

Evaluación de polímeros impresos en 3D bajo diferentes condiciones de esterilización con potencial aplicación en instrumental dental.

Muñoz García, Gina Anahí

2024

<https://hdl.handle.net/20.500.11777/5996>

<http://repositorio.iberopuebla.mx/licencia.pdf>

Evaluación de polímeros impresos en 3D bajo diferentes condiciones de esterilización con potencial aplicación en instrumental dental

Hernández Santellán Leonardo Daniel (séptimo semestre en Ingeniería Biomédica)¹, Huerta Aguilar Cesar Alberto (sexto semestre en Ingeniería Química)¹, Muñoz García Gina Anahí (séptimo semestre en Ingeniería Biomédica)¹, Perea Morales Jesús Emilio (sexto semestre en Ingeniería Biomédica)¹, López Cruz Lesther Emmanuel (profesor responsable)¹, Suárez Toscano Rita (profesora asesora)¹, Rivas Arreola María José (profesora asesora)¹

¹Universidad Iberoamericana Puebla, San Andrés Cholula, Puebla, México

Resumen

Desde la invención del acero inoxidable no se han propuesto nuevas materias primas para la fabricación de instrumental reutilizable. Gracias al constante desarrollo de materiales plásticos, surge la idea de trabajar con polímeros de impresión 3D, PET-G (Tereftalato de Polietileno Modificado con Glicol) y PLA (Ácido Poliláctico), para determinar sus características microbiológicas después de diferentes condiciones de esterilización. Se modelaron en SolidWorks placas de 5cm x 5cm x 0.5cm (ancho x largo x alto), y se imprimieron en una impresora 3D Bambu Lab X1. Para evaluar la efectividad de las metodologías de esterilización, las placas de PET-G y PLA, después de ser inoculadas y haberse realizado el conteo de UFC/ml, fueron sometidas a esterilización por calor húmedo. Se colocaron 3 placas de cada polímero en una autoclave y se esterilizaron a 120°C a una presión de 1.0-1.3 Kg/cm³ durante 20 minutos. Respecto a la esterilización química, se suspendieron 3 placas de cada polímero en una solución de detergente enzimático al 0.5 %v/v durante 5 minutos, fueron sumergidas en una solución de glutaraldehído al 2% durante 20 minutos. Los resultados de pruebas microbiológicas de las placas esterilizadas químicamente muestran nulo crecimiento bacteriano en las placas inoculadas y estériles, esto puede indicar restos de glutaraldehído generando una película antimicrobiana. Por otra parte, los resultados de las pruebas microbiológicas de los polímeros esterilizados con calor húmedo indican la erradicación de las UFC/ml de control respecto a las placas estériles, siendo las placas de PET-G las únicas que presentaron deformaciones térmicas tras el tratamiento.

Palabras clave: PET-G, PLA, Esterilización, Instrumental dental.

***Autor Corresponsal:** gina.munoz@iberopuebla.mx

Introducción

El acero inoxidable es parte del equipamiento básico en el área clínico-dental desde el siglo XX, desde entonces no se han añadido nuevas materias primas destinados a aplicación en instrumental dental que puedan ser reutilizables; ya que, a diferencia de otros materiales, el acero presenta gran resistencia a la oxidación, es reutilizable después de los procesos de esterilización, entre otras ventajas [1].

Debido al elevado costo del acero inoxidable, la adquisición de este representa un desafío en distintas áreas, por ejemplo, algunas comunidades rurales carecen de clínicas dentales equipadas adecuadamente para brindar atención dental de calidad.

En la actualidad se dispone de instrumental quirúrgico y dental desechable elaborado a base de polímeros, eliminando de manera segura el riesgo de contaminación cruzada asociado al reprocesamiento inadecuado de instrumentos. No obstante, dado que este instrumental es de un solo uso, los profesionales se ven obligados a adquirir más o mantenerse con el acero inoxidable convencional, exaltando la necesidad de alternativas en instrumental dental para garantizar un acceso adecuado a la atención médica.

La Secretaría de Salud plantea objetivos prioritarios relacionados a la obtención de más insumos, equipamiento y ampliar la cobertura para la atención estomatológica. Actualmente, en México existe escases de instrumental dental por presupuesto insuficiente al tratar de cumplir con la demanda mínima de la población además de que este equipo no cumple con las expectativas de la población, es desactualizado, escaso u obsoleto [2].

El crecimiento del uso de productos plásticos en los últimos años ha sido exponencial y desmesurado, especialmente en el sector médico-dental, amparándose en sus ventajas y propiedades sobre su uso. El existente instrumental dental de polímeros es de 1 solo uso (desechable), incrementando los problemas ambientales generados por los plásticos. Algunos de estos polímeros como el PET-G (Tereftalato de Polietileno Modificado con Glicol) y PLA (Ácido Poliláctico) presentan propiedades prometedoras para su posible aplicación en los distintos sectores, por ejemplo, el existente instrumental dental desechable [3].

Estos polímeros se moldean mediante diferentes procesos para crear piezas o prototipos sofisticados como la inyección de polímeros y sobre inyección, siendo la impresión 3D uno de los métodos más accesibles por su popularidad reciente, la rapidez de creación de piezas y una forma de almacenar el material mediante filamentos de este, presenta aplicaciones en ingeniería como la creación rápida de prototipo, la educación, la industria y medicina [4]. La personalización de diseños es esencial en la biomedicina, y la aplicación de polímeros en esta área es primordial para reducir los costos o el peso del instrumento, siendo la impresión 3D fundamental para abordar las necesidades individuales de cada paciente.

La principal ventaja y razón del uso de plásticos en la Medicina y Odontología es su coste relativamente bajo en comparación con el vidrio y otros materiales metálicos. El manejo del material odontológico es esencial e indispensable para la práctica dentro de las clínicas dentales, todo trabajo

odontológico requiere instrumentación dental, aparatos y tecnologías que se han tenido que modificar a través del tiempo.

Dentro de la atención odontológica los instrumentos que se utilizan entran en contacto con saliva, mucosas y sangre; puesto que la cavidad bucal contiene una alta carga microbiana es posible que a través de sus secreciones se transmitan agentes infecciosos. Por ello se han implementado protocolos de desinfección y esterilización eliminando cualquier microorganismo [5].

Un proceso de esterilización tiene como propósito destruir y eliminar todo microorganismo que se encuentra en un objeto para asegurar que no contenga riesgos infecciosos y este sea reutilizado. Existen diferentes procesos para esterilizar los materiales odontológicos; entre los métodos más comunes está el calor húmedo, utilizando presión y vapor de agua destilada de manera saturada. Este método causa la muerte de los microorganismos diferente al calor seco: el calor húmedo coagula las proteínas celulares, mientras que el calor seco los destruye principalmente mediante oxidación. Por ello es crucial eliminar todo el aire de los esterilizadores al introducir vapor, ya que la mezcla de aire y vapor pueden demorar el calentamiento y producir temperaturas finales más bajas, dejando áreas no estériles como consecuencia [5]. Mientras que la esterilización química se fundamenta el uso de sustancias como el glutaraldehído, pueden promover reacciones químicas capaces de producir la muerte o inactivación en superficies contaminadas, este químico se utiliza frecuentemente en la desinfección de equipo médico y científico sensible al calor. Este método de esterilización es complementado con un lavado previo a la esterilización con métodos y productos para eliminar residuos de materia orgánica [6].

Metodología

A. Producción de piezas en 3D.

Para adecuar los requerimientos volumétricos de las piezas 3D en el equipo de laboratorio, se modelaron en SolidWorks (Fig. 1) placas de 5cm x 5cm x 0.5cm (ancho x largo x alto), posteriormente se imprimieron en una impresora 3D Bambu Lab X1 - Carbon Combo con los polímeros PET-G a una temperatura de 245 °C y el PLA a una temperatura de 214°C .

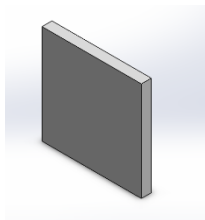


Fig. 1. Diseño de placas de PET-G y PLA en en SolidWorks.

B. Proceso de Esterilización de las placas de PetG y PLA.

Para eliminar el riesgo de contaminación externa, las piezas de polímeros (PET-G y PLA) se sometieron a dos procesos de esterilización, la esterilización por calor húmedo (autoclave) 120°C a una presión de 1.0-1.3 Kg/cm³ durante

20 minutos y la química (baño enzimático y glutaraldehído al 2%) suspendiendo las placas en detergente enzimático al 0.5 %v/v durante 5 minutos, posteriormente, se sumergió en una solución de glutaraldehído al 2% durante 20 minutos.

C. Toma de muestras y cuantificación de microorganismos bucales.

Para la recolección de bacterias bucales, se preparó un ambiente de esterilidad en una campana de flujo laminar donde se realizaron 3 hisopados a un paciente al cual se le indicó enjugarse la boca 3 veces antes de iniciar el procedimiento de acuerdo con la metodología descrita por [7]. Se realizó un hisopado mucosa yugal girando el hisopo y recorriendo la cara interna de la mejilla hacia arriba y hacia abajo 10 veces por cada hisopado. Los 3 hisopos se suspendieron en agua destilada estéril en tubos falcón de 15 ml. Posteriormente, se incubaron a una estufa de cultivo a 35°C durante 24 horas.

Para realizar la cuantificación de control de las unidades formadoras de colonias (UFC/ml), se realizó en una campana de flujo laminar bajo condiciones de esterilidad, los tubos fueron agitados con un vortex, para homogenizar la muestra de hisopados, después se realizaron diluciones seriadas de las muestras, se colocaron 20 microlitros de cada dilución en 3 cajas Petri con medio LB (Luria-Bertani), se incubaron por 24 horas a 35°C en una estufa de cultivo con el propósito de cultivar las bacterias bucales, finalmente se realizó el conteo de las unidades formadoras de colonias (UFC/ml) mediante la ecuación de la figura 2. [8]

$$\text{UFC/ml} = \frac{\text{Colonias enumeradas (media)}}{\text{Mililitros inoculados}} \times \text{Factor de dilución}$$

Fig. 2. Fórmula de cuantización de UFC/ml.

Las placas de PET-G y PLA previamente esterilizados con su respectivo método fueron inoculadas con 100 microlitros de la suspensión original del hisopado en cajas Petri estériles, después se incubaron durante 24hrs en una estufa de cultivo a 35°C, transcurridas las 24 horas las placas de PET-G y PLA fueron transferidas y suspendidas en vasos de precipitado con agua estéril. Se incubaron por 24 horas, posteriormente, en condiciones de esterilidad se realizaron diluciones seriadas de las muestras, se cultivaron en cajas Petri con medio LB, finalmente se realizó el conteo de las unidades formadoras de colonias (UFC/ml) de las placas inoculadas.

D. Evaluación de los procesos de esterilización.

Para evaluar la efectividad de las metodologías de esterilización en los diferentes polímeros, las placas de PET-G y PLA fueron sometidas a esterilización por calor húmedo, se colocaron 3 placas impresas de cada uno de los polímeros envueltas en aluminio para asegurar la distribución del calor en un autoclave y se esterilizaron a 120°C a una presión de 1.0-1.3 Kg/cm³ durante 20 minutos. En cuanto a la esterilización química, se suspendieron 3 placas de cada uno de los polímeros en una solución de detergente enzimático al 0.5 %v/v durante 5 minutos, tras este periodo, las placas fueron lavadas mecánicamente con un cepillo de cerdas suaves, enjugadas con agua destilada y secadas con aire a presión, finalmente se sumergieron en una solución de glutaraldehído al 2% durante 20 minutos. En condiciones de

esterilidad las placas fueron retiradas del glutaraldehído y suspendidas en vasos de precipitado con agua estéril, se incubaron por 2 horas, posteriormente se realizaron diluciones seriadas de las muestras, se cultivaron en cajas Petri con medio LB (Luria-Bertani) y se realizó la cuantificación de las unidades formadoras de colonias (UFC/ml) de las placas estériles de acuerdo con la fórmula de cuantización de UFC/ml (Fig. 2).

Resultados y Discusión

Se compararon los resultados obtenidos entre placas de control, placas inoculadas y las placas estériles de PLA y PETG para determinar el comportamiento de crecimiento de las bacterias bucales en diferentes condiciones de esterilización.

Los resultados de las pruebas microbiológicas evaluando a ambos polímeros esterilizados con calor húmedo (Fig. 3), indican la eliminación de las UFC/ml de control respecto a las estériles, sin embargo, solo el PLA no tuvo crecimiento al estar inoculado, indicando que posiblemente tiene resistencia a la formación de una película microbiana.

Las placas de PET-G presentaron deformaciones térmicas tras el tratamiento en autoclave, adherencia del aluminio en las deformaciones generadas, así como un crecimiento de los microorganismos (Fig. 4).

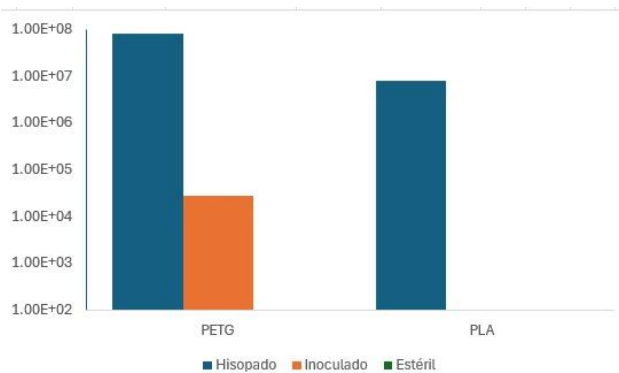


Fig. 3. Cuantificación de UFC/ml en relación con la esterilización por calor húmedo de PET-G y PLA.

Las placas Petri inoculadas con las muestras de hisopado transcurridas 24 horas de reposo y comparándolas con las de PETG y PLA esterilizadas al ser inoculadas y transcurridas las 24 horas de reposo, se observa una disminución de casi 4 órdenes de magnitud en la población de microorganismos en el caso del PETG, para el PLA se observa un nulo crecimiento de bacterias por la eficaz esterilización al romper la membrana y pared celulares de las bacterias.

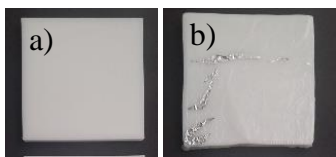


Fig. 4. Placas de PET-G a) antes y b) después de la esterilización por calor húmedo (120°C a 1.0-1.3 Kg/cm³).

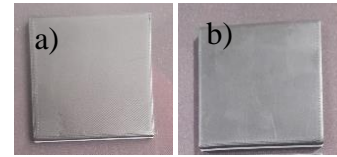


Fig. 5. Placas de PLA a) antes y b) después de la esterilización por calor húmedo (120°C a 1.0-1.3 Kg/cm³).

Los resultados de las pruebas microbiológicas evaluando a ambos polímeros esterilizados químicamente (Fig. 6) muestra un nulo crecimiento bacteriano en las placas inoculadas lo que puede indicar restos de glutaraldehído en la superficie de las placas de PET-G y PLA generando una película antimicrobiana.

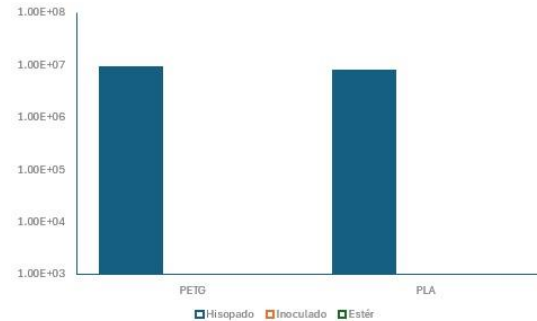


Fig. 6. Cuantificación de UFC/ml en relación con la esterilización química de PET-G y PLA.

Comparando las muestras de placas Petri inoculadas con hisopado bucal transcurridas 24 horas de reposo y las muestras de placas de PETG y PLA esterilizadas químicamente con detergente enzimático y glutaraldehído al 2% resulta eficaz ya que estos destruyeron la membrana y pared celulares de los microorganismos bucales en ambos polímeros, resultando en un crecimiento nulo.

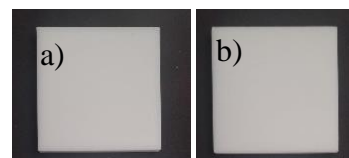


Fig. 7. Placa de PET-G antes y después de la esterilización química con glutaraldehído.

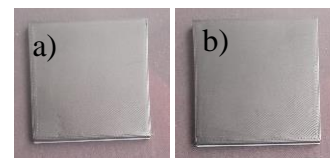


Fig. 8. Placa de PLA antes y después de la esterilización química con glutaraldehído.

Conclusiones

Con base a las pruebas microbiológicas realizadas se concluye que el PLA presentó compatibilidad a ambas metodologías de esterilización, mientras que el PET-G solo se vio favorecido por la esterilización química gracias a que las temperaturas elevadas del autoclave provocaron deformaciones en toda la placa, ambos métodos eliminaron efectivamente a las bacterias bucales, resaltando que en las

placas esterilizadas químicamente aparentemente se formó una película antimicrobiana gracias a posibles restos de glutaraldehído en sus superficies, por ello se recomienda hacer un análisis para determinar la concentración de glutaraldehído en la superficie, por lo tanto, se lograron los objetivos de la investigación para una posible aplicación en instrumental dental.

- [1] A. Garcia Ballesté, “¿Estamos usando bien el plástico en Odontología?”, *Multidisciplinar*, pp. 170–176, 2020. <https://rcoe.es/articulos/105-estamos-usando-bien-el-plstico-en-odontologa.pdf>
- [2] Secretaría de Salud. “Programa de acción específico de prevención, detección y control de las enfermedades bucales 2020-2024”. Gobierno de México. Accedido el 12 de marzo de 2024. [En línea]. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/706942/PAE_BUC_cF.pdf
- [3] L. Santana, Jorge Lino Alves, A. da, and C. Merlini, “Estudio comparativo entre PETG e PLA para Impressão 3D através de caracterização térmica, química e mecânica,” *Materia-rio De Janeiro*, vol. 23, no. 4, Dec. 2018, doi: <https://doi.org/10.1590/s1517-707620180004.0601>. <https://www.scielo.br/j/rmat/a/dpWDvBJzSXYtzbKnJdDqHVg/>. [Accessed: Feb. 17, 2024]
- [4] J. M Barrios, R, Pablo E. Romero. “Mejora de la calidad superficial en piezas obtenidas por fabricación aditiva para la industria alimentaria”. *Creando redes doctorales*. Accedido el 1 de abril de 2024. [En línea]. https://www.researchgate.net/profile/M-Elena-Gomez-Parra/publication/336829768_Lenguas_extranjeras_y_bilinguismo_en_una_Europa_multilingue_Una_comparativa_entre_los_sistemas_educativos_espanol_y_finlandes/links/5dc3f6bf4585151435ef9184/Lenguas-extranjeras-y-bilinguismo-en-una-Europa-multilinguee-Una-comparativa-entre-los-sistemas-educativos-espanol-y-finlandes.pdf#page=645
- [5] Dra. Silvia Robilotti y Andrea Couso "Esterilización", 2011. <https://codeinsep.org/wp-content/uploads/2017/04/PE-C1.pdf>
- [6] C. Arango, L. González, M. Farith, M. Gómez, K. Buevas, and A. Sofía, "Manejo del glutaraldehído como método de desinfección en la facultad de Odontología", 2021. Accedido el 1 de abril de 2024. <https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/13506/INFORME%20FINAL%20c%20PROYECTO%20DE%20INVESTIGACION%20MANEJO%20DEL%20GLTARALDEIDO%20AL%202%25%20EN%20LA%20FACILTAD%20DE%20ODONTOLOGIA%20DE%20LA%20UNIVERDIDAD%20DE%20CARTAGENA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [7] INSN. (2019). *Guía de Procedimientos Pre-analíticos: Toma de Muestra de Sangre Total, Bulbo Piloso e Hisopado Bucal*. (GP-047/INSN-SB/USDXT-PC-V.02).
- [8] Barcina, I., Arana, I., & Orruño, M. (s.f.). *Como abordar y resolver aspectos prácticos de microbiología*. UPV/EHUko OpenCourseWare (OCW) proiektua. https://ocw.ehu.es/file.php/48/Tema_2._Metodos_basicos_de_enumeracion_de_microorganismos.pdf