

Caracterización granulométrica y morfológica de partículas de dentina procesadas con un dispositivo de fragmentación por impacto controlada

El objetivo de este estudio fue evaluar la viabilidad de un dispositivo de molienda para la obtención de partículas de dentina destinadas a injertos óseos, mediante un análisis granulométrico y morfológico que permitiera determinar su uniformidad y adecuación clínica.

Para ello, se probó un prototipo capaz de controlar la distancia de fragmentación (250, 300 y 400 μm) (ver mecanismo del prototipo en figura 1), utilizando dientes porcinos como modelo experimental. Las partículas obtenidas fueron caracterizadas mediante difracción láser, microscopía electrónica de barrido (SEM) y análisis SEM-EDS. Los resultados mostraron distribuciones de tamaño estrechas y bien definidas, con una clara relación entre la distancia de trabajo y el tamaño de partícula. Asimismo, se observó una morfología homogénea y alargada, con una relación consistente entre longitud y ancho. En comparación con métodos tradicionales, el dispositivo propuesto generó partículas más uniformes y con menor variabilidad.

El análisis elemental confirmó la presencia de componentes característicos de la dentina, sin alteraciones significativas en su composición. Los resultados indican que el dispositivo permite un control preciso del tamaño y forma de las partículas, produciendo material dentro del rango considerado adecuado para aplicaciones de injerto.

Se concluye que el sistema propuesto representa una alternativa prometedora para la producción de biomateriales dentales. No obstante, se requieren evaluaciones biológicas y análisis composicionales más precisos, para validar su aplicación clínica.

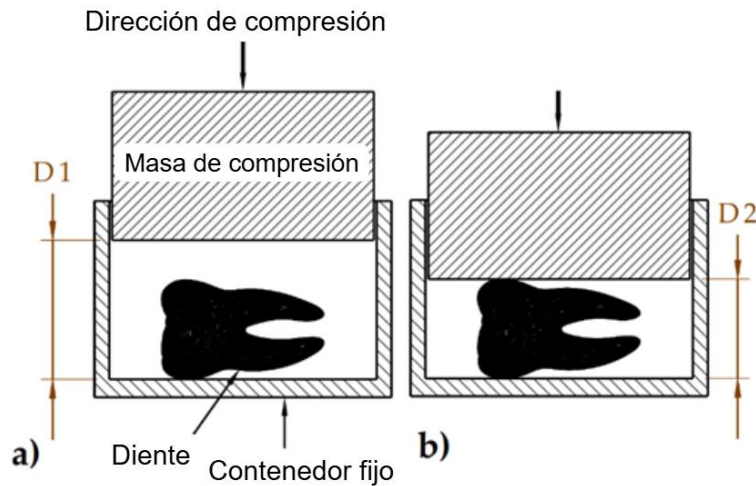


Figura 1. El mecanismo de fragmentación del dispositivo de impacto (a) muestra una pieza dental en la cámara cerrada preparada para la fragmentación; (b) muestra el primer contacto entre la masa y el diente.

Introducción

Dentro del sistema estomatognático, la dentina destaca como el principal componente estructural del diente, con una composición rica en hidroxiapatita y colágeno tipo I, lo que le confiere propiedades biológicas similares al tejido óseo (Conesa, 2013; Fuentes, 2004). Estas características han impulsado su uso como biomaterial en injertos óseos, especialmente en autoinjertos, los cuales presentan ventajas como osteogénesis, osteoinducción y osteoconducción (Martínez, 2008; Tortolini & Rubio, 2012).

Para su aplicación clínica, los injertos dentales requieren partículas con tamaños específicos para favorecer la regeneración ósea, generalmente dentro de rangos entre 250 y 1200 μm (Lavarias et al., 2024). Sin embargo, los dispositivos actuales de trituración dental presentan limitaciones en el control de la uniformidad del tamaño de partícula, lo que impacta la eficiencia del proceso.

Por ello, el presente trabajo tiene como objetivo evaluar un nuevo dispositivo de molienda basado en un mecanismo de impacto-compresión, diseñado para mejorar el control granulométrico de partículas de dentina. A través de análisis morfológicos, granulométricos y composicionales, se busca determinar su eficacia como alternativa para la obtención de biomateriales dentales con aplicaciones en regeneración ósea.

Metodología

La metodología consistió en recolectar dientes porcinos como sustituto de dientes humanos debido a sus similitudes estructurales, limpiarlos para eliminar tejidos y contaminantes sin aplicar tratamientos químicos

o térmicos, y procesarlos individualmente en el dispositivo. Se evaluaron tres distancias de operación (250, 300 y 400 μm) como única variable experimental, manteniendo constantes las condiciones de molienda durante 4 minutos por pieza, tras lo cual las partículas fueron recolectadas y almacenadas. Posteriormente, se realizó un análisis morfológico mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) para observar forma y características superficiales, junto con una caracterización granulométrica por difracción láser para determinar parámetros como D10, D50, D90. Además, se realizaron mediciones morfométricas directas sobre imágenes SEM, incluyendo el análisis de tamaño mediante histogramas y curvas de distribución de volumen, y finalmente se complementó el estudio con un análisis elemental SEM-EDS para identificar la composición química de las partículas obtenidas.

Resultados

Los resultados demostraron que el dispositivo de molienda basado en impacto-compresión permite un control efectivo del tamaño de partícula, evidenciando una relación directa entre la distancia de fragmentación y el tamaño obtenido. Las distribuciones granulométricas presentaron picos estrechos y bien definidos, indicando baja variabilidad y alta uniformidad en comparación con métodos tradicionales (ver figura 2). Los valores de D50 se ajustaron consistentemente a los rangos esperados para cada condición experimental, mientras que el análisis morfológico mediante SEM reveló partículas con geometría homogénea y predominantemente alargada. Asimismo, el análisis SEM-EDS (ver tabla 1) confirmó la presencia de los principales elementos de la dentina, sin alteraciones en su composición. Estos resultados evidencian un proceso capaz de generar partículas dentro de los rangos adecuados para aplicaciones de injerto.

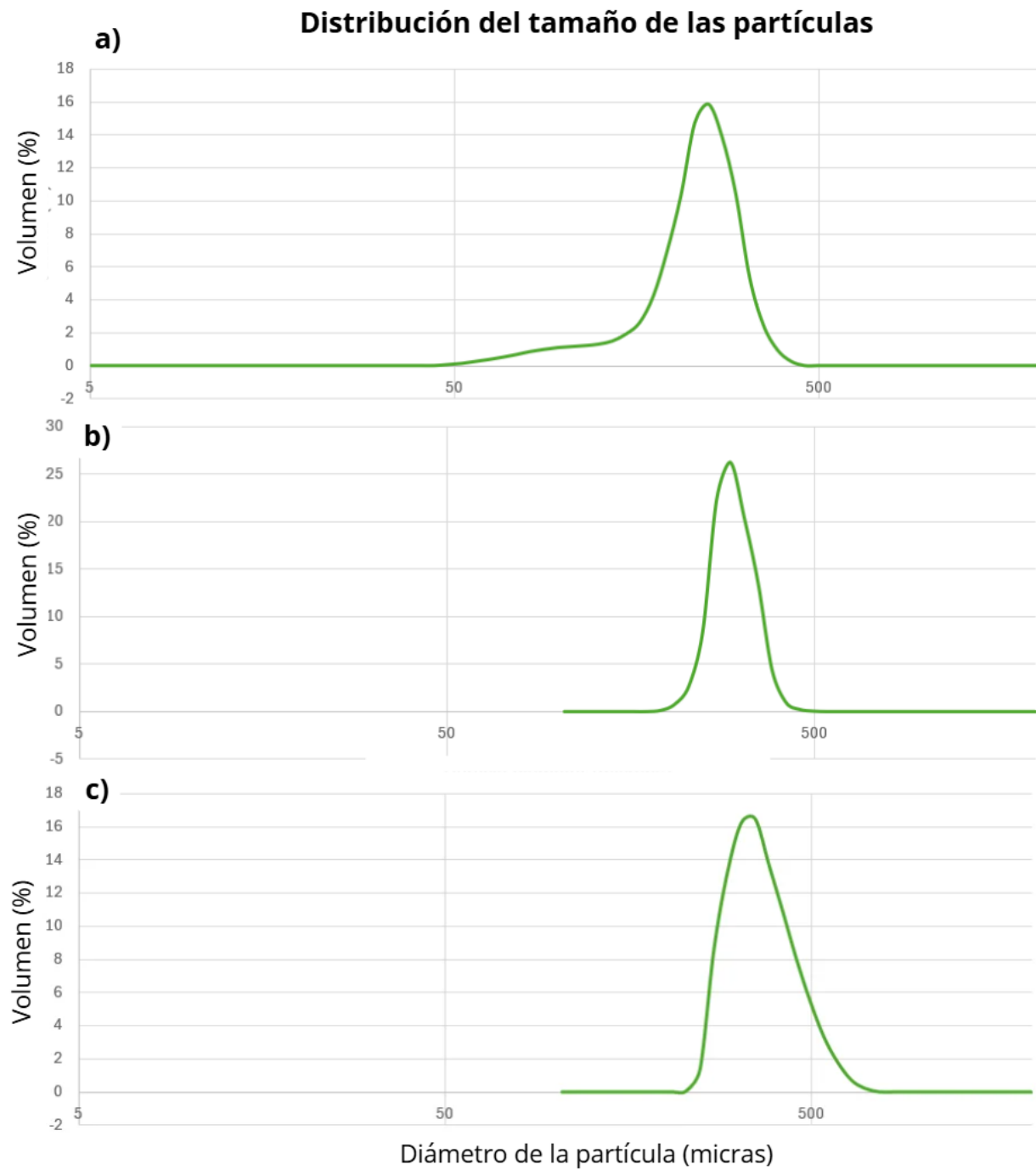


Figura 2. Curvas de distribución del tamaño de las partículas con una distancia de operación de (a) $250\ \mu\text{m}$ (b) $300\ \mu\text{m}$ y (c) $400\ \mu\text{m}$.

Elemento	Núm. At.	Neto	Masa (%)	Masa Norm (%)	Átomo (%)	Error abs. (%) (1 sigma)	Error rel. (%) (1 sigma)
Oxígeno	8	22086	7.95	50.56	60.13	1.03	13.01
Calcio	20	14591	4.34	27.64	13.12	0.18	4.04
Carbono	6	6247	1.99	12.64	20.03	0.32	16.32
Sodio	11	908	0.63	4.03	3.33	0.07	11.69
Fósforo	15	8511	0.58	3.70	2.27	0.05	8.34
Magnesio	12	834	0.22	1.38	1.08	0.04	18.57
Potasio	19	27	0.01	0.05	0.02	0.00	20.76
		Suma	15.72	100.00	100.00		

Tabla 1. Análisis elemental de la partícula seleccionada al azar.

Conclusión

El dispositivo desarrollado demostró ser una alternativa eficaz para la obtención de partículas de dentina con tamaño y morfología controlados, dentro de los rangos adecuados para injertos óseos. Su capacidad de generar distribuciones homogéneas junto con la preservación de la composición del material evidencia su potencial como herramienta para aplicaciones clínicas, aunque se requieren estudios adicionales para validar su desempeño biológico.

Referencias

- Conesa, C. (2013). *Dentina*. Revista de la sociedad odontológica de la plata. (46), 21-27. [*Conesa Alegre.PDF \(diper-it.com\)](#).
- Fuentes, M. V. (2004). *Propiedades mecánicas de la dentina humana*. Av. Odontoestomatol, 20(2), 79-83. <https://scielo.isciii.es/pdf/odonto/v20n2/original2.pdf>.
- Lavarias, R., Fernández, I., Gil, J., López, J. & Aragonese, J.M. (2024). Autologous Tooth Granulometry and Specific Surface Area with Three Grinding Methods: An In Vitro Study. *Materials*, 17(4), 10. <https://doi.org/10.3390/ma17040773>.
- Martínez, O. (2018). *Injertos óseos en implantología oral*. [Doctoral dissertation, Universidad de Sevilla]. IDUS. <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/77578/TESIS.pdf?sequence=1>.
- Tortolini, P., y Rubio, S. (2012). *Diferentes alternativas de rellenos óseos*. Avances en Periodoncia e Implantología Oral, 24(3), 133-138. http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1699-65852012000300003&lng=es&tlng=es.

Sobre los autores

Tannia Calderón Ávila

Integrante del Programa de Honores UDLAP.

Contacto: tannia.calderonaa@udlap.mx

Dr. Pablo Moreno Garibaldi

Doctor y maestro en Ciencias en Ingeniería Mecánica del Instituto Politécnico Nacional. Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecánica, Instituto Politécnico Nacional. Profesor de tiempo completo del departamento académico de Ingeniería Industrial y Mecánica de la Escuela de Ingeniería en la Universidad de las Américas Puebla.

Contacto: pablo.moreno@udlap.mx

Dr. Rafael Carrera Espinoza

Doctor y maestro en Ingeniería Mecánica del Instituto Politécnico Nacional. Decano de la Escuela de Ingeniería de la Universidad de las Américas Puebla.

Contacto: rafael.carrera@udlap.mx

Dr. Melvyn Alvarez Vera

Doctorado en Ingeniería de Materiales de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecánica, Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico. Profesor de tiempo completo del Departamento de Ingeniería Industrial y Mecánica en la Universidad de las Américas Puebla.

Contacto: melvyn.alvarez@udlap.mx

Dr. Christian Lagarza Cortes

Doctor y maestro en Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México. Profesor de tiempo completo del Departamento de Ingeniería Industrial y Mecánica en la Universidad de las Américas Puebla.

Contacto: christian.lagarza@udlap.mx