

Comparación de la fuerza y longitud de las cadenas elastoméricas termoestables y termoplásticas

Comparison of strength and length of thermoset and thermoplastic elastomeric chains

Jazmin Cortés Campos ^{1a}, Rafael Rivas Gutiérrez ^{1b}, Jaime Gutiérrez Rojo ^{1c}, David Masuoka Ito ^{2d},
José Barrera Bernal ^{2e}

¹ Universidad Autónoma de Nayarit, México.

² Universidad Autónoma de Aguascalientes, México.

^a Cirujano dentista ^b Maestría en Ortodoncia ^c Maestría en Salud Pública ^d Doctor en Ciencias Odontológicas

^e Maestría en Ciencias Odontológicas

RESUMEN

Objetivos: Comparar la fuerza y longitud de las cadenas elastoméricas termoestables y termoplásticas. **Materiales y Métodos:** Se realizó un estudio in vitro con una muestra de 72 cadenas termoplásticas y 72 termoestables, divididas en 6 grupos de tiempo (inicial, 1, 7, 14, 21 y 28 días). Se fabricaron 36 plantillas con 20 mm de separación, para sujetar las cadenas a una longitud constante; se sumergieron en saliva artificial, alojadas en una incubadora a 37 °C. La fuerza se midió con un dinamómetro y la longitud con un calibrador vernier digital. Se realizaron pruebas de t de Student, ANOVA y post hoc de Tukey. **Resultados:** El promedio de la fuerza inicial de las cadenas termoestables (309,58 g) fue menor que las termoplásticas (322,5 g) y a los 28 días las termoplásticas tuvieron una pérdida de fuerza mayor (46,2%) que las termoestables (35%). Las cadenas termoplásticas tuvieron mayores cambios dimensionales (49,9%) y las termoestables el 28,6% de su longitud inicial. La fuerza y longitud presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,001$) a partir del primer día. **Conclusiones:** Las cadenas termoplásticas presentan mayor fuerza inicial, mientras que las cadenas termoestables obtuvieron una fuerza más ligera pero más duradera. Las cadenas termoplásticas presentaron mayores cambios de longitud desde el primer día.

Palabras clave: Elastómeros; Ortodoncia; Resistencia a la Tracción; Elasticidad. ([Fuente: DeCS BIREME](#))

ABSTRACT

Objectives: To compare the strength and length of thermoset and thermoplastic elastomeric chains. **Materials and Methods:** An in vitro study was performed with a sample of 72 thermoplastic and 72 thermoset chains, divided into 6 times groups (initial, 1, 7, 14, 21 and 28 days). Thirty-six templates were manufactured with 20 mm separation. To hold the chains at a constant length; they were immersed in artificial saliva. Housed in an incubator at 37° C. Force was measured with a dynamometer and length with a digital vernier caliper. Student's t test, ANOVA and Tukey's post hoc test were performed. **Results:** The mean initial force of the thermoset chains (309.58 g) was lower than of the thermoplastic chains, and at 28 days the thermoplastic chains (322.5 g) had a greater loss of force (46.2%) and the thermoset chains 35%. The thermoplastic chains had greater dimensional changes (49.9%) and the thermoset chains 28.6% of their initial length. The strength and length showed statistically significant differences ($p < 0.001$) from the first day. **Conclusions:** The thermoplastic chains had greater initial strength, while the thermoset chains obtained a lighter but more durable strength. The thermoplastic chains showed greater length changes from the first day.

Keywords: Elastomers; Orthodontics; Tensile Strength; Elasticity. ([Source: MeSH NLM](#))

Recibido: 18 de noviembre de 2024

Aprobado: 29 de enero de 2025

Publicado: 31 de enero de 2025

Correspondencia:

Jaime Gutiérrez Rojo
Correo electrónico: jaime.gutierrez@uan.edu.mx

© Los autores. Este artículo es publicado por la Universidad de San Martín de Porres (Lima, Perú) Es un artículo de acceso abierto distribuido bajo la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>



Citar como: Cortés Campos J, Rivas Gutiérrez R, Gutiérrez Rojo J, Masuoka Ito D, Barrera Bernal J. Comparación de la fuerza y longitud de las cadenas elastoméricas termoestables y termoplásticas. KIRU. 2025 ene-mar;22(1):12-17. <https://doi.org/10.24265/kiru.2025.v22n1.03>

INTRODUCCIÓN

En ortodoncia, el movimiento dental se logra por la aplicación de una fuerza con el objetivo de obtener una respuesta biológica y mecánica, utilizándose aditamentos y aparatología que promueven estímulos biológicos, provocando así la reproducción de movimientos específicos a través del hueso ⁽¹⁾.

Las cadenas elastoméricas se utilizan ampliamente en ortodoncia para aplicar fuerzas ligeras y continuas durante la mecánica de deslizamiento en el cierre de diastema, la corrección de rotaciones y principalmente durante la retracción de caninos posterior a la extracción de premolares ⁽²⁻⁴⁾.

Tienen muchas ventajas, como ser prácticas, de bajo costo, cómodas para los pacientes y su remoción requiere poco tiempo de consulta por parte del ortodoncista, sin embargo, una de las desventajas más importantes es la pérdida de un grado considerable de su fuerza inicial después de un tiempo muy corto de uso, provocando movimientos dentales ineficientes y aumentando el número de consultas en el tratamiento ⁽⁵⁻⁷⁾.

Las cadenas elastoméricas están hechas principalmente de poliuretano y pueden ser termoplásticas (TP) y termoestables (TE). Los materiales termoplásticos se moldean a altas temperaturas y tienen enlaces dipolares o de Van der Waals débiles entre sus polímeros, mientras que los materiales termoestables se curan irreversiblemente durante el proceso de fabricación, no son remodelables, se queman a altas temperaturas, tienen enlaces químicos covalentes más fuertes y según los fabricantes han introducido propiedades que se dice que proporcionan una mayor eficacia durante la mecánica, afirmando que la cadena proporciona una fuerza más ligera pero más duradera, sin embargo, necesitan más estiramiento que las cadenas termoplásticas para lograr la fuerza deseada ⁽⁸⁻¹⁰⁾.

El objetivo del estudio fue comparar la fuerza y longitud de las cadenas elastoméricas termoestables y termoplásticas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio in vitro en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Diagnóstico Molecular y Biomateriales de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, México. La muestra de este estudio fue de 72 cadenas TP y 72 TE, que se dividió en 6 grupos para

registrar la pérdida de fuerza y los cambios dimensionales en diferentes momentos: inicial, 1, 7, 14, 21 y 28 días.

Se cortaron 7 eslabones de cada cadena, dejando 2 eslabones para manipulación y 5 para estiramiento, utilizando cadena cerrada de distintas marcas (Figura 1).

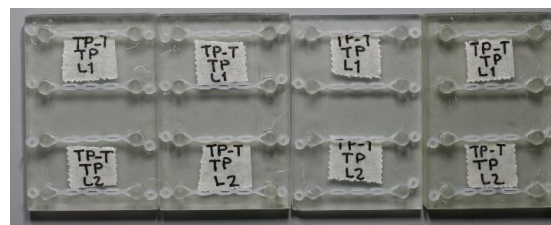


Figura 1. Cadenas elastómeras cerradas

Se usaron 36 plantillas de estiramiento, cada una con 20 mm de separación (Figura 2), para sujetar las cadenas elastoméricas a una longitud constante, las cuales se sumergieron en saliva artificial, cambiando la saliva cada 7 días y alojadas en una incubadora (ON-01E Natural Convection Oven (52L), Lab Companion) a 37 °C.

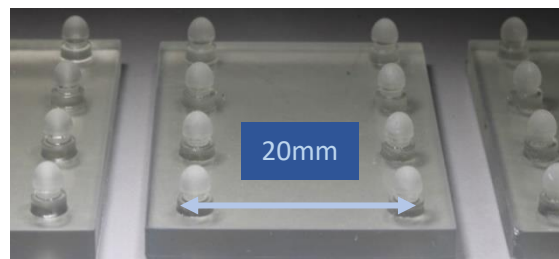


Figura 2. Plantillas de estiramiento con 20 mm de separación

Se realizaron las pruebas estadísticas t de Student, ANOVA y post hoc de Tukey, las cuales se trabajaron a un nivel de significancia de 5%.

RESULTADOS

La fuerza de las cadenas TE en promedio en el inicio fue de $309,58 \pm 25,69$, el primer día de $279,58 \pm 15,47$, a los siete días fue de $247,9 \pm 10,69$, de $236,25 \pm 12,6$ a los 14 días, a los 21 días fue de $222,91 \pm 11,44$ y a los 28 días de $201,25 \pm 1,24$ (Figura 3 y Tabla 1). Se encontraron diferencias estadísticas significativas con la prueba de ANOVA ($F: 68,94, p < 0,001$) y en el post hoc de Tukey se encontraron diferencias estadísticas significativas entre todos los valores.

Cuando se evaluó la fuerza de las cadenas TP, el inicio presentó un promedio de $322,5 \pm 28,83$, al primer día de $262,91 \pm 71,01$, a los siete días

el resultado fue de $218,33 \pm 59,38$, a los 14 días fue de $213,33 \pm 70,18$, de $194,16 \pm 66,35$ a los 21 días y de $173,75 \pm 60,96$ a los 28 días (Figura 3 y Tabla 1). Con la prueba de ANOVA se encontraron diferencias estadísticas significativas ($F: 8,525$, $p < 0,001$). Al utilizar el post hoc de Tukey se encontraron diferencias estadísticas significativas del inicio con los demás valores (exceptuando el primer día).

La media de la longitud en las cadenas TE al inicio fue de 15, un día después fue de $17,16 \pm 0,48$, a los siete días de $18,2 \pm 0,72$, después de 14 días de $18,9 \pm 0,61$, a los 21 días fue de $19,05 \pm 0,56$ y a los 28 días fue de $19,31 \pm 0,68$ (Figura 4 y tabla 2). Al evaluar los valores encontrados con la prueba de ANOVA existieron diferencias estadísticas significativas ($F: 91,34$, $p < 0,001$) y con el post hoc de Tukey no se encontraron diferencias estadísticas significativas de los 14 días en adelante.

La longitud media en las cadenas TP, al inicio, fue de 15, al paso de un día fue de $19,75 \pm 1,8$, a los siete días de $20,9 \pm 1,26$, de $21,79 \pm 1,81$ a los 14 días, de $22,14 \pm 2,23$ a los 21 días y a los 28 días fue de $22,49 \pm 2,06$ (Figura 4 y tabla 2). Al evaluar los valores encontrados se encontraron diferencias estadísticas significativas ($F: 29,63$, $p < 0,001$) con la prueba de ANOVA y con el post hoc de Tukey se encontraron diferencias estadísticas significativas del valor de inicio con las demás pruebas y de la prueba del primer día con la de los 24 y 28 días.

Se compararon con la prueba de t de Student los valores de las cadenas TE con las cadenas TP, encontrando en la fuerza y la longitud diferencias estadísticas significativas a partir del día 1 (Tabla 3).

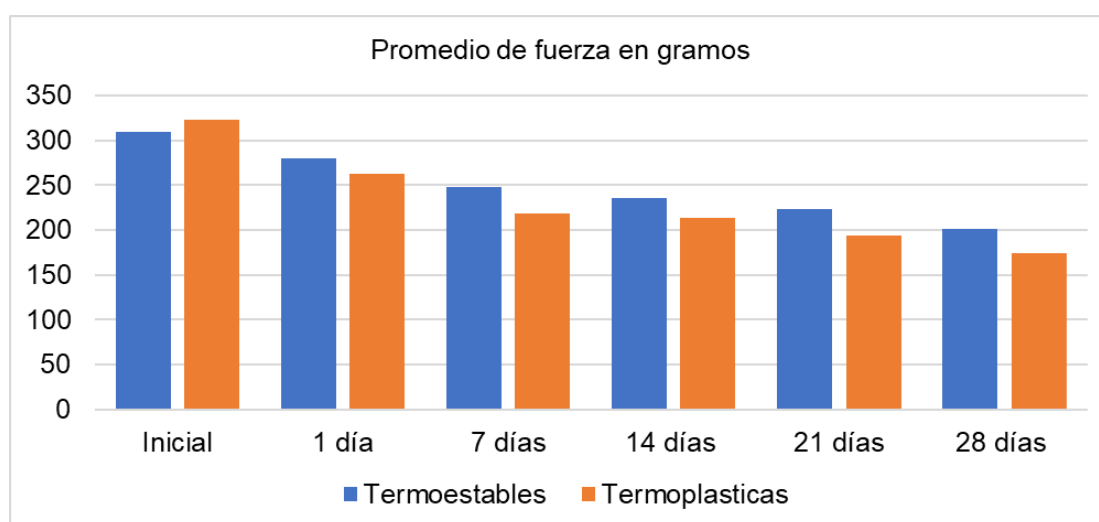


Figura 3. Promedio de la fuerza de las cadenas termoestables y termoplásticas

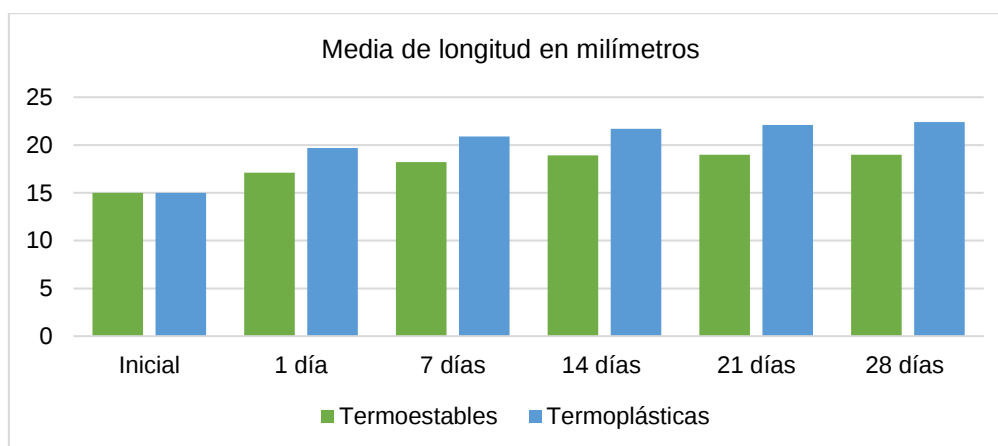


Figura 4. Media de la longitud de las cadenas termoestables y termoplásticas

Tabla 1. Porcentaje de disminución de fuerza

Tiempo	Termoestables	Termoplásticas
1 día	9,7%	18,5%
7 días	20%	32,4%
14 días	24%	33,9%
21 días	28%	39,4%
28 días	35%	46,2%

Tabla 2. Porcentaje de aumento de longitud

Tiempo	Termoestables	Termoplásticas
1 día	14,4%	31,6%
7 días	21,3%	39,3%
14 días	26%	45,2%
21 días	27%	47,6%
28 días	28,6%	49,9%

Tabla 3. Resultados de la prueba de t de Student

		Inicio	1 día	7 días	14 días	21 días	28 días
Fuerza	t	-1,66	3,574	9,174	6,031	8,32	6,884
	p	0,124	0,004**	0,0001*	0,0001*	0,0001*	0,0001*
Longitud	t	NA	-17,71	-12,29	-15,52	-17,95	-15,32
	p	NA	0,0001*	0,0001*	0,0001*	0,0001*	0,0001*

* p<0,001, ** p<0,05.

DISCUSIÓN

Las cadenas elastoméricas son muy utilizadas en el tratamiento de ortodoncia, sin embargo, se han publicado diversos estudios sobre la desintegración de su fuerza y cambios dimensionales en un tiempo corto de uso ^(2,10,13).

Por la importancia de aplicar fuerzas ligeras y continuas, este estudio se realizó para comparar la fuerza de las cadenas que comercialmente se afirma que tienen memoria (TE) con las cadenas elastoméricas convencionales (TP).

Masoud et al. ⁽⁹⁾ evaluaron la disminución de la fuerza de las cadenas elastoméricas y encontraron una degradación de fuerza promedio de 40,63% en las TE y 60,9% para las TP en una duración de 4 semanas. Por lo tanto, la caída de la fuerza de las cadenas TE fue en promedio un 20% menor que la de las TP; en comparación con este estudio las cadenas TE tuvieron una degradación de fuerza del 35% y las cadenas TP el 46,2% al finalizar las 4 semanas, siendo diferentes los resultados, pero concluyendo en ambos que las cadenas TE tuvieron menor degradación de fuerza.

Moghaddam et al. ⁽¹¹⁾ compararon la fuerza entre cadenas TE y TP mostrando que la caída de la fuerza de las cadenas TE fue significativamente menor que la de las cadenas TP en todas las mediciones y que el alargamiento requerido de las cadenas TE es mayor que el de las cadenas TP.

Kardach et al. ⁽⁸⁾ encontraron mayor efectividad en las cadenas termoestables en comparación con las termoplásticas en el tratamiento de ortodoncia porque estas cadenas podían salvar sus propiedades elásticas y mecánicas. Concluyó que las cadenas TE tenían una disminución de fuerza significativamente menor y un alargamiento requerido mayor que las cadenas termoplásticas. La fuerza inicial y la tasa de degradación de la fuerza son menores en las cadenas termoestables que en las termoplásticas, siendo nuestros resultados similares a estos dos estudios, ya que la fuerza inicial de las cadenas TE también fue menor que las TP, así como la pérdida de su fuerza.

Mirhashemi et al. ⁽¹²⁾ descubrieron que las cadenas TE necesitaban un mayor alargamiento para producir la misma fuerza que las cadenas TP al igual que en este estudio y que la disminución de la fuerza después de las primeras 24 horas se produjo en 20,7%-31,2% en cadenas elastoméricas de materiales termoplásticos y 9,3%-12,4% en cadenas elastoméricas termoestables, siendo sus resultados parecidos a esta investigación, ya que hubo una pérdida de fuerza en las primeras 24 horas del 18,5% en cadenas TP y el 9,7% en las cadenas TE.

Prastiti et al. ⁽⁵⁾ concluyeron que hubo mayor degradación de la fuerza en las primeras 24 horas en todas las marcas de cadenas, siendo sus resultados diferentes a los nuestros, debido a que las cadenas TP si tuvieron una mayor pérdida de fuerza las primeras 24 horas, pero las cadenas TE tuvieron una mayor pérdida a los 7

días. También encontró que las cadenas elastoméricas termoestables tienen mayor fuerza residual que las cadenas termoplásticas al igual que en este estudio.

Subroto *et al.* ⁽¹³⁾ encontraron que todas las cadenas experimentaron una deformación elástica en forma de pérdida de elasticidad y cambios físicos marcados por el alargamiento de las cadenas con respecto a su tamaño original, al igual que este estudio, siendo mayor la deformación de las cadenas TP en comparación de las TE.

También que las cadenas TP experimentaron una disminución de fuerza del 55,70%, mientras que las TE el 27,35%, concluyendo que las cadenas TE experimentan una menor caída de fuerza y una mayor constancia en el mantenimiento de la fuerza en comparación con las cadenas TP.

Se concluyen que las cadenas TP presentan mayor fuerza inicial y las cadenas TE obtuvieron una fuerza más ligera pero más duradera. En las cadenas TE la máxima pérdida de fuerza se presentó en los primeros 7 días, mientras que en las TP fue en las primeras 24 horas. Las cadenas TP presentaron mayores cambios de longitud de las 24 horas hasta los 28 días.

Se recomienda el uso de cadenas termoestables para lograr movimientos dentales con fuerzas ligeras y continuas, y disminuir el número de consultas en el tratamiento de ortodoncia.

Roles de contribuciones según CRediT

Conceptualización: MJFS. Investigación: MJFS. Recursos: GMVA. Redacción – Borrador original: MJFS. Redacción – Revisión y edición: GMVA. Visualización: GMVA.

Fuente de financiamiento: Autofinanciado.

Conflictos de interés: Los autores declararon no tener conflicto de interés.

REFERENCIAS

1. Torres P, Manuel G, Cavazos E, Aguilera I, Arellano Z. Evaluación de la degradación de la fuerza de cadenas elastoméricas de cuatro marcas diferentes. *J Odont Coleg.* 2019;12(23):42-50.
2. da Silva Chaves A, Costas A, Sousa L, Almada E, Vinicius M, Scudeler S, *et al.* Force degradation of elastomeric chains after storage time and mechanical brushing. *Braz Dent J.* 2021; 32(4):55-61.
3. Baratieri C, Mattos C, Alves M, Lau TCL, Nojima L, Gomes d Souza M, *et al.* In situ evaluation of orthodontic elastomeric chains. *Braz Dent J.* 2012;23(4):394-8.
4. Mousavi S, Mahboobi S, Rakhshan V. Effects of different stretching extents, morphologies, and brands on initial force and force decay of orthodontic elastomeric chains: An in vitro study. *Dent Res J.* 2020;17(5):326-37.
5. Prastiti VP, Triwardhani A, Vemala I, Sjamsudin J. Thermoset and thermoplastic elastomeric chain comparative strength: An in vitro study. *J Int Oral Health.* 2020;12(5):485-90.
6. Dadgar S, Sobouti F, Armin M, Ebrahimiinasab P, Moosazadeh M, Rakhshan V. Effects of 6 different chemical treatments on force kinetics of memory elastics chains versus conventional chains: An in vitro study. *Int Orthod.* 2020;18(2):349-58.
7. Kochenborger C, Lopes D, Menezes E, Antunes D, Hahn L. Avaliação das tensões liberadas por elásticos ortodônticos em cadeia: estudo in vitro. *Dental Press J Orthod.* 2011;16(6):93-9.
8. Kardach H, Biedziak B, Olszewska A, Golusińska-Kardach E. The mechanical strength of orthodontic elastomeric memory chains and plastic chains: An in vitro study. *Adv Clin Exp Med.* 2017;26(3):373-8.
9. Masoud AI, Tsay TP, BeGole E, Bedran-Russo AK. Force decay evaluation of thermoplastic and thermoset elastomeric chains. A mechanical design comparison. *Angle Orthodontist.* 2014;84(6):1026-33.
10. Issa AR, Kadhum AS. Force degradation of orthodontic elastomeric chains: A literature review. *J Baghdad Coll Dent.* 2022;34(4):1817-69.
11. Moghaddam S, Kamali M. Force decay and discoloration of thermoplastic and thermoset orthodontic elastomeric chains. *Braz Dent Sci.* 2022;25(1):2612.
12. Mirhashemi AH, Saffarsahroudi A, Sodagar A, Atai M. Force degradation pattern of six different orthodontic elastomeric chains. *J Dent Tehran.* 2012;9(4):204-15.
13. Subroto MI, Putri A, Putri L, Hidayati L. Generation I and generation II elastomeric chains characteristics comparison in artificial saliva immersion. *Braz Dent Sci.* 2021;24(1):1-9.

Jazmin Cortés Campos
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4911-5833>
Correo: 22000228@uan.edu.mx

Rafael Rivas Gutiérrez
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5708-6827>
Correo: rafael.rivas@uan.edu.mx

Jaime Gutiérrez Rojo
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8795-096X>
Correo: jaime.gutierrez@uan.edu.mx

David Masuoka Ito
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4850-4342>
Correo: david.masuoka@edu.uaa.mxcom

José Barrera Bernal
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5120-3620>
Correo: joseluis.barrera@edu.uaa.mx