

# ÍNDICE

| Contenido   | Página    |
|---|-----------|
| ÍNDICE .....  | i         |
| LISTA DE FIGURAS.....                                     | iv        |
| LISTA DE TABLAS .....                                     | v         |
| RESUMEN.....  | vii       |
| OBJETIVOS.....  | viii      |
| <br>  |           |
| <b>CAPÍTULO I</b>   |           |
| <b>INTRODUCCIÓN A LOS BIOMATERIALES .....</b>             | <b>1</b>  |
| 1.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS .....                         | 1         |
| 1.2 CONCEPTOS GENERALES.....                              | 1         |
| 1.2.1 BIOMATERIAL .....                                   | 1         |
| 1.2.2 EL CAMPO DE LOS BIOMATERIALES .....                 | 2         |
| 1.2.3 BIOCOMPATIBILIDAD.....                              | 3         |
| 1.3 CLASIFICACIÓN DE LOS BIOMATERIALES.....               | 4         |
| 1.3.1 METALES.....  | 5         |
| 1.3.2 CERÁMICOS, VIDRIOS Y VIDRIOS-CERÁMICOS .....        | 6         |
| 1.3.3 MATERIALES COMPUESTOS .....                         | 7         |
| 1.3.4 POLÍMEROS .....                                     | 8         |
| <br>  |           |
| <b>CAPÍTULO II</b>  |           |
| <b>CEMENTOS ÓSEOS PARA APLICACIONES ORTOPÉDICAS .....</b> | <b>10</b> |
| 2.1 ARTROPLASTÍA TOTAL DE CADERA .....                    | 10        |
| 2.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS CEMENTOS ÓSEOS .....       | 12        |
| 2.2.1 COMPONENTE EN POLVO .....                           | 12        |
| 2.2.2 COMPONENTE LÍQUIDO .....                            | 13        |
| 2.3 REACCIÓN DE POLIMERIZACIÓN .....                      | 14        |
| 2.3.1 INICIACIÓN .....                                    | 14        |
| 2.3.2 PROPAGACIÓN .....                                   | 16        |
| 2.3.3 TERMINACIÓN .....                                   | 16        |
| 2.4 DINÁMICA DE LOS EVENTOS FÍSICOS Y QUÍMICOS .....      | 16        |
| 2.5 REACCIÓNES BIOLÓGICAS .....                           | 18        |
| 2.5.1 MONÓMEROS .....                                     | 18        |
| 2.5.2 CONSTITUYENTES DE BAJO PESO MOLECULAR .....         | 20        |
| 2.5.3 REACCIONES POR DESGASTE DE PARTÍCULAS .....         | 21        |
| 2.5.4 REACCIONES POR TEMPERATURA DE CURADO .....          | 21        |

|  |    |
|--|----|
| 2.6 REACCIONES HISTOLÓGICAS A LARGO PLAZO .....  | 23 |
| <br>CAPÍTULO III   |    |
| PROPIEDADES TÉRMICAS DE LOS CEMENTOS ÓSEOS .....   | 25 |
| 3. 1 CALORIMETRÍA DIFERENCIAL DE BARRIDO .....   | 25 |
| 3.2 CINÉTICA DE POLIMERIZACIÓN DE LOS CEMENTOS ÓSEOS .....                                     | 27 |
| 3.2.1 MODELO CINÉTICO ISOTÉRMICO .....   | 29 |
| 3.2.2 MODELO CINÉTICO DINÁMICO .....   | 31 |
| <br>CAPÍTULO IV  |    |
| PARTE EXPERIMENTAL .....   | 34 |
| 4.1 MATERIALES .....   | 34 |
| 4.2 MÉTODOS .....  | 34 |
| 4.2.1 PREPARACIÓN DE CEMENTOS ÓSEOS METACRÍLICOS .....   | 34 |
| 4.2.2 DETERMINACIÓN DE PESO MOLECULAR .....  | 35 |
| 4.2.3 ANÁLISIS TÉRMICO DINÁMICO MECÁNICO .....   | 35 |
| 4.2.4 DETERMINACIÓN DE EXOTERMAS DE REACCIÓN Y TIEMPOS DE CURADO .....                         | 36 |
| 4.2.5 ESTUDIO DE LA CINÉTICA DE POLIMERIZACIÓN POR CALORIMETRÍA<br>DIFERENCIAL DE BARRIDO..... | 38 |
| 4.2.5.1 EXPERIMENTOS ISOTÉRMICOS .....   | 38 |
| 4.2.5.2 EXPERIMENTOS DINÁMICOS .....   | 38 |
| 4.2.5.3 CÁLCULOS PARA OBTENER LOS PARÁMETROS CINÉTICOS .....                                   | 39 |
| 4.2.6 DETERMINACIÓN DE MONÓMERO RESIDUAL .....   | 39 |
| 4.2.6.1 CROMATOGRAFÍA DE GASES .....   | 39 |
| 4.2.6.2 RESONANCIA MAGNÉTICA NUCLEAR PROTÓNICA .....   | 40 |
| <br>CAPÍTULO V   |    |
| RESULTADOS Y DISCUSIONES .....   | 41 |
| 5.1 CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LOS CEMENTOS ÓSEOS .....  | 41 |
| 5.2 EXOTERMAS DE REACCIÓN Y TIEMPOS DE CURADO .....  | 41 |
| 5.3 ESTUDIOS ISOTÉRMICOS POR CALORIMETRÍA DIFERENCIAL DE BARRIDO.....                          | 45 |
| 5.3.1 TIEMPO AL PICO DE REACCIÓN .....   | 45 |
| 5.3.2 CALOR DE REACCIÓN Y CONVERSIÓN AL PICO DE REACCIÓN .....                                 | 46 |
| 5.3.3 ENERGÍA DE ACTIVACIÓN ISOTÉRMICA .....   | 48 |
| 5.4 EXPERIMENTOS DINÁMICOS .....   | 50 |
| 5.4.1 CALORES DE REACCIÓN Y PORCENTAJES DE CONVERSIÓN .....                                    | 50 |
| 5.4.2 ENERGÍA DE ACTIVACIÓN DINÁMICA .....   | 52 |
| 5.5 ORDEN DE REACCIÓN DE LAS CORRIDAS ISOTÉRMICAS Y DINÁMICAS .....                            | 54 |

|  |           |
|--|-----------|
| 5.6 CONSTANTE DE VELOCIDAD PARA LAS REACCIONES ISOTÉRMICAS Y DINÁMICAS ..... | 55        |
| 5.7 DETERMINACIÓN DE MONÓMERO RESIDUAL .....                                 | 56        |
| <br>   |           |
| <b>CONCLUSIONES .....</b>  | <b>58</b> |
| <br>   |           |
| <b>SUGERENCIAS PARA TRABAJOS FUTUROS .....</b>                               | <b>59</b> |
| <br>   |           |
| <b>BIBLIOGRAFIA .....</b>  | <b>60</b> |
| <br>   |           |
| <b>ANEXO .....</b>   | <b>66</b> |

## RESUMEN

Los cementos óseos son materiales fabricados a partir<sup>®</sup> de polimetacrilato de metilo (PMMA). Sin embargo, estos no son considerados como simples polímeros sino que debido a su implantación interna y su interacción con sistemas vivos, son considerados como biomateriales. Por lo tanto, la elección de sus componentes y su caracterización debe ser considerada en términos de biofuncionalidad y biocompatibilidad.

Los cementos óseos son utilizados para la fijación de prótesis articulares. Su función no es solo la de llenar el espacio creado entre la prótesis y el hueso sino también de actuar como amortiguador mecánico entre la prótesis y el hueso. Además deben reducir el esfuerzo en la interface del hueso.

En este trabajo se analizó el efecto de metacrilatos funcionalizados en las propiedades térmicas de los cementos óseos. Para determinar las temperaturas máximas y tiempos de curado se empleó un molde de teflón de acuerdo a la norma ISO 5833 en los que se llevaron a cabo polimerizaciones a 15, 20, 25 y 30°C. Para determinar calores de reacción se empleó un Calorímetro Diferencial de Barrido (DSC) en modo isotérmico a 15, 20, 25 y 30°C y en modo dinámico a 2.5, 5, 10 y 20°/min. Los datos arrojados por el DSC fueron utilizados también, para obtener parámetros cinéticos de las reacciones de polimerización. La determinación de monómero residual se llevó a cabo por medio de Cromatografía de Gases (CG) y Resonancia Magnética Nuclear Protónica (RMN <sup>1</sup>H).

Los resultados mostraron que tanto la presencia como la concentración de ácido metacrílico (MAA) y dietil aminoethyl metacrilato (DEAEMA) afecta las propiedades térmicas de los cementos óseos así como la cinética de reacción y la cantidad de monómero residual. En general se observó que la presencia de MAA aumenta la temperatura máxima alcanzada durante la polimerización, el calor de reacción, la velocidad de reacción y la cantidad de monómero residual, mientras que disminuye el tiempo de curado y la Energía de activación (Ea). La presencia de DEAEMA disminuye la temperatura máxima de polimerización, el calor y velocidad de reacción, y aumenta el tiempo de curado, la Ea y la cantidad de monómero residual. También se observó que la temperatura del medio acelera la reacción y aumenta la temperatura máxima y el calor de reacción.