



**Title: Síntesis e incorporación de ZnO/TiO2 en PMMA para estudio de sus propiedades térmicas**

**Authors: GAYTÁN-LARA, Francisco Javier, GALINDO-GONZÁLEZ, María del Rosario, CONTRERAS-LÓPEZ, David y ZÁRRAGA-NÚÑEZ, Ramón Antonio**

Editorial label ECORFAN: 607-8695  
BCONIMI Control Number: 2020-35  
BCONIMI Classification (2020): 120320-0035

Pages: 22  
RNA: 03-2010-032610115700-14

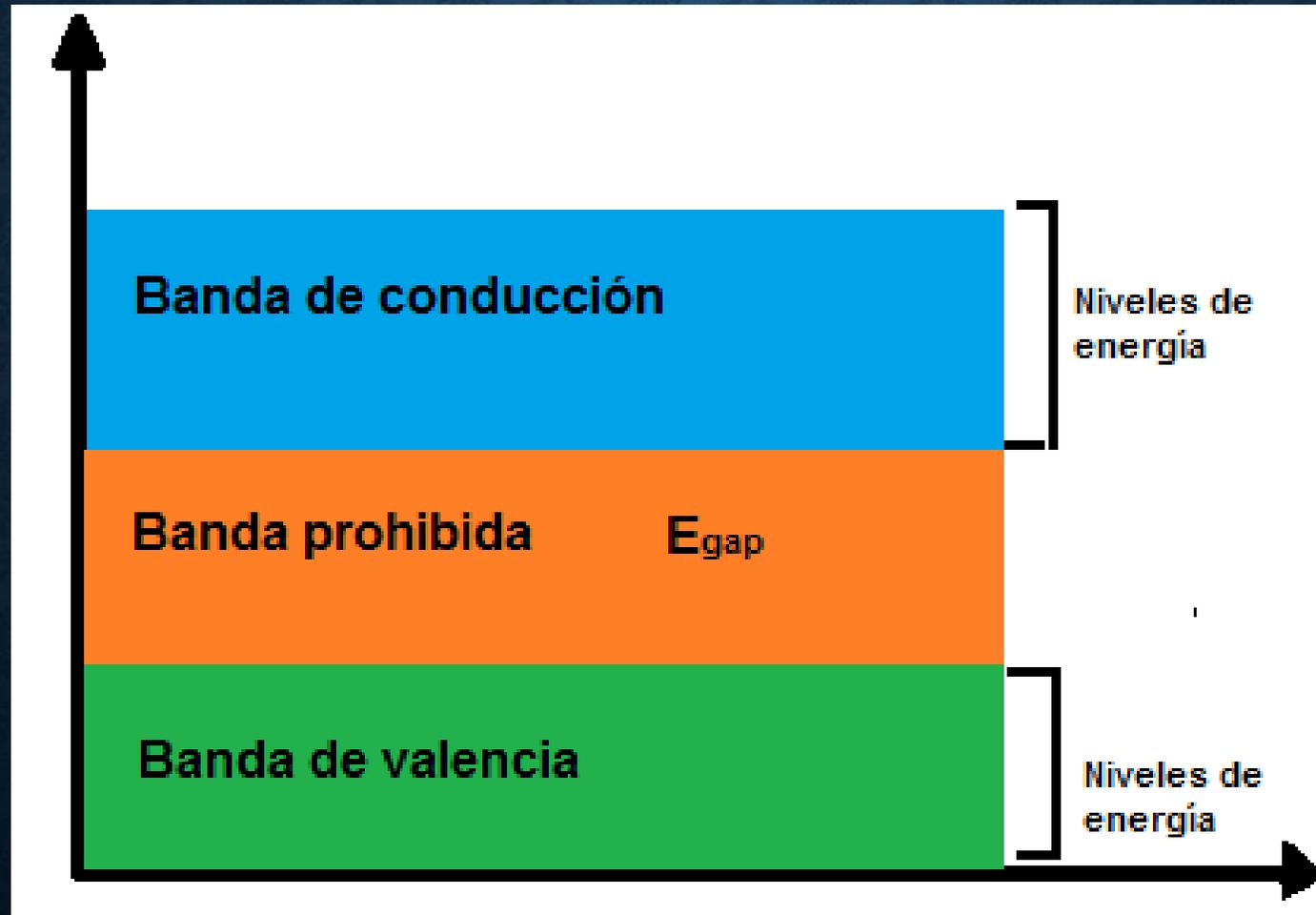
**ECORFAN-México, S.C.**  
143 – 50 Itzopan Street  
La Florida, Ecatepec Municipality  
Mexico State, 55120 Zipcode  
Phone: +52 1 55 6159 2296  
Skype: ecorfan-mexico.s.c.  
E-mail: contacto@ecorfan.org  
Facebook: ECORFAN-México S. C.  
Twitter: @EcorfanC

[www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)

Holdings		
Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua

# INTRODUCCIÓN

## Óxidos semiconductores



# INTRODUCCIÓN

**ZnO**

- Polvo blanco
- Tipo n
- Ópticas
- Piezoeléctricos
- Termocrómico
- Egap: 3.37 eV

**TiO<sub>2</sub>**

- Polvo blanco
- Tipo n
- Ópticas
- Mecánicas
- Químicas
- Egap: (2.8 – 3.3) eV

# INTRODUCCIÓN

## Poli(metacrilato de metilo) PMMA

- Amorfo (principalmente)
- 2 grupos laterales:
  - metilo
  - éster (polar)
- Claridad óptica excepcional
- Resistente
- Automotriz
- Fibra óptica

# PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los artículos de uso común fabricados con polímeros sufren modificaciones son favorecidas por la acción aislada o combinada de determinadas condiciones ambientales, por ejemplo desgaste (amarillamiento) debido a la radiación UV así como deformación debido al calor.

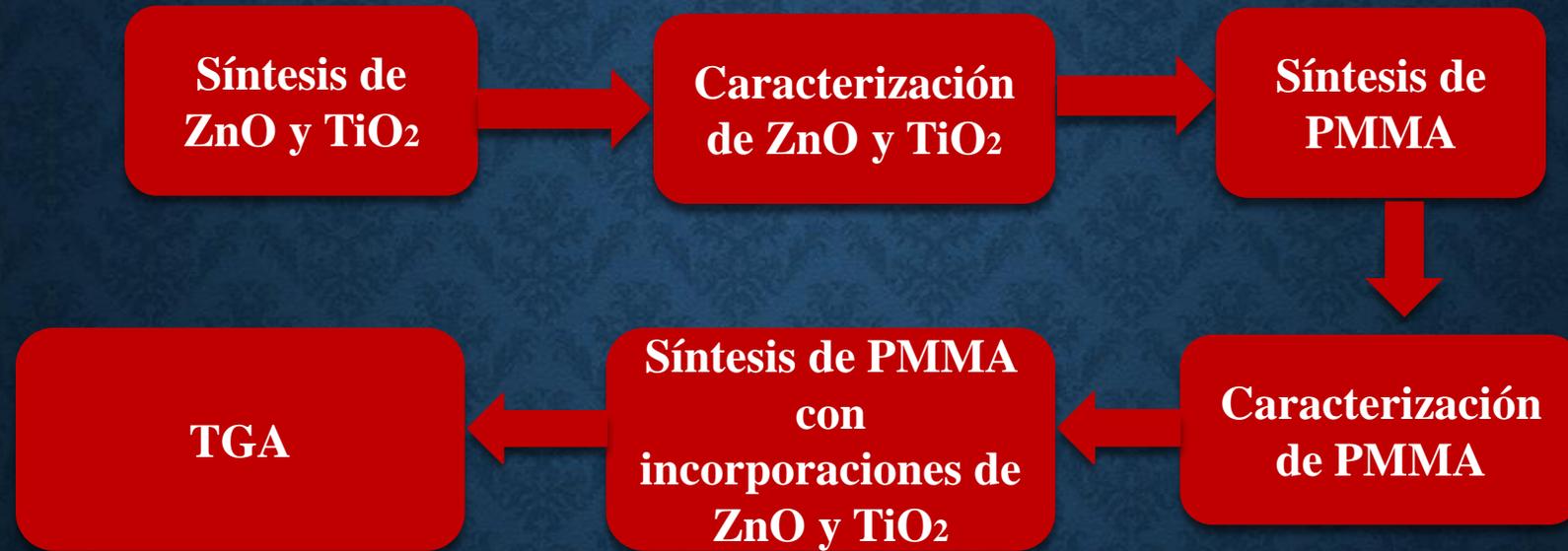
# OBJETIVO

Desarrollar películas de PMMA con incorporación de nanopartículas de ZnO o TiO<sub>2</sub> para brindarles protección contra los rayos UV y altas temperaturas.

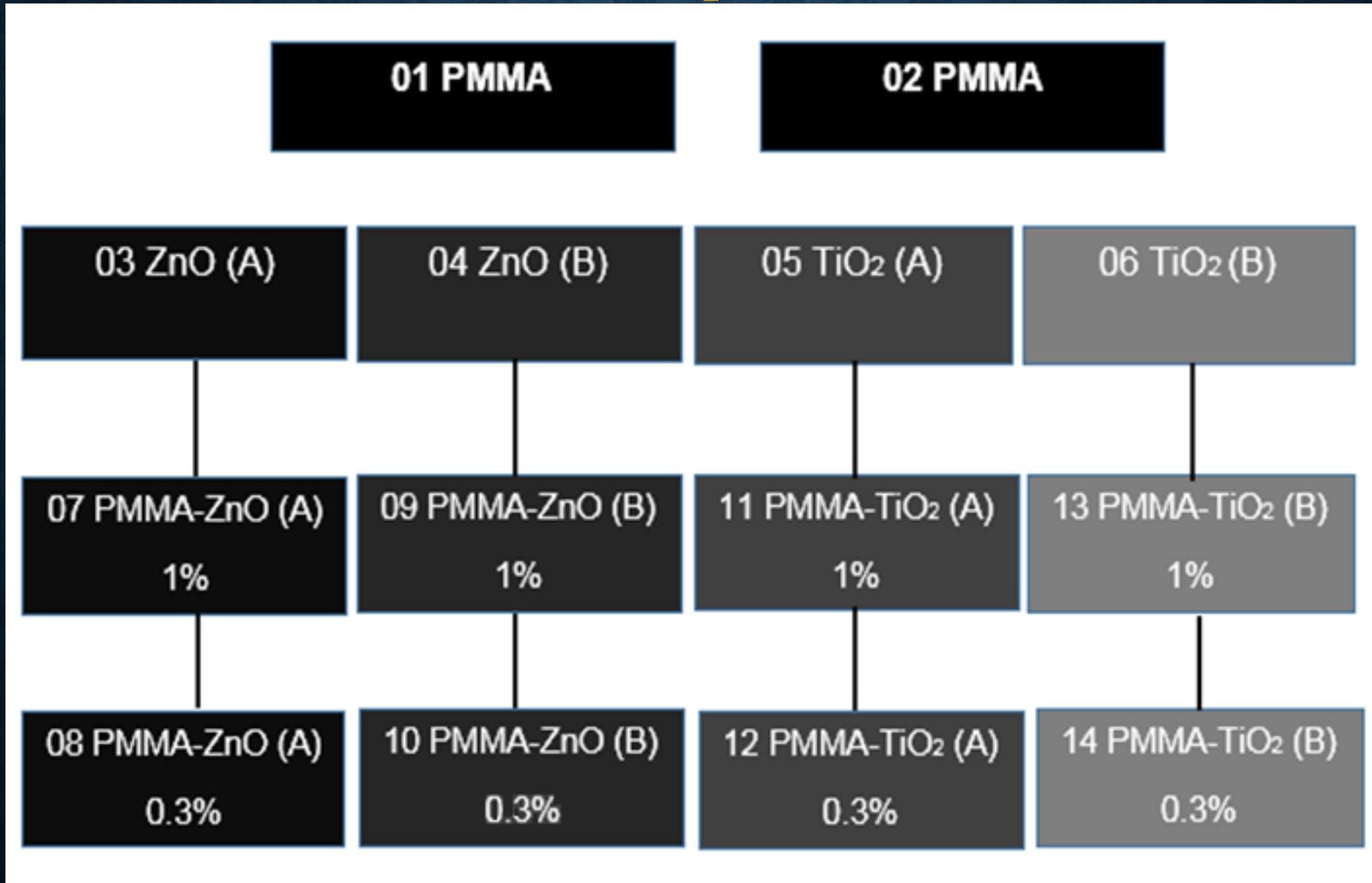
# HIPÓTESIS

La incorporación de los óxidos metálicos ZnO ó TiO<sub>2</sub> en las matrices poliméricas de PMMA hará una relación de sinergia mejorando las propiedades de l polímero. En particular se espera una mayor resistencia térmica y a la deformación por radiación UV.

# Metodología llevada a cabo



# Diseño experimental



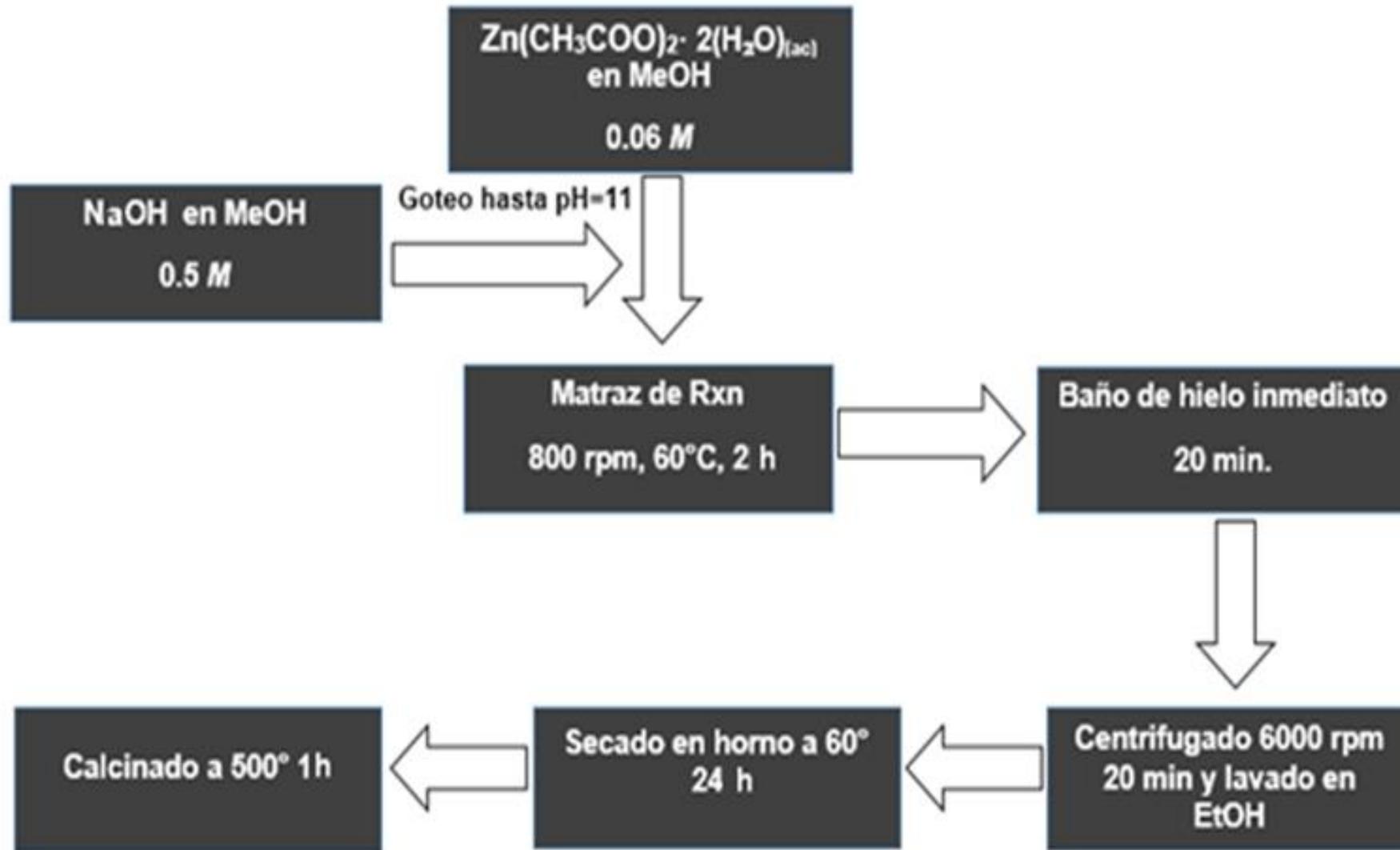


Figura 4 Diagrama de flujo de síntesis de nanopartículas de ZnO.

# Síntesis de nanopartículas de $\text{TiO}_2$

## Método sol gel

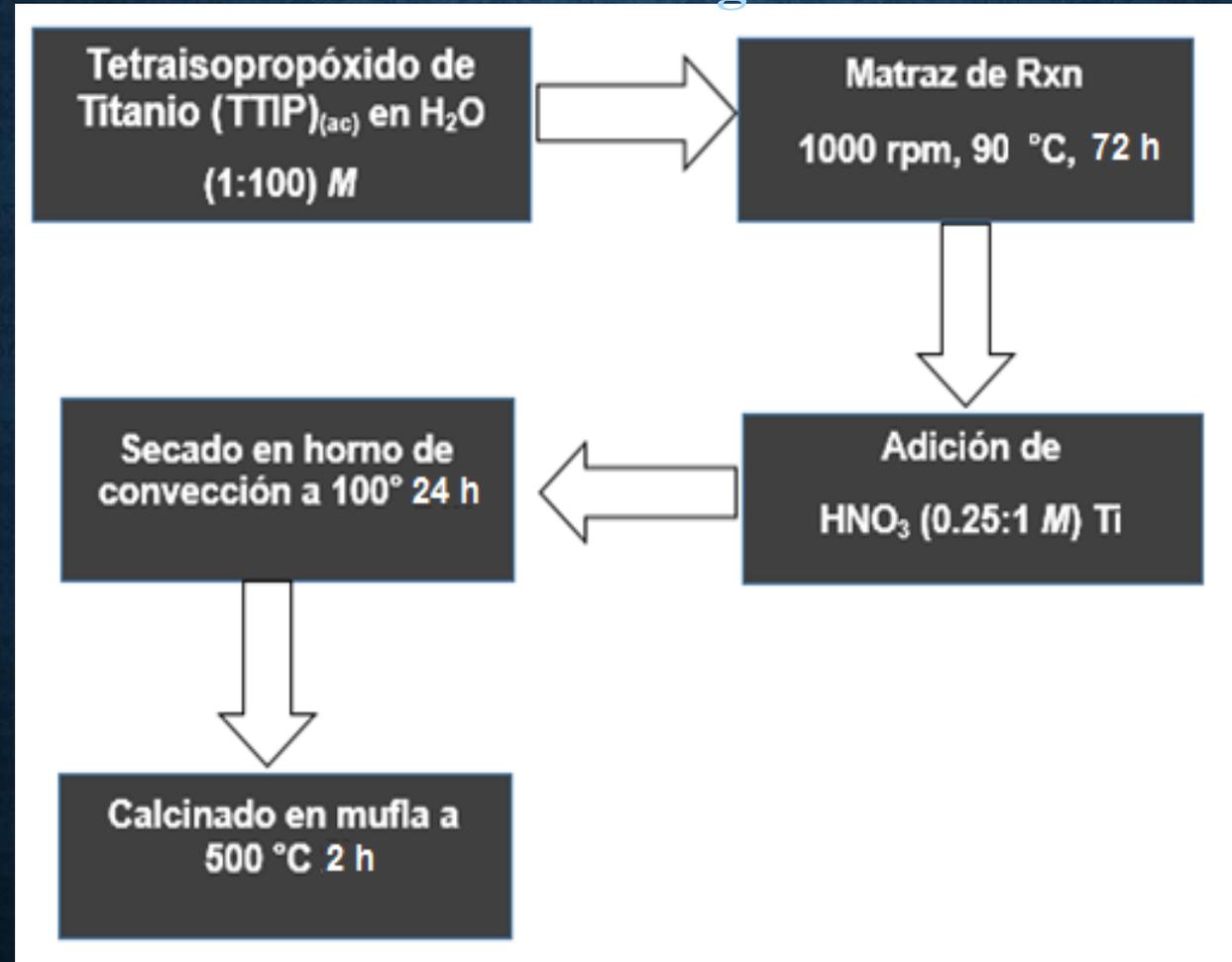


Figura 5 Diagrama de síntesis de nanopartículas de  $\text{TiO}_2$  fase anatasa (Hwang 2012).

# Síntesis de PMMA

## Método de polimerización por radicales libres en suspensión

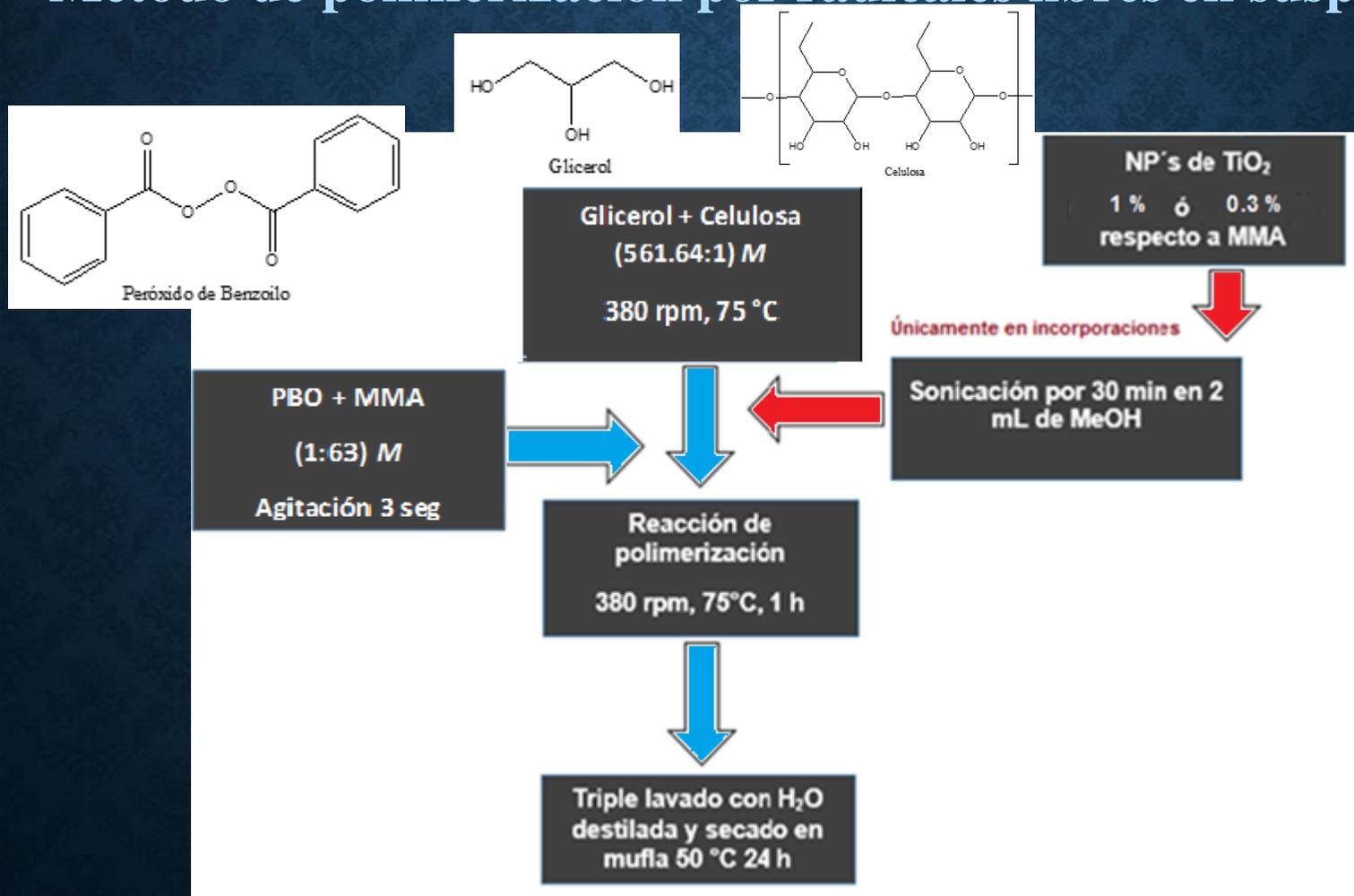


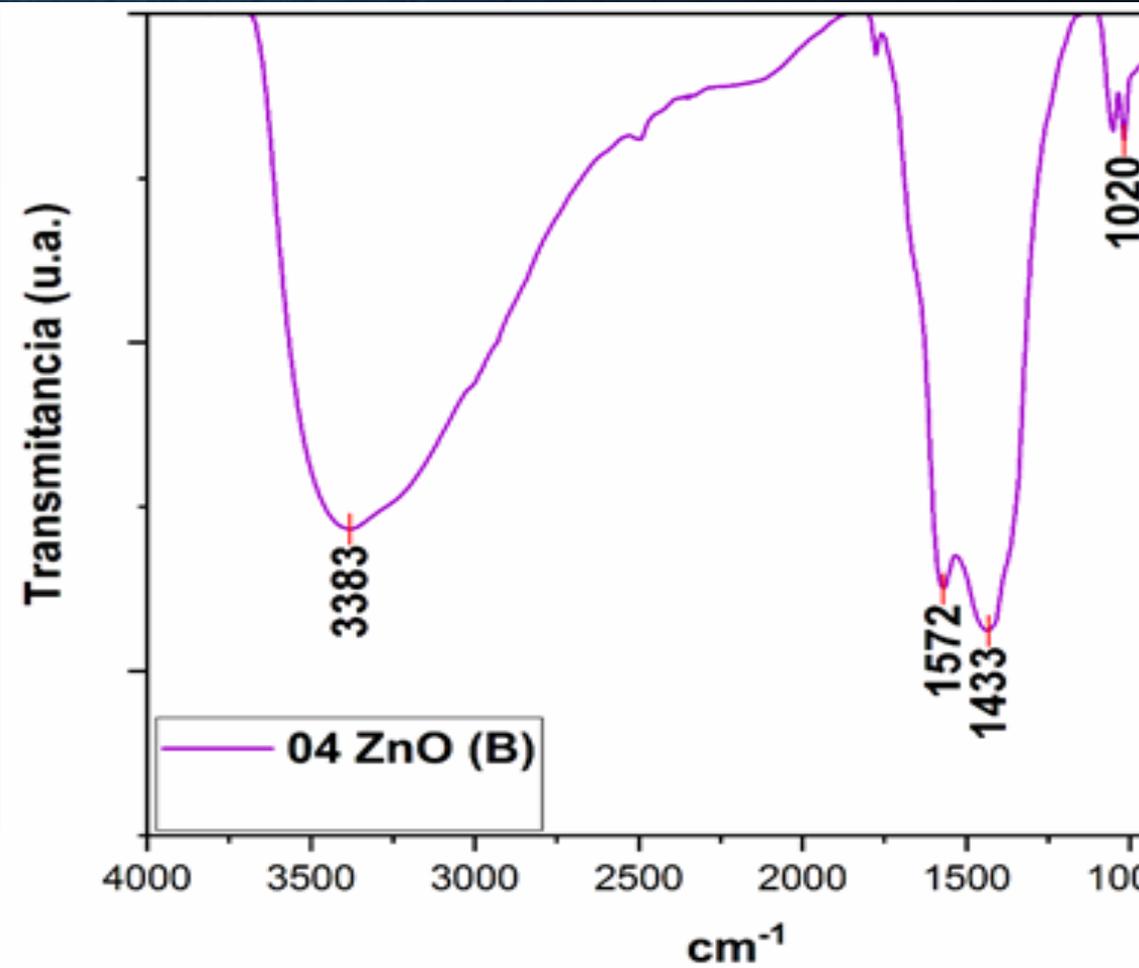
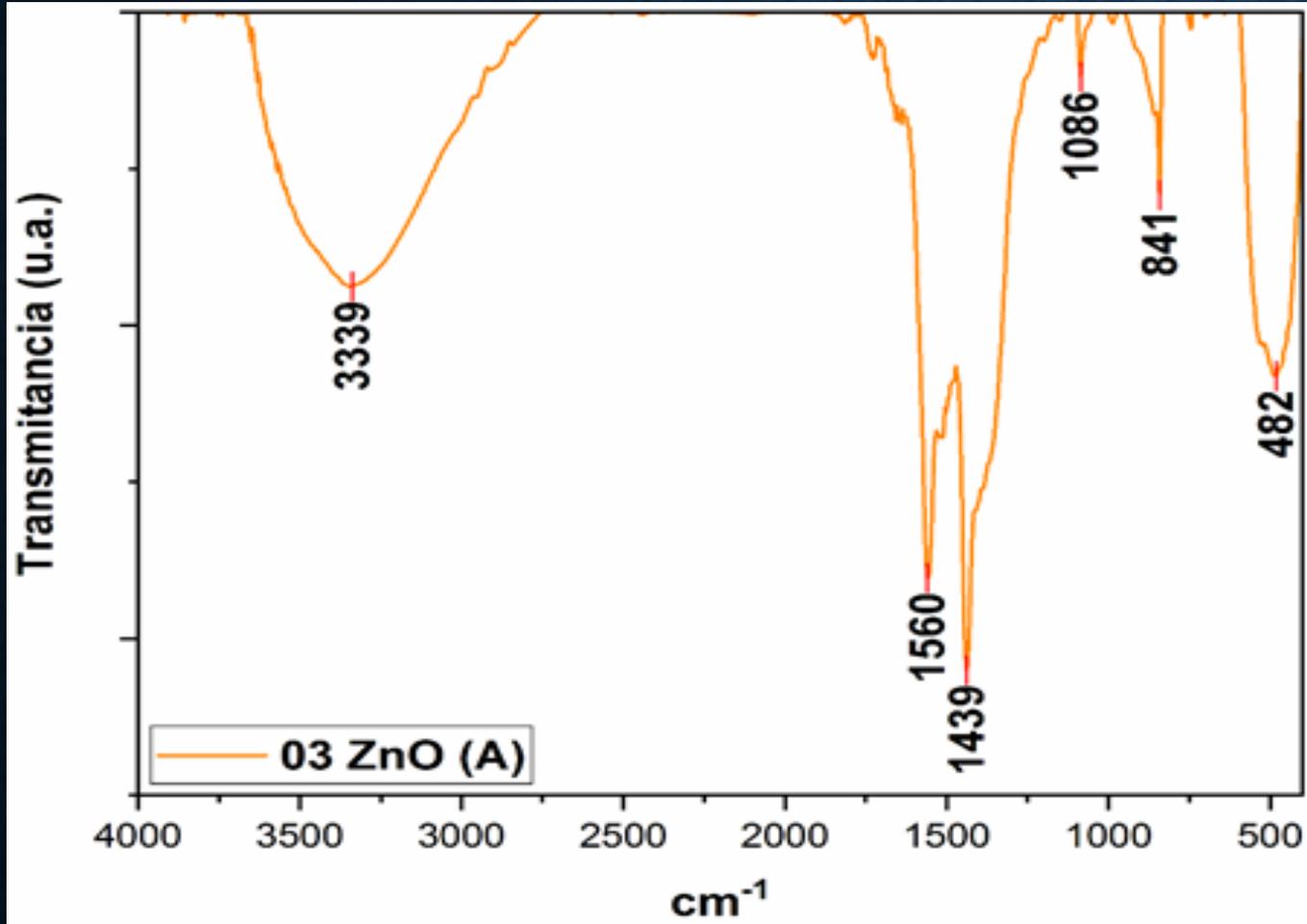
Figura 6 Diagrama de síntesis de PMMA puro y PMMA con incorporación de ZnO ó TiO<sub>2</sub>.

# RESULTADOS

## Caracterización de nanopartículas de ZnO.



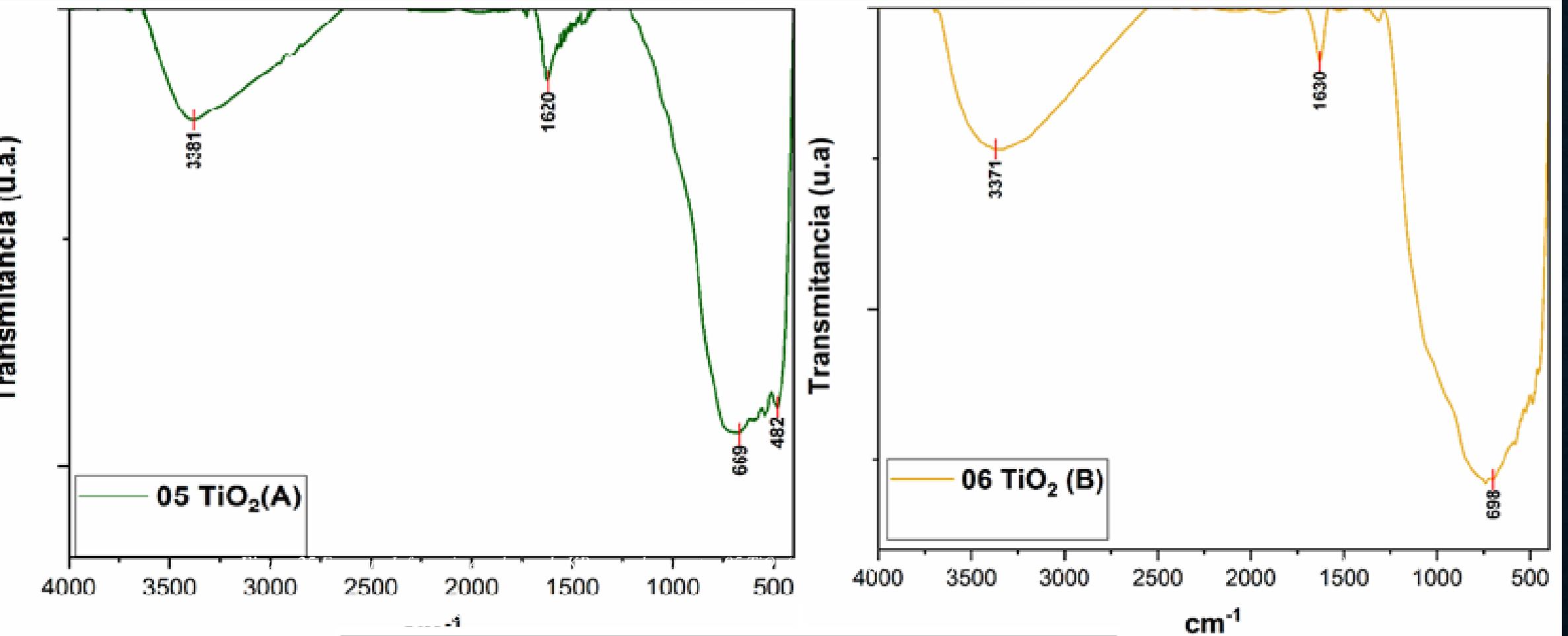
# Espectroscopía IR por transformada de Fourier (FTIR).



## Caracterización de nanopartículas de $\text{TiO}_2$ .

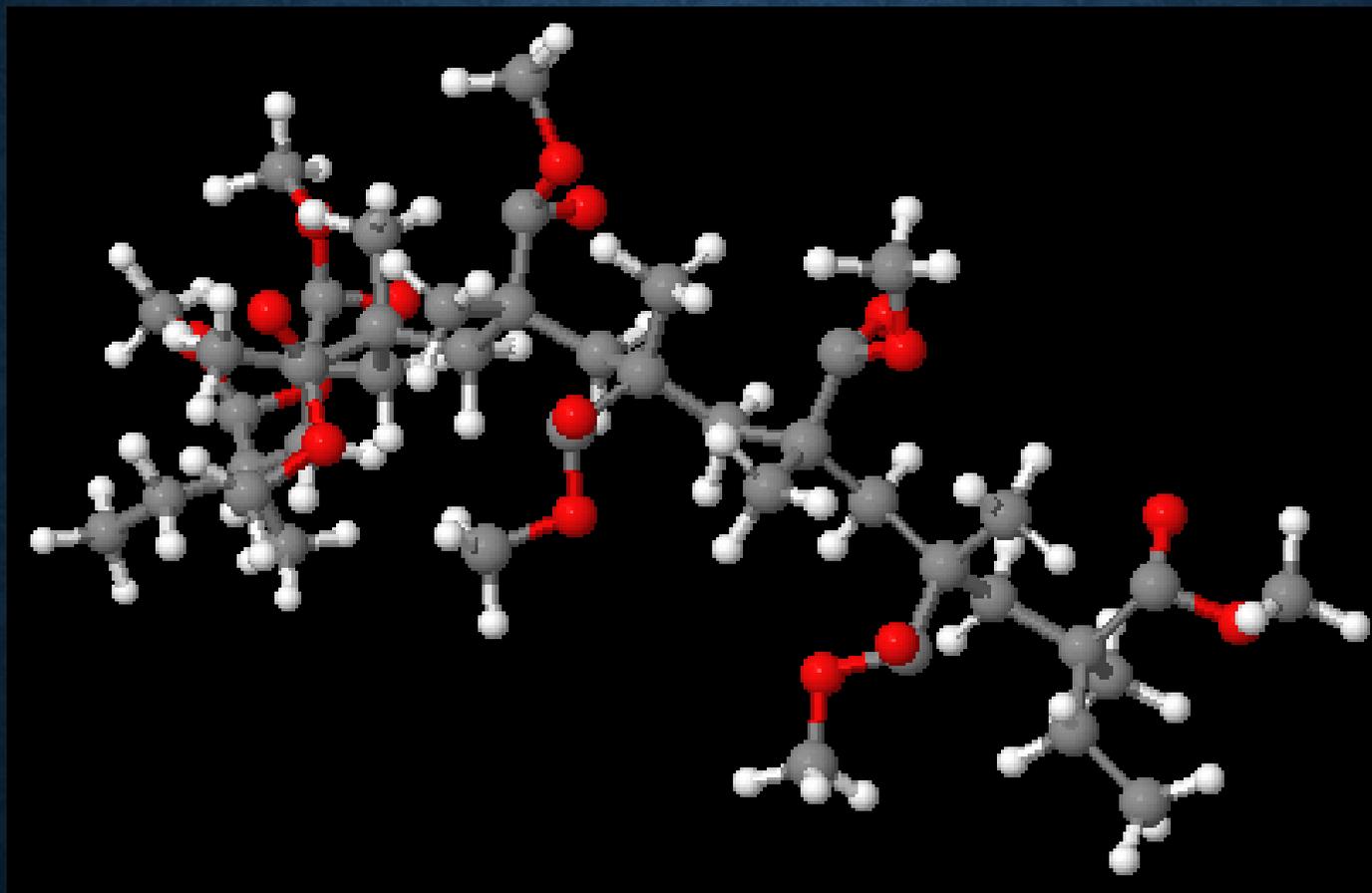


## 7.2.4 Espectroscopía IR por transformada de Fourier (FTIR).



$\tilde{\nu}$ (cm <sup>-1</sup> )	Tipo de vibración	Enlace	Molécula
3381	Alargamiento	H-O	HNO <sub>3</sub>
1620	Alargamiento	N=O	HNO <sub>3</sub>
669	Alargamiento	Ti-O-O	TiO <sub>2</sub>

## Caracterización de PMMA



*Figura 29 Diagrama de la estructura del polimetacrilato de metilo. Las esferas grises corresponden a los C, las esferas rojas a los O y las blancas a los H.*

# Espectroscopía IR por transformada de Fourier (FT-IR).

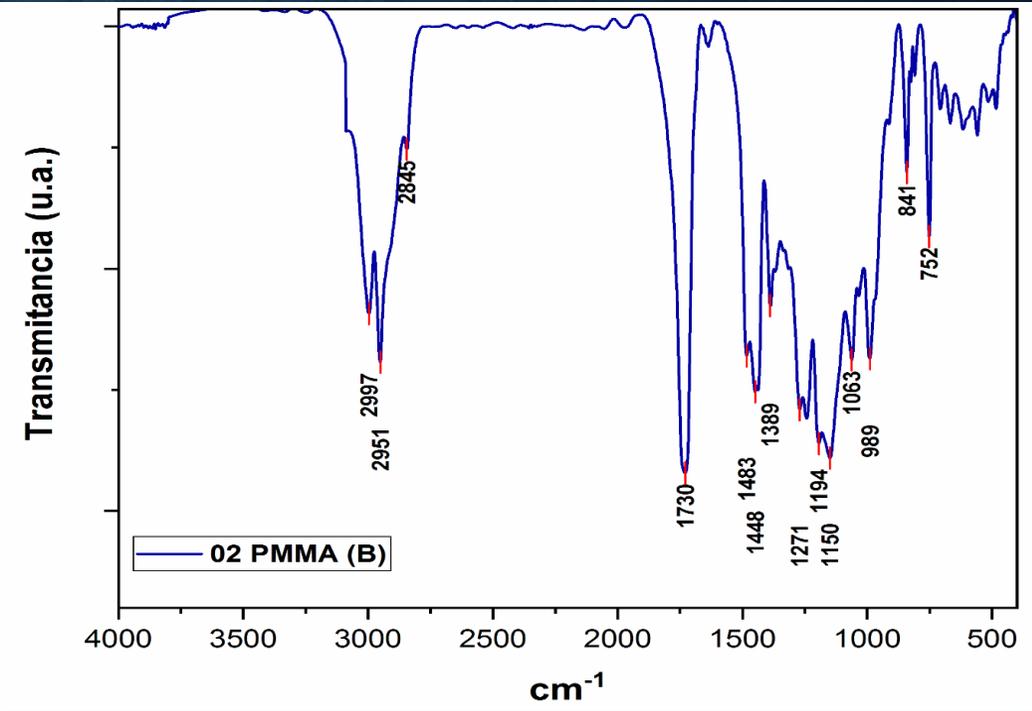
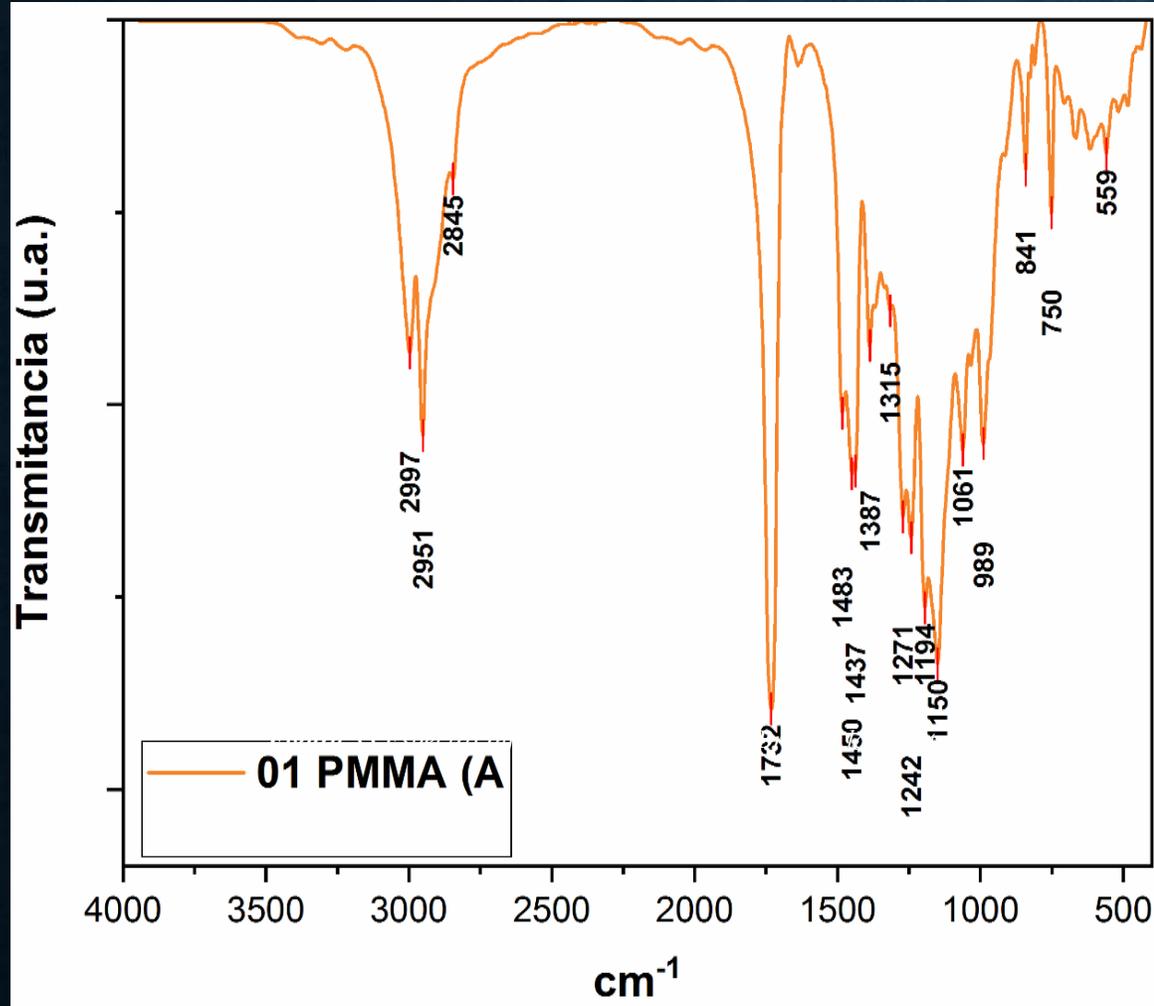


Figura 34 Espectro Infrarrojo en placas de KBr para la muestra 02 PMMA (A).

# Calorimetría diferencial de barrido (CDB/ DSC).



DSC 2000  
TA Instruments

1. Calentamiento
2. Enfriamiento
3. Calentamiento

10° C / min.

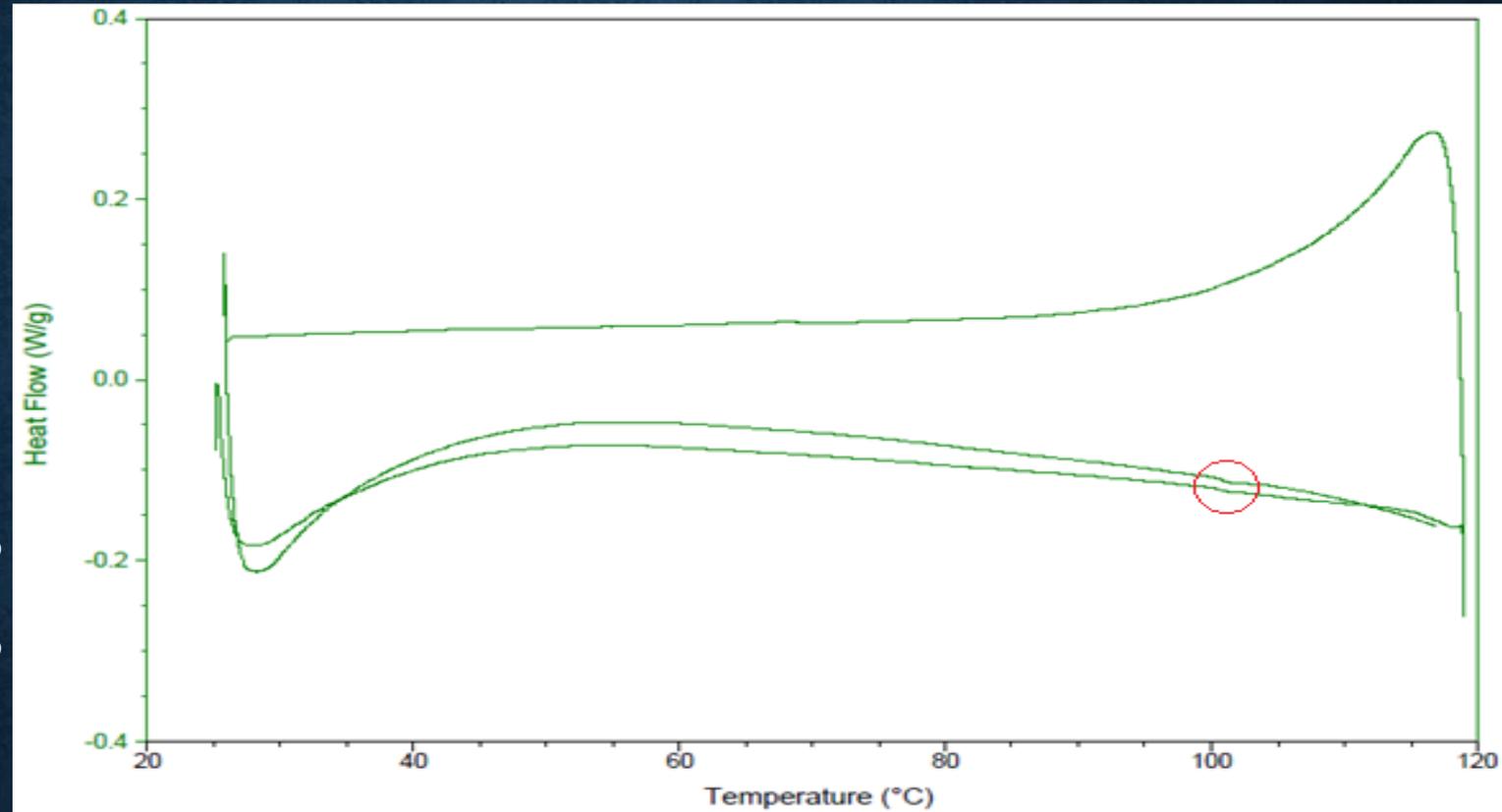
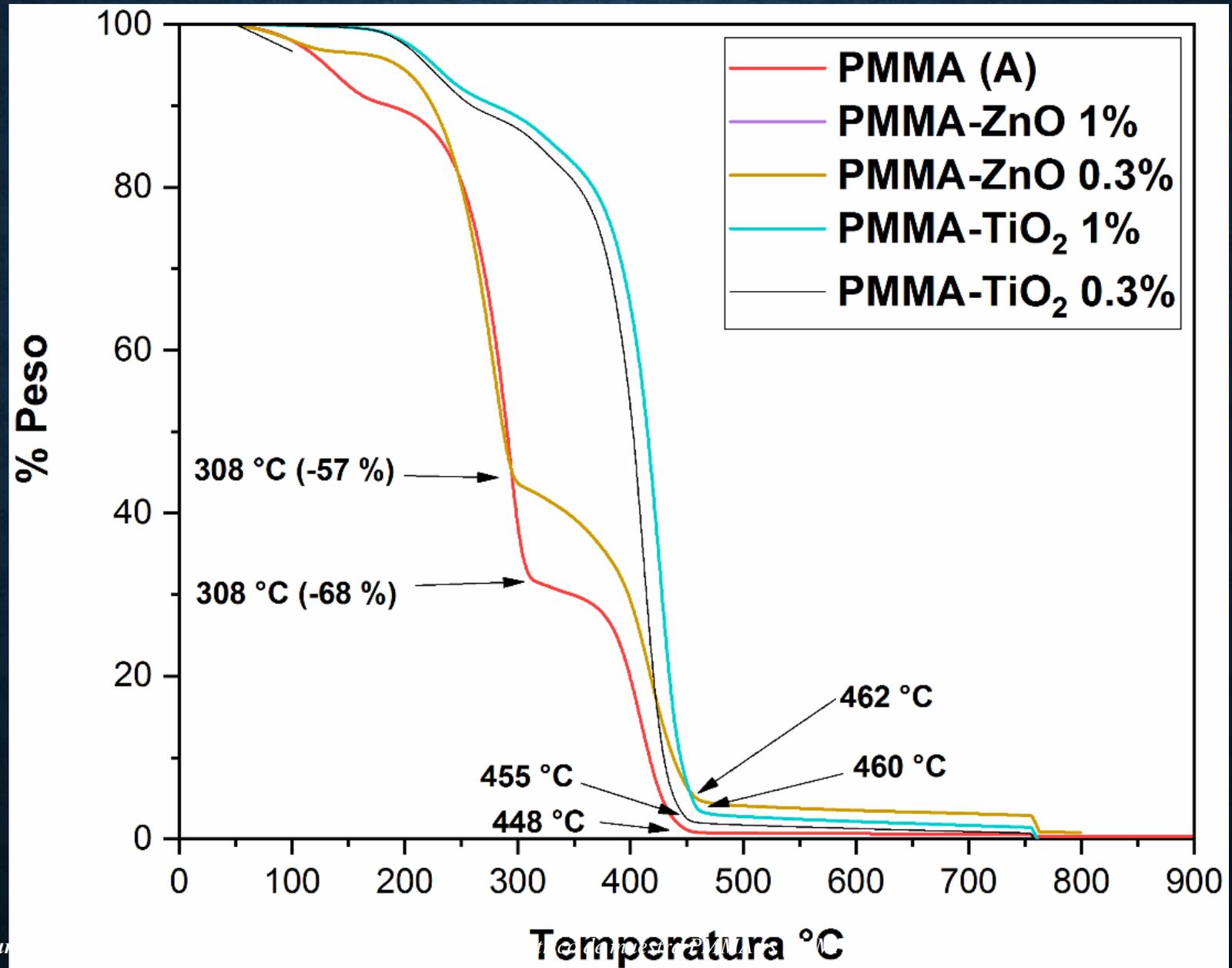


Figura 39 Gráfica de la prueba de DSC para la muestra 01 PMMA (A).

La curva de DSC de la muestra 01 PMMA (A), (**Figura 39**) muestra en el primer y segundo calentamiento un patrón de transición vítrea ( $T_g$ ) aproximadamente a 101 – 103 °C lo cual coincide con la  $T_g = 105$  °C reportada en literatura para PMMA [89].

# Análisis termogravimétrico (ATG / TGA)



Figura

# CONCLUSIONES

1.- El método sol gel es un buen método para síntesis de nanopartículas de óxidos metálicos (ZnO y TiO<sub>2</sub>) ya que es sencillo, con un alto nivel de conversión y barato por lo que es un proceso escalable.

2- La técnica de difracción de rayos X (DRX) comprobó que se obtuvieron las fases cristalinas deseadas de ambos óxidos con un porcentaje alto de pureza así como un tamaño de cristalito bastante pequeño.

3.- El polímero con mayor resistencia térmica fué con TiO<sub>2</sub> al 1% (**11 PMMA-TiO<sub>2</sub> (A)**) el cual mostró una diferencia mayor a 100 °C para comenzar la mayor parte de descomposición térmica.

# BIBLIOGRAFÍA

1. Contreras L., D.; Saldívar-G., E. & Luna-B., G. **2013**. "Copolymerization of isoprene with polar vinyl monomers: Reactivity ratios, characterization and thermal properties." *European Polymer Journal* 49, 2013, 1760–1772.
2. Matehuala M., J.R.; Contreras L., D. & Hernández-E., H. **2017**. "Síntesis de copolímeros vinil-acrílicos por el proceso de suspensión vía NMP." *Jóvenes en la ciencia* Vol. 3 no. 2, Verano de la Investigación Científica, 2017.
3. San Andrés, M.; Chércoles, R.; De la Roja, J.M. & Gómez, M. **2010**. "Factores responsables de la degradación química de los polímeros. Efectos provocados por la radiación lumínica sobre algunos materiales utilizados en conservación: primeros resultados" *Factores responsables de la Restauración* 21/10/10 16:27 Página 307.
4. Pérez-T., J.A.; Gallego, J.L.; Stiven-R., W. & Riascos-L., H. **2008**. "Películas nanoestructuradas de óxido de zinc (ZnO)" *Scientia Et Technica* [en línea] 2008, XIV. (Septiembre-Sin mes): [Fecha de consulta: 1 de febrero de 2019].
5. Kumar, R.; Al-Dossary, O.; Kumar, G. & Umar, A. **2015**. "Zinc Oxide Nanostructures for NO<sub>2</sub> Gas–Sensor Applications: A Review". *Nano-Micro Lett.* Volume 7, Issue 2, pp 97–120.
6. Ghule, K., Ghule, A. V., Chen, B.J., & Ling, Y.-C. **2006**. "Preparation and characterization of ZnO nanoparticles coated paper and its antibacterial activity." *Green Chemistry*, 1034-1041.
7. Banu-Bahsi, Z., & Yavuz-Oral, A. **2007**. "Effects of Mn and Cu doping on the microstructures and optical properties of sol-gel derived ZnO thin films." *Optical Materials*, 672-678.
8. Saranya, M.; Ramachadran, R. & Wang, F. **2016**. "Graphene - Zinc oxide (G-ZnO) nanocomposite for Electrochemical Supercapacitor applications." *Advanced materials and devices*, 454-460.
9. Fonseca de Lima, J., Figuero M., R., & Serra, O. **2012**. "Transparent UV-absorbers thin films of zinc oxide: Ceria system synthesized via sol-gel process." *Optical Materials*, 56-60.
10. Meruvu, H., Vangalapati, M., Chaitanya, S., & Bammidi, S. **2011**. "Synthesis and characterization off zinc oxide nanopartivles and its antimicrobial activity against bacillus subtilis and escherichia coli." *Rasayan Journal*, 217-222.
11. Kołodziejczak-R., A. & Jesionowski, T. **2014**. "Zinc oxide- From synthesis to application: A review". *Materials*, 7, 2833-2881.
12. Taghavi, M.; Mattoli, V.; Mazzolai, B.; Filippeschiab, C. & Beccaib, L. **2013**. "Synthesizing tubular and trapezoidal shaped ZnO nanowires by an aqueous solution method". *Nanoscale*, 2013, 5, 3505.
13. Mohamed-O., D. A., & Abbas M., M. **2015**. "Synthesis and characterization of zinc oxide naoparticles using zinc acetato dihydrate and sodium hydroxide". *Journal of Nanoscience and nanoengineering*, 248-251.
14. Jurablu, S.; Farahmandjou, M. & Firoozabadi, T. **2015**. "Sol-Gel synthesis of zinc oxide (ZnO) nanoparticles: Study of structural and optical properties". *Journal of Sciences* , 281-285.
15. Shipra-Mital, Gupta, Manoj, Tripathi. **2011** "A review on the synthesis of TiO<sub>2</sub> nanoparticles by solution route." *Central European Journal of Chemistry* · August 2011.
16. Shaban, M.; Abdallah, S. & Abdel-K. A. **2016**. "Characterization and photocatalytic properties of cotton fibers modified with ZnO nanoparticles using sol–gel spin coating technique" *Beni-suef university journal of basic and applied sciences* 5, 2016 277–283.



**ECORFAN®**

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCONIMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- ([www.ecorfan.org/](http://www.ecorfan.org/) booklets)