

## EVALUACIÓN DEL EFECTO PIEZOELÉCTRICO DE UN RECUBRIMIENTO BIOMIMÉTICO OSTEOINTEGRADOR HA-BaTiO<sub>3</sub>-nAg MEDIANTE ENSAYOS *IN VITRO* E *IN VIVO*

Roberto Gómez Batres\*, Irene Leal-Berumen\*, Oscar O. Morales Morales\*, Jhoanna P. Garay Rivas\*, Víctor M. Orozco Carmona\*

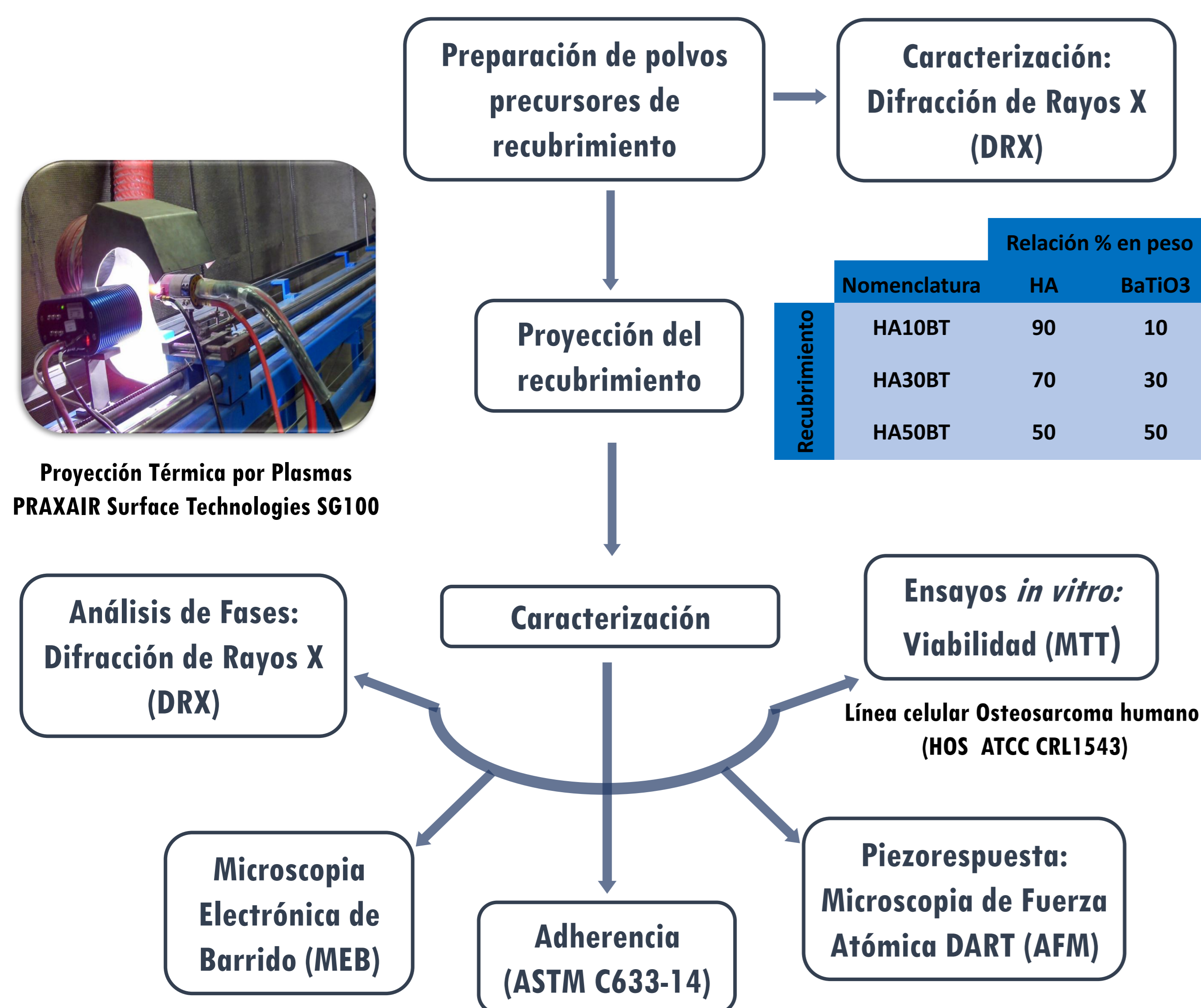
- \* Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C.
- Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Medicina y Ciencias Biomédicas.
- Universidad La Salle Chihuahua, A. C.

### 1.- INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la demanda de dispositivos médicos como prótesis ortopédicas de sustitución ósea ha aumentado, al igual que los casos de incidencia de falla en dichos dispositivos, generando un gran impacto económico y riesgo para la salud de los pacientes.

El presente proyecto tiene como objetivo el desarrollo de un recubrimiento biomimético multifuncional para reducir los casos de falla en dichos dispositivos, el cual, mediante el uso de una matriz de hidroxiapatita (HA), nanopartículas de plata (nAg) y nanopartículas de BaTiO<sub>3</sub> (BT), se busca promover propiedades de osteoconducción, antibacteriales y de piezorespuesta similares a las del tejido óseo, esta última será inducida mediante tratamientos de rehabilitación ósea con ultrasonido pulsado de baja intensidad, con lo cual, se pretende disminuir los tiempos de regeneración ósea y por lo tanto los periodos de rehabilitación.

### 2.- DESARROLLO EXPERIMENTAL



Proyección Térmica por Plasmas PRAXAIR Surface Technologies SG100

### 3.- RESULTADOS

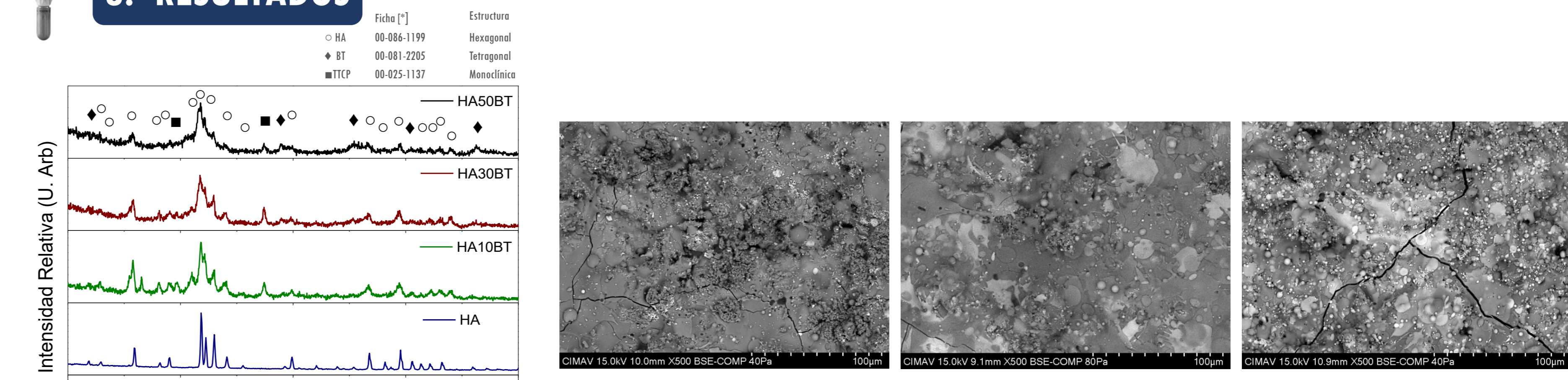
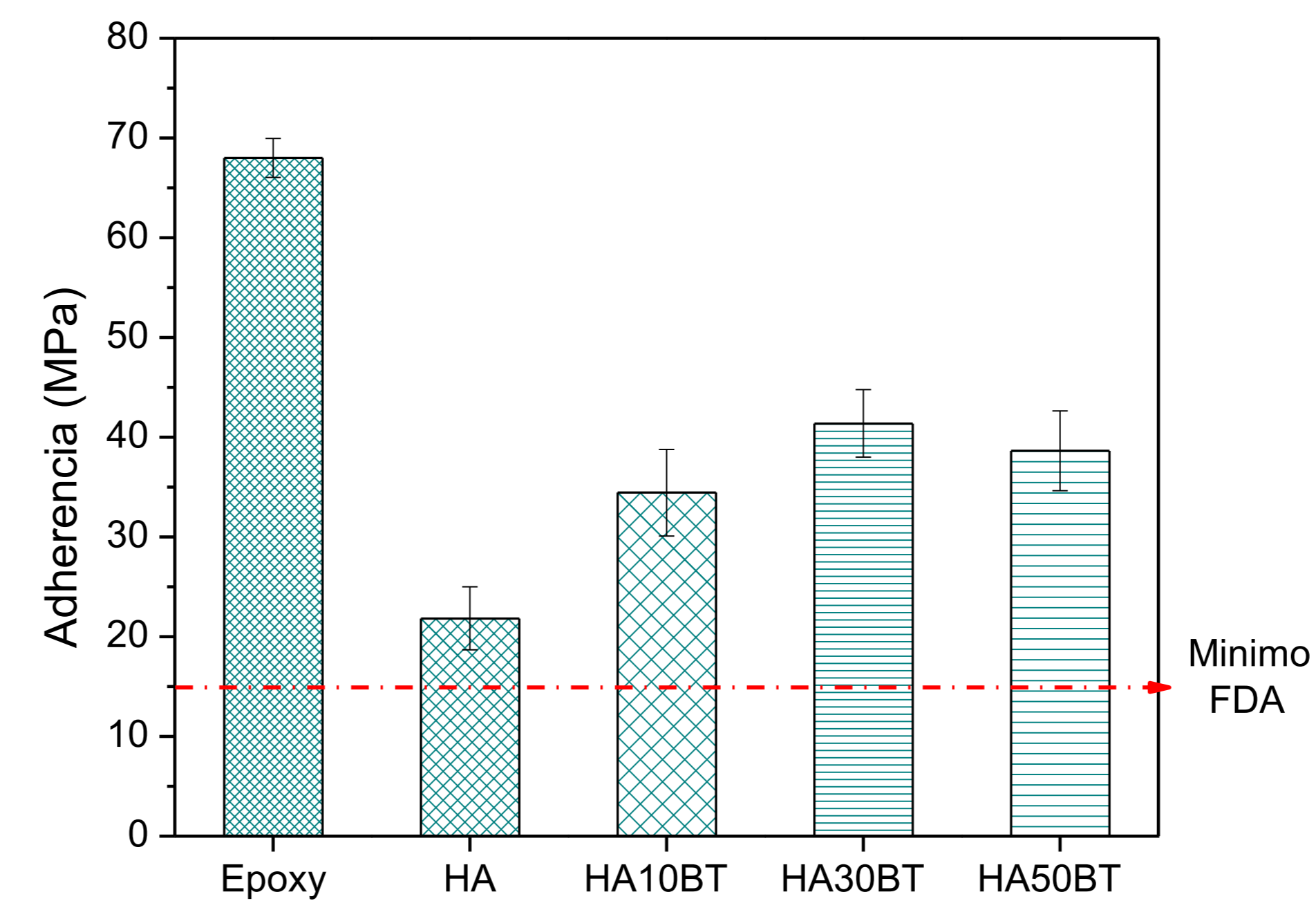
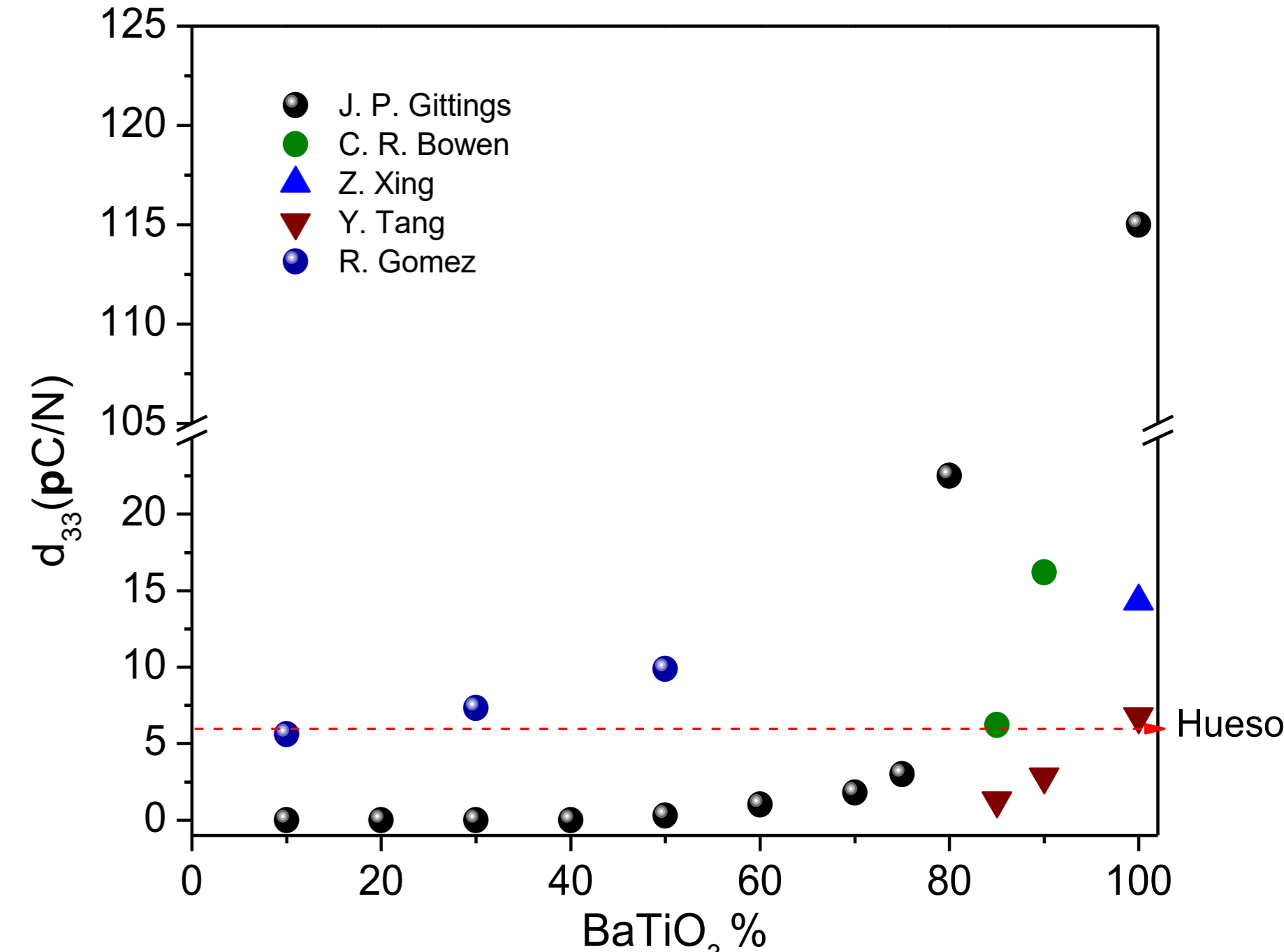


Figura 1. Micrografías en sección superficial obtenidas mediante MEB por electrones retrodispersados (BSE). Se observa la dispersión de fases en la matriz del recubrimiento; región gris claro BT y región en gris oscuro HA.

Gráfica 1. Patrones de difracción de recubrimientos y polvos precursores.



Gráfica 2. Valores de adherencia obtenidos mediante ensayo de tensión uniaxial para recubrimientos depositados por APS (ASTM C633-13). En flecha punteada se muestra el valor de adherencia mínima permisible por la "Food and Drug Administration" (FDA) para recubrimientos base HA.



Gráfica 3. Comparativo de piezorespuesta alcanzada de los recubrimientos desarrollados vs valores reportados para materiales base HA a su relación %P/P de BT. En flecha punteada se muestra el valor de piezorespuesta alcanzada en hueso humano.

### 4.- CONCLUSIONES

- En base al análisis por DRX se pudo observar la conservación de la fase hexagonal tanto de la HA como la fase tetragonal del BT, sin embargo se logra observar una fase de fosfato tetra-cálcico TTCP producto de la degradación térmica de la HA.
- Considerando las propiedades mecánicas de adherencia y de biocompatibilidad en un modelo *in vitro* con células HOS, los recubrimientos desarrollados muestran un excelente comportamiento, ya que cumplen con los criterios para recubrimientos base HA establecidos por la FDA, para aplicaciones en implantes ortopédicos de sustitución ósea.
- De acuerdo a los valores del coeficiente piezoeléctrico  $d_{33}$  y la actividad celular de los recubrimientos base HA-BT, estos podrían ser catalogados como materiales biomiméticos, puesto que presentan propiedades que simulan el comportamiento del tejido óseo.

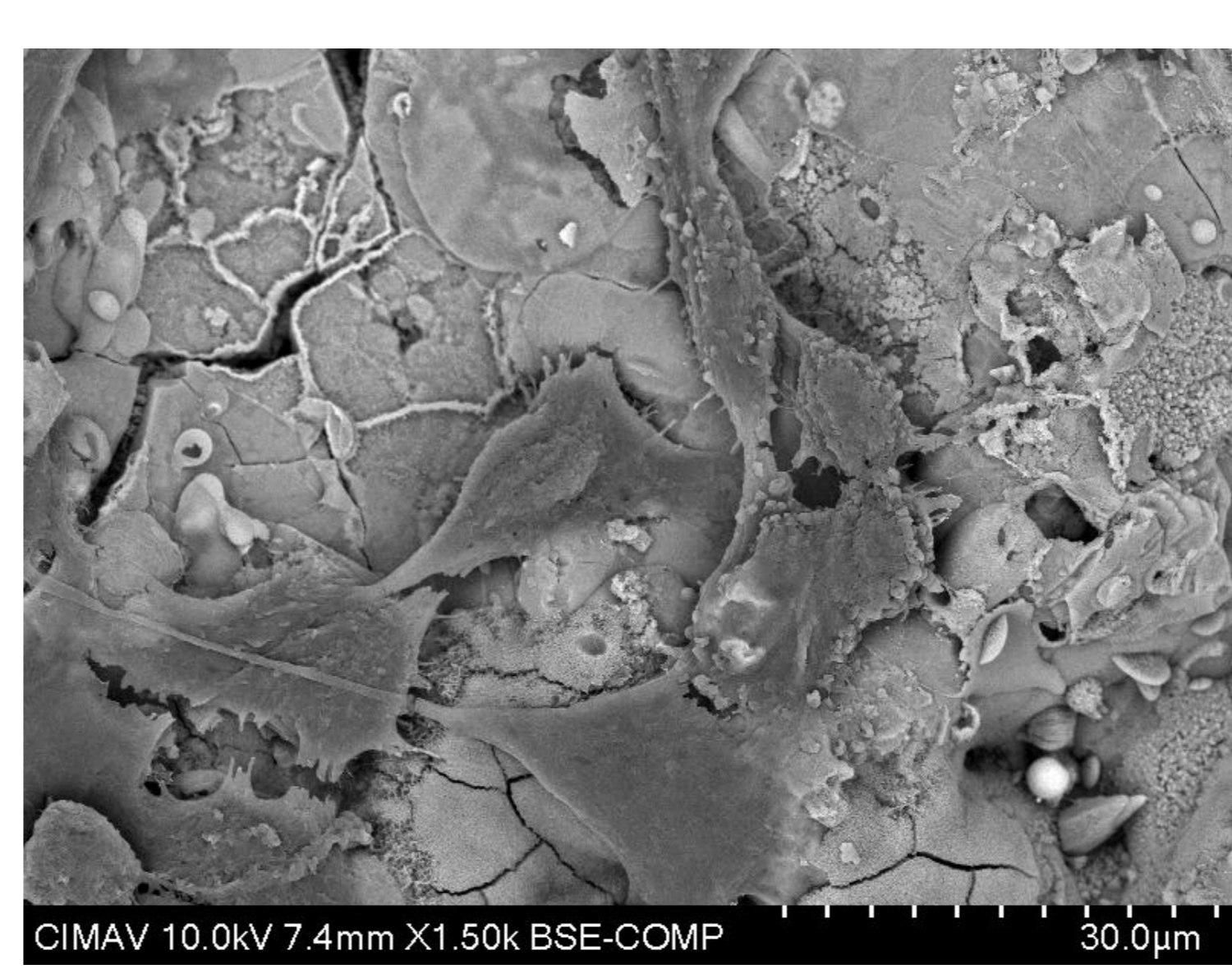
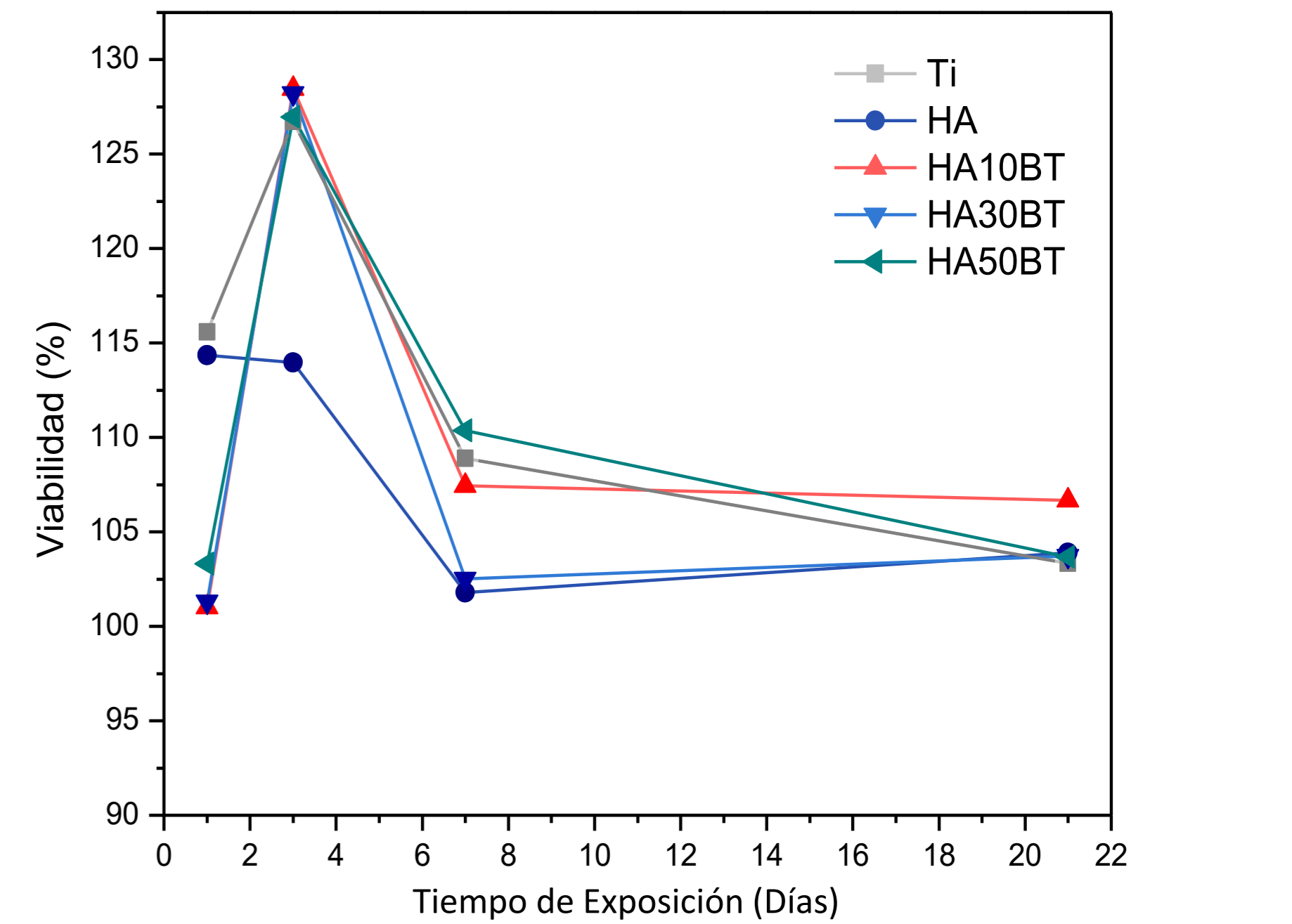


Figura 2. Micrografía en sección superficial obtenida mediante MEB por BSE. Colonia de osteoblastos adheridos en superficie del recubrimiento de HA.



Gráfica 4. Actividad celular obtenida por expresión de Formazán a diferentes tiempos de exposición.

### 5.- AGRADECIMIENTOS



### 6.- REFERENCIAS

- [1] J. P. Gittings *et al.*, "Characterisation of ferroelectric-calcium phosphate composites and ceramics," *J. E.*, vol. 27, pp. 4187–4190, 2007.
- [2] C. R. Bowen *et al.*, "Piezoelectric composites based on hydroxyapatite / barium titanate," *Adv. Sci. Technol.*, vol. 54, pp. 1–6, 2008.
- [3] Z. Xing *et al.*, "Properties of the BaTiO<sub>3</sub> coating prepared by supersonic plasma spraying," *J. Alloys Compd.*, vol. 582, pp. 246–252, 2014.
- [4] Y. Tang *et al.*, "Fabrication and in vitro biological properties of piezoelectric bioceramics for bone regeneration," *Nat. Publ. Gr.*, no. February, pp. 1–12, 2017.