



Evaluación del rendimiento de las técnicas manuales y mecanizadas en endodoncia mediante conjuntos Multineutrosophic SuperHyperSoft

Evaluation of the performance of manual and mechanized techniques in endodontics using Multineutrosophic SuperHyperSoft Sets

Ángel Gerardo Lara Muñoz ¹, Estefanía Alexandra Chávez Mestanza ², Jeannette Cecilia Pazmiño Garcés ³, and Daniela Jazmina Proaño Mendoza ⁴

¹Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Santo Domingo. Ecuador. ua.angellm69@uniandes.edu.ec

²Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Santo Domingo. Ecuador. us.estefaniacm04@uniandes.edu.ec

³Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Santo Domingo. Ecuador. us.jeannettepg64@uniandes.edu.ec

⁴Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Santo Domingo. Ecuador. danielapm01@uniandes.edu.ec

Resumen. La preparación de conductos radiculares ha constituido un proceso para tratar dientes con daño pulpar irreversible. De hecho, las técnicas actuales han avanzado con la incorporación de instrumentación mecanizada y mejoras en los métodos de irrigación, al optimizar la eficiencia y precisión del procedimiento. En función de lo expresado, el presente estudio realizó una revisión de técnicas modernas, al destacar las innovaciones en instrumentación mecanizada, materiales avanzados y métodos de irrigación. Para ello, se implementó el Multineutrosophic SuperHyperSoft Sets para facilitar la selección de técnicas según condiciones clínicas. Los resultados han mostrado que ambas técnicas se eligen de acuerdo con las necesidades del paciente. Además, se ha sugerido que la combinación de ambas optimiza los resultados clínicos, minimiza los riesgos y mejora la seguridad del tratamiento. En conclusión, se ha recomendado investigar la adaptación de sistemas mecanizados en anatomías complejas y el desarrollo de materiales más duraderos y precisos.

Palabras Claves: instrumentación mecanizada, tratamientos endodónticos, anatomía dental, Multineutrosophic SuperHyperSoft Sets.

Abstract. Root canal preparation has been a process used to treat teeth with irreversible pulp damage. In fact, current techniques have advanced with the incorporation of mechanized instrumentation and improvements in irrigation methods, optimizing the efficiency and precision of the procedure. Based on the above, the present study conducted a review of modern techniques, highlighting innovations in mechanized instrumentation, advanced materials, and irrigation methods. To achieve this, the Multineutrosophic SuperHyperSoft Sets model was implemented to facilitate the selection of techniques based on clinical conditions. The results have shown that both techniques are chosen according to the patient's needs. Furthermore, it has been suggested that the combination of both optimizes clinical outcomes, minimizes risks, and enhances treatment safety. In conclusion, it is recommended to investigate the adaptation of mechanized systems for complex anatomies and the development of more durable and precise materials.

Keywords: Mechanized instrumentation, endodontic treatments, dental anatomy, Multineutrosophic SuperHyperSoft Sets.

1 Introducción

El tratamiento de conductos radiculares constituye una intervención odontológica fundamental para preservar dientes con daño pulpar irreversible, al evitar así su extracción [1]. Este procedimiento se basa en la limpieza y desinfección del sistema de conductos radiculares, elementos esenciales para restablecer tanto la salud bucal como la funcionalidad del diente afectado [2].

En los últimos años, el desarrollo de sistemas mecanizados ha optimizado significativamente este tratamiento, al mejorar la eficiencia en la reducción de la carga bacteriana [3-19]. De hecho, esta evolución tecnológica ha facilitado, además, la realización de retratamientos no quirúrgicos en casos de fracaso inicial, especialmente en lesiones periapicales menores a 5 mm, donde la disminución bacteriana resulta más efectiva [4-20]. Por otro lado, la combinación de limas manuales e instrumentos mecanizados se ha consolidado como una alternativa eficaz para mejorar el pronóstico clínico, al favorecer una desinfección más completa del sistema de conductos [5-21].

Asimismo, los avances en técnicas, materiales e instrumentación han permitido mejorar la calidad del procedimiento endodóntico [6] [7-22]. Estos progresos no solo han reducido el número de citas requeridas, sino que también han incrementado la durabilidad de los instrumentos, aspecto clave en el tratamiento de conductos estrechos y curvos, que representan un desafío clínico considerable [8].

En función de lo antes expuesto, este artículo presenta una revisión de las técnicas modernas de preparación de conductos radiculares, con énfasis en innovaciones relacionadas con la instrumentación mecanizada, el uso de materiales avanzados y la optimización de los métodos de irrigación. Para lograrlo, se realiza la revisión bibliográfica de fuentes relacionadas con el tema de estudio, así como introducción de la modelación Multineutrosophic SuperHyperSoft Sets, que facilita la selección de técnicas mediante la integración de parámetros clínicos y condiciones específicas. De hecho, proporciona una visión integral de los procedimientos endodónticos modernos, incluso, ofrece a los profesionales de la odontología herramientas para adaptar sus prácticas y así promover tratamientos más precisos y exitosos, al contribuir al continuo avance de la endodoncia.

2. Métodos

2.1. Compilación de la información del estudio

Esta revisión bibliográfica, de enfoque cualitativo y descriptivo, se centró en recopilar artículos científicos publicados entre 2019 y 2024 sobre técnicas endodónticas convencionales y rotatorias. Se utilizó Google Académico como fuente, al aplicar criterios de inclusión como estudios comparativos y con una antigüedad menor a cinco años. Se excluyeron artículos no relacionados, de más de cinco años, con el fin de garantizar la relevancia y actualidad de los resultados obtenidos. Además, se propone el uso de Multineutrosophic SuperHyperSoft Sets para evaluar cada técnica en función de las condiciones clínicas y los parámetros específicos. De modo que permite un análisis preciso y flexible de los resultados, al incorporar la incertidumbre y la variabilidad inherentes a los procedimientos endodónticos.

2.2. Neutrosophic SuperHyperSoft Sets

This section serves the purpose of remembering the basic notions of Fuzzy Extension SuperHyperSoft Sets and neutrosophic theory.

Definition 1. Given U is the initial universe set and E is the set of parameters. A pair (F, E) is called a *soft set* (over U) if and only if F is a mapping of E into the set of all subsets of U .

That is to say, having a set E of parameters and fixing a parameter $\varepsilon \in E$, then $F(\varepsilon) \in \mathcal{P}(U)$, where $\mathcal{P}(U)$ denotes the power set of U and $F(\varepsilon)$ is considered the set of ε -elements of the Soft Set (F, E) or the set of ε -approximate elements of the Soft Set [9].

It is not difficult to realize that fuzzy sets are soft sets, this is a consequence of the α -levels definition of a membership function μ_A where we have the following:

$F(\alpha) = \{x \in U \mid \mu_A(x) \geq \alpha\}$, $\alpha \in [0, 1]$. Thus, if we know the family F , then we can reconstruct the function μ_A by using the following formula:

$$\mu_A(x) = \sup_{\substack{\alpha \in [0, 1] \\ x \in F(\alpha)}} \alpha$$

Thus, a fuzzy set is a $(F, [0, 1])$ soft set.

Given a binary operation $*$ for subsets of the set U , where (F, A) and (G, B) are soft sets over U . Then, the operation $*$ for soft sets is defined as follows:

$(F, A) * (G, B) = (J, A \times B)$, where $J(\alpha, \beta) = F(\alpha) * G(\beta)$; $\alpha \in A$, $\beta \in B$, and $A \times B$ is the Cartesian product of the sets A and B .

Definition 2. Let U be a universe set, $\mathcal{P}(U)$ the power set of U . Let $a_1, a_2, \dots, a_n$, for $n \geq 1$, be n distinct attributes, whose corresponding attribute values are respectively the sets $A_1, A_2, \dots, A_n$, with $A_i \cap A_j = \emptyset$, for $i \neq j$, and $i, j \in \{1, 2, \dots, n\}$. Then the pair $(F, A_1 \times A_2 \times \dots \times A_n)$, where: $F: A_1 \times A_2 \times \dots \times A_n \rightarrow \mathcal{P}(U)$ is called a *HyperSoft Set* over U .

Definition 3. Let U be a universe set, $\mathcal{P}(U)$ the power set of U . Let $a_1, a_2, \dots, a_n$, for $n \geq 1$, be n distinct attributes, whose corresponding attribute values are respectively the sets $A_1, A_2, \dots, A_n$, with $A_i \cap A_j = \emptyset$, for $i \neq j$, and $i, j \in \{1, 2, \dots, n\}$. Then the pair $(F, \mathcal{P}(A_1) \times \mathcal{P}(A_2) \times \dots \times \mathcal{P}(A_n))$, where:

$F: \mathcal{P}(A_1) \times \mathcal{P}(A_2) \times \dots \times \mathcal{P}(A_n) \rightarrow \mathcal{P}(U)$ is called a *SuperHyperSoft Set* over U .

Definition 4. Let U be a universe set, $\mathcal{P}(U)$ the power set of U . Let $a_1, a_2, \dots, a_n$, for $n \geq 1$, be n distinct attributes, whose corresponding attribute values are respectively the sets $A_1, A_2, \dots, A_n$, with $A_i \cap A_j = \emptyset$, for $i \neq j$, and $i, j \in \{1, 2, \dots, n\}$. Then the pair $(F, \mathcal{P}(A_1) \times \mathcal{P}(A_2) \times \dots \times \mathcal{P}(A_n))$, where:

$F: \mathcal{P}(A_1) \times \mathcal{P}(A_2) \times \dots \times \mathcal{P}(A_n) \rightarrow \mathcal{P}(U(x(d^0)))$ is called a *Fuzzy_Extension SuperHyperSoft Set* over U .

Where $x(d^0)$ is the fuzzy or any fuzzy extension degree of appurtenance of the element x to the set U . Fuzzy extension means Fuzzy Set or Intuitionistic Fuzzy Set, Pythagorean Fuzzy Set, Fermatean Fuzzy Set, Neutrosophic Fuzzy Set, Plithogenic Fuzzy Set, etc [10].

Before concluding, let us recall some fundamental definitions of neutrosophic sets:

Definition 5. The *Neutrosophic set* N is characterized by three membership functions, which are the truth-membership function T_A , indeterminacy-membership function I_A , and falsity-membership function F_A , where U is the Universe of Discourse and $\forall x \in U$, $T_A(x), I_A(x), F_A(x) \subseteq]^{-}0, 1^{+}[$, and $^{-}0 \leq \inf T_A(x) + \inf I_A(x) + \inf F_A(x) \leq \sup T_A(x) + \sup I_A(x) + \sup F_A(x) \leq 3^{+}$ [11].

See that according to the definition, $T_A(x), I_A(x)$, and $F_A(x)$ are real standard or non-standard subsets of $]^{-}0, 1^{+}[$ and hence, $T_A(x), I_A(x)$ and $F_A(x)$ can be sub-intervals of $[0, 1]$. $^{-}0$ and 1^{+} belong to the set of hyperreal numbers.

Definition 6. The *Single-Valued Neutrosophic Set* (SVNS) A over U is $A = \{ \langle x, T_A(x), I_A(x), F_A(x) \rangle : x \in U \}$, where $T_A: U \rightarrow [0, 1]$, $I_A: U \rightarrow [0, 1]$ and $F_A: U \rightarrow [0, 1]$. $0 \leq T_A(x) + I_A(x) + F_A(x) \leq 3$.

Los CNVU surgieron con la idea de aplicar los conjuntos neutrosóficos con fines prácticos. Algunas operaciones entre NNVU se expresan a continuación:

Dados $A_1 = (a_1, b_1, c_1)$ y $A_2 = (a_2, b_2, c_2)$ dos NNVU se tiene que la suma entre A_1 y A_2 se define como:

$$A_1 \oplus A_2 = (a_1 + a_2 - a_1 a_2, b_1 b_2, c_1 c_2) \quad (1)$$

Dados $A_1 = (a_1, b_1, c_1)$ y $A_2 = (a_2, b_2, c_2)$ dos NNVU se tiene que la multiplicación entre A_1 y A_2 se define como:

$$A_1 \otimes A_2 = (a_1 a_2, b_1 + b_2 - b_1 b_2, c_1 + c_2 - c_1 c_2) \quad (2)$$

El producto por un escalar positivo con un NNVU, $A = (a, b, c)$ se define por:

$$A = (1 - (1 - a), b, c) \quad (3)$$

The *Single-Valued Neutrosophic Number* (SVNN) is symbolized by

$N = (t, i, f)$, such that $0 \leq t, i, f \leq 1$ and $0 \leq t + i + f \leq 3$.

Definition 7 [12]. The *single-valued triangular neutrosophic number*, $\tilde{a} = \langle (a_1, a_2, a_3); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \rangle$, is a neutrosophic set on $\mathbb{R}$, whose truth, indeterminacy, and falsity membership functions are defined as follows:

Definition 8. Given $\tilde{a} = \langle (a_1, a_2, a_3); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \rangle$ and $\tilde{b} = \langle (b_1, b_2, b_3); \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{b}} \rangle$ two single-valued triangular neutrosophic numbers and λ any non-null number in the real line. Then, the following operations are defined:

Definition 9 [12]. The *single-valued triangular neutrosophic number*, $\tilde{a} = \langle (a_1, a_2, a_3); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \rangle$, is a neutrosophic set on $\mathbb{R}$, whose truth, indeterminacy, and falsity membership functions are defined as follows:

Definition 10 ([13]). The MultiNeutrosophic Set (or Subset MultiNeutrosophic Set SMNS).

Let $\mathcal{U}$ be a universe of discourse and M a subset of it. Then, a MultiNeutrosophic Set is: $M = \{x, x(T_1, T_2, \dots, T_p; I_1, I_2, \dots, I_r; F_1, F_2, \dots, F_s)\}$, $x \in U$,

where p, r, s are integers ≥ 0 , $p + r + s = n \geq 2$ and at least one of p, r, s is ≥ 2 , in order to ensure the existence of multiplicity of at least one neutrosophic component: truth/membership, indeterminacy, or falsehood/nonmembership; all subsets $T_1, T_2, \dots, T_p; I_1, I_2, \dots, I_r; F_1, F_2, \dots, F_s \subseteq [0, 1]$;

$$0 \leq \sum_{j=1}^p \inf T_j + \sum_{k=1}^r \inf I_k + \sum_{l=1}^s \inf F_l \leq \sum_{j=1}^p \sup T_j + \sum_{k=1}^r \sup I_k + \sum_{l=1}^s \sup F_l \leq n.$$

No other restrictions apply on these neutrosophic multicomponents.

$T_1, T_2, \dots, T_p$ are multiplicities of the truth, each one provided by a different source of information (expert).

Similarly, $I_1, I_2, \dots, I_r$ are multiplicities of the indeterminacy, each one provided by a different source.

And $F_1, F_2, \dots, F_s$ are multiplicities of the falsehood, each one provided by a different source.

The Degree of MultiTruth (MultiMembership), also called *MultiDegree of Truth*, of the element x with respect to the set M are $T_1, T_2, \dots, T_p$.

the Degree of MultiIndeterminacy (MultiNeutrality), also called *MultiDegree of Indeterminacy*, of the element x with respect to the set M are $I_1, I_2, \dots, I_r$.

and the Degree of MultiFalsehood (MultiNonmembership), also called *MultiDegree of Falsehood*, of element x with respect to the set M are $F_1, F_2, \dots, F_s$.

All these $p + r + s = n \geq 2$ are assigned by n sources (experts) that may be:

- either totally independent;
- or partially independent and partially dependent;
- or totally dependent; according or as needed to each specific application.

A generic element x with regard to the MultiNeutrosophic Set A has the form:

$$\begin{array}{ccc} x(T_1, T_2, \dots, T_p; & I_1, I_2, \dots, I_r; & F_1, F_2, \dots, F_s) \\ \text{multi-truth} & \text{multi-indeterminacy} & \text{multi-falsehood} \end{array}$$

In many particular cases $p = r = s$, and a source (expert) assigns all three degrees of truth, indeterminacy, and falsehood T_j, I_j, F_j for the same element.

Definition 11. Ranking of n -valued MultiNeutrosophic types of the same (p, r, s) -form.

$(T_1, T_2, \dots, T_p; I_1, I_2, \dots, I_r; F_1, F_2, \dots, F_s)$, where p, r, s are integers ≥ 0 , and $p + r + s = n \geq 2$, and at least one of $p, r, s \geq 2$ to be sure that it has multiplicity for at least one neutrosophic component (either truth, or indeterminacy, or falsehood).

It proposes an easier n -ranking, but this is rather an approximation. Let's compute the following.

Average positivity (4).

$$\frac{\sum_{j=1}^p T_j + \sum_{k=1}^r (1 - I_k) + \sum_{e=1}^s (1 - F_e)}{p + r + s} \quad (4)$$

Average (Truth-Falsehood) (5)

$$\frac{\sum_{j=1}^p T_j + \sum_{e=1}^s (1 - F_e)}{p + s} \quad (5)$$

Average Truth (6).

$$\frac{\sum_{j=1}^p T_j}{p} \quad (6)$$

Definition 12. Ranking n -valued MultiNeutrosophic tuples of different (p, r, s) -forms.

Let's consider two n -valued multi neutrosophic tuples of the forms (p_1, r_1, s_1) and respectively (p_2, r_2, s_2) , where $p_1, r_1, s_1, p_2, r_2, s_2$ are integers ≥ 0 , and $p_1 + r_1 + s_1 = n_1 \geq 2$, and at least one of $p_1, r_1, s_1 \geq 2$, to be sure that we have multiplicity for at least one neutrosophic component (either truth, or indeterminacy, or falsehood); similarly $p_2 + r_2 + s_2 = n_2 \geq 2$, and at least one of p_2, r_2, s_2 is ≥ 2 .

Let's take the following Single-Valued Multi Neutrosophic Tuples (SVMNT):

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

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

It makes the classical averages of truth (T_a), indeterminacies (I_a) and falsehood (F_a), respectively for $SVMNT = (T_a, I_a, F_a)$ and the averages of truths (T'_a), indeterminacies (I'_a) and falsehood (F'_a) respectively for: $SVMNT' = (T'_a, I'_a, F'_a)$. And then it applies the Score (S), Accuracy (A), and Certainty (C) Functions, as for the single valued neutrosophic set:

Compute the Score Function (average of positiveness) (7).

$$S(T_a, I_a, F_a) = \frac{T_a + (1 - I_a) + (1 - F_a)}{3} \quad (7)$$

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

- i. If $S(T_a, I_a, F_a) \geq S(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT \geq SVMNT'$,
- ii. If $S(T_a, I_a, F_a) \leq S(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT \leq SVMNT'$,
- iii. And if $S(T_a, I_a, F_a) = S(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT = SVMNT'$, then go to the second step.

Compute the Accuracy Function (difference between the truth and falsehood) (8).

$$A(T_a, I_a, F_a) = T_a - F_a \quad (8)$$

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

- i. If $A(T_a, I_a, F_a) \geq A(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT \geq SVMNT'$,
- ii. If $A(T_a, I_a, F_a) \leq A(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT \leq SVMNT'$,
- iii. And if $A(T_a, I_a, F_a) = A(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT = SVMNT'$, then go to the third step.

3. Compute the Certainty Function (truth) (9).

$$C(T_a, I_a, F_a) = T_a$$

$$C(T'_a, I'_a, F'_a) = T'_a$$
(9)

- i. If $C(T_a, I_a, F_a) \geq C(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT \geq SVMNT'$,
- ii. If $C(T_a, I_a, F_a) \leq C(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT \leq SVMNT'$,
- iii. And if $C(T_a, I_a, F_a) = C(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT = SVMNT'$ are multi-neutrosophically equal, i.e $T_a = T'_a, I_a = I'_a, F_a = F'_a$, or their corresponding truth, indeterminacy, and falsehood averages are equal.

Definition 13. In cases some sources have a greater weight in evaluation than others, one uses the weighted averages, indexed as T_{wa}, I_{ua}, F_{va} and $T'_{wa}, I'_{ua}, F'_{va}$, respectively. Because the sources may be independent or partially independent, the sum of weights should not necessarily be equal to 1. As such:

- i. $w_1, w_2, \dots, w_p \in [0,1]$, while the sum $w_1 + w_2 + \dots + w_p$ may be $< 1, or = 1, or > 1$.
- ii. $u_1, u_2, \dots, u_p \in [0,1]$, while the sum $u_1 + u_2 + \dots + u_p$ may be $< 1, or = 1, or > 1$.
- iii. $v_1, v_2, \dots, v_p \in [0,1]$, while the sum $v_1 + v_2 + \dots + v_p$ may be $< 1, or = 1, or > 1$.

And, similarly, one applies the Score, Accuracy, and Certainty Functions on these weighted averages to rank them.

3. Endodoncia.

3.1. Tratamientos y técnicas

El tratamiento de conductos radiculares se ha consolidado como un procedimiento común en odontología, al ser una alternativa eficaz para preservar dientes afectados por caries avanzadas. Este procedimiento tiene como objetivo la eliminación de infecciones mediante una adecuada limpieza y la prevención de reinfecciones mediante un sellado efectivo de los conductos radiculares.

El sistema de conductos radiculares corresponde a las estructuras internas de la raíz dental, las cuales presentan variaciones anatómicas según el paciente. La limpieza y conformación del canal radicular constituyen fases críticas para el éxito del tratamiento endodóntico, ya que dependen de las técnicas empleadas y los instrumentos utilizados durante la irrigación.

La Asociación Americana de Endodoncia (AAE) describe la *Smear Layer* o capa residual como una película superficial compuesta por escombros de dentina, tejido pulpar y componentes bacterianos, generada durante la instrumentación manual o mecanizada. Para la preparación de los conductos radiculares se emplean técnicas manuales, mecanizadas o combinadas, cada una con características particulares.

La técnica manual con fuerzas balanceadas, propuesta por Roane y colaboradores, se realiza con limas K mediante movimientos alternantes que permiten la remoción del tejido dentinario sin aplicar presión excesiva en sentido apical. Esta técnica se lleva a cabo en tres fases secuenciales que incluyen movimientos en sentido horario y antihorario con presiones controladas, al lograr así una limpieza y conformación efectiva.

Por otro lado, la instrumentación mecanizada, basada en sistemas rotatorios de níquel-titanio (NiTi), ha optimizado el tratamiento endodóntico al reducir el tiempo de trabajo y mejorar la precisión en la conformación del conducto radicular. Estos sistemas utilizan motores especializados que controlan parámetros como el torque y la velocidad, al destacar técnicas como Lightspeed, Quantec Series 2000, ProTaper, y PathFile, entre otros.

Si bien la técnica mecanizada ofrece ventajas en términos de eficiencia y limpieza, su implementación requiere una mayor inversión económica y equipos especializados. En consecuencia, la elección del método más adecuado debe considerar factores clínicos, anatómicos y operativos para garantizar el éxito del tratamiento endodóntico.

3.2. Modeling with MultiNeutrosophic SuperHyperSoft Sets: Comparación entre técnicas endodónticas

La selección de la técnica más adecuada para el tratamiento endodóntico constituye un aspecto fundamental en la práctica odontológica, especialmente cuando se consideran factores clínicos que involucran incertidumbre y la variabilidad. Por ende, la aplicación del modelo Multineutrosophic SuperHyperSoft Sets se presenta como un instrumento que permite realizar múltiples evaluaciones de forma integral a las técnicas manual y mecanizada en endodoncia a partir de varios recursos (determinados de la información aportada de la revisión bibliográfica).

Al emplear el modelo Multineutrosophic SuperHyperSoft Sets, permite evaluar estos criterios al considerar el entorno clínico específico, lo que facilita la toma de decisiones fundamentada. Esta metodología contribuye a determinar la técnica más eficaz en función de factores anatómicos, habilidades del operador y condiciones particulares del paciente, al promover así un enfoque personalizado y eficiente en la endodoncia contemporánea. Para ello, se definen el siguiente conjunto:

$T = \{\{técnica manual\}, \{técnica mecanizada\}, \{técnica manual, técnica mecanizada\}\}$,
donde T1: {técnica manual}, T2: {técnica mecanizada} y T3: {técnica manual, técnica mecanizada}

A continuación, se presenta un grupo de parámetros clínicos relevantes en el tratamiento endodóntico d_i , los cuales influyen directamente en la elección de la técnica más adecuada para la instrumentación y obturación del sistema de conductos radiculares. Estos parámetros abarcan desde características anatómicas complejas hasta condiciones patológicas que requieren un manejo especializado (ver tabla 1).

Tabla 1: Condiciones clínicas en el tratamiento endodóntico. Fuente: Elaboración propia.

d_i	Condición clínica	Descripción
d_1	Conductos radiculares curvos	Conductos con curvaturas pronunciadas que dificultan la instrumentación directa, al aumentar el riesgo de perforación o fractura de instrumentos.
d_2	Conductos radiculares calcificados	Canales con reducción significativa de su diámetro debido a la deposición de tejido calcificado, al dificultar la localización y el acceso.
d_3	Conductos radiculares estrechos	Conductos de pequeño calibre que requieren mayor precisión en la instrumentación para evitar perforaciones o extrusión de material.
d_4	Dientes con pulpa necrótica	Piezas dentales con tejido pulpar necrótico que favorecen la proliferación bacteriana, al requerir una desinfección completa.
d_5	Dientes con reabsorción radicular interna o externa	Piezas con pérdida parcial de la estructura radicular que dificultan la conformación del conducto.
d_6	Anatomía radicular atípica	Variaciones morfológicas del sistema de conductos radiculares que requieren técnicas adaptativas de instrumentación.
d_7	Dientes con lesión periapical activa	Piezas con infección en los tejidos apicales que demandan una desinfección efectiva del sistema de conductos.
d_8	Pacientes con limitación de apertura bucal	Situaciones clínicas en las que el acceso al conducto radicular se ve dificultado por una apertura oral reducida.
d_9	Conductos radiculares amplios	Canales con diámetro mayor al habitual, que exigen mayor control en la preparación para evitar sobre-instrumentación.
d_{10}	Casos de retratamiento endodóntico	Procedimientos que requieren la remoción de material de obturación previo y la desinfección completa del conducto radicular.
d_{11}	Fractura radicular vertical	Situación clínica que dificulta el éxito del tratamiento endodóntico, al ser clave la precisión en la instrumentación.
d_{12}	Reabsorcciones apicales	Pérdida de tejido óseo o radicular en la región apical que compromete el sellado del conducto.
d_{13}	Lesiones endo-periodontales	Patologías combinadas que afectan tanto el tejido pulpar como el periodonto, al requerir un manejo integral del conducto.
d_{14}	Conductos con múltiples ramificaciones	Sistema de conductos con bifurcaciones, al dificultar la desinfección completa y el sellado apical.
d_{15}	Dientes con caries profundas	Involucran la cámara pulpar, al incrementar el riesgo de infección del sistema de conductos radiculares.

Por otro lado se presenta los indicadores h_i , utilizados para evaluar el desempeño clínico en los procedimientos endodónticos. Estos parámetros determinar la efectividad, eficiencia y seguridad de las técnicas empleadas en la limpieza, conformación y obturación de los conductos radiculares (ver tabla 2).

Tabla 2: Indicadores de desempeño clínico. Fuente: Elaboración propia.

h_i	Indicador	Descripción
h_1	Tiempo de procedimiento	Duración total requerida para completar la limpieza, conformación y obturación del sistema de conductos radiculares.
h_2	Eficiencia en la limpieza	Capacidad de la técnica para eliminar bacterias, tejido pulpar necrótico y restos orgánicos del conducto radicular.
h_3	Control del procedimiento	Grado de precisión y manejo que el operador ejerce durante el procedimiento, especialmente en conductos curvados o complejos.
h_4	Riesgo de fractura de instrumentos	Probabilidad de que los instrumentos utilizados se fracturen durante el procedimiento, especialmente en conductos estrechos o calcificados.
h_5	Morfología del conducto final	Capacidad de la técnica para lograr una conformación cónica uniforme y adecuada del conducto radicular, al facilitar la posterior obturación.
h_6	Obturación del conducto	Facilidad para que el material de obturación se adapte correctamente a las paredes del conducto, al asegurar un sellado hermético.

h_i	Indicador	Descripción
h_7	Costo del procedimiento	Evaluación del costo asociado a los materiales, instrumentos y tiempo necesario para realizar la técnica.
h_8	Adaptabilidad a diferentes anatomías	Capacidad de la técnica para adaptarse a diversas formas y curvaturas del sistema de conductos radiculares.

Una vez definido los parámetros d_i y h_i , se procede a determinar la función $F: (d_i \cap h_i)$ para la obtención de la imagen multineutrosófica en cada conjunto potencia determinado. Para ello, se definen los siguientes pasos a implementar en este estudio:

- I. Determinar $\{P_i\}, \{T_i(x_{d_i}(d^0))\}$, al realizar la evaluación multineutrosófica de cada técnica respecto al parámetro d_i , según las evaluaciones presentadas en las tablas 3, 4 y 5.
- II. Determinar $\{P_i\}, \{T_i(x_{h_i}(d^0))\}$, al realizar la evaluación multineutrosófica de cada técnica respecto al parámetro h_i , según las evaluaciones expuestas en las tablas 6, 7 y 8.
- III. Determinar la $F: (a_i \cap b_i) \rightarrow \{P_i\}, \{T_n(x_{d_i}(d^0)) \cap T_n(x_{h_i}(d^0))\}$ y definir la mejor técnica respecto los resultados de la función Score (S), descrita en la *definición 12*, *ecuación (7, 8 y 9)* y planteadas en la tabla 9.

Tabla 3: Evaluación multineutrosófica de T_1 respecto a los parámetros d_i . Fuente: Elaboración propia.

$\{P_i\}, \{T_1(x_{d_i}(d^0))\}$ $((T_1, T_2, T_3), \{I_1, I_2, I_3\}, \{F_1, F_2, F_3\})$	Evaluación	Score (S)	Accuracy (A)	Certainty (C)
d1($\{0.6, 0.7, 0.4\}, \{0.2, 0.5, 0.2\}, \{0.4, 0.6, 0.8\}$)	(0.55, 0.39, 0.61)	0.52	-0.06	0.55
d2($\{0.5, 0.9, 0.3\}, \{0.5, 0.3, 0.4\}, \{0.4, 0.1, 0.7\}$)	(0.53, 0.48, 0.28)	0.59	0.25	0.53
d3($\{0.4, 0.8, 0.7\}, \{0.9, 0.9, 0.9\}, \{0.9, 0.1, 0.6\}$)	(0.62, 0.71, 0.35)	0.52	0.27	0.62
d4($\{0.1, 0.7, 0.1\}, \{0.8, 0.3, 0.6\}, \{0.6, 0.5, 0.4\}$)	(0.26, 0.63, 0.5)	0.38	-0.24	0.26
d5($\{0.8, 0.4, 0.7\}, \{0.9, 0.5, 0.1\}, \{0.8, 0.2, 0.9\}$)	(0.66, 0.54, 0.46)	0.55	0.2	0.66
d6($\{0.2, 0.6, 0.7\}, \{0.2, 0.5, 0.2\}, \{0.8, 0.3, 0.4\}$)	(0.49, 0.57, 0.41)	0.50	0.08	0.49
d7($\{0.8, 0.6, 0.3\}, \{0.3, 0.9, 0.1\}, \{0.5, 0.7, 0.6\}$)	(0.57, 0.44, 0.64)	0.50	-0.07	0.57
d8($\{0.7, 0.6, 0.4\}, \{0.2, 0.3, 0.9\}, \{0.6, 0.4, 0.3\}$)	(0.57, 0.66, 0.41)	0.50	0.16	0.57
d9($\{0.2, 0.4, 0.3\}, \{0.2, 0.5, 0.3\}, \{0.2, 0.8, 0.9\}$)	(0.29, 0.66, 0.72)	0.30	-0.43	0.29
d10($\{0.8, 0.1, 0.2\}, \{0.4, 0.3, 0.4\}, \{0.6, 0.6, 0.1\}$)	(0.4, 0.65, 0.49)	0.42	-0.09	0.4
d11($\{0.9, 0.7, 0.9\}, \{0.7, 0.3, 0.8\}, \{0.4, 0.7, 0.8\}$)	(0.85, 0.47, 0.67)	0.57	0.18	0.85
d12($\{0.9, 0.4, 0.1\}, \{0.3, 0.9, 0.7\}, \{0.7, 0.5, 0.6\}$)	(0.48, 0.7, 0.56)	0.41	-0.08	0.48
d13($\{0.5, 0.4, 0.7\}, \{0.3, 0.9, 0.8\}, \{0.8, 0.8, 0.7\}$)	(0.55, 0.47, 0.78)	0.43	-0.23	0.55
d14($\{0.9, 0.5, 0.3\}, \{0.4, 0.9, 0.5\}, \{0.5, 0.7, 0.4\}$)	(0.58, 0.55, 0.6)	0.48	-0.02	0.58
d15($\{0.4, 0.6, 0.4\}, \{0.7, 0.9, 0.5\}, \{0.9, 0.3, 0.7\}$)	(0.45, 0.66, 0.49)	0.43	-0.04	0.45

Tabla 4: Evaluación multineutrosófica de T_2 respecto a los parámetros d_i . Fuente: Elaboración propia.

$\{P_i\}, \{T_2(x_{d_i}(d^0))\}$ $((T_1, T_2, T_3), \{I_1, I_2, I_3\}, \{F_1, F_2, F_3\})$	Evaluación	Score (S)	Accuracy (A)	Certainty (C)
d1($\{0.1, 0.5, 0.6\}, \{0.8, 0.9, 0.2\}, \{0.9, 0.3, 0.9\}$)	(0.39, 0.73, 0.53)	0.38	-0.14	0.39
d2($\{0.6, 0.7, 0.3\}, \{0.9, 0.5, 0.4\}, \{0.7, 0.1, 0.7\}$)	(0.52, 0.48, 0.33)	0.57	0.19	0.52
d3($\{0.4, 0.9, 0.3\}, \{0.6, 0.3, 0.5\}, \{0.2, 0.7, 0.7\}$)	(0.5, 0.77, 0.61)	0.37	-0.11	0.5
d4($\{0.6, 0.2, 0.8\}, \{0.9, 0.9, 0.6\}, \{0.1, 0.9, 0.6\}$)	(0.57, 0.59, 0.69)	0.43	-0.12	0.57
d5($\{0.1, 0.1, 0.1\}, \{0.2, 0.9, 0.8\}, \{0.3, 0.9, 0.7\}$)	(0.1, 0.64, 0.75)	0.24	-0.65	0.1
d6($\{0.2, 0.8, 0.1\}, \{0.9, 0.9, 0.6\}, \{0.4, 0.7, 0.6\}$)	(0.32, 0.77, 0.63)	0.31	-0.31	0.32
d7($\{0.8, 0.6, 0.7\}, \{0.5, 0.3, 0.1\}, \{0.6, 0.6, 0.5\}$)	(0.71, 0.54, 0.58)	0.53	0.13	0.71
d8($\{0.1, 0.2, 0.6\}, \{0.2, 0.5, 0.2\}, \{0.4, 0.5, 0.3\}$)	(0.31, 0.26, 0.44)	0.54	-0.13	0.31

$\{P_i\}, \{T_2(x_{d_i}(d^0))\}$ $(\{T_1, T_2, T_3\}, \{I_1, I_2, I_3\}, \{F_1, F_2, F_3\})$	Evaluación	Score (S)	Accuracy (A)	Certainty (C)
d9({0.3,0.5,0.7},{0.8,0.3,0.1},{0.9,0.3,0.8})	(0.5,0.71,0.51)	0.43	-0.01	0.5
d10({0.1,0.1,0.6},{0.7,0.5,0.6},{0.1,0.4,0.5})	(0.28,0.37,0.37)	0.51	-0.09	0.28
d11({0.6,0.7,0.4},{0.9,0.9,0.8},{0.2,0.9,0.8})	(0.55,0.44,0.75)	0.45	-0.2	0.55
d12({0.1,0.1,0.8},{0.5,0.9,0.8},{0.6,0.5,0.2})	(0.35,0.75,0.45)	0.38	-0.1	0.35
d13({0.6,0.7,0.4},{0.4,0.5,0.5},{0.2,0.9,0.8})	(0.55,0.55,0.75)	0.42	-0.2	0.55
d14({0.2,0.5,0.2},{0.2,0.5,0.4},{0.2,0.8,0.4})	(0.28,0.37,0.61)	0.43	-0.33	0.28
d15({0.5,0.5,0.8},{0.6,0.5,0.3},{0.3,0.2,0.7})	(0.6,0.47,0.33)	0.60	0.27	0.6

Tabla 5: Evaluación multineutrosófica de T_3 respecto a los parámetros d_i . Fuente: Elaboración propia.

$\{P_i\}, \{T_3(x_{d_i}(d^0))\}$ $(\{T_1, T_2, T_3\}, \{I_1, I_2, I_3\}, \{F_1, F_2, F_3\})$	Evaluación	Score (S)	Accuracy (A)	Certainty (C)
d1({0.6,0.5,0.9},{0.3,0.3,0.6},{0.5,0.3,0.6})	(0.68,0.37,0.4)	0.64	0.28	0.68
d2({0.9,0.4,0.2},{0.4,0.9,0.3},{0.3,0.6,0.2})	(0.51,0.25,0.46)	0.60	0.05	0.51
d3({0.7,0.4,0.7},{0.1,0.5,0.9},{0.3,0.4,0.3})	(0.62,0.65,0.36)	0.54	0.26	0.62
d4({0.4,0.5,0.7},{0.1,0.5,0.4},{0.6,0.7,0.9})	(0.53,0.48,0.73)	0.44	-0.2	0.53
d5({0.9,0.6,0.7},{0.9,0.3,0.8},{0.8,0.5,0.6})	(0.75,0.44,0.57)	0.58	0.18	0.75
d6({0.7,0.5,0.9},{0.1,0.3,0.3},{0.6,0.6,0.9})	(0.72,0.21,0.66)	0.62	0.06	0.72
d7({0.8,0.7,0.3},{0.2,0.5,0.9},{0.6,0.1,0.2})	(0.59,0.29,0.21)	0.70	0.38	0.59
d8({0.3,0.8,0.2},{0.1,0.5,0.2},{0.2,0.4,0.2})	(0.4,0.25,0.32)	0.61	0.08	0.4
d9({0.7,0.2,0.9},{0.5,0.9,0.4},{0.7,0.3,0.9})	(0.64,0.73,0.5)	0.47	0.14	0.64
d10({0.1,0.8,0.8},{0.1,0.9,0.1},{0.9,0.6,0.1})	(0.54,0.35,0.55)	0.55	-0.01	0.54
d11({0.9,0.4,0.5},{0.7,0.5,0.8},{0.7,0.5,0.2})	(0.62,0.41,0.47)	0.58	0.15	0.62
d12({0.3,0.6,0.3},{0.3,0.3,0.1},{0.8,0.4,0.5})	(0.38,0.44,0.49)	0.48	-0.11	0.38
d13({0.7,0.9,0.1},{0.8,0.3,0.8},{0.1,0.2,0.4})	(0.54,0.61,0.23)	0.57	0.31	0.54
d14({0.4,0.1,0.9},{0.8,0.3,0.3},{0.6,0.7,0.2})	(0.5,0.44,0.57)	0.50	-0.07	0.5
d15({0.2,0.8,0.9},{0.4,0.5,0.4},{0.7,0.2,0.7})	(0.63,0.34,0.4)	0.63	0.23	0.63

Los resultados de las tablas 3 a la 5, definen las evaluaciones multineutrosóficas de cada técnica T_i según los parámetros d_i . De hecho, permite la obtención de los valores de la función (S) para cada T_i , al determinar la preferencia de una técnica sobre otra (ver figura 1).

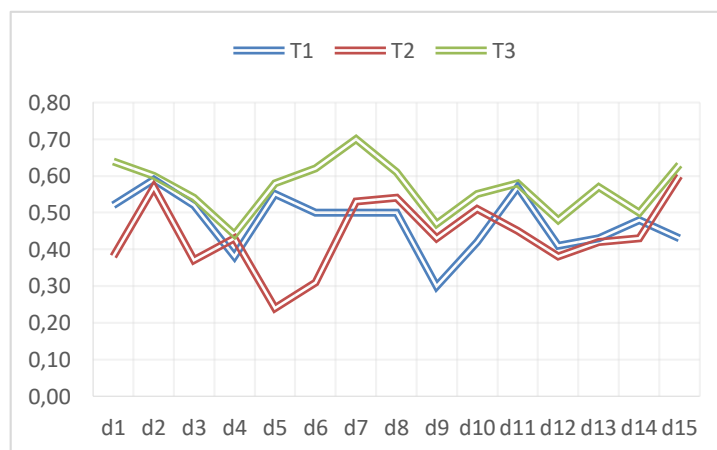


Figura 1: Función score (S) de cada técnica T_i según los parámetros d_i . Fuente: Elaboración propia.

El análisis de los resultados de la figura 1 se observa que la técnica combinada T_3 se posiciona por encima de las otras, al visualizarse una mayor preferencia de los operarios respecto sobre las demás. Entre la fundamentación de esta selección se observa:

- Técnica manual: Es ideal para casos que requieren control preciso, como conductos complejos, estrechos o calcificados. También se prefiere cuando se busca un acabado estético o cuando se requiere un alto control manual durante el tratamiento.
- Técnica mecanizada: Es más eficiente en procedimientos rápidos, en conductos rectos o ligeramente curvados, y en situaciones que requieren una rápida eliminación de bacterias o necrosis, como infecciones severas o necrosis pulpar.
- Combinación: Es más versátil y se adapta bien a condiciones clínicas que presentan tanto complejidad como la necesidad de rapidez o precisión. Es la opción más recomendada cuando se requiere una desinfección completa, control estético y eficiencia operativa, particularmente en conductos complejos, infecciones moderadas o severas, y cuando hay dificultades de acceso.

Tabla 6: Evaluación multineutrosófica de T_1 respecto a los parámetros h_i . Fuente: Elaboración propia.

$\{P_i\}, \{T_1(x_{h_i}(d^0))\}$ $(\{T_1, T_2, T_3\}, \{I_1, I_2, I_3\}, \{F_1, F_2, F_3\})$	Evaluación	Score (S)	Accuracy (A)	Certainty (C)
$h1(\{0.1, 0.6, 0.7\}, \{0.9, 0.5, 0.4\}, \{0.1, 0.9, 0.4\})$	(0.45, 0.79, 0.65)	0.34	-0.2	0.45
$h2(\{0.6, 0.4, 0.2\}, \{0.1, 0.5, 0.9\}, \{0.5, 0.7, 0.9\})$	(0.4, 0.27, 0.71)	0.47	-0.31	0.4
$h3(\{0.9, 0.7, 0.6\}, \{0.2, 0.5, 0.8\}, \{0.7, 0.6, 0.8\})$	(0.74, 0.33, 0.66)	0.58	0.08	0.74
$h4(\{0.5, 0.4, 0.1\}, \{0.1, 0.5, 0.6\}, \{0.3, 0.7, 0.1\})$	(0.33, 0.46, 0.5)	0.46	-0.17	0.33
$h5(\{0.1, 0.6, 0.5\}, \{0.1, 0.5, 0.9\}, \{0.1, 0.3, 0.9\})$	(0.4, 0.77, 0.39)	0.41	0.01	0.4
$h6(\{0.4, 0.9, 0.3\}, \{0.3, 0.5, 0.4\}, \{0.8, 0.3, 0.6\})$	(0.5, 0.63, 0.45)	0.47	0.05	0.5
$h7(\{0.4, 0.4, 0.9\}, \{0.2, 0.5, 0.6\}, \{0.9, 0.9, 0.1\})$	(0.58, 0.6, 0.73)	0.42	-0.15	0.58
$h8(\{0.7, 0.5, 0.4\}, \{0.7, 0.5, 0.3\}, \{0.5, 0.2, 0.3\})$	(0.54, 0.55, 0.27)	0.57	0.27	0.54

Tabla 7: Evaluación multineutrosófica de T_2 respecto a los parámetros h_i . Fuente: Elaboración propia.

$\{P_i\}, \{T_2(x_{h_i}(d^0))\}$ $(\{T_1, T_2, T_3\}, \{I_1, I_2, I_3\}, \{F_1, F_2, F_3\})$	Evaluación	Score (S)	Accuracy (A)	Certainty (C)
$h1(\{0.6, 0.9, 0.3\}, \{0.1, 0.5, 0.1\}, \{0.4, 0.8, 0.8\})$	(0.57, 0.35, 0.73)	0.50	-0.16	0.57
$h2(\{0.9, 0.4, 0.2\}, \{0.2, 0.5, 0.6\}, \{0.6, 0.1, 0.9\})$	(0.51, 0.54, 0.36)	0.54	0.15	0.51
$h3(\{0.6, 0.3, 0.2\}, \{0.5, 0.5, 0.2\}, \{0.6, 0.9, 0.2\})$	(0.38, 0.5, 0.7)	0.39	-0.32	0.38
$h4(\{0.3, 0.5, 0.5\}, \{0.2, 0.5, 0.6\}, \{0.3, 0.4, 0.9\})$	(0.43, 0.29, 0.49)	0.55	-0.06	0.43
$h5(\{0.6, 0.9, 0.2\}, \{0.4, 0.5, 0.4\}, \{0.2, 0.1, 0.6\})$	(0.54, 0.65, 0.23)	0.55	0.31	0.54
$h6(\{0.1, 0.2, 0.7\}, \{0.7, 0.5, 0.1\}, \{0.3, 0.7, 0.2\})$	(0.34, 0.38, 0.52)	0.48	-0.18	0.34
$h7(\{0.8, 0.5, 0.4\}, \{0.3, 0.5, 0.4\}, \{0.5, 0.2, 0.8\})$	(0.57, 0.45, 0.38)	0.58	0.19	0.57
$h8(\{0.3, 0.5, 0.6\}, \{0.6, 0.5, 0.8\}, \{0.6, 0.8, 0.1\})$	(0.47, 0.39, 0.61)	0.49	-0.14	0.47

Tabla 8: Evaluación multineutrosófica de T_3 respecto a los parámetros h_i . Fuente: Elaboración propia.

$\{P_i\}, \{T_3(x_{h_i}(d^0))\}$ $(\{T_1, T_2, T_3\}, \{I_1, I_2, I_3\}, \{F_1, F_2, F_3\})$	Evaluación	Score (S)	Accuracy (A)	Certainty (C)
$h1(\{0.3, 0.9, 0.1\}, \{0.3, 0.5, 0.4\}, \{0.9, 0.3, 0.8\})$	(0.43, 0.63, 0.51)	0.43	-0.08	0.43
$h2(\{0.7, 0.3, 0.7\}, \{0.1, 0.5, 0.7\}, \{0.7, 0.3, 0.5\})$	(0.57, 0.54, 0.41)	0.54	0.16	0.57
$h3(\{0.6, 0.3, 0.6\}, \{0.6, 0.5, 0.9\}, \{0.4, 0.1, 0.1\})$	(0.5, 0.6, 0.15)	0.58	0.35	0.5
$h4(\{0.3, 0.9, 0.5\}, \{0.1, 0.5, 0.8\}, \{0.4, 0.2, 0.5\})$	(0.57, 0.38, 0.3)	0.63	0.27	0.57
$h5(\{0.2, 0.4, 0.8\}, \{0.3, 0.5, 0.4\}, \{0.7, 0.2, 0.6\})$	(0.47, 0.7, 0.37)	0.47	0.1	0.47
$h6(\{0.8, 0.8, 0.1\}, \{0.7, 0.5, 0.7\}, \{0.6, 0.4, 0.5\})$	(0.55, 0.33, 0.46)	0.59	0.09	0.55
$h7(\{0.3, 0.8, 0.2\}, \{0.2, 0.5, 0.6\}, \{0.3, 0.1, 0.4\})$	(0.4, 0.66, 0.2)	0.51	0.2	0.4
$h8(\{0.5, 0.7, 0.3\}, \{0.2, 0.5, 0.9\}, \{0.7, 0.1, 0.7\})$	(0.48, 0.6, 0.33)	0.52	0.15	0.48

Los resultados de las tablas 6 a la 8, definen las evaluaciones multineutrosóficas de cada técnica T_i según los parámetros h_i . Por tanto, permite la obtención de los valores de la función (S) para cada T_i , al determinar la preferencia de una técnica sobre otra (ver figura 2).

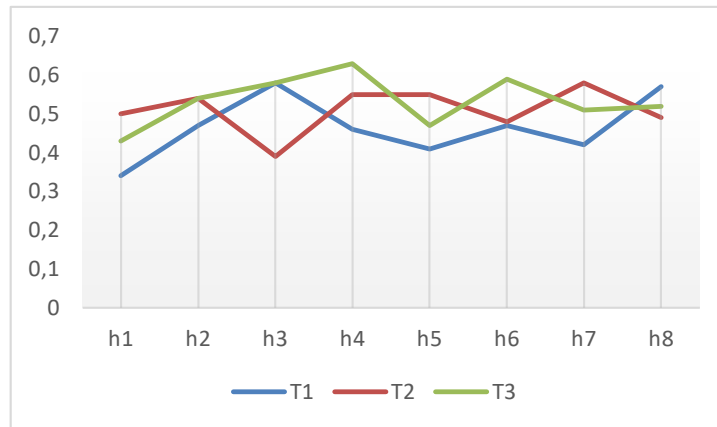


Figura 2: Función score (S) de cada técnica T_i según los parámetros h_i . Fuente: Elaboración propia.

El análisis de los resultados de la figura 2 se observa que existe variabilidad al seleccionar una técnica de mayor importancia sobre otra por los operarios. De modo que se debe de analizar la evaluación multineutrosófica de cada técnica T_i respecto a sus ventajas y limitaciones dentro del conjunto de parámetros h_i . Por tanto, se obtienen los siguientes fundamentos:

I. Técnica manual (T_1):

- **Ventajas:** Esta técnica ofrece un alto nivel de control manual, especialmente en conductos radiculares con anatomías complejas o en casos que requieren una intervención precisa. Es particularmente beneficiosa cuando se necesita un manejo detallado para evitar desviaciones en conductos curvados. Además, la técnica manual es ideal para adaptarse a variaciones anatómicas extremas, donde la destreza del operador es clave.
- **Limitaciones:** La técnica manual requiere mayor esfuerzo físico por parte del operador, lo que provoca fatiga durante procedimientos prolongados. Además, el riesgo de fractura de instrumentos es más alto si no se emplea la técnica adecuada. El tiempo de tratamiento tiende a ser mayor, y los resultados dependen en gran medida de la habilidad del profesional, al afectar la consistencia de los resultados.

II. Técnica mecanizada (T_2):

- **Ventajas:** Esta técnica se destaca por su rapidez y eficiencia, al reducir significativamente el tiempo del tratamiento. Proporciona una mayor precisión en la conformación del conducto radicular, al optimizar la obturación gracias a una morfología cónica más uniforme. Además, el uso de equipos automatizados disminuye la fatiga del operador, al facilitar procedimientos más largos o repetitivos.
- **Limitaciones:** La mecanización presenta limitaciones en casos de anatomías complejas o conductos curvados, donde el control manual es más efectivo. También se asocia con un mayor riesgo de desvíos o perforaciones si no se gestiona adecuadamente la velocidad y la presión durante el procedimiento. Además, el costo inicial suele ser más alto debido a la necesidad de instrumentos especializados.

III. Combinación de técnicas (T_3):

- **Ventajas:** La combinación de técnicas integra los beneficios de ambas metodologías. Proporciona un control superior en anatomías complejas al permitir que el operador gestione manualmente secciones críticas del conducto. Mientras que el uso de herramientas mecanizadas mejora la eficiencia y precisión en la conformación y obturación del conducto. Esta estrategia reduce significativamente el riesgo de complicaciones, mejora la adaptación del material de obturación y optimiza el tiempo del procedimiento.
- **Limitaciones:** Si bien esta combinación ofrece múltiples beneficios, su aplicación requiere un operador altamente capacitado que sepa cuándo alternar entre ambas técnicas. Además, en algunos casos, la preparación para combinar ambas metodologías demanda tiempo adicional que no siempre se justifica en procedimientos sencillos.

Tabla 9: Representación multineutrosófica de T_i respecto a la función $F: (d_i \cap h_i)$. Fuente: Elaboración propia.

Técnica	$F: (a_i \cap b_i)$		$\{P_i\}, \{T_n(x_{d_i}(d^0)) \cap T_n(x_{h_i}(d^0))\}$	Score (S)	Accuracy (A)	Certainty (C)
	d_i	h_i				
T1	(0.26,0.71,0.78)	(0.33,0.79,0.73)	(0.26,0.79,0.78)	0.23	-0.52	0.26
T2	(0.10,0.77,0.75)	(0.38,0.65,0.73)	(0.10,0.77,0.75)	0.19	-0.65	0.10
T3	(0.38,0.73,0.73)	(0.40,0.70,0.51)	(0.38,0.73,0.73)	0.31	-0.35	0.38

Análisis de los resultados de la tabla 9: Los resultados de la evaluación indicaron que la combinación de ambas técnicas obtuvo un valor en la función (S) de 0.31, al superar a la técnica manual (0.23) y a la técnica mecanizada (0.19). Esto sugiere que la estrategia combinada logra integrar las ventajas de cada método, al permitir un mayor control en la instrumentación de conductos con anatomías complejas y, a la vez, al aprovechar la eficiencia y rapidez que ofrecen los sistemas mecanizados.

En contraste, cuando se aplican de forma aislada, la técnica manual sufre de mayor variabilidad en la obtención de resultados debido a la dependencia de la destreza del operador. En cambio, la técnica mecanizada, aunque rápida y precisa, tiende a presentar limitaciones en la adaptación a conductos altamente irregulares o curvados, al reducir su desempeño global.

En consecuencia, la combinación de técnicas se posiciona como la opción más efectiva, ya que optimiza tanto la precisión como la consistencia del procedimiento, al minimizar los riesgos y al reducir el tiempo de tratamiento. Por ello, se recomienda considerar este manejo integral en la práctica clínica, debido que presenta un desempeño superior en comparación con el uso exclusivo de técnicas manuales o mecanizadas.

4 Discusión

Los resultados del estudio han permitido evaluar la eficacia de las técnicas manuales frente a las mecanizadas en la eliminación de bacterias en los sistemas de conductos radiculares [14-23]. De hecho, se identificaron las ventajas y limitaciones de las técnicas manuales en cuanto a la remoción de bacterias y restos de tejido pulpar, así como en la conformación del sistema de conductos. Así mismo, se observó que las técnicas mecanizadas, en comparación con las manuales, requirieron menos tiempo para la conformación de los conductos, al mejorar la eficiencia del procedimiento. Por otro lado, se la revisión de la literatura académica se observó que las limas K, fabricadas en acero inoxidable, presentaron una mayor capacidad de corte en relación con las limas de titanio y níquel-titanio, al resultar en tiempos de trabajo más cortos [15] [16-24].

Además, se observó en las fuentes bibliográficas que el sistema Mtwo® de instrumentación mecánica demostró ser efectivo en la eliminación de bacterias, aunque se recomendó investigar para confirmar las ventajas y limitaciones de estos sistemas mecanizados [16]. En cuanto a la comparación entre la instrumentación manual y mecanizada, diversos estudios evidenciaron que ambos sistemas lograron niveles similares de limpieza y desinfección, aunque los sistemas mecanizados de níquel-titanio (NiTi) redujeron el tiempo de trabajo sin afectar la eficacia en la eliminación bacteriana [17, 25].

Por otro lado, los resultados de implementar Multineutrosophic SuperHyperSoft han destacado que la combinación de técnicas mejora la precisión y consistencia del tratamiento endodóntico, al integrar la flexibilidad de las limas manuales y la eficiencia de los sistemas mecanizados. Esta sinergia favorece la adaptación a conductos curvos y agiliza el procedimiento en anatomías simples. De hecho, esta estrategia combinada no solo optimiza el control operatorio, sino que también minimiza los errores técnicos, al favorecer el éxito del tratamiento [18]. Por tanto, se recomienda implementar esta combinación en la práctica odontológica para mejorar la seguridad y eficacia en la preparación de conductos radiculares. Además, se ha sugerido continuar con la investigación sobre la adaptación de los sistemas mecanizados a conductos de anatomía más compleja, así como el desarrollo de materiales más duraderos y precisos.

5 Conclusión

La elección entre técnicas manuales y mecanizadas en endodoncia se ha basado en las necesidades clínicas de cada paciente y las características específicas de los conductos radiculares. La técnica mecanizada ha demostrado ser eficaz al reducir significativamente el tiempo de trabajo, al mismo tiempo que mejora la morfología del conducto radicular. Por otro lado, la técnica manual proporciona un mayor control durante la conformación de conductos con anatomías complejas. Sin embargo, este proceso suele ser más prolongado, ya que requiere un mayor número de limas, al aumentar el tiempo total de tratamiento.

La integración de ambas técnicas ha sido identificada como la opción más eficaz, al lograr un equilibrio entre precisión y eficiencia. En este sentido, la modelación Neutrosophic SuperHyperSoft Sets ha facilitado una evaluación de las ventajas y limitaciones de cada técnica, al destacar que la combinación de ambas optimiza los resultados

Ángel G. Lara M, Estefanía A. Chávez M, Jeannette C. Pazmiño G, Daniela J. Proaño M. Evaluación del rendimiento de las técnicas manuales y mecanizadas en endodoncia mediante conjuntos Multineutrosophic SuperHyperSoft

clínicos, minimiza los riesgos y mejora la seguridad general del tratamiento endodóntico. De hecho, ha proporcionado nuevas perspectivas sobre la aplicación de las técnicas de instrumentación, al abrir posibles vías para futuras investigaciones y avances en el campo. Además, se ha sugerido la investigación sobre la adaptación de sistemas mecanizados a conductos con anatomía compleja, así como el desarrollo de materiales más duraderos y precisos.

Referencias

- [1] S. Nelson *et al.*, "Multilevel Interventions and Dental Attendance in Pediatric Primary Care: A Cluster Randomized Clinical Trial," *JAMA Network Open*, vol. 7, no. 7, p. e2418217, 2024. [Online]. Available: <https://jamanetwork.com/journals/jamanetworkopen/fullarticle/2820900>.
- [2] G. R. Freitas, T. M. Ribeiro, F. S. G. Vilella, and T. A. F. de Melo, "Influence of endodontic cavity access on curved root canal preparation with ProDesign Logic rotary instruments," *Clinical Oral Investigations*, vol. 25, no. June pp. 469-475, 2021. [Online]. Available: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00784-020-03390-6>.
- [3] E. Farah, "Evolution of Endodontics: Innovations in Instrumentation, Irrigation and Filling," *SCT Proceedings in Interdisciplinary Insights and Innovations*, vol. 3, no. January, p. 417, 2025. [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9968811>.
- [4] F. Campbell, J. Cunliffe, and J. Darcey, "Current technology in endodontic instrumentation: advances in metallurgy and manufacture," *British Dental Journal*, vol. 231, no. July pp. 49-57, 2021. [Online]. Available: <https://www.nature.com/articles/s41415-021-3170-1>.
- [5] H. A. Ibrahim, A. H. Ali, and F. Mannocci, "Assessment of Debris Apical Extrusion, Unprepared Surface Areas, and Dentinal Crack Formation after Root Canal Preparation Using ProTaper Next, ProTaper Ultimate, and R-Motion File Systems," *Journal of Endodontics*, vol. 51, no. 2, pp. 200-206, 2025/02/01/ 2025. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0099239924006071>.
- [6] N. Kurbanova, "MODERN METHODS AND ADVANTAGES OF INSTRUMENTAL TREATMENT OF ROOT CANALS OF TEETH," *Modern Science and Research*, vol. 4, no. 2, pp. 456-463, 2025. [Online]. Available: <https://inlibrary.uz/index.php/science-research/article/view/65634>.
- [7] S. Asgary, "Bio-obturation: A Novel Approach in Root Canal Treatment Using Endodontic Biomaterials," *Iranian Endodontic Journal*, vol. 20, no. February, p. e15, 2025. [Online]. Available: <https://journals.sbm.ac.ir/iej/article/view/47630>.
- [8] Y. Chang *et al.*, "Risk factors associated with the survival of endodontically treated teeth: A retrospective chart review," *The Journal of the American Dental Association*, vol. 155, no. 1, pp. 39-47, 2024/01/01/ 2024. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0002817723006232>.
- [9] F. Smarandache, "Soft set product extended to hypersoft set and indetermssoft set cartesian product extended to indetermhyversoft set," *Journal of fuzzy extension and applications*, vol. 3, no. 4, pp. 313-316, 2022. [Online]. Available: https://www.journal-fea.com/article_157982.html.
- [10] F. Smarandache, "Foundation of the SuperHyperSoft Set and the Fuzzy Extension SuperHyperSoft Set: A New Vision," *Neutrosophic Systems with Applications*, vol. 11, no. November, pp. 48-51, 2023. [Online]. Available: <https://sciencesforce.com/index.php/nswa/article/view/172>.
- [11] E. González Caballero, M. Leyva Vázquez, and F. Smarandache, "On neutrosophic uninorms," *Neutrosophic Sets and Systems*, vol. 45, no. 2021, pp. 340-348, 2021. [Online]. Available: https://digitalrepository.unm.edu/nss_journal/vol45/iss1/22.
- [12] S. Dhouib, "Optimization of travelling salesman problem on single valued triangular neutrosophic number using dhouib-matrix-TSP1 heuristic," *International Journal of Engineering*, vol. 34, no. 12, pp. 2642-2647, 2021. [Online]. Available: https://www.ije.ir/article_137445.html.
- [13] T. A. Al-Tamimi, L. A. Al-Swidi, and A. H. Al-Obaidi, "New Concepts in Partner Multineutrosophic Topological Space," *International Journal of Neutrosophic Science (IJNS)*, vol. 24, no. 3, p. 172, 2024. [Online]. Available: https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Aagcd%3A1%3A16610129/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Aascholar&id=ebsco%3Aagcd%3A180913659&crl=c&link_origin=scholar.google.es.
- [14] A. Ginjeira, A. O. Baruwa, and K. Baumotte, "Evaluation and Comparison of Manual and Mechanical Endodontic Instrumentation Completed by Undergraduate Dental Students on Endodontic Blocks," *Dentistry Journal*, vol. 12, no. 11, p. 363, 2024. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2304-6767/12/11/363>.
- [15] S. K. Kumar, M. Kumar, N. Sharma, P. Arora, M. Bhatt, and S. Akkanapally, "Comparative Evaluation of the Efficacy of Different Ni-Ti Rotary Instruments in Removal of Gutta-Percha During Root Canal Retreatment: An in vitro Study," *Journal of Advanced Oral Research*, vol. 15, no. 1, pp. 39-46, 2024. [Online]. Available: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/23202068231220446>.
- [16] Y. J. Kang, S. W. Kwak, J.-H. Ha, G. Gambarini, and H.-C. Kim, "Fracture resistances of heat-treated nickel-titanium files used for minimally invasive instrumentation," *BMC Oral Health*, vol. 25, no. 1, p. 126, 2025. [Online]. Available: <https://link.springer.com/article/10.1186/s12903-025-05487-4>.
- [17] E. Nagy, N. Kotaki, M. Dudás, D. G. Gryschka, G. Braunitzer, and M. A. Antal, "Comparative analysis of nickel-titanium instrumentation systems for root canal anatomy preservation: an in vitro study," *Applied Sciences*, vol. 15, no. 1, p. 429, 2025. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2076-3417/15/1/429>.
- [18] F. C. Belmabrouk, Z. S. Metref, N. Bouziani, S. I. Gahlouz, and S. M. H. Tadjia, "Comparative study between manual and mechanized endodontic desobturation," *International Dental Journal*, vol. 74, no. October pp. S309-S310, 2024/10/01/ 2024. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0020653924005070>.

- [19] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.
- [20] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.
- [21] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.
- [22] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024
- [23] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.
- [24] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024
- [25] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

Recibido: febrero 28, 2025. Aceptado: marzo 19, 2025