

# ÍNDICE

|                                                                                                       | Página |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Resumen                                                                                               | i      |
| Índice                                                                                                | ii     |
| Índice de figuras                                                                                     | vi     |
| Índice de tablas                                                                                      | ix     |
| Introducción                                                                                          | x      |
| <br>Capítulo I. Antecedentes                                                                          |        |
| 1.1. Introducción a los biomateriales                                                                 | 1      |
| 1.1.1. Biomateriales utilizados en medicina                                                           | 2      |
| 1.1.2. Polímeros de uso en medicina                                                                   | 4      |
| 1.2. Reemplazo total de cadera                                                                        | 5      |
| 1.2.1. Indicaciones actuales del reemplazo total de cadera (RTC)                                      | 6      |
| 1.2.2. Aspectos aprobados sobre el diseño y consideraciones quirúrgicas del reemplazo total de cadera | 6      |
| 1.2.3. Respuestas biológicas al reemplazo total de cadera                                             | 7      |
| 1.2.4. Resultados del reemplazo total de cadera a corto, mediano y largo plazo                        | 10     |
| 1.2.5. Aspectos aprobados sobre la cirugía de revisión del RTC y sus resultados                       | 10     |
| 1.3. Preparación y propiedades de cementos óseos acrílicos                                            | 12     |
| 1.3.1. Introducción                                                                                   | 12     |
| 1.3.2. Ventajas en el uso de cementos óseos                                                           | 13     |
| 1.3.3. Desventajas en el uso de cementos                                                              | 13     |
| 1.3.4. Composición del cemento óseo                                                                   | 13     |
| 1.3.5. Factores que afectan las propiedades de los cementos óseos.                                    | 16     |
| 1.3.6. Propiedades del MMA                                                                            | 17     |
| 1.3.7. Propiedades del PMMA                                                                           | 18     |

|                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Capítulo II. Caracterización mecánica de los materiales                                   |    |
| 2.1. Generalidades                                                                        | 20 |
| 2.2. Tipos de ensayos mecánicos                                                           | 20 |
| 2.2.1. Propiedades a tensión                                                              | 22 |
| 2.2.1.1. Resistencia al esfuerzo                                                          | 22 |
| 2.2.1.2. Elongación                                                                       | 23 |
| 2.2.1.3. Módulo                                                                           | 23 |
| 2.2.2. Propiedades de Impacto                                                             | 28 |
| 2.2.2.1. Resistencia al impacto                                                           | 28 |
| 2.3. Factores que influyen en las propiedades mecánicas de los polímeros                  | 30 |
| 2.4. Determinación de Propiedades mecánicas en cementos óseos                             | 30 |
| 2.4.1. Efecto de adición de Hidroxiapatita                                                | 32 |
| 2.4.2. Efecto del mezclado                                                                | 33 |
| 2.4.3. Efecto del acondicionamiento                                                       | 33 |
| 2.4.4. Efecto del tamaño de partícula del polímero base                                   | 33 |
| 2.4.5. Efecto del monómero residual                                                       | 34 |
| Objetivos                                                                                 | 35 |
| Capítulo III. Procedimiento experimental                                                  |    |
| 3.1. Reactivos                                                                            | 36 |
| 3.2. Diseño experimental                                                                  | 36 |
| 3.3. Métodos                                                                              | 37 |
| 3.3.1. Esquema general de preparación de cementos óseos                                   | 37 |
| 3.3.2. Preparación de cementos óseos con diferentes tamaño de partícula del polímero base | 38 |
| 3.3.2.1 Estudio de la cinética de disolución del polímero base.                           | 39 |
| 3.3.3. Preparación de cementos óseos a presión reducida                                   | 39 |
| 3.3.3.1. Preparación en una caja de guantes                                               | 39 |
| 3.3.3.2. Preparación con una pistola de inyección con                                     | 40 |

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| adaptación de vacío.                                               |    |
| 3.3.4. Determinación de propiedades mecánicas                      | 42 |
| 3.3.4.1 Ensayos a tensión                                          | 42 |
| 3.3.4.2. Pruebas de impacto                                        | 43 |
| 3.3.5. Determinación de porosidad                                  | 44 |
| 3.3.5.1. Métodos por diferencia de densidades                      | 44 |
| 3.3.5.2. Método Óptico                                             | 46 |
| 3.4. Síntesis de procedimiento experimental desarrollado           | 47 |
| <br>Capitulo IV. Resultados y Discusiones                          |    |
| 4.1. Determinación de tamaños de partícula                         | 49 |
| 4.2. Características de curado de los cementos                     | 50 |
| 4.3. Propiedades mecánicas a tensión de cementos óseos preparados  | 51 |
| con mezclado manual sin vacío usando diferentes tamaños de         |    |
| partícula                                                          |    |
| 4.3.1. Estudio de la disolución del polímero                       | 53 |
| 4.3.2. Comparación entre el porcentaje de porosidad obtenida por   | 57 |
| diferencia de densidades y microscopía óptica                      |    |
| 4.4. Efecto del mezclado a presión reducida en las propiedades     | 61 |
| mecánicas a tensión.                                               |    |
| 4.4.1. Mezclado en caja de guantes                                 | 61 |
| 4.4.2. Mezclado en pistola de inyección                            | 63 |
| 4.5. Análisis estadístico de los resultados utilizando análisis de | 64 |
| varianza de tres factores                                          |    |
| 4.6. Representación de propiedades mecánicas utilizando una        | 69 |
| distribución normal y una distribución de Weibull                  |    |
| 4.7 Propiedades mecánicas de Impacto                               | 71 |
| <br>Conclusiones                                                   | 73 |
| <br>Sugerencias y recomendaciones para trabajos futuros            | 74 |

|                            |    |
|----------------------------|----|
| Anexo A                    | 75 |
| Anexo B                    | 76 |
| Glosario                   | 77 |
| Referencias Bibliográficas | 78 |

## **RESUMEN**

Los cementos óseos de poli(metacrilato de metilo) (PMMA) han estado en el mercado por más de 40 años siendo usados para la fijación de implantes en reemplazos totales de cadera y produciendo buenos resultados quirúrgicos si son usados correctamente. Las ventajas de las prótesis cementadas recaen en la excelente fijación primaria entre el implante y el hueso, permitiendo una rápida recuperación del paciente siendo además una técnica de fácil aplicación. Sin embargo presenta problemas con la fijación del implante secundaria, debido a que conduce a su aflojamiento a largo plazo. Las formulaciones comerciales actuales presentan además necrosis celular, necrosis química, inflamación de tejidos y poca bioactividad.

Con el presente trabajo se pretendió obtener cementos óseos que presenten propiedades mecánicas (a tensión y de impacto) similares o mejores a los que presentan los cementos óseos comerciales y que a su vez sean bioactivos. Para tal efecto, se prepararon nuevos cementos óseos utilizando monómeros ácidos (ácido metacrílico) y alcalinos (dietil amino etil metacrilato) en combinación con el metacrilato de metilo, como el utilizado en las formulaciones comerciales. Asimismo, se estudió el efecto de diferentes tamaños de partículas de polímero base, así como la aplicación de dos técnicas de mezclado (mezclado manual con y sin vacío).

Los resultados obtenidos demostraron que hubo un efecto significativo en el esfuerzo a tensión cuando se utilizó dietil amino etil metacrilato, y así como también hubo un efecto significativo cuando se utilizaron diferentes tamaños de partícula. En general, las propiedades mecánicas de los cementos experimentales fueron similares a los que presentan algunos cementos óseos comerciales.

La técnica de mezclado con vacío (en caja de guantes y en pistola de inyección con vacío) redujo considerablemente la porosidad que presentaron los cementos óseos encontrándose un nivel de porosidad inferior o similar a la que presentan los cementos óseos comerciales.

Los cementos preparados con el polímero base y la solución de la mezcla de monómero DEAEMA0.08-MMA0.92 tuvieron una mayor resistencia al impacto mientras que los cementos hechos con la mezcla de monómero MAA0.3-MMA0.7 presentaron propiedades al impacto inferiores.

---