

# Análisis In vitro de yesos dentales de alta resistencia y baja expansión disponibles en Perú

Fredy Hugo Cruzado-Oliva<sup>1</sup>, Gustavo Farfán-Verástegui<sup>1</sup>, Luis Felipe Alarco-La Rosa<sup>1</sup>, Heber Isac Arbildo-Vega<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Estomatología, Trujillo, Perú.

<sup>2</sup> Universidad Alas Peruanas, Facultad de Ciencias de la Salud, Lima, Perú.

## Correspondencia:

Fredy Hugo Cruzado-Oliva: fcruzado@unitru.edu.pe  
Sérvulo Gutiérrez 411. Urb. Santo Dominguito. Trujillo.  
ORCID: 0000-0003-1575-0077

## Coautores:

Gustavo Farfán-Verástegui: gfarfan@unitru.edu.pe  
ORCID: 0000-0002-4520-4803  
Luis Felipe Alarco-La Rosa: lalarco@unitru.edu.pe  
ORCID: 0000-0002-9296-8312  
Heber Isac Arbildo-Vega: harbildov@usmp.pe, haviav30@gmail.com  
ORCID: 0000-0003-3689-7502

**Conflicto de intereses:** Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

**Fuente de financiamiento:** Autofinanciado.

Recibido: 03/06/23  
Aceptado: 10/08/23  
Publicado: 29/09/23

## *In vitro* analysis of high resistance and low expansion dental plasters available in Peru

### Resumen

**Objetivo.** Comparar la dureza, estabilidad dimensional y resistencia a la compresión de los yesos dentales de alta resistencia y baja expansión disponibles en el Perú. **Métodos.** Se realizó un estudio descriptivo, observacional y transversal. Se confeccionaron muestras de forma cilíndrica (8) y rectangular (8), de siete yesos dentales de alta resistencia y baja expansión. Se evaluó la dureza utilizando el Durómetro Universal Identec, la estabilidad dimensional con un calibrador digital y la resistencia a compresión con la Máquina de Ensayo Universal. Para determinar si hay diferencia en cada una de estas propiedades se empleó el análisis de varianza, la prueba F y la prueba de Duncan. Además, se empleó la prueba de comparación de medias, t de *Student*, para evaluar si difieren con los valores de la ADA (Asociación Dental Americana). **Resultados.** La dureza, estabilidad dimensional y resistencia a la compresión promedio de los yesos dentales presentó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre cada uno con los promedios estándares establecidos por la ADA. **Conclusiones.** En relación resistencia a la compresión el 100% de los yesos analizados cumplen con los parámetros establecidos por la ADA, en relación estabilidad dimensional solo el 28.6% y el 100% no alcanzan los estándares de dureza promedio establecidos por la ADA.

**Palabras clave:** Yeso dental; Dureza; Estabilidad dimensional; Resistencia a compresión (fuente: DeCS BIREME).

### Abstract

**Objective.** To compare the hardness, dimensional stability, and compressive strength of high-strength, low-expansion dental plasters available in Peru, according to ADA criteria. **Methods.** A descriptive, observational and cross-sectional study was developed. A selection of 8 cylindrical-shaped samples and 8 rectangular-shaped ones, from seven high-resistance, low-expansion dental plasters were fabricated. The hardness was evaluated using the Identec Universal Durometer. Dimensional stability was evaluated with a digital caliper and compressive strength was evaluated with the Instron Universal Testing Machine. To determine if there is a difference in each of these properties, the analysis of variance, F test, and the Duncan's test were used. In addition, to assess whether these values differ from those of the ADA, the mean comparison test, student's t table, were used. **Results.** The hardness, dimensional stability and average compressive strength of

the high-strength, low-expansion dental plasters showed that there are significant differences ( $p < 0.05$ ) between each of the dental plasters and with the standard averages established by the American Dental Association. (ADA). **Conclusions.** 100% of the high-strength, low-expansion dental casts meet the parameters established by the ADA in terms of their compressive strength, only 28.6% of these comply with the ADA in terms of dimensional stability and that 100% of these do not meet the average hardness standards established by the ADA.

**Keywords:** Dental gypsum; Hardness; Dimensional stability; Compressive strength (source: MeSH NLM).

## Introducción

En odontología, el yeso dental es usado para fabricar un modelo dental con fines de diagnóstico y para diseñar el plan de tratamiento. Además, sirve de herramienta para evaluación del progreso del tratamiento y la documentación de los casos, con fines didácticos y de investigación<sup>1-8</sup>.

Los yesos dentales son materiales esenciales tanto para el odontólogo como para el protesista dental, debido a las características y propiedades que presentan, y que han mejorado con la evolución de los métodos de deshidratación y adición de sustancias. La facilidad con que pueden modificarse sus propiedades les permite una diversidad de aplicaciones<sup>9</sup>.

De acuerdo con la clasificación establecida por la *American Dental Association* (ADA)<sup>9-11</sup>, existen diversos tipos de yesos dentales, tales como: Tipo I o yeso para impresión, Tipo II o yeso para modelos, Tipo III o yeso piedra, Tipo IV o yeso para dados (alta resistencia, baja expansión) y Tipo V o yeso para dados (alta expansión, alta resistencia).

La selección del tipo de yeso para la obtención de modelos dentales finales se debe principalmente a las propiedades, de microdureza superficial para resistir al rayado durante la preparación de la restauración final, la resistencia a la compresión para resistir la fuerza de manipulación durante los pasos de laboratorio y la estabilidad dimensional para mantener inalterable sus medidas tridimensionales a lo largo del tiempo<sup>12-14</sup>, los yesos dentales tipo IV son los indicados para este fin<sup>7,9,10,15</sup>.

En el mercado peruano existen varias marcas de yesos dentales tipo IV, por lo que el presente estudio tiene como objetivo comparar la dureza, resistencia a la compresión y la estabilidad dimensional de los yesos dentales tipo IV de comercialización peruana, según los criterios estipulados por la ADA.

## Materiales y métodos

El presente fue un estudio *in vitro*, descriptivo, comparativo, observacional y transversal; cuya unidad de análisis fue cada una de las muestras de yeso dental de alta resistencia y baja expansión, correspondientes a 7 marcas comerciales: Elite Rock (Zhermack, Rovigo, Italia), Fuji Rock (GC, Lovaina, Bélgica), UltiRock (Whip Mix,

Kentucky, Estados Unidos), Nic Stone (MDC Dental, Jalisco, México), Rubimix (Protechno, Girona, España), Velmix (Kerr, Salerno, Italia) y Singletype4 (Las-cod, Florencia, Italia). El tamaño de la muestra estuvo conformado por 8 muestras de cada marca de yeso, es decir 56 muestras para evaluar la dureza y expansión dimensional, y 56 muestras más para evaluar la resistencia a compresión. Obteniéndose un total de 112 muestras.

Se acondicionaron moldes de metacrilato de forma cilíndrica de 39.84 mm (alto) x 33.00 mm (diámetro) y de forma rectangular de 58.79 mm (largo) x 24.29 mm (alto) x 15.19 mm (ancho), en los cuales se elaboraron 8 especímenes de forma cilíndrica y otros 8 de forma rectangular de cada marca. La mezcla se inició manualmente durante 15 segundos y posteriormente se vertió en el mezclador al vacío que completó la misma hasta los 30 segundos. Durante la preparación de la mezcla se respetó los 30 segundos de tiempo de manipulación que indica la Norma ISO 6873. A continuación, se vibró el contenido con el vibrador de la propia máquina de vacío y se vertió la mezcla en los moldes preparados para este fin, con ayuda de un vibrador externo. Los criterios de selección fueron: yesos dentales de alta resistencia y baja expansión, con empaque cerrado en el que se detallen sus propiedades.

Para la nomenclatura de las muestras se colocó el nombre de cada marca comercial de yeso. Se dejó reposar las muestras en una superficie plana, hasta producirse la pérdida del brillo de la superficie. Después, cada muestra se introdujo en una cámara de humedad la cual fue fabricada con un contenedor de plástico, una bayeta humedecida y una tapa para su cierre hermético, para mantener la misma humedad y temperatura de cada muestra. Se mantuvieron en ese lugar hasta su completo fraguado, según indicación del respectivo fabricante (30 minutos) (Figura 1).

Para la determinación de la dureza de las muestras cilíndricas, se evaluaron a las 72 horas, con el durómetro universal (Identec, Sunderland, Inglaterra). Estas fueron colocadas en un soporte fijo plano, debido a que este material se encuentra en la escala L, se utilizó un penetrador esférico de 1/4 de pulgada con una precarga de 10 kg durante 10 segundos con la finalidad de romper la deformación plástica inicial del material y fijar la muestra a la máquina, luego se aplicó la carga definitiva de 50 kg durante 30 segundos, obteniendo una carga total de

60 kg. Pasado los 40 segundos, se retiró con cuidado la carga definitiva con la finalidad de obtener la deformación final. Los resultados de la dureza fueron registrados según su escala directamente en el durómetro. Se realizaron dos repeticiones más para cada muestra a una distancia de 6.5 mm. En total, cada muestra tuvo tres indentaciones que fueron registradas y después se realizó el promedio de cada una de ellas <sup>16</sup> (Figura 2).

Para la determinación de la estabilidad dimensional se usaron las muestras rectangulares, una sierra de corte y un calibrador digital (Neiko, Zhejiang, China) <sup>17</sup>. Con la sierra de corte se destruyó el molde plástico rectangular y se extrajeron las muestras, similar al estudio de Teraoka *et al.* <sup>18</sup>. A continuación se procedió a la medición de sus tres dimensiones y 2 horas después se volvieron a

medir todas las muestras y así se estableció el porcentaje de expansión según la siguiente fórmula (Figura 3):

$$\frac{(DF\ Largo \times DF\ Ancho \times DF\ Alto) - (DI\ Largo \times DI\ Ancho \times DI\ Alto)}{(DI\ Largo \times DI\ Ancho \times DI\ Alto)} \times 100$$

Donde: DI es Dimensión Inicial y DF es Dimensión Final <sup>18,19</sup>

Para la determinación de la resistencia a la compresión se usaron las muestras rectangulares, que se colocaron en la máquina de ensayo universal (Instron, 8801, Massachusetts, USA) adaptada con dos dispositivos fijados uno a la base y otro al techo de la mesa metálica de la máquina, de forma que el eje largo quede paralelo al suelo. La muestra fue posicionada lo más cerca posible a la base, formando un ángulo de 90°. Luego, el sistema



Figura 1. Especímenes de yeso de forma cuadrangular y cilíndrica rotulados.



Figura 2. Evaluación de la dureza (Durómetro Universal Identec)



**Figura 3.** Evaluación de la Estabilidad Dimensional (Vernier digital NEIKO Stainless HARDEND)



**Figura 4.** Evaluación de Resistencia a Compresión (Máquina de Ensayo Universal Instron 8801)

se activó a una velocidad de 2 mm/min con fuerza en la misma dirección, pero en diferente sentido hasta que ocurrió la fractura de la muestra<sup>20-24</sup> (Figura 4).

Para determinar si hay diferencia de la dureza, estabilidad dimensional y resistencia a la compresión de los yesos dentales, se empleó el análisis de varianza de un diseño completamente al azar, utilizando la prueba F, luego se hizo una prueba de comparación múltiple, utilizando la prueba de Duncan. Adicionalmente, para determinar si el promedio encontrado de cada marca de yeso difiere del valor de su fabricante y el valor de la ADA en su especificación n° 25<sup>10</sup>, se empleó la prueba de comparación de medias utilizando la distribución

de *Student*, previa utilización de la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, a un nivel de significancia del 5% ( $p < 0.05$ ).

### Resultados

Al comparar la dureza, estabilidad dimensional y la resistencia a compresión de todos los yesos se encontró que existe diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0.0001$ ).

El promedio, la desviación estándar y el intervalo de confianza con respecto a la dureza, la estabilidad dimensional y la resistencia a compresión de los yesos dentales se muestran en la tabla 1, 2 y 3 respectivamente.

**Tabla 1.** Comparación de los valores de dureza de los yesos dentales de alta resistencia y baja expansión con el valor establecido por la ADA

Yesos dentales tipo IV	N	Promedio (RHL)	Valor estándar ADA (RHL)	Desviación estándar	p*	IC 95%
NicStone	8	68.68	92	1.468	< 0.001	67.47 - 69.93
FujiRock	8	82.83	92	3.083	< 0.001	80.23 - 85.38
UltiRock	8	77.70	92	2.604	< 0.001	75.53 - 79.87
Velmix	8	68.51	92	0.903	< 0.001	67.75 - 69.25
EliteRock	8	80.43	92	1.616	< 0.001	79.05 - 81.75
SingleType4	8	90.01	92	0.603	< 0.001	89.50 - 90.50
Rubimix	8	68.69	92	3.923	< 0.001	65.42 - 71.98

\* Prueba t de Student

**Tabla 2.** Comparación de los valores de la estabilidad dimensional de los yesos dentales de alta resistencia y baja expansión con el valor establecido por la ADA

Yesos dentales tipo IV	N	Promedio (%)	Valor estándar ADA (%)	Desviación estándar	p*	IC 95%
NicStone	8	0.1989	0.10	0.03666	< 0.001	0.170 - 0.230
FujiRock	8	0.0745	0.10	0.02830	< 0.05	0.052 - 0.098
UltiRock	8	0.1291	0.10	0.03038	< 0.05	0.100 - 0.150
Velmix	8	0.1894	0.10	0.06033	< 0.01	0.140 - 0.240
EliteRock	8	0.0697	0.10	0.01312	< 0.001	0.060 - 0.080
SingleType4	8	0.1216	0.10	0.01479	< 0.01	0.110 - 0.140
Rubimix	8	0.2227	0.10	0.03018	< 0.001	0.200 - 0.250

\* Prueba t de Student

**Tabla 3.** Comparación de los valores de la Resistencia a Compresión de los yesos dentales de alta resistencia y baja expansión con el valor establecido por la ADA

Yesos dentales tipo IV	N	Promedio (Mpa)	Valor estándar ADA (Mpa)	Desviación estándar	p*	IC 95%
NicStone	8	50.301	34.5	1.7973	< 0.001	48.80 - 51.80
FujiRock	8	77.337	34.5	2.2263	< 0.001	75.48 - 79.20
UltiRock	8	82.335	34.5	5.5840	< 0.001	77.67 - 87.00
Velmix	8	47.261	34.5	3.6399	< 0.001	44.22 - 50.30
EliteRock	8	90.387	34.5	1.7986	< 0.001	88.88 - 91.89
SingleType4	8	73.087	34.5	7.4463	< 0.001	66.87 - 79.31
Rubimix	8	76.418	34.5	3.0215	< 0.001	73.89 - 78.94

\* Prueba t de Student

Al analizar la dureza a las 72 horas el yeso SingleType4 presentó el valor más alto y los yesos; el Rubimix, Nic Stone y Velmix presentaron menor dureza, pero sin diferencia entre ellos, pero si con los demás yesos (Tabla 4).

Al evaluar la estabilidad dimensional a las 2 horas se encontró que los yesos EliteRock y FujiRock mostraron menor estabilidad dimensional y no difieren entre ellos (Tabla 5).

Al examinar la resistencia a la compresión a las 72 horas se encontró que el yeso EliteRock presentó una mayor resistencia (Tabla 6).

## Discusión

Los yesos dentales de alta resistencia y baja expansión son ampliamente usados para la fabricación de muñones

y modelos maestros en prótesis fija y removible, debido a sus propiedades superiores en comparación con otros yesos dentales. Por ello, es esencial obtener un modelo resistente, preciso y duro para proporcionar resistencia contra la rotura, evitar deformaciones y abrasión de la superficie del modelo durante la fabricación, el manejo y su articulación<sup>10,11</sup>.

En este estudio la dureza de los yesos dentales tipo IV analizados a las 72 horas evidenció que el yeso SingleType4 (90.01 RHL) es el que más se acerca a los valores que establece la ADA en su especificación n° 25 que es de 92 RHL<sup>10</sup>, por el contrario, los yesos Nic Stone, Velmix y Rubimix son los que más se alejan de los estándares establecidos por la ADA. Esto probablemente se debe a la humedad ambiental, que afecta de forma negativa al yeso, especialmente cuando se supera el 70%, nivel en el

**Tabla 4.** Comparación de los valores de dureza de los yesos dentales de alta resistencia y baja expansión

Yesos dentales Tipo IV	N	Sub grupos para $\alpha = 0.05$ (RHL)					p*
		1	2	3	4	5	
Velmix	8	68.51					
NicStone	8	68.68					
Rubimix	8	68.69					
UltiRock	8		77.7				<0.0001
EliteRock	8			80.43			
FujiRock	8				82.83		
SingleType4	8					90.01	

\* Prueba F y de Duncan

**Tabla 5.** Comparación de los valores de la Estabilidad Dimensional de los yesos dentales de alta resistencia y baja expansión

Yesos dentales Tipo IV	N	Sub grupos para $\alpha = 0.05$ (%)			p*
		1	2	3	
Velmix	8	0.0697			
NicStone	8	0.0745			
Rubimix	8		0.1216		
UltiRock	8		0.1291		<0.0001
EliteRock	8			0.1894	
FujiRock	8			0.1989	
SingleType4	8			0.2227	

\* Prueba F y de Duncan

**Tabla 6.** Comparación de los valores de la Resistencia a Compresión de los yesos dentales de alta resistencia y baja expansión

Yesos dentales Tipo IV	N	Sub grupos para $\alpha = 0.05$ (Mpa)				p*
		1	2	3	4	
Velmix	8	47.261				
NicStone	8	50.301				
Rubimix	8		73.087			
UltiRock	8		76.418			<0.0001
EliteRock	8		77.337			
FujiRock	8			82.335		
SingleType4	8				90.387	

\* Prueba F y de Duncan

cual el yeso incorpora suficiente vapor de agua para iniciar la reacción del fraguado, por una proporción polvo/agua; alterada <sup>20</sup>.

La diferencia entre los resultados de los yesos analizados se debe a que los fabricantes impregnan polímeros, agentes humectantes y endurecedores en el yeso <sup>15,21</sup>. Otro factor que puede haber influenciado es el proceso de mezcla yeso/agua, un estudio afirma que la mezcla mecánica al vacío resulta ventajosa en relación a la dureza, porque se reduce la porosidad <sup>19</sup>, en contraposición, otro estudio concluyó que la mezcla mecánica al vacío no produce un incremento significativo en la dureza <sup>21</sup>.

La estabilidad dimensional es un factor clave para producir prótesis dentales bien ajustadas con propiedades funcionales y estéticas óptimas <sup>25</sup>. Los resultados de los yesos analizados mostraron (después de 2h) que el Elite Rock (0.697%) y el Fuji Rock (0.749%), cumplieron con los estándares que establece la ADA que es de 0 a 0.10% <sup>10</sup>. Un estudio refiere que el 25.8% de los yesos cumplieron con los valores de la ADA <sup>22</sup>. Esta variación en la estabilidad dimensional puede ser consecuencia de una mezcla del yeso/agua sobresaturada; aumentando la presión de los cristales de yeso y la formación de agujeros microscópicos entre ellos. Esta expansión

se produce en todas las direcciones. El crecimiento de cristales a partir de los núcleos, y su entrelazamiento, dificulta el crecimiento de cristales vecinos. Cuando miles de cristales repiten este proceso, surge una tensión externa o interna que hace que toda la masa se expanda. Por tanto, la estructura obtenida inmediatamente después del fraguado está formada por cristales engranados entre los que existen poros y microporos que contienen el exceso de agua. Al secarse, el espacio vacío aumenta<sup>8,24</sup>.

Con relación a la resistencia a compresión, entre los yesos analizados a las 72 horas, el Elite Rock mostró 90.387 MPa y el Nic Stone 50.301 MPa siendo la mayor y menor resistencia a la compresión; superando los valores (34.5 MPa) que establece la ADA a las 2 horas<sup>10</sup>. La medición de la resistencia a compresión fue realizada a las 72 horas, tiempo suficiente para producir un mayor secado de las muestras. El tiempo de secado del yeso varía según el volumen del material, la temperatura y la humedad del aire en el que se almacena. A temperatura ambiente y humedad normal, el modelo de yeso tarda unos 7 días en perder el exceso de agua. Entre 8 y 24 horas, se pierde el 0,6% del agua en exceso, pero la resistencia aumenta el doble<sup>11,24</sup>. Un estudio similar<sup>23</sup> observó que el 58% de los yesos cumplieron con los valores establecidos por la ADA.

Las restauraciones dentales indirectas exitosas están afectadas directamente por su propiedades; la dureza, es un indicador de la capacidad de un modelo para resistir los arañazos y limitar el desgaste de la superficie, en lugares clave como el margen cervical, además las raspaduras pueden cambiar las relaciones interoclusales<sup>11</sup>; la estabilidad dimensional, es la capacidad de reproducir detalles finos en los modelos maestros, estos pueden distorsionar adversamente la anatomía oral<sup>14</sup>; y la resistencia a la compresión, es la capacidad del material para resistir la fractura cuando se somete a tensiones de compresión, al retirar el modelo de la impresión<sup>10</sup>.

Dentro de las limitaciones del presente estudio, la falta de estandarización de la metodología, en la literatura científica, con relación a la evaluación de las propiedades de los yesos dentales dificulta la comparación de resultados. Por ello, recomendamos la unificación de criterios para la monitorización y evaluación de estos, y continuar con investigaciones a futuro.

## Conclusión

El análisis de los yesos dentales tipo IV de comercialización peruana demostró que el 100% de estos no alcanza los estándares de dureza promedio. El 28.5% de los yesos posee una estabilidad dimensional promedio y el 100% superó la resistencia a la compresión promedio establecido por la ADA.

## Referencias bibliográficas

1. Becker K, Schmücker U, Schwarz F, Drescher D. Accuracy and eligibility of CBCT to digitize dental plaster casts. *Clin Oral Investig.* 2018;22(4):1817-23. DOI: 10.1007/s00784-017-2277-x.
2. De Luca Canto G, Pachêco-Pereira C, Lagravere MO, Flores-Mir C, Major PW. Intra-arch dimensional measurement validity of laser-scanned digital dental models compared with the original plaster models: a systematic review. *Orthod Craniofac Res.* 2015;18(2):65-76. DOI: 10.1111/ocr.12068.
3. Shastry S, Park JH. Evaluation of the use of digital study models in postgraduate orthodontic programs in the United States and Canada. *Angle Orthod.* 2014;84(1):62-7. DOI: 10.2319/030813-197.1.
4. De Waard O, Rangel FA, Fudalej PS, Bronkhorst EM, Huijpers-Jagtman AM, Breuning KH. Reproducibility and accuracy of linear measurements on dental models derived from cone-beam computed tomography compared with digital dental casts. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2014;146(3):328-36. DOI: 10.1016/j.ajodo.2014.05.026
5. Camardella LT, Breuning H, Vilella OV. Are there differences between comparison methods used to evaluate the accuracy and reliability of digital models? *Dental Press J Orthod.* 2017;22(1):65-74. DOI: 10.1590/2177-6709.22.1.065-074.rem0.
6. Ferreira JB, Christovam IO, Alencar DS, da Motta AFJ, Mattos CT, Cury-Saramago A. Accuracy and reproducibility of dental measurements on tomographic digital models: a systematic review and meta-analysis. *Dentomaxillofac Radiol.* 2017;46(7):20160455. DOI: 10.1259/dmfr.20160455.
7. Manappallil J. Gypsum products. *Basic Dental Materials.* 4ta. Ed. Panamá: Yappe;2016.
8. Elshereksi N, Alshabah B, Abouod N, Albahloul R. Physical properties of dental plaster filled with marble powder: a pilot study. *IJDM.* 2022;4(2):26-31. DOI: 10.37983/IJDM.2022.4202.
9. Pineda-Higueta S, Moreno S, Florez J. Knowledge and practices on the management of dental plaster in dental laboratory students. *Cienc Sal Virt.* 2018;10(1):15-23. DOI: 10.22519/21455333.957.
10. Akkus B, Demir N, Karci M, Yazman S. Compressive and diametral tensile strength of dental stones with SiO<sub>2</sub> and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanoparticles. *J Med Sci Innov Res.* 2018;3(5):139-47.
11. Sheets JL, Wee AG, Simentich B, Beatty MW. Effect of water dilution on full-arch gypsum implant master casts. *Prosthesis.* 2020;2:266-76. DOI: 10.3390/prosthesis2040024.
12. Hamdy TM. Effect of aluminum oxide addition on compressive strength, microhardness and setting expansion of dental plaster. *IJAR.* 2019;7(9):652-7. DOI: 10.21474/IJAR01/9711.
13. Hamdy TM, Abdelnabi A, Abdelraouf RM. Reinforced dental plaster with low setting expansion and enhanced microhardness. *Bull Natl Res Cent.* 2020;44(1):78. DOI: 10.1186/s42269-020-00334-8.
14. Aljubori OM, Aljafery AMA, Al-Mussawi RM. Evaluation of the linear dimensional changes and hardness of gypsum product / stone type IV after adding silica nanoparticles. *Nano Biomed Eng.* 2020;12(3):227-31. DOI: 10.5101/nbe.v12i3.

15. Ali A, Gaur A, Pandey KK, Tyagi S, Tarannum F, Azeem M, et al. Comparative evaluation of compressive and diametral tensile strength in die stone reinforced with different types of nanoparticles: an in vitro study. *Cureus*. 2023;15(6):e41131. DOI: 10.7759/cureus.41131.
16. Labeeb RM, Jaffer NT. Effectiveness of some disinfectant solutions on the compressive strength and hardness properties of two types of dental stone. *JODR*. 2019;6(2). DOI: 10.12816/0060320.
17. Aalaei S, Ganj-Khanloo R, Gholami F. Effect of Storage Period on Dimensional Stability of Alginplus and Hydrogum 5. *J Dent (Tehran)*. 2017;14(1):31-9.
18. Teraoka F, Takahashi J. Dimensional changes and pressure of dental stones set in silicone rubber impressions. *J Dent Mater*. 2000;16(2):145-9. DOI: 10.1016/s0109-5641(99)00096-2.
19. Zelezinska K, Nowak M, Zmudzki J, Krawczyk C, Chladek G. The influence of storage conditions on the physicochemical properties and dimensional accuracy of the alginate impressions. *JAMME*. 2018;87(2):68-76. DOI: 10.5604/01.3001.0012.2829.
20. Puspitasari D, Fikriyati S, Saputera D. Compressive strength of type III gypsum mixed with water of different water hardness level. *Dentino (Jur. Ked. Gigi)*. 2019;4(1):37-40.
21. Díaz PD, Ramos JMM, Adeva P. Estudio experimental sobre manipulación y dureza de los productos derivados del yeso usados en Odontología (II). *Gaceta dental: Industria y profesiones*. 2016;(285):136-48.
22. Díaz PD, Ramos JMM, Adeva P. Estudio experimental sobre manipulación y expansión de fraguado de los productos derivados del yeso usados en Odontología (I). *Gaceta dental: Industria y profesiones*. 2015;(272):186-203.
23. Díaz P, Ramos J, Adeva P. Resistencia a la compresión de los productos derivados del yeso usados en odontología (III): Estudio experimental. *Gaceta dental: Industria y profesiones*. 2018;(301):152-63.
24. Razak WA, Yassin IN, Kati FA. Effect of Adding some Additives and Drying Method on Compressive Strength of Gypsum Products. *Tikrit J Dental Sci*. 2017:25-32.
25. Aljafery AM, Alkafagy M, Wally ZJ, Dheyaa AM, Almu-sawi RM, Haider J. Studying the Effect of Using Ultrasound Vibration on the Reproduction of Detail and Surface Hardness of Dental Stone Models. *Nano Biomed Eng*. 2022;14(3):263-71. DOI: 10.5101/nbe.v14i3.

#### Contribuciones de los autores

FC: Redacción del artículo, análisis de datos/interpretación de datos, estadísticas, aprobación del artículo, acuerdo para responsabilizarse de todos los aspectos del trabajo. LA: Recogida de datos, revisión crítica del artículo, aprobación del artículo. FC, GF, LA, HA: Aceptación de ser responsable de todos los aspectos del trabajo. HA: Interpretación de datos, revisión crítica.