueta MEDIA, utilizando la función PI, se tiene  $\langle 4,5,6,7 \rangle$ .

Para la etiqueta ALTA, de función de distribución gaussiana igualmente, será  $\langle 6,7,8,9 \rangle$ .

La Figura 5 muestra las funciones de pertenencia de las etiquetas lingüísticas de las variables de entrada.

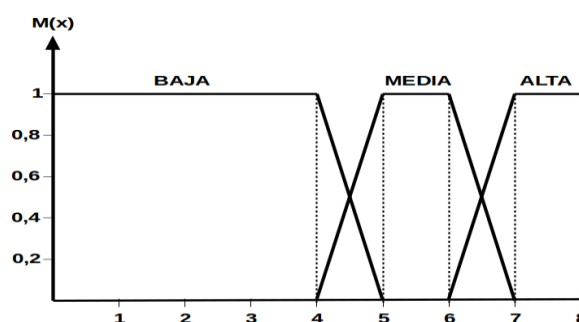


Figura 5. Funciones de pertenencia de las etiquetas lingüísticas de las variables de entrada.

Los valores de pertenencia expresado en las etiquetas lingüísticas pueden ser correspondido con los conjuntos de términos lingüísticos neutrosóficos tal como muestra

Tabla 2. Términos lingüísticos empleados

Término lingüístico	Números SVN	Variables numéricas
Extremadamente buena (EB)	(1,0,0)	10
Muy muy buena (MMB)	(0.9, 0.1, 0.1)	9
Muy buena (MB)	(0.8,0,15,0.20)	5
Buena (B)	(0.70,0.25,0.30)	7
Medianamente buena (MDB)	(0.60,0.35,0.40)	6
Media (M)	(0.50,0.50,0.50)	5
Medianamente mala (MDM)	(0.40,0.65,0.60)	4
Mala (MA)	(0.30,0.75,0.70)	3
Muy mala (MM)	(0.20,0.85,0.80)	2
Muy muy mala (MMM)	(0.10,0.90,0.90)	1
Extremadamente mala (EM)	(0,1,1)	0

Utilizando la valoración de expertos en el tema se definieron las reglas de producción. Estas reglas garantizan que siempre la evaluación del efecto de la respuesta de los tejidos periodontales de los pacientes fumadores al proceso de cicatrización esté mayormente determinada por la menor evaluación obtenida en los indicadores de entrada.

Una vez que se tienen estos datos se podrá proceder a la Fuzzyficación de las variables de entrada. El universo discurso es igual para todas las variables de entrada que se han definido, por lo que todas las variables de entrada tienen las mismas etiquetas lingüísticas y funciones de pertenencia.

Luego de calcular los factores de certeza para cada una de las etiquetas de las variables de entrada, se pasará a la fase de Inferencia Fuzzy. En esta se calcularán los factores asociados a las etiquetas de las variables de salida. A partir de las cuatro reglas de producción definidas se calcularán las DISY y CTR necesarias, siguiendo el par Mínimo-Máximo de las T-Normas y S-Normas.

En la tercera fase se procederá a la Desfuzzyficación que se realizará mediante el Método del Centroide. El paso será de 1, dado que  $x$  irá desde  $X_1$  hasta  $X_{10}$ , para ganar en exactitud en la medida el efecto la respuesta de los tejidos periodontales de los pacientes fumadores al proceso de cicatrización. Las etiquetas de la variable de salida serán las mismas utilizadas para las variables de entrada, al igual que sus funciones de pertenencia.

#### 4 Resultados y discusión

Para evaluar los resultados de la presente investigación se realizará una experimentación. El experimento tendrá como principal objetivo demostrar la aplicabilidad de la lógica difusa basada en la experiencia del usuario para medir el efecto de la respuesta de los tejidos periodontales de los pacientes fumadores al proceso de cicatrización.

Se tienen los valores de entrada [3, 2, 5,] para los indicadores de respuesta de los tejidos periodontales de los pacientes fumadores al proceso de cicatrización. En el proceso de Fuzzyficación se calculan los factores de certeza de cada una de las variables de entrada para cada una de sus etiquetas. Al aplicarle la Fuzzyficación a las variables de entrada, teniendo los valores numéricos asociados a cada una de ellas, se obtienen los resultados de la Tabla 3. El cálculo de los grados de pertenencia se realiza según las funciones típicas de pertenencia.

Tabla 3. Grados de pertenencia de los valores de entrada a los conjuntos difusos.

VARIABLES LINGÜÍSTICAS	ETIQUETA BAJO	ETIQUETA MEDIO	ETIQUETA ALTO
1- Profundidad de sondaje	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.8,0,15,0.20)	(1,0,0)
2- Nivel de inserción clínica	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.9, 0.1, 0.1)	(1,0,0)
3- Recesión gingival	(0.8,0,15,0.20)	(0.8,0,15,0.20)	(0.9, 0.1, 0.1)

El proceso de Inferencia Fuzzy se realiza a través de las reglas definidas, utilizando el par Mínimo-Máximo de las T-Normas y S-Normas. Una vez realizado este proceso se obtienen los valores que se muestran en la Tabla 3 para la variable de salida efecto jurídico y socioeconómico.

Tabla 3. Grados de pertenencia de los valores de entrada a los conjuntos difusos.

VARIABLES LINGÜÍSTICAS	ETIQUETA BAJO	ETIQUETA MEDIO	ETIQUETA ALTO
Respuesta de los tejidos periodontales de los pacientes fumadores al proceso de cicatrización	(0.86,0,15,0.20)	(0.83,0,15,0.20)	(0.96, 0.1, 0.1)

La Inferencia Fuzzy arroja como resultados que el grado de pertenencia de la variable de salida es de 1 para la etiqueta bajo y de 0,8 para la etiqueta medio. Para Desfuzzyficar la variable de salida se aplica el Método del Centroide.

En la figura 6 se muestra el grado de pertenencia de la variable de salida (respuesta de los tejidos periodontales de los pacientes fumadores al proceso de cicatrización) con valor 8.5. Aquí se observa que para el valor de esta variable, el grado de pertenencia de a la etiqueta lingüística bajo es del 100%, lo cual significa que se requiere de acciones para mitigar el efecto de la respuesta de los tejidos periodontales de los pacientes fumadores al proceso de cicatrización.

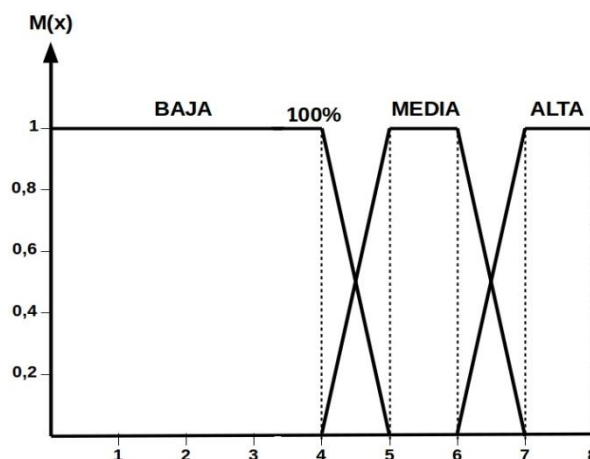


Figura 6. Grado de pertenencia de la variable respuesta de los tejidos periodontales de los pacientes fumadores al proceso de cicatrización.

## Discusión

Los resultados del Método de Lógica Neutrosófica implementado indican que el fumar afecta negativamente el tratamiento y recuperación de parámetros periodontales. Estos resultados concuerdan con Tawfik et al. [53] y Askar et al. [54] quienes mencionaron que la costumbre de fumar se asocia con complicaciones postoperatorias como el cierre de cicatrices postoperatorias.

Por otra parte, Costa y Cota [55] mencionaron que el haber fumado y fumar activamente incrementa significativamente el riesgo de padecer periodontitis. Además, Boulaamain et al. [56] establecen que los efectos del cigarrillo afectan al tratamiento periodontal en áreas dentales específicas como bolsas profundas en molares maxilares, lo que influye negativamente en la recuperación postquirúrgica. Siendo así, Naji et al. [57], mencionaron que los pacientes fumadores luego de una cirugía periodontal no tiene una recuperación igual a la de pacientes no fumadores.

Tawfik et al. [53] hallaron que el fumar por un periodo de 3 meses incrementa de forma significativa el índice medio de placa, el índice gingival y la profundidad al sondaje, en comparación con pacientes que no fuman lo que incrementa el riesgo de desarrollar enfermedad periodontal. Por otro lado, Al Sanari et al. [58] determinaron que

el fumar incrementa el riesgo de presentar hemorragias después de la cirugía, acompañadas de un dolor consistentemente mayor que en las personas que no fuman. Mientras que Askar et al. [59] identificaron que el fumar influye en el desarrollo de hipersensibilidad y dolor en las encías, principalmente después de extracción quirúrgica de dientes impactados y la elevación del piso del seno lateral.

Además, Malavé et al. [60] identificaron que la aplicación de plasma rico en plaqueta es útil para el tratamiento de regeneración post exodoncia derivada de la enfermedad periodontal, ello debido a que mejora los patrones de cicatrización y el cierre de heridas. Mientras que Alrayyes et al. [54] determinaron que la aplicación de plasma rico en plaqueta también reduce las complicaciones postoperatorias entre los fumadores.

## Conclusión

La teoría de la lógica difusa aplicada para realizar el análisis y evaluación para medir el efecto de la respuesta de los tejidos periodontales de los pacientes fumadores al proceso de cicatrización, genera y entrega datos exactos en comparación con otros métodos cualitativos. Una vez analizados los resultados de la investigación se obtiene un método de evaluación de la respuesta de los tejidos periodontales de los pacientes fumadores al proceso de cicatrización, contribuyendo con una herramienta para el análisis del fenómeno mediante lógica difusa capaz de cuantificar la variable objeto de estudio.

El tabaquismo influye de forma directa en el proceso de cicatrización de los tejidos blandos, presentando los pacientes fumadores alveolitis seca, hemorragias y dolor intenso después de procesos quirúrgicos orales como la extracción de una pieza dental. Además, fumar afecta de forma negativa los resultados del tratamiento periodontal y la progresión de la periodontitis, sin tener en cuenta otros factores de riesgo.

Los hallazgos sugirieron que existe una diferencia significativa entre las complicaciones (dolor, sangrado e hinchazón) posteriores a procedimientos quirúrgicos orales presentadas por los pacientes fumadores y no fumadores. Para mejorar la respuesta de los tejidos se puede utilizar plasma rico en plaquetas que ayuda a reducir las complicaciones postoperatorias favoreciendo los patrones de cicatrización y el cierre de heridas.

## Referencias

- [1] R. A. Sagtani, S. Thapa, and A. Sagtani, "Smoking, general and oral health related quality of life—a comparative study from Nepal," *Health and quality of life outcomes*, vol. 18, pp. 1-7, 2020.
- [2] M. O. Folayan, O. Alade, Y. Adeyemo, H. J. Sabbagh, A. Oyapero, E. O. Oziegbe, B. O. Popoola, M. Quritum, and M. El Tantawi, "Differences in risk indicators associated with electronic cigarette use and tobacco smoking among adolescents and young people in Nigeria," *BMJ Open Respiratory Research*, vol. 9, no. 1, pp. e001285, 2022.
- [3] E. N. C. Chilinguina, M. F. Z. Pérez, M. V. B. Carvajal, M. d. J. C. Lima, and D. d. I. N. C. Mendoza, "Aspectos médico legales y quirúrgicos de los oblitos. Presentación de un caso," *Anatomía Digital*, vol. 4, no. 2, pp. 142-152, 2021.
- [4] A. Duque, P.-J. Martínez, A. Giraldo, D. F. Gualtero, C.-M. Ardila, A. Contreras, S. Duarte, and G.-I. Lafaurie, "Accuracy of cotinine serum test to detect the smoking habit and its association with periodontal disease in a multicenter study," *Medicina oral, patología oral y cirugía bucal*, vol. 22, no. 4, pp. e425, 2017.
- [5] D. D. Gaibor, M. B. Cifuentes, J. J. Burneo, and A. C. Gallegos, "Tratamiento en paciente fumador con Periodontitis con Stage III, Grade C. Reporte de caso," *Revista KIRU*, vol. 17, no. 1, 2020.
- [6] M. Caggiano, R. Gasparro, F. D'Ambrosio, M. Pisano, M. P. Di Palo, and M. Contaldo, "Smoking Cessation on Periodontal and Peri-Implant Health Status: A Systematic Review," *Dentistry Journal*, vol. 10, no. 9, pp. 162, 2022.
- [7] S. Al Kawas, F. Al-Marzooq, B. Rahman, J. A. Shearston, H. Saad, D. Benzina, and M. Weitzman, "The impact of smoking different tobacco types on the subgingival microbiome and periodontal health: A pilot study," *Scientific reports*, vol. 11, no. 1, pp. 1113, 2021.
- [8] A. B. Pinheiro, and A. L. C. da Silva, "Análise da sensibilidade ambiental do litoral de Paraty (Estado do Rio Janerio, Brasil) a potenciais derramamentos de óleo," *Revista Geográfica de América Central*, vol. 1, no. 66, pp. 157-188, 2021.
- [9] I. Šutej, D. Božić, K. Peroš, and D. Plančak, "Cigarette smoking and its consequences on periodontal health in teenagers: a cross-sectional study," *Central European Journal of Public Health*, vol. 29, no. 4, pp. 311-316, 2021.
- [10] P. M. Duarte, C. F. P. Nogueira, S. M. Silva, C. M. Pannuti, K. C. Schey, and T. S. Miranda, "Impact of smoking cessation on periodontal tissues," *international dental journal*, vol. 72, no. 1, pp. 31-36, 2022.
- [11] T. Hanioka, M. Morita, T. Yamamoto, K. Inagaki, P.-L. Wang, H. Ito, T. Morozumi, T. Takeshita, N. Suzuki, and H. Shigeishi, "Smoking and periodontal microorganisms," *Japanese Dental Science Review*, vol. 55, no. 1, pp. 88-94, 2019.
- [12] Y. Jiang, X. Zhou, L. Cheng, and M. Li, "The impact of smoking on subgingival microflora: from periodontal health to disease," *Frontiers in microbiology*, vol. 11, pp. 66, 2020.



- [13] L. A. Lumba, U. Khayam, and L. S. Lumba, "Application of Fuzzy Logic for Partial Discharge Pattern Recognition." pp. 210-215.
- [14] M. Chang, K. Kim, and D. Jeon, "Research on Terrain Identification of the Smart Prosthetic Ankle by Fuzzy Logic," *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, vol. 27, no. 9, pp. 1801-1809, 2019.
- [15] I. Soesanti, and R. Syahputra, "A Fuzzy Logic Controller Approach for Controlling Heat Exchanger Temperature," *Journal of Electrical Technology UMY*, vol. 3, no. 4, pp. 206-213, 2020.
- [16] S. Zhang, X. Huang, J. Min, Z. Chu, X. Zhuang, and H. Zhang, "Improved fuzzy logic method to distinguish between meteorological and non-meteorological echoes using C-band polarimetric radar data," *Atmospheric Measurement Techniques*, vol. 13, no. 2, pp. 537-537, 2020.
- [17] J. E. Ricardo, M. Y. L. Vázquez, A. J. P. Palacios, and Y. E. A. Ojeda, "Inteligencia artificial y propiedad intelectual," *Universidad y Sociedad*, vol. 13, no. S3, pp. 362-368, 2021.
- [18] I. A. González, A. J. R. Fernández, and J. E. Ricardo, "Violación del derecho a la salud: caso Albán Cornejo Vs Ecuador," *Universidad Y Sociedad*, vol. 13, no. S2, pp. 60-65, 2021.
- [19] G. Á. Gómez, J. V. Moya, J. E. Ricardo, and C. V. Sánchez, "La formación continua de los docentes de la educación superior como sustento del modelo pedagógico," *Revista Conrado*, vol. 17, no. S1, pp. 431-439, 2021.
- [20] J. Ye, "Multiple attribute group decision making based on interval neutrosophic uncertain linguistic variables," *International Journal of Machine Learning and Cybernetics*, vol. 8, no. 3, pp. 837-848, 2017.
- [21] P. Liu, and F. Teng, "An extended TODIM method for multiple attribute group decision - making based on 2 - dimension uncertain linguistic Variable," *Complexity*, vol. 21, no. 5, pp. 20-30, 2016.
- [22] J. Fan, S. Yu, J. Chu, D. Chen, M. Yu, T. Wu, J. Chen, F. Cheng, and C. Zhao, "Research on multi-objective decision-making under cloud platform based on quality function deployment and uncertain linguistic variables," *Advanced Engineering Informatics*, vol. 42, pp. 100932, 2019.
- [23] C. Li, and J. Yuan, "A new multi-attribute decision-making method with three-parameter interval grey linguistic variable," *International Journal of Fuzzy Systems*, vol. 19, no. 2, pp. 292-300, 2017.
- [24] S. Xian, Z. Yang, and H. Guo, "Double parameters TOPSIS for multi-attribute linguistic group decision making based on the intuitionistic Z-linguistic variables," *Applied Soft Computing*, vol. 85, pp. 105835, 2019.
- [25] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado*, vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.
- [26] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.
- [27] R. Ahsan, T. T. Chowdhury, W. Ahmed, M. A. Mahia, T. Mishma, M. R. Mishal, and R. M. Rahman, "Prediction of Autism Severity Level in Bangladesh Using Fuzzy Logic: FIS and ANFIS." pp. 201-210.
- [28] E. Kayacan, S. Coupland, R. John, and M. A. Khanesar, "Elliptic membership functions and the modeling uncertainty in type-2 fuzzy logic systems as applied to time series prediction." pp. 1-7.
- [29] O. Mar, I. Ching, and J. Gulín, "Competency assessment model for a virtual laboratory system at distance using fuzzy cognitive map," *Investigación Operacional*, vol. 38, no. 2, pp. 169-177, 2018.
- [30] Y. Li, and S. Tong, "Adaptive fuzzy control with prescribed performance for block-triangular-structured nonlinear systems," *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, vol. 26, no. 3, pp. 1153-1163, 2017.
- [31] V. Kreinovich, O. Kosheleva, and S. N. Shahbazova, "Why triangular and trapezoid membership functions: A simple explanation," *Recent Developments in Fuzzy Logic and Fuzzy Sets*, pp. 25-31: Springer, 2020.
- [32] S. Mustafa, S. Asghar, and M. Hanif, "Fuzzy logistic regression based on least square approach and trapezoidal membership function," *Iranian Journal of Fuzzy Systems*, vol. 15, no. 6, pp. 97-106, 2018.
- [33] M. Cornelio, "Estación de trabajo para la práctica de Microbiología y Parasitología Médica en la carrera de medicina integrado al sistema de laboratorios a distancia," *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río*, vol. 20, no. 2, pp. 174-181, 2016.
- [34] S. Azimi, and H. Miar-Naimi, "Designing programmable current-mode Gaussian and bell-shaped membership function," *Analog Integrated Circuits and Signal Processing*, vol. 102, no. 2, pp. 323-330, 2020.
- [35] A. C. Tolga, I. B. Parlak, and O. Castillo, "Finite-interval-valued Type-2 Gaussian fuzzy numbers applied to fuzzy TODIM in a healthcare problem," *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 87, pp. 103352, 2020.
- [36] A. Dorzhigulov, and A. P. James, "Deep Neuro-Fuzzy Architectures," *Deep Learning Classifiers with Memristive Networks*, pp. 195-213: Springer, 2020.
- [37] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado*, vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.
- [38] J. E. Ricardo, N. B. Hernández, R. J. T. Vargas, A. V. T. Suntaxi, and F. N. O. Castro, "La perspectiva ambiental en el desarrollo local," *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2017.

- [39] B. B. Fonseca, and O. Mar, "Implementación de operador OWA en un sistema computacional para la evaluación del desempeño," *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 2021.
- [40] A. Motylska-Kuzma, and J. Mercik, "Fuzzyfication of Repeatable Trust Game." pp. 135-144.
- [41] M. Kankaras, and I. Cristea, "Fuzzy Reduced Hypergroups," *Mathematics*, vol. 8, no. 2, pp. 263, 2020.
- [42] K. Kolekar, B. Bardhan, T. Hazra, and S. Chakrabarty, "Fuzzy Logic Modelling to Predict Residential Solid Waste Generation: A Case Study of Baranagar," *Waste Management and Resource Efficiency*, pp. 1155-1166: Springer, 2019.
- [43] U. Shrivastav, S. K. Singh, and A. Khamparia, "A Nobel Approach to Detect Edge in Digital Image Using Fuzzy Logic." pp. 63-74.
- [44] J. Silva, D. Marques, R. Aquino, and O. Nobrega, "A PLC-based Fuzzy Logic Control with Metaheuristic Tuning," *Studies in Informatics and Control*, vol. 28, no. 3, pp. 265-278, 2019.
- [45] H. Wang, F. Smarandache, Y. Zhang, and R. Sunderraman, "Single valued neutrosophic sets," *Review of the Air Force Academy*, no. 1, pp. 10, 2010.
- [46] S. Pramanik, R. Roy, T. K. Roy, and F. Smarandache, "Multi attribute decision making strategy on projection and bidirectional projection measures of interval rough neutrosophic sets," *Neutrosophic Sets and Systems*, vol. 19, pp. 101-109, 2018.
- [47] F. Ahmad, A. Y. Adhami, and F. Smarandache, "Single valued neutrosophic hesitant fuzzy computational algorithm for multiobjective nonlinear optimization problem," *Neutrosophic sets and systems*, vol. 22, pp. 76-86, 2018.
- [48] M. Y. L. Vázquez, K. Y. P. Teurel, A. F. Estrada, and J. G. González, "Modelo para el análisis de escenarios basados en mapas cognitivos difusos: estudio de caso en software biomédico," *Ingeniería y Universidad: Engineering for Development*, vol. 17, no. 2, pp. 375-390, 2013.
- [49] J. L. G. González, and O. Mar, "Algoritmo de clasificación genética para la generación de reglas de clasificación," *Serie Científica*, vol. 8, no. 1, 2015.
- [50] B. B. Fonseca, O. M. Cornelio, and I. P. Pupo, "Sistema de recomendaciones sobre la evaluación de proyectos de desarrollo de software," *Revista Cubana de Informática Médica*, vol. 13, no. 2, 2021.
- [51] B. B. Fonseca, O. M. Cornelio, and F. R. R. Marzo, "Tratamiento de la incertidumbre en la evaluación del desempeño de los Recursos Humanos de un proyecto basado en conjuntos borrosos," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, vol. 13, no. 6, pp. 84-93, 2020.
- [52] C. R. García - Jacas, Y. Marrero - Ponce, C. A. Brizuela, J. Suárez - Lezcano, and F. Martínez - Rios, "Smoothed Spherical Truncation based on Fuzzy Membership Functions: Application to the Molecular Encoding," *Journal of computational chemistry*, vol. 41, no. 3, pp. 203-217, 2020.
- [53] A. Y. Tawfik, "Efficacy of free gingival graft in treatment of localized gingival recession in smokers and non-smokers: Donor site healing, graft shrinkage and success," *Al-Azhar Journal of Dental Science*, vol. 23, no. 4, pp. 401-407, 2020.
- [54] Y. Alrayyes, S. Aloraini, A. Alkhalaf, and R. Aljasser, "Soft-Tissue Healing Assessment after Extraction and Socket Preservation Using Platelet-Rich Fibrin (PRF) in Smokers: A Single-Blinded, Randomized, Controlled Clinical Trial," *Diagnostics*, vol. 12, no. 10, pp. 2403, 2022.
- [55] F. O. Costa, and L. O. M. Cota, "Cumulative smoking exposure and cessation associated with the recurrence of periodontitis in periodontal maintenance therapy: A 6 - year follow - up," *Journal of periodontology*, vol. 90, no. 8, pp. 856-865, 2019.
- [56] T. Boulaamain, H. Tenenbaum, J.-L. Davideau, and O. Huck, "Selective influence of smoking on periodontal treatment outcomes after 3 years of follow-up," *Oral Health Prev. Dent*, vol. 18, pp. 823-831, 2020.
- [57] A. Naji, K. Edman, and A. Holmlund, "Influence of smoking on periodontal healing one year after active treatment," *Journal of Clinical Periodontology*, vol. 47, no. 3, pp. 343-350, 2020.
- [58] A. A. Sanari, B. A. Alsolami, H. M. Abdel-Alim, M. Y. Al-Ghamdi, and D. E. Meisha, "Effect of smoking on patient-reported postoperative complications following minor oral surgical procedures," *The Saudi Dental Journal*, vol. 32, no. 7, pp. 357-363, 2020.
- [59] H. Askar, R. Di Gianfilippo, A. Ravida, M. Tattan, J. Majzoub, and H. L. Wang, "Incidence and severity of postoperative complications following oral, periodontal, and implant surgeries: a retrospective study," *Journal of Periodontology*, vol. 90, no. 11, pp. 1270-1278, 2019.
- [60] L. E. Martínez Malavé, M. Arteaga de Vizcaíno, C. Bernandoni, M. Jimeno, and Y. Armas, "Aplicación posexodoncia de plasma rico en plaquetas en pacientes fumadores con periodontitis crónica," *Revista Eugenio Espejo*, vol. 12, no. 2, pp. 33-41, 2018.

**Recibido:** noviembre 28, 2023. **Aceptado:** diciembre 19, 2023