

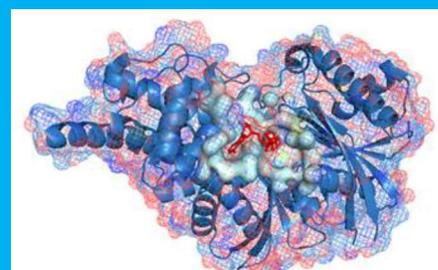
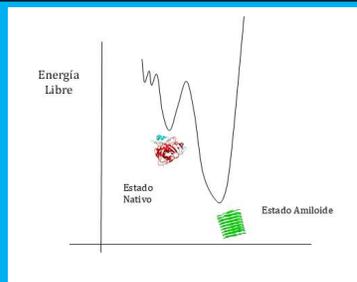
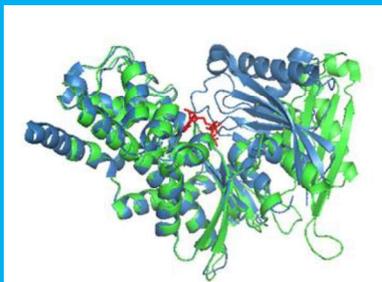
INDUSTRIA & QUÍMICA

ISSN 0368-0819

Diciembre 2023 – Nº 374

PUBLICACIÓN DE LA ASOCIACIÓN QUÍMICA ARGENTINA

Origen de la Bioinformática Estructural de Proteínas



PREMIOS 2023



QUÍMICA Y ARTE – PRESERVACIÓN DEL PATRIMONIO ARTÍSTICO EN EL PAÍS
¿Un Tintoretto en La Plata? Historiografía para una retribución

Editorial

El presente número cubre las actividades de la AQA en el segundo semestre del año 2023. Sin embargo, la AQA se creó hace más de un siglo, como resultado de la visión de un grupo de químicos sobre el rol de la Química en el desarrollo del país. Por este motivo se incluye un recuerdo de quienes fueron y su papel al cumplirse 123 años de su creación.

Por otro lado, en 2023 se cumplió el centenario de la creación de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP), sobre las bases de la Facultad de Química; los profesionales responsables de la puesta en funcionamiento de la AQA cumplieron un papel relevante.

Desde el punto de vista institucional, se avanzó en la construcción y reordenamiento en el edificio, cuya puesta en funciones se llevará a cabo antes del segundo semestre de 2024. El grado de avance se describe en este número, así como los espacios donde funcionarán las futuras oficinas y dependencias de la Asociación.

La AQA no estuvo desligada de los cambios políticos que se fueron gestando en este año de elecciones, lo que llevó a sus autoridades a posicionarse en defensa de la Ciencia y la Tecnología sustentada en el CONICET y las Universidades Nacionales.

El sistema científico-tecnológico continuó activo, produciendo conocimiento y realizando transferencia en los distintos campos de interés para el país. La Asociación continuó difundiendo estos conocimientos, sea a través de la participación en reuniones científicas, o bien, apoyando la organización de reuniones sobre educación en ciencias, reuniones científicas sobre temas de interés para 2024, reconociendo, mediante el otorgamiento de Premios, la trayectoria de los científicos, de los trabajos de Tesis de Doctorado realizadas en el campo de las Ciencias Químicas y la Educación en esta disciplina. Toda esta información se halla descrita en la sección "Actividades de la AQA y otras noticias institucionales". En esta edición de I&Q, se abordarán temas de relevancia para nuestro país y cómo se encaran en centros de investigación y de transferencia, a saber, Biotecnología en la Provincia de Santiago del Estero, las aplicaciones en el campo de la Bioinformática en la Universidad de Quilmes y la producción de vacunas en la Universidad de La Plata. Es importante destacar que estas actividades se financian con el apoyo del CONICET, de instituciones provinciales y nacionales desde la Agencia Nacional de Ciencia y Tecnología y de las mismas Universidades, todas ellas comprometidas en el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la formación de recursos humanos. En una época de cambios profundos en muchos de los paradigmas científicos, y el auge creciente de los que se oponen a los hechos científicos, como los grupos antivacunas en todas partes del mundo, o los terraplanistas, o los que discuten los grandes aportes de la Química, de las Ciencias Biológicas, la Medicina, Matemática entre otras, es refrescante saber que hay todavía grupos que se proyectan hacia el futuro sin mezquindades y con altruismo, aún a costa de su propia salud física y mental.

ISSN: 2591- 6718



COMISION DIRECTIVA DE LA
ASOCIACION QUIMICA ARGENTINA

Presidente

Dr. Carlos Oscar Cañellas

Vicepresidente

Dr. Alberto Luis Capparelli

Secretaria

Dra. Alicia B. Pomilio

Tesorero

Dr. Arturo Vitale

Protesorero

Tco. Qco. Claudio Salvador

Director de Biblioteca

Dr. Máximo Barón

Vicedirectora de Biblioteca

Dra. Stella Maris Battista

Vocales Titulares

Dr. Ángel Alonso

Dr. Máximo Barón

Dra. Stella Maris Battista

Dr. Jorge Oscar Ciprian Ollivier

Dr. Pablo Román Duchowicz

Dra. Sandra Hernández

Dr. Alberto Jorge Lazarowski

Dra. Alicia Beatriz Pomilio

Dra. Marisa Gabriela Repetto

Lic. Enrique G. Rodger

Técnico Químico Claudio Salvador

Lic. Nicolás Alejandro Szewczuk

Dr. Alan Talevi

Dr. Arturo Alberto Vitale

Vocales Suplentes

Dr. Luis Bruno Blanch

Dra. Alicia Jubert

Dr. Gustavo Ruiz

Órgano de Fiscalización:

Titulares

Dr. Víctor Szewczuk

Dr. Mario Félix.

Suplentes

Dr. Andrew Mercader

En estos tres grandes temas, se destaca la necesidad del trabajo multidisciplinario. Este hecho se ha visto reflejado en los Premios Nobel en los campos de la Química, la Física y la Medicina, en la que equipos de científicos, ya sea en su laboratorio o en alguna empresa visionaria, independientemente de su formación académica de grado, contribuyeron enormemente a estos desarrollos que se volcaron, vuelcan o volcarán a las Ciencias Químicas en particular. De la lectura de esta sección, se desprende que muchos de los conceptos que formarán parte de la futura enseñanza de estas disciplinas experimentarán un cambio fundamental. El desarrollo de nuevos materiales, particularmente a escala propia de la Nanotecnología, es un tema que no sólo tiene interés académico, sino que es un desafío para el sector empresarial y un campo fértil para las pequeñas y medianas empresas donde, las nuevas generaciones tienen la audacia y la capacidad para comprender estos cambios por sus impactos en los distintos sectores de la actividad económica, salud y educación. Los desafíos son enormes y la AQA no puede estar ausente para contribuir a la formación de nuevas generaciones de profesionales y el apoyo a los organismos centrales de Ciencia y Tecnología. En particular, el CONICET, el cuál fuera creado hace 65 años por iniciativa de Bernardo Houssay, en el ideario que la Ciencia fuera independiente de los poderes políticos. Houssay contribuyó a posicionar a la ciencia argentina y a la modernización de la enseñanza universitaria en sus distintos campos, recalcando que la misma era fundamental para el desarrollo de un país independiente, defendiendo con vehemencia la libertad de investigación, y a pesar de las presiones que recibiera, fue capaz de superarlas como ejemplo para las futuras generaciones de científicos y tecnólogos.

Dr. Alberto L. Capparelli

ISSN: 2591-6718



COMISION DIRECTIVA DE LA
ASOCIACION QUIMICA ARGENTINA

INDUSTRIA Y QUÍMICA

Órgano oficial de la Asociación
Química Argentina

Director

Dr. Alberto L. Capparelli

Comité de Redacción

Dr. Mariano Fonticelli

Tco. Qco. Claudio Salvador

Edición

Dr. Alberto L. Capparelli

Dr. Arturo A. Vitale

Comité Científico Asesor

Dr. Enrique J. Baran

Dra. Cristina Añón

Dra. Elsa Damonte

Dr. Miguel Angel Blesa

Dra. Sandra Hernandez

Dr. Miguel R. Laborde

Dra. Alicia B. Pomilio

Dra. Silvia Porro

CARACTERIZACIÓN DE EMULSIONES PICKERING TIPO O/W UTILIZANDO MICROSCOPIAS RAMAN Y ELECTRÓNICA DE BARRIDO

Alba M. Loto,¹ Jorge Gómez Rojas,¹ Claudio D. Borsarelli *^{1,2}

¹ Instituto de Bionanotecnología del NOA (INBIONATEC), CONICET. Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE), RN 9, Km 1125, G4206XCP Santiago del Estero, Argentina

² Instituto de Ciencias Químicas (ICQ). Facultad de Agronomía y Agroindustrias. UNSE. Av. Belgrano (S) 1912. Santiago del Estero. Argentina. E-mail cdborsarelli@gmail.com

Resumen:

En este artículo divulgamos las capacidades instrumentales del Instituto de Bionanotecnología del NOA (INBIONATEC) en Santiago del Estero para evaluar estructura y composición de emulsiones Pickering de aceite de oliva en agua (oil-in-water, O/W) con dióxido de titanio (TiO₂) como partícula emulsionante usando microscopía confocal Raman (MCR) y de barrido electrónico con espectroscopia de energía dispersiva de rayos (SEM-EDS) disponibles como servicio en nuestro instituto.

CÓMO MEZCLAR AGUA Y ACEITE SIN MORIR EN EL INTENTO

Que el agua y el aceite no se mezclan es una experiencia conocida, lo cual resulta un inconveniente práctico para muchas aplicaciones. Cualquier intento de combinar las fases acuosa y oleosa mediante métodos físicos como agitación o calentamiento se encuentra con una realidad desalentadora: la naturaleza termodinámicamente inestable de la emulsión resultante. Esto se debe a la atracción de van der Waals entre las gotas del mismo componente que induce a su coalescencia irreversible con la separación de las dos fases originales [1]. Posiblemente en la antigüedad se hayan obtenido en forma casual y anónima formulaciones domésticas para producir mezclas estables de aceites y agua, pero fue hasta el inicio del siglo XX donde se presentaron las bases fisicoquímicas

del uso de moléculas tensoactivas (surfactantes naturales y sintéticos, fosfolípidos, etc.) para la formación de emulsiones estables, ya que los tensoactivos por su naturaleza anfífilica se intercalan en la interfaz agua/aceite, reduciendo la tensión interfacial y estabilizando la dispersión de las gotas de una fase en la otra evitando su colisión y coalescencia. Así, las emulsiones de agua y aceites son termodinámicamente estabilizadas por el agente tensoactivo y presentan propiedades macroscópicas isotrópicas, aunque microscópicamente sean heterogéneas, ya que los componentes están finamente compartamentalizados en estructuras supramoleculares autoensambladas, que dependiendo del tamaño de los agregados que formen se clasifican en: *macroemulsiones* (entre 0,2 a 50 µm) y *microemulsiones* (1 - 200 nm). Debido a que el efecto óptico producido por la interacción con la luz depende del tamaño de los agregados dispersos, las macroemulsiones suelen ser opacas de aspecto blanco-gris lechoso mientras que las microemulsiones son transparentes [2].

Además, dependiendo de las condiciones (temperatura, composición, tipo de tensoactivo) las micro/macroemulsiones se clasifican en los siguientes tipos:

i) Aceite-en-agua (*oil-in-water*, O/W): es la dispersión de una fase oleosa confinada discontinuamente en la fase acuosa continua externa (Figura 1A-C de fila superior).

ii) Agua en aceite (*water-in-oil*, W/O): es la dispersión de agua o de una solución acuosa en un líquido inmiscible en agua. En este caso, la fase acuosa está “discontinuada” por confinamiento interior en la fase oleosa continua externa (Figura 1A-C de fila inferior).

iii) Bicontinua: consiste en una bicapa infinita doblada por todas partes con una curvatura similar a la de una silla de montar, de modo que está multi-conectada consigo misma por muchos pasajes aleatorios similares a las conexiones tubulares de una esponja, dividiendo el espacio en dos fases continuas independientes separadas por una monocapa de tensoactivo/co-surfactante (Figura 1D).

Las macro/microemulsiones tienen propiedades únicas, principalmente gran área y baja tensión interfacial, sumada a la capacidad de solubilizar moléculas y macromoléculas de diferente hidrofobicidad/hidrofilicidad produciendo la compartimentalización del soluto (Figura 1E), permitiendo una diversidad de aplicaciones tecnológicas como por ejemplo: recuperación de petróleo; lubricación y anticorrosivos; recubrimiento y acabados textiles; detergentes; agentes de liberación controlada en cosméticos, agroquímicos y medicamentos, concentradores de analitos, como nano/micro reactores en síntesis química, y remediación ambiental, entre otros [2,3].

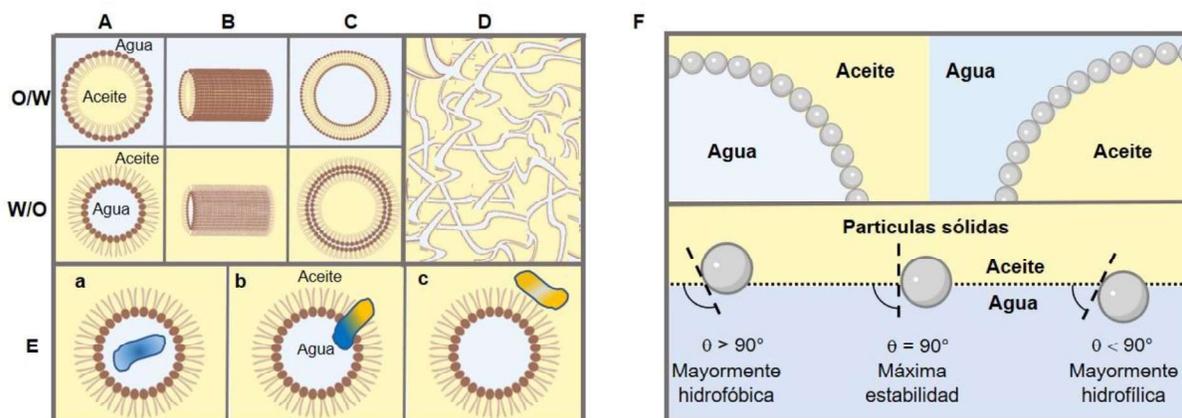


Figura 1: A-D) Descripción pictórica de estructuras tensoactivas autoensambladas para la formación de emulsiones estables. Fila superior tipo aceite-en-agua (oil-in-water, O/W), fila inferior tipo agua en aceite (water-in-oil, W/O) con diferentes formas: (A) micelas esféricas; (B) micelas cilíndricas; (C) vesículas. (D) Emulsión asimétrica bicontinua W/O. (E) Sitios de solubilización de moléculas y/o macromoléculas en una emulsión W/O: a) hidrofílico, b) anfifílico, c) lipofílico. F) Descripción de la relación entre el ángulo de contacto de las partículas (θ) y el tipo de emulsión Pickering. Imágenes adaptadas de ref [1] y [4]

CUANDO LOS SÓLIDOS TAMBIÉN EMULSIONAN

La estabilización y formación de macro/microemulsiones O/W y W/O también pueden obtenerse utilizando nano o micropartículas sólidas o blandas, como describiera Spencer Pickering en 1907 y desde entonces el nombre para este tipo de emulsiones como **tipo Pickering** [5]. La formación de emulsiones Pickering O/W o

W/O depende de la humectabilidad de la partícula utilizada, que se cuantifica mediante el ángulo de contacto θ entre la partícula y el líquido. Según la regla de Bancroft, las partículas hidrófilas con un ángulo de contacto $\theta < 90^\circ$ medido a través de la fase acuosa son mejores para estabilizar emulsiones O/W. Por el contrario, las partículas hidrófobas, con $\theta > 90^\circ$, son más adecuadas para estabilizar emulsiones W/O (Figura. 1F).

Las emulsiones Pickering tienen varias ventajas sobre las emulsiones tradicionales formadas con tensioactivos moleculares, destacándose [5]:

- i) Mayor estabilidad: Las micro o nanopartículas forman una barrera más robusta que los tensioactivos moleculares, impidiendo la coalescencia y estabilizando el coloide más tiempo.
- ii) Menor toxicidad: La ausencia de tensioactivos moleculares y el uso de partículas biocompatibles se traduce en una baja citotoxicidad en las emulsiones Pickering
- iii) Sensible a estímulos externos: pueden utilizarse partículas que respondan a estímulos externos como temperatura, pH, luz, fuerza iónica, etc., formando emulsiones Pickering con funcionalidad específica, tal como la liberación controlada de un aditivo ocluido.
- iv) Rentabilidad y degradabilidad: pueden fabricarse utilizando partículas orgánicas naturales procedentes de recursos renovables, ejemplo proteínas, lo que las hace rentables y biodegradables.
- v) Amplia gama de aplicaciones: se utilizan en muchos campos, como la biomedicina (*drug-delivery*, imágenes, ingeniería de tejidos, etc.), la alimentación, la síntesis de química fina, la cosmética, fotocatalisis, nano/microencapsulación, etc., dependiendo de la selección apropiada de los emulsionantes sólidos.

MICROSCOPIAS CONFOCAL RAMAN Y DE BARRIDO ELECTRÓNICO

Dado que el tamaño de las emulsiones varía entre pocos nanómetros a cientos de micrómetros, se disponen de diversas técnicas fisicoquímicas que permiten caracterizar las estructuras y propiedades de estos sistemas organizados, que abarcan desde técnicas sencillas y económicas como conductividad eléctrica hasta más sofisticadas como de dispersión de radiación o partículas

(dispersión dinámica de luz, dispersión de electrones y neutrones con pequeño ángulo, etc.); resonancia magnética nuclear (NMR ^1H , ^{31}P , ^{19}F), espectroscópicas (fluorescencia, infrarrojo con transformada de Fourier, etc.), y mediciones viscoelásticas por reología, entre otras [6]. Además de las microscopías ópticas como de transmisión y de fluorescencia, que permiten obtener imágenes de las estructuras organizadas microscópicamente por contraste de luz transmitida o emitida, las microscopías que componen imágenes en función de composición del material por reconocimiento atómico y/o molecular como la microscopía confocal Raman (MCR) [7] y la de barrido electrónico con espectroscopia de energía dispersiva de rayos (SEM-EDS) [8] presentan una herramienta poderosa para una caracterización tanto morfológica como composicional de los materiales.

El fundamento de la MCR radica en que cuando un fotón de luz incide sobre una red cristalina o molecular puede dispersarse de forma elástica o inelástica, es decir, manteniendo o modificando la energía del fotón, respectivamente. Predominantemente, la luz se dispersa elásticamente y este efecto es conocido como dispersión Rayleigh. Sin embargo, aproximadamente 10^{-7} fotones incidentes sobre un material se dispersan inelásticamente, tal lo descubriera. en 1928, el físico indio C.V. Raman, y de allí a este fenómeno se lo conoce como dispersión Raman. Básicamente, es un proceso que produce una molécula en estado (roto-)vibracional con energía modificada, que genera un quantum de vibración en la red conocido como fonón (una cuasipartícula) que es emitido portando información sobre las frecuencias (roto-) vibracionales de los enlaces moleculares. Estas frecuencias Raman pueden observarse a energías menores (Stokes Raman) o mayores (anti-Stokes Raman) de la frecuencia de dispersión elástica (Rayleigh) o de excitación, Figura 2A. Con el advenimiento de los láseres como fuente de excitación y la mejora tecnológica en los sistemas de detección de las muy débiles

señales Raman, recién en los últimos 20 años la micro-espectroscopia Raman se ha convertido en una herramienta poderosa para el análisis espacial y químico de materiales en forma no destructiva y precisa [7]. Un espectrómetro Raman acoplado a un microscopio confocal combina una alta resolución espacial que va a depender del objetivo del microscopio y de la longitud de onda del láser empleado, con un excelente contraste químico propio de la espectroscopia vibracional permitiendo obtener imágenes con una visualización en tiempo real del sistema durante la cual se pueden cortar los *vóxeles* (del inglés *volumetric pixel*) para descubrir

componentes internos de la muestra en estudio [9], Figura 2B.

A diferencia de MCR donde la luz interacciona con la materia, en la microscopía electrónica de barrido (SEM) un haz de electrones impacta en la superficie de la muestra para la generación de imágenes topológicas. Dado que la longitud de onda asociada con los electrones es entre 0,001 y 0,01 nm, la SEM puede alcanzar resoluciones de 0,5 nm contra 200-500 nm para cualquier microscopía óptica con luz (400-700 nm) como fuente de radiación, lo que le permite ver objetos mucho más pequeños a nivel subcelular, molecular y atómico [8].

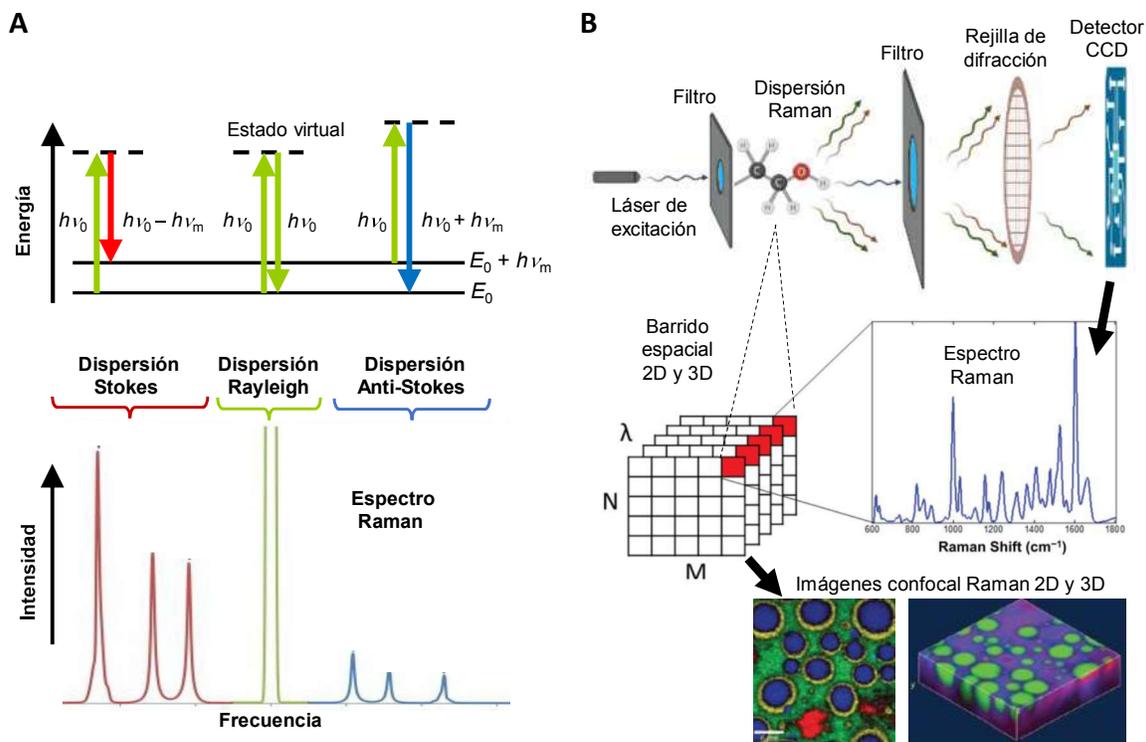


Figura 2: A) Efecto de dispersión Raman y posiciones de bandas respecto a la dispersión Rayleigh. B) Representación esquemática de espectrómetro Raman y construcción de imágenes.

En SEM las imágenes se construyen a partir de las interacciones de un haz de electrones primarios (PE) con los átomos a distintas profundidades dentro de la muestra, que producen la emisión de varios tipos de señales, como electrones secundarios (SE),

electrones retrodispersados (BSE), rayos X característicos y luz (catodoluminiscencia) (CL), corriente absorbida (corriente de la muestra) y electrones transmitidos (Figura 3A).

La señal de SE está muy localizada en el punto del haz incidente y tiene energías bajas del orden de 50 eV, lo que limita su camino libre medio en la materia sólida y por tanto solo pueden escapar desde pocos nanómetros de la superficie la muestra, obteniéndose imágenes topográficas con resolución <1 nm. Por otro lado, la emisión de los rayos X son característicos del átomo impactado por el haz incidente y se producen cuando se elimina un electrón de la capa interna de la muestra

(Figura 3B), lo que provoca que un electrón de mayor energía llene la capa y libere energía como rayos X, cuya detección mediante un espectrómetro de rayos X para identificar y medir la abundancia de elementos en la muestra y cartografiar su distribución (Figura 3C). Normalmente los equipos SEM alcanzan magnificaciones de hasta unas 250 veces el límite de aumento de los mejores microscopios ópticos [8].

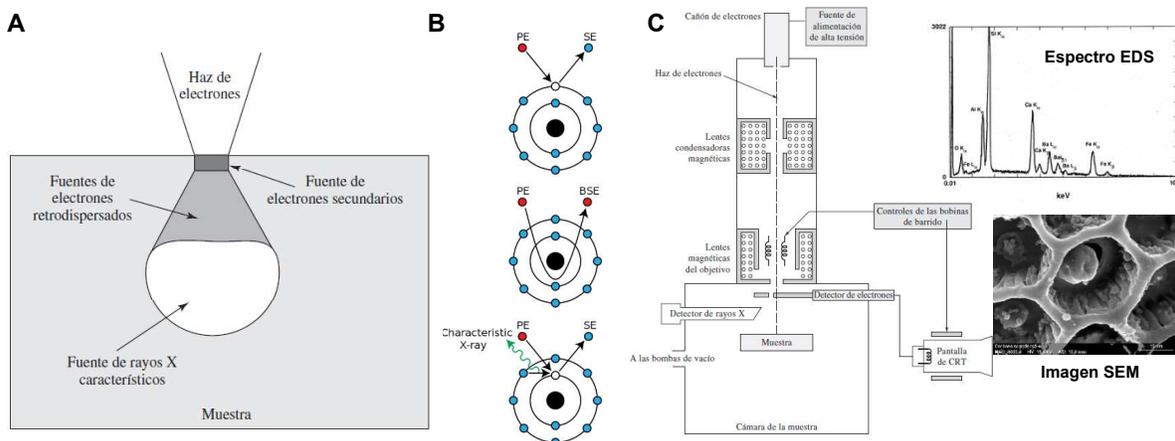


Figura 3: A) Volumen de interacción electrón-materia y tipos de señales generados. B) Mecanismos de emisión de electrones secundarios (SE), retrodispersados (BSE), y rayos X característicos a partir de átomos de la muestra. C) Esquema básico de un microscopio SEM con detector de SE y de rayos X. Fuente Skoog, Douglas A., F. James Holler, and Timothy A. Nieman. *Principios de análisis instrumental*. Vol. 5. Madrid: McGraw-Hill, 2001.

VISUALIZANDO A LAS EMULSIONES PICKERING HECHAS CON TiO_2 y LAPONITA

El dióxido de titanio (TiO_2) es un semiconductor abundante, económico, y utilizado en aplicaciones ambientales, fotocatalíticas y de conversión de energía, y en formulaciones farmacéuticas, cosméticas, y alimentarias [10]. En el INBIONATEC estamos explorando las características y funcionalidades de emulsiones Pickering O/W usando nanopartículas de TiO_2 comerciales sin y con modificaciones superficiales de extractos vegetales de árboles nativos de Santiago del Estero para su aplicación como emulsiones fotocatalíticas y protectores solares, respectivamente [11].

La Figura 4A muestra la imagen real de una emulsión Pickering O/W preparada con aceite de oliva (15%), TiO_2 (4%), y la arcilla

laponita (2%) homogeneizadas por ultrasonido (Branson Digital Sonifier SFX150[®]), observándose un alto grado de homogeneidad y estabilidad con tamaño promedio de $1,0 \pm 0,3$ μm determinado por medidas de dispersión dinámica de luz a las 72 horas desde su elaboración. En las Figuras 4B-F se muestran los resultados obtenidos por SEM-EDS (con el microscopio Phenom World Pro-X[®] de Thermo Scientific) de muestras de las emulsiones O/W secadas a temperatura ambiente sobre papel de aluminio y recubiertas mediante “sputtering” en alto vacío con sales de oro para aumentar la conductividad eléctrica y mejorar el contraste de las imágenes SEM, obtenidas con magnificación de $3500\times$ y a 10 y 15 kV de aceleración del haz de electrones para la obtención de imágenes y el análisis y mapeo

elemental, respectivamente. Cuando se compara la imagen de señal atómica de Ti (TiO_2) y de Si (laponita), mediante análisis elemental de dispersión de rayos X (EDS), Fig. 4Cy D, puede observarse que la distribución de TiO_2 se produce sobre la capa exterior de la interfase de la emulsión O/W mientras que la laponita se distribuye en el seno de la solución acuosa.

Por otra parte, las imágenes 2D de MCR para las señales Raman obtenidas con el

microscopio confocal LabRAM Evolution HR[®] de Horiba para el aceite de oliva (2800 cm^{-1}) y para TiO_2 (150 cm^{-1}), Figs. 4G y 4H, respectivamente, indican claramente la distribución interior de la fase oleosa ocluida por la interfaz de TiO_2 , y confirmado por el análisis 3D de MCR para la señal de TiO_2 , Figs. 4I y 4J, en concordancia con los resultados de SEM descriptos anteriormente.

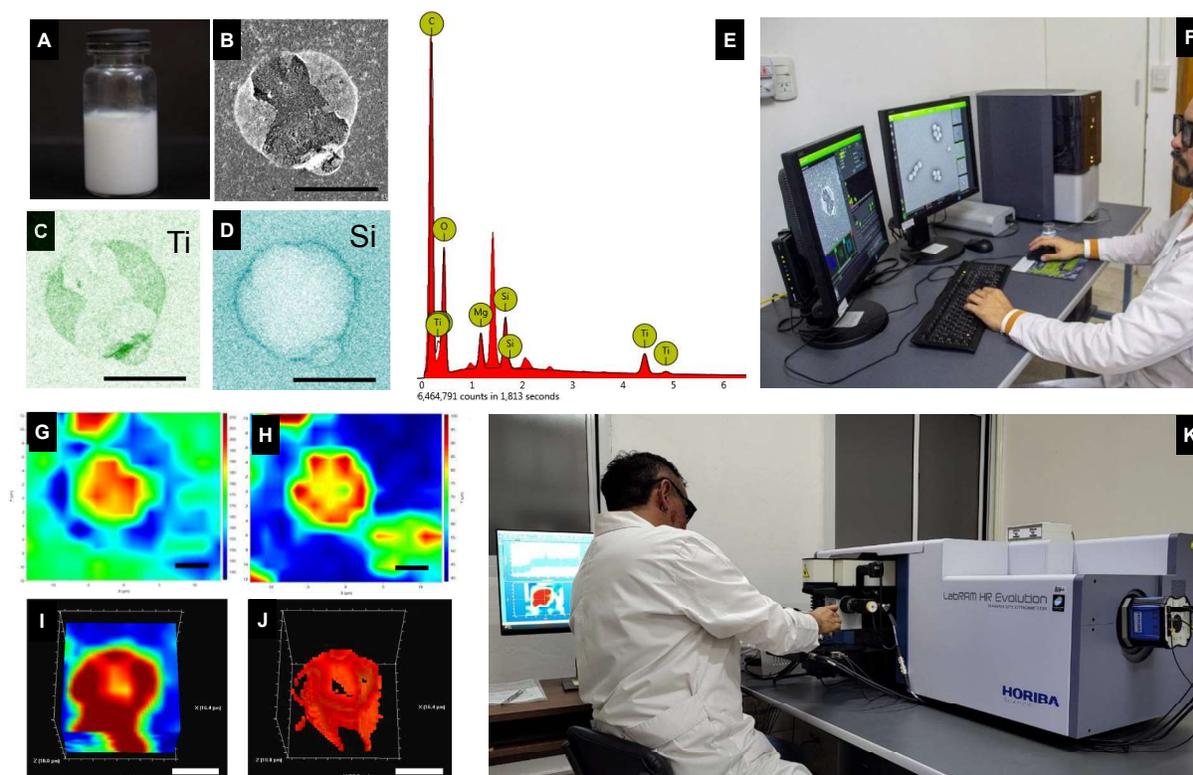


Figura 4: A) Imagen de emulsión Pickering O/W formada luego de ultra-homogeneización de mezcla de TiO_2 /laponita/aceite de oliva/agua. **Fig. 4B-F)** Microfotografía y análisis químico elemental de emulsión Pickering O/W obtenidas por SEM-EDS, donde se observan las imágenes con magnificación $3500\times$ (barra de magnitud $20\ \mu\text{m}$) obtenidas por detección con electrones secundarios retrodispersados (**Fig. 4B**), de análisis elemental de señal de Titanio (Ti), correspondiente a TiO_2 (**Fig. 4C**) y de Silicio (Si) correspondiente a Laponita (**Fig. 4D**), ambas obtenidas por detección de rayos X (EDS) (**Fig. 4E**) con el equipo de mesada Phenom World Pro-X instalado en el INBIONATEC (**Fig. 4F**). **Fig. 4G-K)** Imágenes Raman 2D con detección de la señal de aceite a 2800 cm^{-1} (**Fig. 4G**) y de TiO_2 a 150 cm^{-1} (**Fig. 4H**) obtenidas con magnificación $50\times$ (barra de magnitud de $5\ \mu\text{m}$) y con escala de intensidad de señal con falso color azul (baja) a rojo (intenso), junto con las imágenes 3D para la detección de TiO_2 (**Fig. 4I** y **4J**) con excitación láser a 633 nm (17 mW) obtenidas con el MCR LabRAM HR Evolution en funcionamiento en INBIONATEC (**Fig. 4K**).

CONCLUSIONES

Los resultados presentados indican que la combinación de ambas microscopías que

brindan tanto información topográfica como de distribución química son poderosas herramientas para la caracterización 2D y 3D de materiales complejos y micro-organizados como lo son las emulsiones Pickering O/W seleccionadas como ejemplo. Si bien la SEM-EDS tiene la ventaja de una mayor magnificación y capacidad de resolución, las muestras deben ser pre-tratadas para su secado y metalización en superficies especiales, lo que puede producir alteraciones de tamaño y formas de las emulsiones en fase líquida. En cambio, la microscopía Raman no precisa pre-tratamiento de muestra y permite la caracterización tanto en fase líquida como sólida sobre simples portaobjetos de vidrio, lo que permite una caracterización estructural y de composición del material sin demasiada modificación.

Ambas técnicas experimentales están disponibles en el Instituto de Bionatecnología del NOA (INBIONATEC) como Servicio Técnico de Alto Nivel (STAN) para cualquier interesado, solicitando su aplicación al email inbionatec.sec@gmail.com.

Referencias bibliográficas

1. G. Tartaro, H. Mateos, D. Schirone, R. Angelico & G. Palazzo. *Nanomaterials*. 2020; **10**: 1657. doi:10.3390/nano10091657.
2. N. Suhail, A.K. Alzahrani, W.J. Basha, N. Kizilbash, A. Zaidi & J. Ambreen, H.M. Khachfe, *Frontiers in Nanotechnology*. 2021; **3**: article 754889. doi: 10.3389/fnano.2021.754889.
3. B.K. Paul, S.P. Moulik. *Current Science* 2001; **80**: 990–1001.
4. D. Gonzalez Ortiz, C. Pochat-Bohatier, J. Cambedouzou, M. Bechelany & P. Miele. *Engineering*. 2020; **6**: 468–482.
5. F.B. de Carvalho-Guimarães, K.L. Correa, T.P. de Souza, Rodríguez J.R. Amado, R.M. Ribeiro-Costa & J.O.C. Silva-Júnior. *Pharmaceuticals*. 2022; **15**: 1413.
6. D.P. Acharya, & P.G. Hartley. *Current Opinion in Colloid and Interface Science*. 2012; **17**: 274–280.
7. R.R. Jones, D.C. Hooper, L. Zhang, D. Wolverson, & V.K. Valev. *Nanoscale Research Letters*. 2019; **14**: 231. doi.org/10.1186/s11671-019-3039-2
8. A.V. Girão, G. Caputo, & M.C. Ferro. *Comprehensive Analytical Chemistry*. 2017; **75**: 153–168.
9. N. Everall. *Journal of Raman Spectroscopy*. 2014; **45**: 133–138.
10. A.J. Haider, Z.N. Jameel, & I.H.M. Al-Hussaini. *Energy Procedia*. 2019; **157**: 17–29.
11. A.M. Loto, J.M.N. Morales, A.B. Cisneros, M.S. Coria, F. Tulli, F.E. Morán Vieyra, & C.D. Borsarelli. *Photochemical and Photobiological Sciences*. 2023; **22**: 319–331.