

## **CURSO DE DOCTORADO: SÍNTESIS, PROPIEDADES, CARACTERIZACIÓN Y (BIO)CONJUGACIÓN DE NANOMATERIALES**

### **I. OBJETIVO**

El objetivo del curso es introducir a los participantes en un área interdisciplinaria del conocimiento que está experimentando un gran desarrollo. Se pretende capacitar a los asistentes en la síntesis de nanoestructuras, su caracterización y propiedades así como sus aplicaciones en diversas áreas.

### **II. MODALIDAD Y DURACIÓN**

Virtual sincrónica, 42 horas.

### **III. EVALUACIÓN**

La evaluación será mediante la realización de un trabajo y una presentación final. Se emplearán los instrumentos y soportes utilizados durante el curso (por ejemplo Meet o Zoom).

**IV. DIRECCIÓN Y DOCENTES:** Directora: Dra. Raquel V. Vico, Co-Director: Dr. Alejandro M. Granados.  
Docentes: Dr. Alejandro M. Granados, Dr. Eduardo A. Coronado, Dra. María Dolores Rubianes, Dr. Rodrigo A. Iglesias, Dra. Paula G. Bercoff, Dr. Juan Pablo Colomer, Dra. Mariana A. Fernández, Dr. Rafael G. Oliveira, Dr. O. Fernando Silva, Dra. Nancy F. Ferreyra, Dr. Alejandro M. Fracaroli, Dra. Laura I. Rossi, Dra. Raquel V. Vico

### **V. PROGRAMA ANALÍTICO**

- **Módulo 1: Nanotecnología, Nanomateriales. Conceptos** (Dr. Alejandro M. Granados)  
Nanotecnología, Nanomateriales conceptos y aplicaciones. Síntesis top-down y bottom-up.  
Los nanomateriales, nanopartículas, nanohilos, nanotubos, sistemas híbridos (nanocomposites).  
Materiales 0D, 1D, 2D, 3D. Escalas relativas con biomoléculas y otras estructuras.
- **Módulo 2: Métodos de síntesis, caracterización y aplicaciones de nanomateriales de metales nobles** (Dr. Alejandro M. Granados, Dr. Eduardo Coronado)  
Métodos de síntesis químicos y térmicos. Uso de reductores convencionales y no convencionales.  
Caracterización por métodos espectroscópicos y microscópicos. Catálisis sobre nanosuperficies metálicas. Nano estructuras plasmónicas. Fotocatálisis. Sensores. Generalidades sobre propiedades plasmónicas de nanoestructuras y sus aplicaciones en espectroscopias incrementadas.

- **Módulo 3: Nanoalotropos de carbono: Métodos de síntesis, caracterización y (bio)funcionalización** (Dra. María Dolores Rubianes)

Introducción a los nanoalótropos de carbono. Clasificación. Características generales y particulares. Propiedades. Síntesis y caracterización. Bio-funcionalización. Aplicaciones.
- **Módulo 4: Métodos de síntesis y caracterización de nanomateriales magnéticos** (Dra. Paula Bercoff)

Breve introducción al magnetismo: origen físico, tipos de magnetismo, elementos y materiales magnéticos. Definiciones básicas, propiedades magnéticas, sistemas de unidades. Algunos métodos de síntesis de nanomateriales magnéticos: top-down y bottom-up. Distintos tipos de mediciones magnéticas: Estáticas (ciclos de histéresis, curvas zfc/fc) y dinámicas (viscosidad magnética, susceptibilidad ac, resonancia para/ferromagnética). Interpretación de las mediciones.
- **Módulo 5: Síntesis, propiedades, caracterización y aplicaciones de puntos cuánticos** (Dr. Rodrigo Iglesias)

Síntesis y propiedades de nanomateriales basados en semiconductores. Puntos cuánticos binarios y ternarios. Puntos cuánticos de perovskitas inorgánicas/híbridas. Funcionalización superficial de puntos cuánticos. Caracterización de puntos cuánticos. Aplicaciones seleccionadas de puntos cuánticos: Aplicaciones optoelectrónicas, fotovoltaicas y fotoelectroquímicas. Aplicaciones farmacéuticas. Aplicaciones en biodetección. Evaluación de riesgo y toxicidad en el uso de puntos cuánticos.
- **Módulo 6: Bioconjugación a nanomateriales** (Dr. Juan Pablo Colomer, Dra. Raquel V. Vico)

Introducción a la bioconjugación. Reactivos bifuncionales de conjugación. Principales reacciones de bioconjugación de proteínas, carbohidratos y ácidos nucleicos a nanomateriales. Bioconjugación por interacciones no covalentes.
- **Módulo 7: Nanomateriales blandos** (Dra. Mariana A. Fernández, Dr. Rafael G. Oliveira, Dr. O. Fernando Silva, Dra. Raquel V. Vico)

Moléculas anfifílicas y auto-ensamblado. Parámetro crítico de empaquetamiento. Sistemas vesiculares. Liposomas convencionales y no convencionales (stealth, funcionalizados con anticuerpos y otras biomoléculas, catiónicos). Niosomas. Transferosomas. Vesículas catiónicas. Nanopartículas lipídicas sólidas. Nanopartículas proteicas. Nanocápsulas. Nanoesferas. Emulsiones simples y múltiples. Nanopartículas poliméricas. Nanoestructuras formadas por anfifilos no convencionales. Cristales líquidos. Estructuras no-bicapa. Superficies mínimas y fases cúbicas bicontinuas y hexagonales. Métodos de preparación y caracterización. Métodos de caracterización basados en radiación sincrotrón: Difracción de Rayos X de ángulos pequeños (SAXS) y de ángulos amplios (WAXS).

- **Módulo 8: Estabilidad Coloidal de nanomateriales en sistemas dispersos** (Dra. Nancy F. Ferreyra)  
Revisión modelos de doble capa eléctrica, longitud de Debye, potencial zeta ( $\zeta$ ). Fuerzas interactuantes entre partículas coloidales. Estabilidad de coloides liofóbicos contra la agregación. Teoría Derjaguin-Landau-Verwey-Overbeek (DLVO). Concentración de cuagulación crítica. Efectos de la modificación de superficial sobre la estabilidad de los coloides. Influencia de los polímeros en la estabilidad coloidal. El mecanismo de estabilización estérica. Efectos de los disolventes y del peso molecular del polímero en la estabilización estérica. Ejemplos de aplicación.
- **Módulo 9: La Química Reticular y Los Entramados Metal-Orgánicos (MOFs)** (Dr. Alejandro M. Fracaroli)  
Materiales reticulares: entramados metal-orgánicos o metal-organic frameworks (MOFs) y sus aplicaciones. Nociones básicas de construcción y conceptuales sobre los MOFs. Diseño del poro a través de química reticular.
- **Módulo 10: Actualidades sobre Química Verde y diseño de nanomateriales** (Dra. Laura I. Rossi)  
12 Principios de la Química Verde y conceptos principales. Química Sustentable y nanomateriales. Métricas verdes aplicadas a la síntesis de nanopartículas. Ley 24.051 de Residuos Peligrosos.
- **Módulo 11:** Clase de consulta. Discusión de ejemplos de aplicación.

## VI. BIBLIOGRAFIA

### **Módulo 1: Nanotecnología, Nanomateriales. Conceptos** (Dr. Alejandro M. Granados)

- Fundamentals of Nanotechnology. G.L. Hornyak, J.J. Moore, J. F. Tibbals, J. Dutta, CRC Press Taylor & Francis Group. 2009.
- Introduction to Nanoscience and Nanotechnology. Chris Binns. John Wiley & Sons Inc. 2010.

### **Módulo 2:** (Dr. Alejandro M. Granados, Dr. Eduardo Coronado)

- Noble Metal Nanoparticles. Preparation, Composite Nanostructures, Biodecoration and Collective Properties. Ignác Capek Ed. Springer. 2017.
- A.A. Ansari, M. Sillanpää. Advancement in upconversion nanoparticles based NIR-driven photocatalysts. Renewable and Sustainable Energy Reviews 2021, 151, 111631.
- C.J. Trout, J.A. Clapp, J.C. Griepenburg. Plasmonic carriers responsive to pulsed laser irradiation: a review of mechanisms, design, and applications. New Journal of Chemistry 2021, 34, 15131-57.
- S. Pan, X. Li, J. Yadav. Single-nanoparticle spectroelectrochemistry studies enabled by localized surface plasmon resonance. Physical Chemistry Chemical Physics 2021, 35, 19120-29.

### **Módulo 3: Nanoalotropos de carbono: Métodos de síntesis, caracterización y (bio)funcionalización**

(Dra. María Dolores Rubianes)

- S. H. Kit Yap, K. K. Chan, S. Chuan Tjin, and K. Tye Yong. *Sensors* 20 (2020) 2046.
- S. Nasir, M. Z. Hussein, Z. Zainal and N. A. Yusof. Review. "Carbon-Based Nanomaterials/Allotropes: A Glimpse of Their Synthesis, Properties and Some Applications". *Materials* 11 (2018) 295.
- M. Razeghi. "The Mystery of Carbon: An introduction to carbon materials". IOP Publishing Ltd (2020). Online ISBN: 978-0-7503-1182-3. Print ISBN: 978-0-7503-1183-0
- Y. Su. "Introduction of Carbon Nanostructures". In: *High-Performance Carbon-Based Optoelectronic Nanodevices*. Springer Series in Materials Science, vol 319. Springer (2022), Singapore.
- D. Jovic, V. Jacevic, K. Kuca, I. Borišev, J. Mrdjanovic , D. Petrovic, M. Seke and A. Djordjevic. "The Puzzling Potential of Carbon Nanomaterials: General Properties, Application, and Toxicity". *Nanomaterials* 10 (2020) 1508.
- W. Liu and G. Speranza. "Functionalization of Carbon Nanomaterials for Biomedical Applications". *C* 5 (2019) 72.
- Artículos recientes de revistas internacionales seleccionados por el docente.

### **Módulo 4: Métodos de síntesis y caracterización de nanomateriales magnéticos** (Dra. Paula Bercoff)

- B. D. Cullity, C. D. Graham. *Introduction to magnetic materials*, 2<sup>nd</sup> Ed. IEEE Press, Wiley, 2009.
- R. C. O'Handley. *Modern magnetic materials: Principles and applications*, Wiley, 2000.
- S. Chikazumi, *Physics of ferromagnetism* 2<sup>nd</sup> Ed., Clarendon Press, Oxford, 1997.
- G. Bertotti, *Hysteresis in magnetism*, Academic Press, 1998.
- Artículos recientes de revistas internacionales seleccionados por el docente.

### **Módulo 5: Síntesis, propiedades, caracterización y aplicaciones de puntos cuánticos** (Dr.

Rodrigo Iglesias)

- M.F. Torresán. Tesis. Tesis. 2018. FCQ-UNC "Sensibilización de nanoarquitecturas de TiO<sub>2</sub> con cristales coloidales de sales binarias de metales de transición"
- V. Benavente Llorente. Tesis. 2019. FCQ-UNC. "Fotoelectroquímica y Electroquímica de Materiales Semiconductores Nanoestructurados"
- Chemical Synthesis and Luminescence Applications of Colloidal Semiconductor Quantum Dots. Jonathan Owen and Louis Brus. *Journal of the American Chemical Society* 2017 139 (32), 10939-10943.

- L. A. Kolahalam, I.V. Kasi Viswanath, B.S. Diwakar, B. Govindh, V. Reddy, Y.L.N. Murthy, Review on nanomaterials: Synthesis and applications,. *Materials Today: Proceedings*, Volume 18, Part 6, 2019, Pages 2182-2190, ISSN 2214-7853.
- M. Shekhirev, J. Goza, J. D. Teeter, A. Lipatov, A. Sinitskii. Synthesis of Cesium Lead Halide Perovskite Quantum Dots. *Journal of Chemical Education* 2017 94 (8), 1150-1156.
- L. Chouhan, S. Ghimire, C. Subrahmanyam, T. Miyasaka, V.i Biju. Synthesis, optoelectronic properties and applications of halide perovskites. Check for updates. *Chem. Soc. Rev.*, 2020,49, 2869-2885.
- F. Pelayo García de Aequer, V. Dimitri, I. Victor, Y. Arakawamanfred, E.H. Sargent. Semiconductor quantum dots: Technological progress and future challenges. *Science* 2021, 373, DOI: 10.1126/science.aaz8541.
- C. I. Vázquez, V. Benavente Llorente, F.M. Zanotto, A.M. Baruzzi, R.A. Iglesias. Spectroelectrochemistry and photoelectrochemistry of electrodeposited ZnO nanorods. *Electrochemical Science Advances*. 2021. <https://doi.org/10.1002/elsa.202100035>.
- V. Benavente Llorente, C. I. Vázquez, M.A. Burgos, A. M. Baruzzi, R. A. Iglesias. Charge transport on vertically aligned ZnO nanorods with different aspect ratios. *Electrochimica Acta* 2019, 319, 990-997.
- M.F. Torresan, A.M. Baruzzi, R.A. Iglesias. Enhancing the adsorption of CdSe quantum dots on TiO2 nanotubes by tuning the solvent polarity. *Solar Energy Materials and Solar Cells* 2017, 164, 107-113.
- M.F. Torresán, A.M. Baruzzi, R.A. Iglesias. Thermal annealing of photoanodes based on CdSe Qdots sensitized TiO2. *Solar Energy Materials and Solar Cells* 2016, 155, 202-208.
- C.I. Vázquez, A.M. Baruzzi, R.A. Iglesias. Charge extraction from TiO2 nanotubes sensitized with CdS quantum dots by SILAR method. *IEEE Journal of Photovoltaics*. 2016, 6, 1515-1521.
- A. Gour, J. Ramteke, N.K. Jain. Pharmaceutical Applications of Quantum Dots. *AAPS PharmSciTech* 2021, 22, 233.
- A. M. Wagner, J. M. Knipe, G. Orive, N. A. Peppas. Quantum dots in biomedical applications, *Acta Biomaterialia*, 2019, 94, 44-63.

#### **Módulo 6: Bioconjugación a nanomateriales** (Dr. Juan Pablo Colomer, Dra. Raquel V. Vico)

- G. T. Hermanson. *Bioconjugate Techniques*, 3<sup>ed</sup>. Elsevier, 2013.
- *Click Chemistry for Biotechnology and Materials Science*. J. Lahann Editor. John Wiley and Sons, Ltd. 2009.
- A. Heuer-Jungemann, N. Feliu, I. Bakaimi, M. Hamaly, A. Alkilany, I. Chakraborty, A.G. Kanaras. The Role of Ligands in the Chemical Synthesis and Applications of Inorganic Nanoparticles. *Chem. Rev.* 2019, 119, 4819–4880.
- C. D. Raposo, C. A. Conceição, M. T. Barros, *Molecules* 2020, 25, 1744.
- A. F. Carrizo, J. E. Argüello, L. C. Schmidt, J. P. Colomer, *ChemistrySelect* 2020, 5, 14783-14787.

- H.-E. Lee, H.-Y. Ahn, J. Mun, Y. Y. Lee, M. Kim, N. H. Cho, K. Chang, W. S. Kim, J. Rho, K. T. Nam, *Nature* 2018, 556, 360-365.
- L. C. Courrol, R. A. d. Matos, in *Catalytic Application of Nano-Gold Catalysts*, (Ed.: N. K. Mishra), IntechOpen, 2016, pp. 83-99.
- S. Shankar, J.-W. Rhim, *Carbohydrate Polymers* 2015, 130, 353-363.
- T. P. Mofokeng, M. J. Moloto, P. M. Shumbula, P. Nyamukamba, P. K. Mubiayi, S. Takaidza, L. Marais, *Journal of Nanotechnology* 2018, 2018, 4902675.
- Artículos recientes de revistas internacionales seleccionados por el docente.

**Módulo 7: Nanomateriales blandos** (Dra. Mariana A. Fernández, Dr. Rafael G. Oliveira, Dr. O. Fernando Silva, Dra. Raquel V. Vico)

- *Soft Matter Nanotechnology: From Structure to Function*. Chapter 2. X. Chen, H. Fuchs Editors. Willey-VCH, 2015.
- *Introduction to Soft Matter – Synthetic and Biological Self-Assembling Materials*, Ian W. Hamley, John Wiley & Sons, West Sussex, 2007.
- P. Atkins, J. de Paula. *Physical Chemistry*. Chapter 5, 9<sup>ed</sup> Ed. Oxford University Press, 2010.
- T. Heimburg. *Thermal Biophysics of Membranes (Tutorials in Biophysics)* Wiley-VCH, chapter 2, 2007.
- J. M. Seddon, R.H. Templer. *Polymorphism of Lipid-Water Systems in Structure and Dynamics of Membranes*. Chapter 3, *Handbook of Biological Physics* volume 1A. Editors: R. Lipowsky and E. Sackmann, Elsevier, 1995
- J.Y.T. Chong, X. Mulet, L.J. Waddington, B.J. Boyd, C.J. Drummond. Steric stabilisation of self-assembled cubic lyotropic liquid crystalline nanoparticles: high throughput evaluation of triblock polyethylene oxide-polypropylene oxide-polyethylene oxide copolymers. *Soft Matter*, 2011, 7, 4768.
- J.R. Magana, M. Homs, J. Esquena, I. Freilich, E. Kesselman, D. Danino, C. Rodríguez-Abreu, C. Solans. Formulating stable hexosome dispersions with a technical grade diglycerol-based surfactant. *J. Colloid Interf. Sci.* 2019, 550: 73–80.
- Artículos recientes de revistas internacionales seleccionados por el docente.

**Módulo 8: Estabilidad Coloidal de nanomateriales en sistemas dispersos** (Dra. Nancy F. Ferreyra)

- *Colloids and Interfaces in Life Sciences and Bionanotechnology*. Second Edition. WILLEM NORDE. CRC Press Taylor & Francis Group, 2011
- *Introduction to Applied Colloid and Surface Chemistry*. GEORGIOS M. KONTOGEORGIS AND SØREN KIIL. John Wiley & Sons, Ltd, 2016.
- *Colloids and Interfaces with Surfactants and Polymers*, Second Edition. Jim Goodwin. John Wiley & Sons, Ltd, 2009.

- Surfaces, Interfaces, and Colloids: Principles and Applications, Second Edition. Drew Myers John Wiley & Sons, Inc, 1999.
- Artículos recientes de revistas internacionales seleccionados por el docente.

**Módulo 9: La Química Reticular y Los Entramados Metal-Orgánicos (MOFs) (Dr. Alejandro M. Fracaroli)**

- Nanostructured Multifunctional Materials, Capítulo 5: Metal-Organic Frameworks (MOFs): Multifunctionality within Order, Fracaroli, A. M.; Editor: Franceschini, E. CRC Press Taylor & Francis Group, 2021.
- H. Furukawa, K.E. Cordova, M. O’Keeffe, O.M. Yaghi. Science 2013, 341, 1230444-1230444.
- A.M. Fracaroli, H. Furukawa, M. Suzuki, M. Dodd, S. Okajima, F. Gándara, J. Reimer, J. O.M. Yaghi. J. Am. Chem. Soc., 2014, 136, 8863-8866.
- Artículos recientes de revistas internacionales seleccionados por el docente.

**Módulo 10: Actualidades sobre Química Verde y diseño de nanomateriales (Dra. Laura I. Rossi)**

- P. T. Anastas and J. C. Warner, Green Chemistry: Theory and Practice, Oxford University Press, Oxford, 1998.
- Shams Forruque Ahmed, M. Mofijur, Nazifa Rafa, Anika Tasnim Chowdhury, Sidratun Chowdhury, Muntasha Nahrin, A.B.M. Saiful Islam, Hwai Chyuan Ong .Green approaches in synthesizing nanomaterials for environmental Nanobioremediation: Technological advancements, applications, benefits and challenges. Environmental Research, 2022, 204, 111967.
- A. García-Quintero, M. Palencia. A critical analysis of environmental sustainability metrics applied to green synthesis of nanomaterials and the assessment of environmental risks associated with the nanotechnology. Science of the Total Environment 2021, 793, 148524
- Ley Nacional 24.051
- Nanotecnología y Sociedad en Argentina: Vol I: para una agenda inter y transdisciplinaria / Mauricio Sebastian Berger... [et al.] ; compilado por Mauricio Berger; Tomas Carrozza; Gonzalo Bailo. - 1a Ed volumen combinado. Córdoba: M. S. Berger, 2021.
- Artículos recientes de revistas internacionales seleccionados por el docente.