



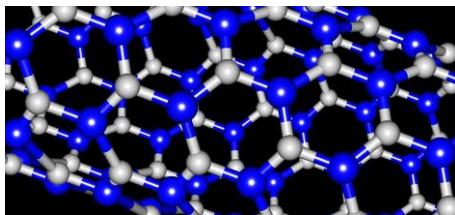
SOCIEDAD QUÍMICA
DE MÉXICO A.C.
"La química nos une"

Comenzamos en breve, a las 1pm CST / 3pm EDT



ACS
Chemistry for Life®

La Creación de Materiales Macroscópicos a Través del Ensamblaje de Nanotubos de Nitruro de Boro



La creación de materiales ligeros y resistentes con propiedades novedosas es importante para la creación de la próxima generación de vehículos. Los nanotubos de nitruro de boro son estructuras cilíndricas con una morfología similar a una lámina de nitruro de boro hexagonal enrollada, reminiscente a los nanotubos de carbono, pero con átomos de boro y nitrógeno alternados, en vez de carbono.

Regístrate Gratuitamente

Durante el webinar gratuito el Dr. Angel A. Martí, Profesor de Química de Rice University se discutirá como controlar la química, propiedades, y autoensamblaje de nanotubos de nitruro de boro en estructuras supramoleculares macroscópicas para usos en materiales aeroespaciales. Regístrese para descubrir como los nanotubos de nitruro de boro poseen propiedades similares a los nanotubos de carbono, incluyendo la alta fuerza de tensión, eficiencia en la transferencia de calor, pero también propiedades contrastantes como aislamiento eléctrico, estabilidad química y termal, y protección contra radiación.

Lo Que El Público Aprenderá

- La modificación de las propiedades químicas y físicas de nanotubos de nitruro de boro
- La dispersión y autoensamblaje de nanotubos de nitruro de boro en cristales líquidos
- La creación de materiales (tal como fibras y cubiertas) con nanotubos de nitruro de boro alineado

Ponente y Moderadora



Dr. Angel A. Martí
Director del Departamento de Química en la Universidad Rice, El Director Facultativo del Rice Emerging Scholars Program, y el Director-electo de la división de Química Inorgánica de la Sociedad Americana de Química



Dra. Ingrid Montes
Profesora, Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras

El webinar número 56 patrocinado en español por ACS y SQM

<https://www.acs.org/acs-webinars/library/nanotubos-de-nitruro-de-boro.html>

1

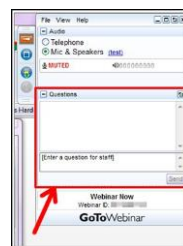


SOCIEDAD QUÍMICA
DE MÉXICO A.C.
"La química nos une"



ACS
Chemistry for Life®

¿Tiene preguntas para el ponente?



“¿Por qué he sido “silenciado”?”

No se preocupe. Todo el mundo ha sido silenciado, excepto el ponente y la moderadora. Gracias, y disfruten de la presentación.

Escriba y someta sus preguntas durante la presentación

2



¿Está en un grupo hoy viendo el webinar en vivo?



Díganos de dónde son ustedes y cuántas personas están en su grupo!

3

3



Por el amor a la química venimos de todos partes...

- ✓ Alemania
- ✓ Argentina
- ✓ Brasil
- ✓ Canadá
- ✓ Colombia
- ✓ Dominicana, (la) República
- ✓ Ecuador
- ✓ Egipto
- ✓ El Salvador
- ✓ España
- ✓ Estados Unidos de América (los)
- ✓ India
- ✓ Italia
- ✓ Liberia
- ✓ México
- ✓ Nepal
- ✓ Pakistán
- ✓ Perú
- ✓ Puerto Rico
- ✓ Venezuela (República Bolivariana de)



Hoy tenemos representantes de **19 países**

4

4



Beneficios de la Afiliación al ACS



Chemical & Engineering News (C&EN)

The preeminent weekly news source



ACS Webinars Archive of Recordings®

ACS Member only access to over 250 edited chemistry themed webinars. www.acswebinars.org



NEW! ACS Career Navigator

Your source for leadership development, professional education, career services, and much more

<http://bit.ly/ACSnewmember>

5

5



Sociedad Química de México



Sociedad Química de México, A.C.
"La química nos une"

Desde sus comienzos de la Sociedad Química de México, se buscaba un emblema sencillo, no demostrar partidismo alguno y significar al gremio, debería representar un símbolo no sólo para los químicos, sino también para ingenieros, farmacéuticos, metalurgistas, en fin que englobe e identifique por igual a los científicos en todas sus áreas de la ciencia química.

www.sqm.org.mx

6

6



Mantente actualizado sobre la industria de la química
y sus ciencias afines en la región

Suscríbete al Newsletter de CAS Hispanoamérica

Para darte de alta, puedes enviarnos un correo electrónico a
acsihispanoamerica@acs-i.org

¡Hasta pronto!
www.cas.org

acsihispanoamerica@acs-i.org

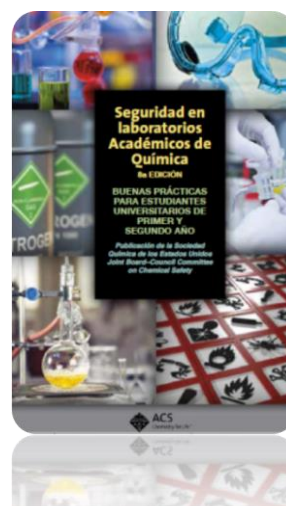


7

Recursos del ACS en Español: Educación sobre Seguridad en el Laboratorio



- Seguridad en los laboratorios Académicos de Química para estudiantes Universitarios de Primer y Segundo año.
- Videos sobre RAMP para estudiantes de escuela secundaria (pero también pueden utilizarse para estudiantes universitarios) con subtítulos en español:
 - **Mentalidad de Seguridad**
 - **Hoja de datos de seguridad (SDS)**
 - **¿Cómo vestirse apropiadamente en un laboratorio? Y equipo de protección personal (EPP)**
 - **Preparándonos para emergencias**
 - **RAMP (Para Estudiantes)**
 - **RAMP (Para Educadores)**



<https://www.acs.org/content/acs/en/chemical-safety/resources/spanish-language-safety-resources.html>

8

8



La Creación de Materiales Macroscópicos a Través del Ensamblaje de Nanotubos de Nitruro de Boro



Dr. Angel A. Martí

Director del Departamento de Química en la Universidad Rice, El Director Facultad de la *Rice Emerging Scholars* Programa, y el Director-electo de la división de Química Inorgánica de la Sociedad Americana de Química



Dra. Ingrid Montes

Profesora, Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras

Las imágenes de la presentación están disponibles para el evento de hoy.
<https://www.acs.org/acs-webinars/library/nanotubos-de-nitruro-de-boro.html>

El Webinar de hoy está auspiciado por la Sociedad Química de México y American Chemical Society.

9

La Creación de Materiales Macroscópicos a Través del Ensamblaje de Nanotubos de Nitruro de Boro

Angel A. Martí
 May 1, 2024
 ACS Webinars



10

Investigaciones



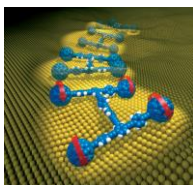
Nanotubos de Carbono

- *Chem. Commun.* **2011**, 47, 2246
- *Chem. Sci.* **2011**, 2, 1682
- *ACS Nano* **2012**, 6, 5727
- *ACS Nano* **2013**, 7, 4503
- *ACS Nano* **2014**, 8, 9107
- *Carbon* **2014**, 79, 1
- Patent: US 9,095,876 , **2015**
- Patent: US 9,249,023 , **2016**
- *Chem. Commun.* **2017**, 53, 1498
- *Electrochim. Acta* **2017**, 235, 613
- *ACS Appl. Nano Mater* **2018**, 1, 2421
- *ACS Omega* **2019**, 4, 5098



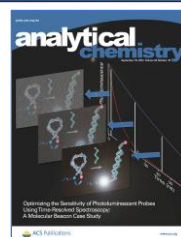
Amyloide- β

- *JACS* **2011**, 133, 11121
- *JACS* **2012**, 134, 20776
- *JACS* **2013**, 135, 10810
- *JACS* **2016**, 138, 8686
- *CHEM* **2017**, 3, 898
- *JACS* **2019**, 141, 15605
- *Chem. Rev.* **2019**, 119, 11819
- *Eur. J. Inorg. Chem.* **2021**, 43, 4408
- *Chem. Sci.* **2023**, 14, 1072



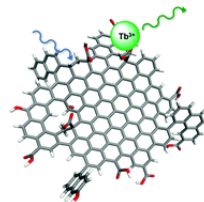
Nanomaquinas

- *Nano Lett.* **2015**, 15, 8229
- *Tetrahedron* **2015**, 71, 5965
- *Asian J. Org. Chem.* **2015**, 4, 1308
- *Org. Lett.* **2016**, 18, 2343
- *Tetrahedron* **2017**, 73, 4864
- *J. Org. Chem.* **2023**, 88, 2, 762



Sensors

- *Anol. Chem.* **2012**, 84, 8075
- *Angew. Chem. Int. Ed.* **2013**, 52, 12615
- *ACS Appl. Mater. Interfaces* **2014**, 6, 7652
- *Chem. Commun.* **2015**, 51, 15192
- *Nat. Commun.* **2015**, 6, 7354
- *J. Phys. Chem. B* **2019**, 123, 7282
- *J. Photochem. Photobiol.* **2022**, 11, 100127
- *ChemPhotoChem* **2020**, 4, 255



Puntos cuánticos de grafeno

- *Nano Lett.* **2012**, 11, 5227
- *Nature Commun.* **2013**, 4, 2943
- *ACS Appl. Mater. Interfaces* **2015**, 7, 26063
- *ACS Appl. Mater. Interfaces* **2015**, 7, 7041
- *Adv. Mater. Interfaces* **2018**, 5, 1700895
- *Chem. Commun.* **2018**, 54, 4325
- *Part. Part. Syst. Char.* **2018**, 1800346
- *Quantum Dots, Mater. Today* **2019**, 22, 17
- *Electrochim. Acta* **2019**, 305, 278

11

11



12

Nanotubos de Nitruro de Boro (NNBs)

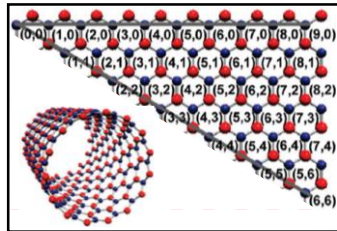


NNB purificados



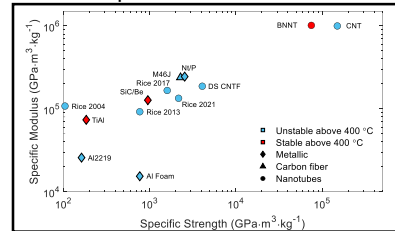
[1]

Estructura Atómica



[2]

Propiedades Mecánicas



[3]

Propiedades de los NNB— Experimental (Teoría)

Fuerza tensil (GPa)	32 [4] (>90 [4])
Modulo Elástico (TPa)	1.22 [5]
Conductividad termal (W/mK)	200 [6] (>600 [7])
Estabilidad en aire (°C)	900 [8]
Brecha de energía (eV)	5.8 [9] (5.5 [10])
Densidad (g/cm³)	(1.50 [11])

- Tan fuerte como los nanotubos de carbono a temperature ambiente
- Pocos materiales pueden funcionar (incluso sobrevivir) a temperaturas altas
 - NNBs mantienen sus propiedades a temperaturas altas
- No obstante:
 - Hay grandes diferencias entre el material macroscópico y el nanoscópico
 - Hay grandes diferencias entre el material idealizado y las muestras reales

[1] BNNT Materials LLC; [2] Golberg *et al.*, *ACS Nano* (2010); [3] Harris *et al.*, *NASA* (2002); [4] Wei *et al.*, *Adv. Mater.* (2010); [5] Chopra *et al.*, *Solid State Commun.* (1998); [6] Chang *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* (2006); [7] Lindsay, L. and Broido, D. A., *Phys. Rev. B* (2011); [8] Chen *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* (2004); [9] Arenal *et al.*, *Microsc. Microanal.* (2008); [10] Blase *et al.*, *Europhys. Lett.* (2007); [11] Laurent, *et al.*, *Carbon* (2010)

13

Usos posibles de materiales de NNB



- Materiales dieléctricos de alta conductividad termal y baja densidad para sistemas eléctricos aeroespaciales
- Materiales resistentes a la abrasión
- Frazadas termales
- Telas, cubiertas y resinas compuestas resistentes al fuego
- Trajes espaciales
- Armaduras de bajo peso
- Ataduras espaciales
- Paracaídas supersónicos



Image Credit: NASA



Image Credit: Air Force



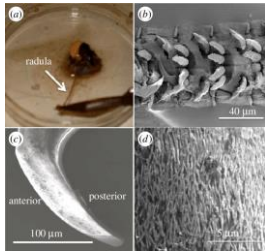
Image Credit: Air Force

14

14

La naturaleza sabe como crear materiales funcionales **Martí** research group  RICE

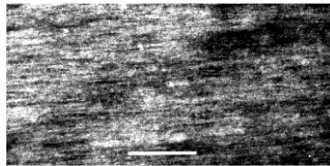
Dureza



Dientes de lapa

Journal of the Royal Society Interface 9(71):1318-24

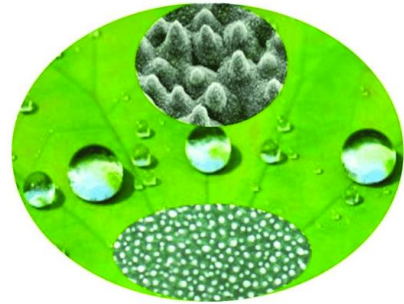
Fortaleza



Seda

Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences 357(1418):155-63

Superhidrofobicidad

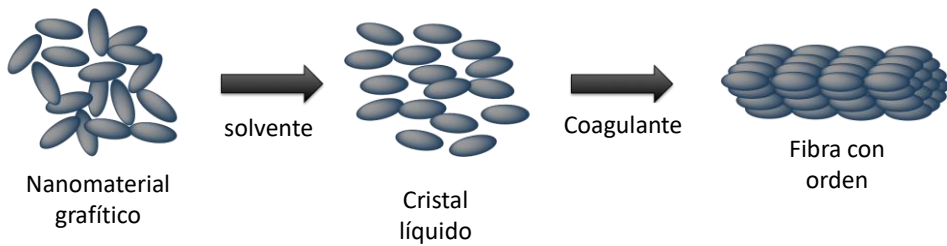


Hojas de la planta loto
Coatings 8(6):208

15

15

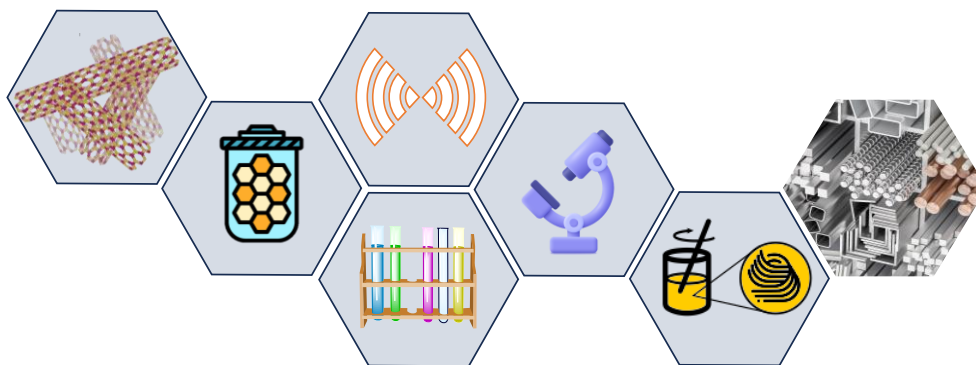
Paradigma **Martí** research group  RICE



16

16

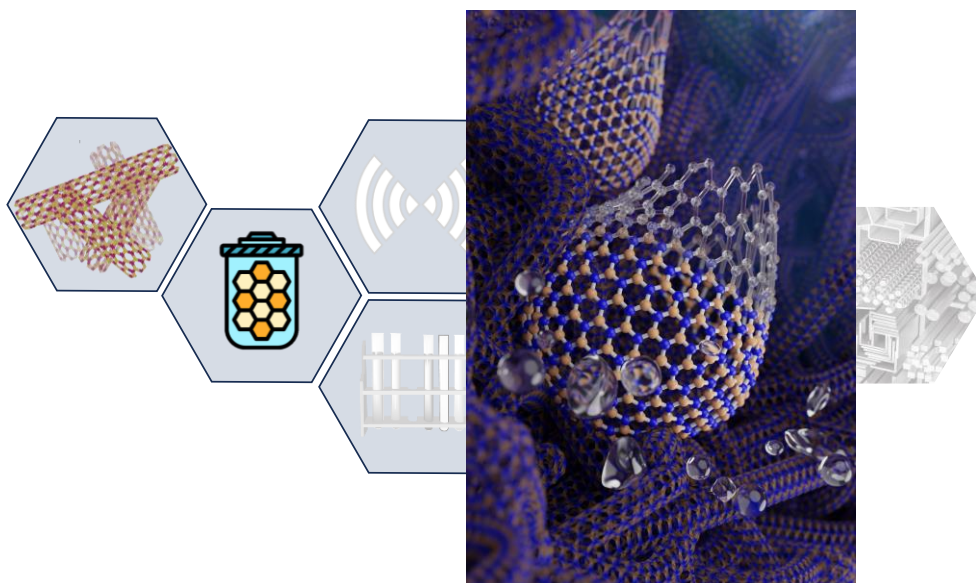
Esquema de la presentación



17

17

Purificación de NNB



18

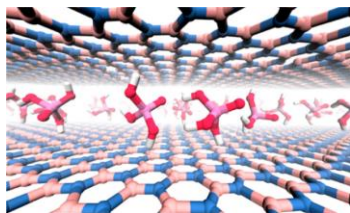
18

Purificación de los NNB con ácido fosfórico

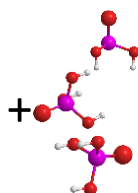
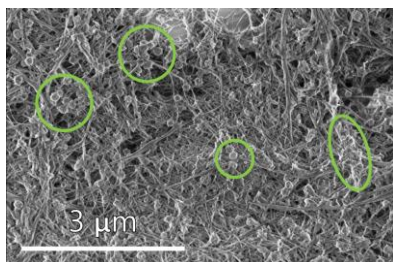
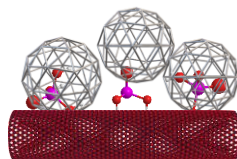
Martí
research group



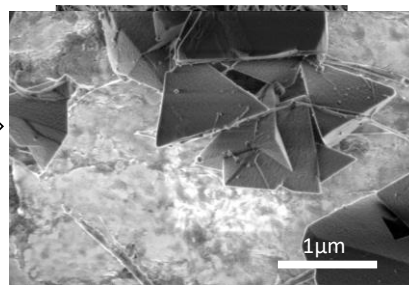
RICE



1



150 °C por 24 h
Ácido fosfórico al 85%



1. Kovtyukhova, N. I.; Mallouk, T. *et al.*, *J. Am. Chem. Soc.* **2013**, *135* (22), 8372–8381

19

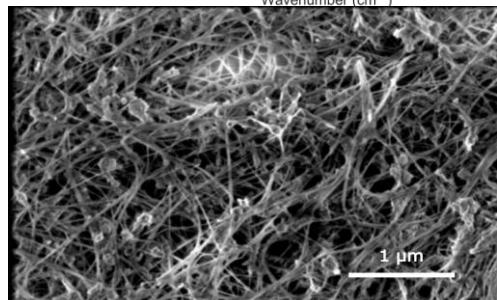
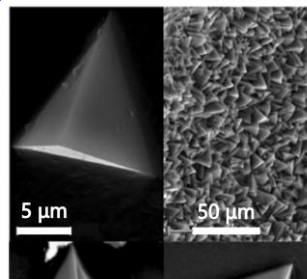
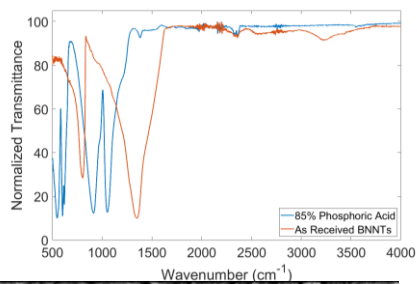
19

Purificación de los NNB con ácido fosfórico

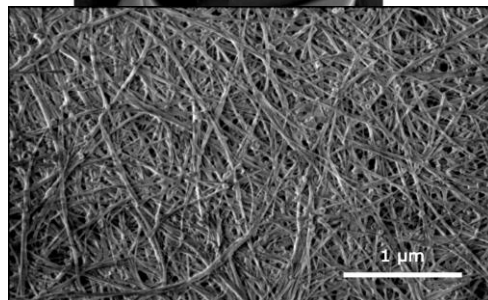
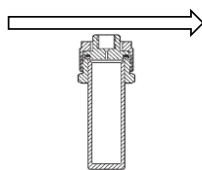
Martí
research group



RICE



150 °C for 18 h
25% H₃PO₄

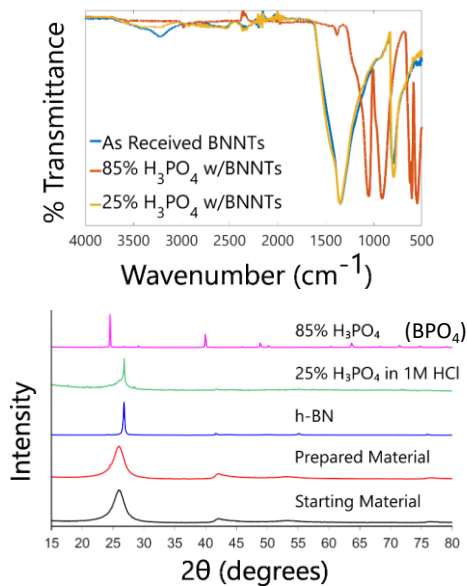


Schmidt, M., *et al.*, *Zeitschrift Für Anorganische Und Allgemeine Chemie*, **2004**, *630*(5) 655–62.

20

20

Esquema

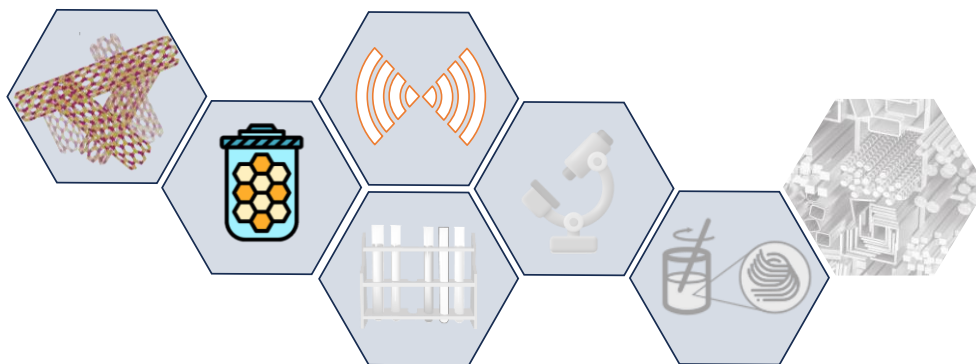


Shumard, K. R.; Martí, A. A. et al. *Chem. Mater.* **2024**, *36*, 1, 157-166

21

21

Dispersión



22

22

Encuesta Para La Audiencia

RESPONDER A LA PREGUNTA HACIENDO
CLICK EN BREVE EN LA PANTALLA AZUL



¿Qué uso tienen los surfactantes?

- Jabón
- Detergentes de ropa
- Cosméticos
- Dispersión de nanomateriales
- Todas las anteriores

23

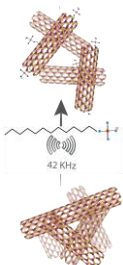
23

Dispersión de NNB usando surfactantes

Martí
research group



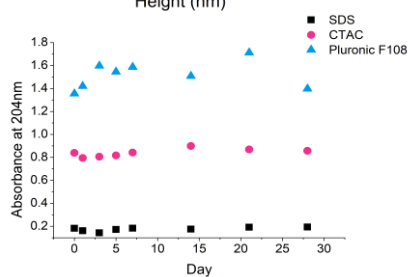
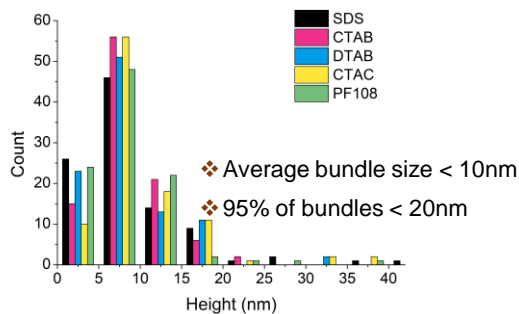
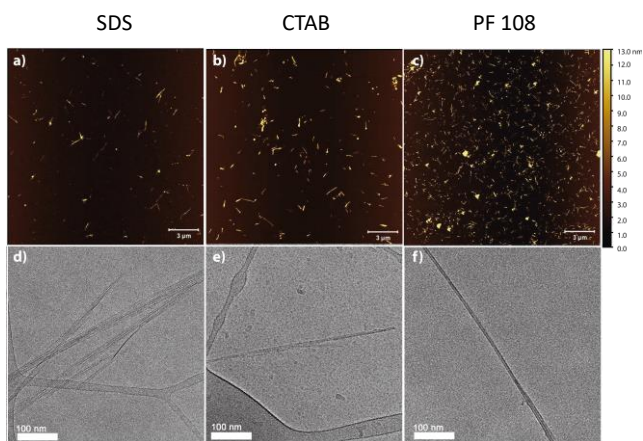
RICE



24

24

Los surfactantes son efectivos en dispersar NNB



25

25

Publicaciones sobre la dispersión de NNB



Martínez-Jiménez, C.; Martí, A. A.; et al., *Nanoscale* **2023**, *15*, 16836-16873

Jakubinek, M. B.; Martí, A. A.; et al. *J. Mater. Res.* **2022**, *37*, 4403

Smith McWilliams, A. D.; Martí, A. A.; et al. *J. Mater. Res.* **2022**, *37*, 4459

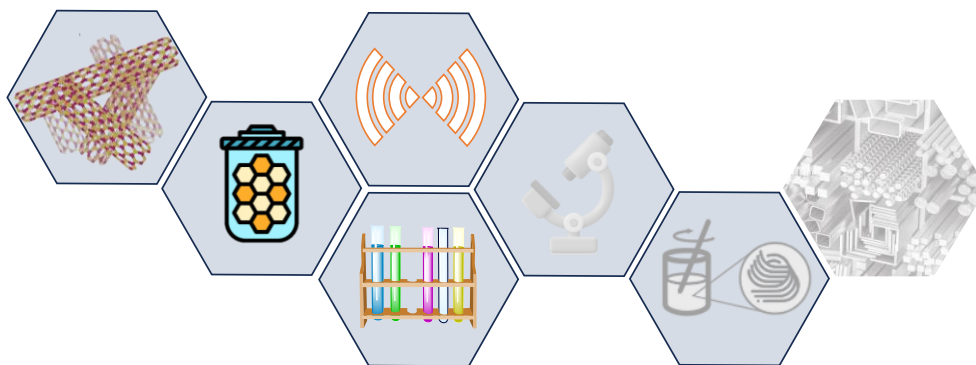
Smith McWilliams, A. D.; Martí, A. A.; et al. *ACS Appl. Nano Mater.* **2021**, *4*, 142

Smith McWilliams, A. D.; Martí, A. A.; et al. *Nanoscale Adv.* **2019**, *1*, 1096

26

26

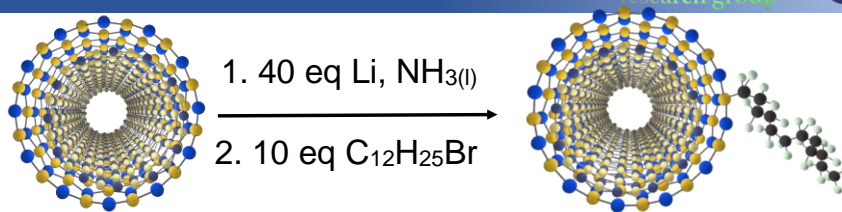
Funcionalización



27

27

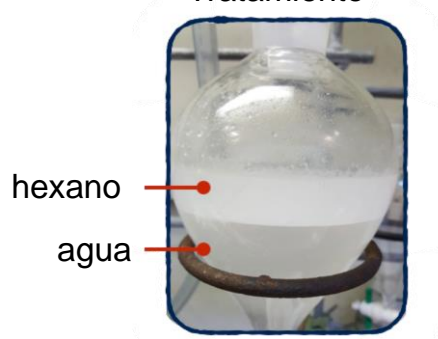
Soluciones reductoras de electruros de litio



Reacción



Tratamiento



28

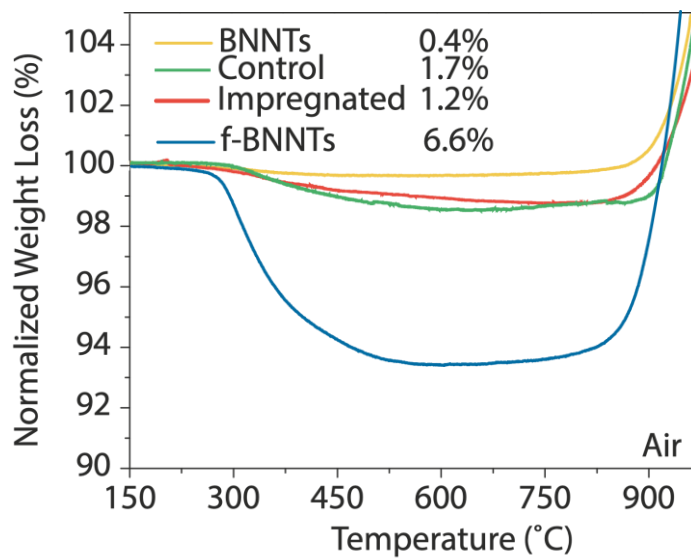
28

Análisis gravimétrico muestra pérdida de orgánicos

Martí
research group



RICE



29

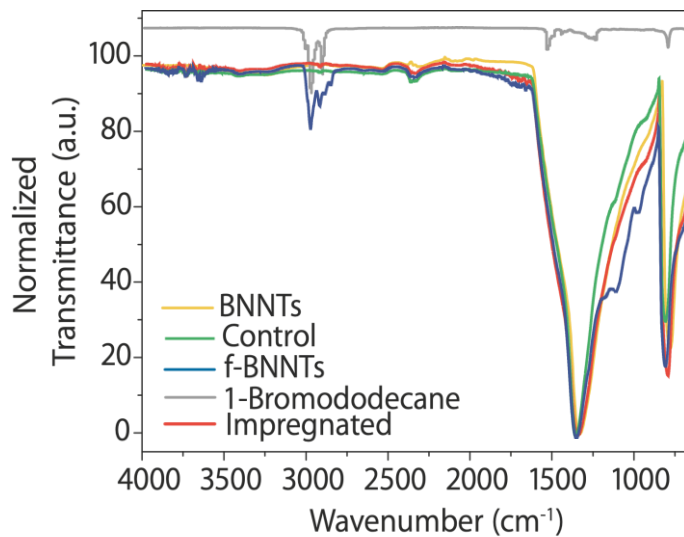
29

IR muestra vibraciones por grupos alifáticos

Martí
research group



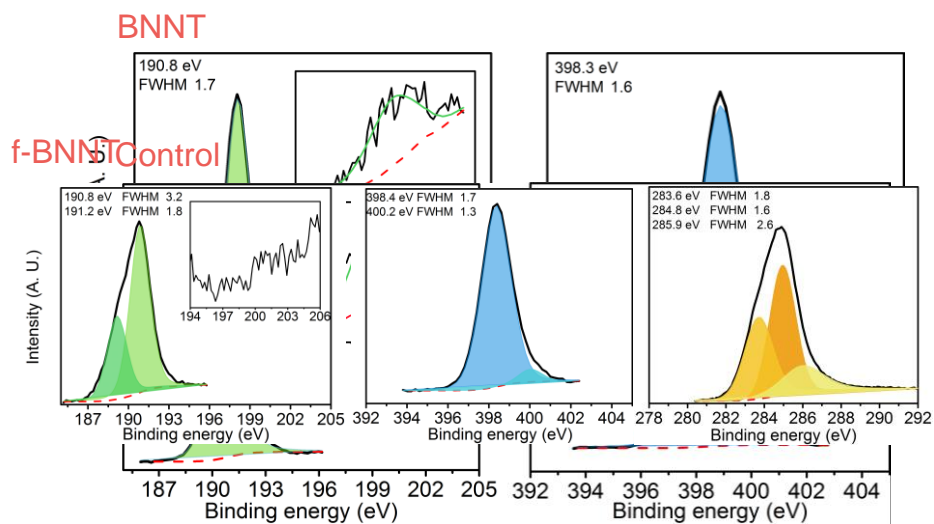
RICE



30

30

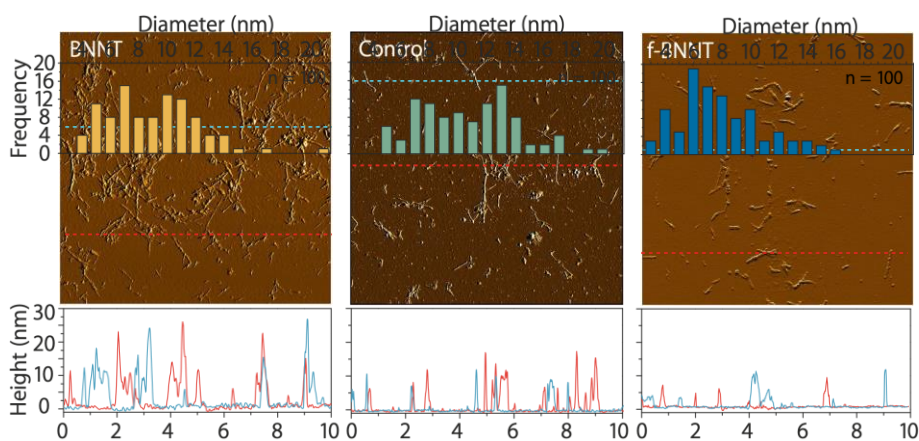
XPS confirma la funcionalización de los NNB



31

31

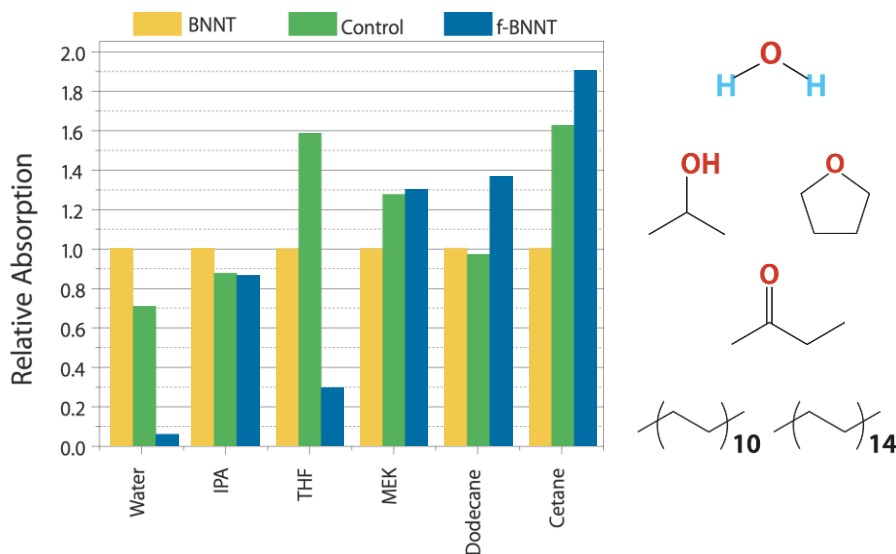
Los f-NNB quedan bien dispersos e individualizados



32

32

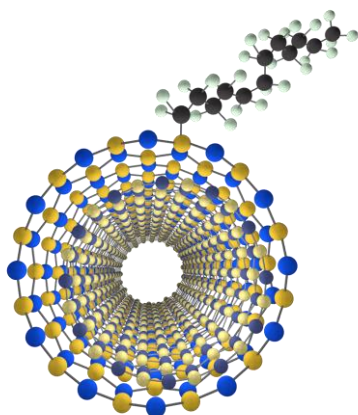
f-NNB es soluble en solventes orgánicos



33

33

Publicaciones sobre la funcionalización de NNB



de los Reyes, C.; Martí, A. A.; et al. *J. Phys. Chem. C* **2019**, 123,19725-19733

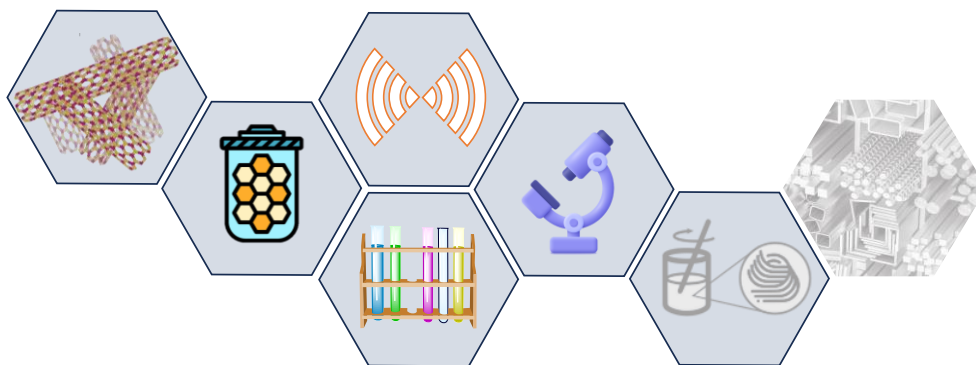
de los Reyes, C.; Martí, A. A.; et al. *ACS Omega* **2019**, 4, 5098-5106

de los Reyes, C. A.; Martí, A. A.; et al. *ACS Appl. Nano Mater* **2018**, 1, 2421-2429

34

34

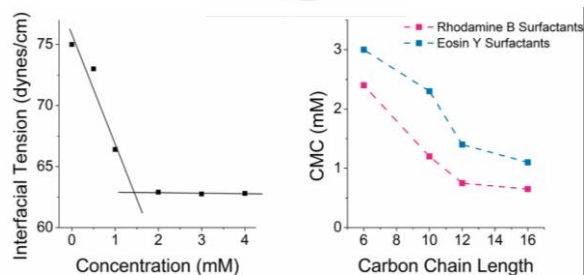
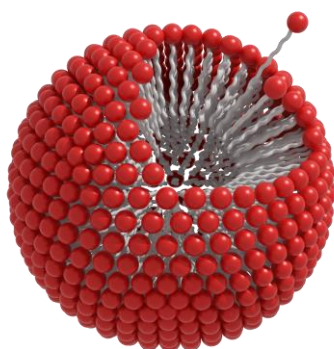
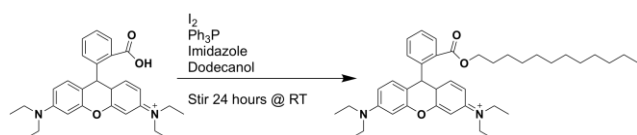
Caracterización de la difusión de NNB



35

35

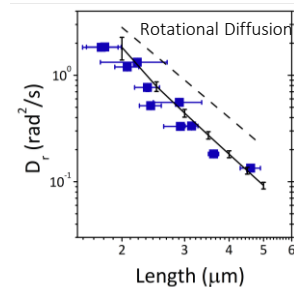
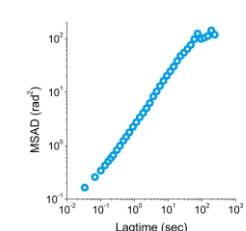
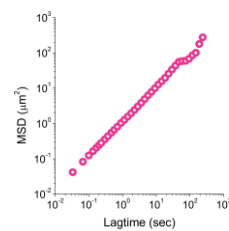
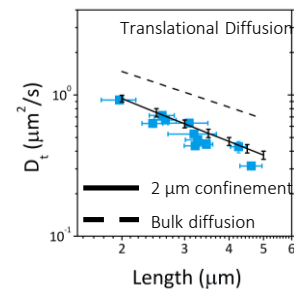
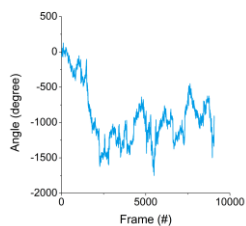
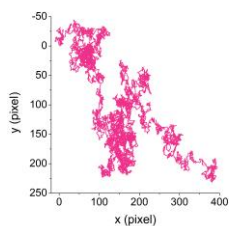
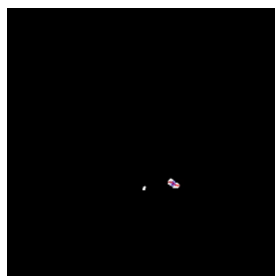
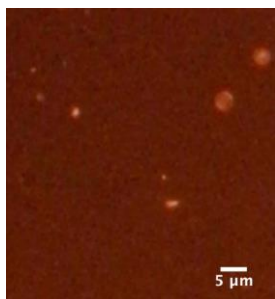
Surfactantes fluorescentes pueden teñir NNB



36

36

Difusión translacional y rotacional

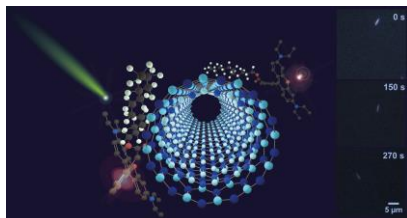
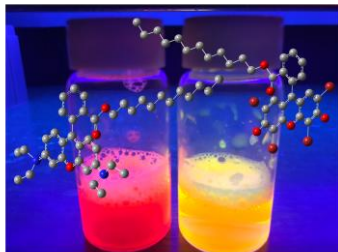


37

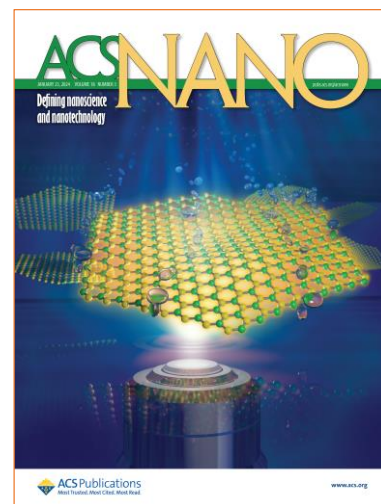
37

Publicaciones

Smith McWilliams, A. D.; Martí, A. A. et al.
Pure Appl. Chem. **2020**, *92*, 265-274



Smith McWilliams, A. D.; Martí, A. A.; et al.
J. Phys. Chem. B **2020**, *124*, 4185-4192

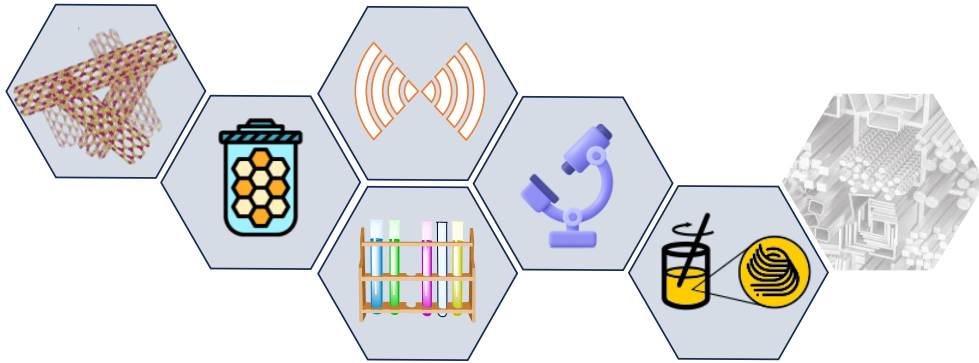


Umezaki, U.; Martí, A. A.; et al.
ACS Nano **2024**, *18*, 2446-2454

38

38

Cristales líquidos



39

39

Dispersión de NNB en Superácidos

- NNB se disuelven and individualizan en ácido clorosulfónico
- NNB con impurezas (LP-BNNTs) forman soluciones isotrópicas
- NNB de alta pureza (HP-BNNTs) forman cristales líquidos, incluyendo tactoides
- Sonicación rompe los tactoids para formar líquidos cristalinos continuos

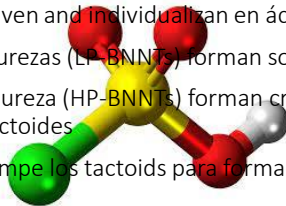
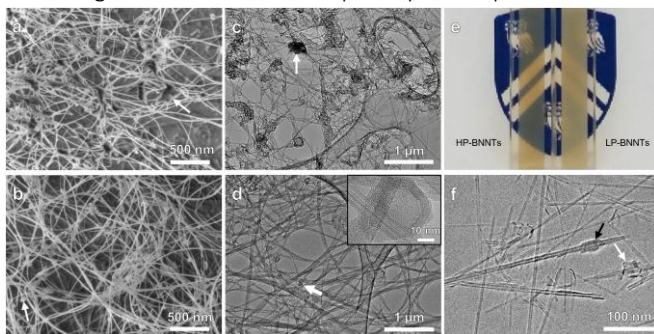
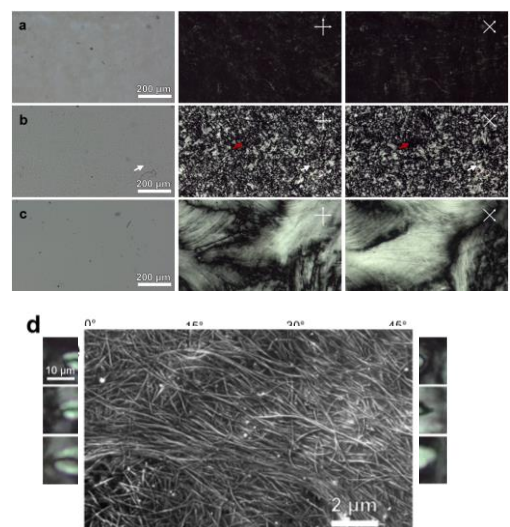


Imagen electronica de NNB puros y con impurezas



Imágenes polarizadas de NNB en ácido clorosulfónico

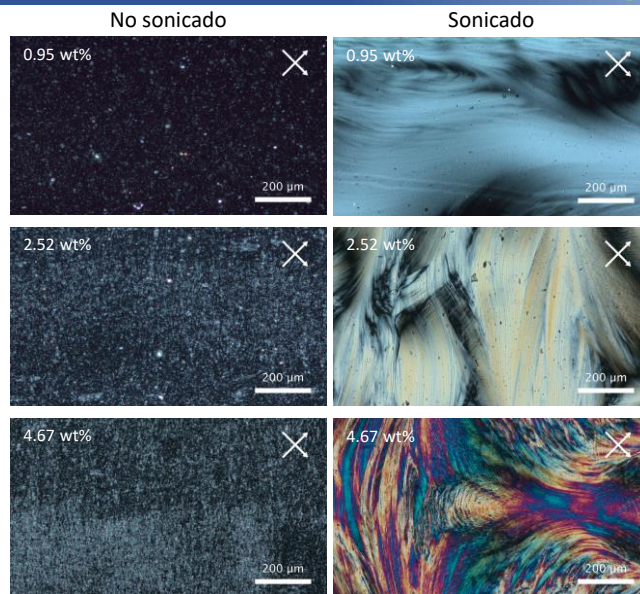


Ginestra, C. J. S.; Martí, A. A.; Pasquali, M. et al. *Nature Commun.* **2022**, *13*, 3136

40

40

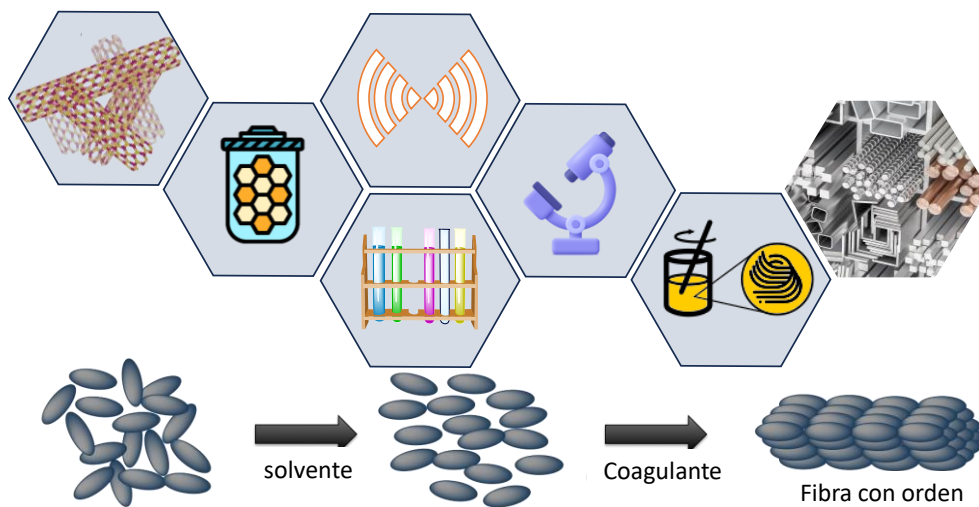
La sonicación rompe y une los tactoides



41

41

Materiales macroscópicos de NNB



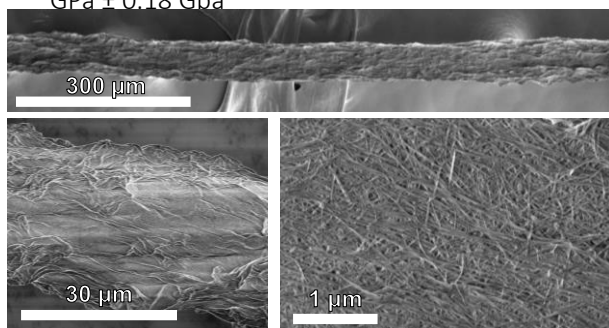
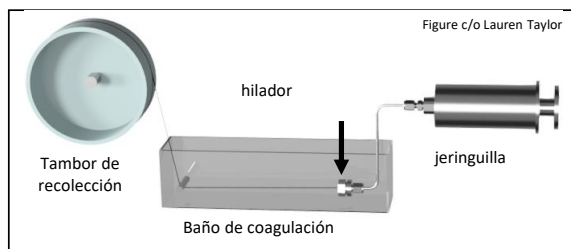
42

42

Materiales macroscópicos de NNB por extrusión **Martí** research group RICE

Logros

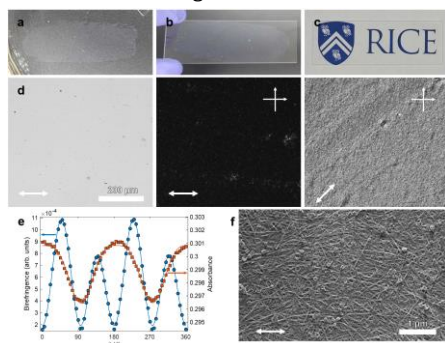
- ~10 m de fibra continua
- Producción de 8 m/min (3 % por peso NNB)
- Fuerza tensil de $15.7 \text{ MPa} \pm 1.6 \text{ MPa}$; Módulo de Young de $1.46 \text{ GPa} \pm 0.18 \text{ GPa}$



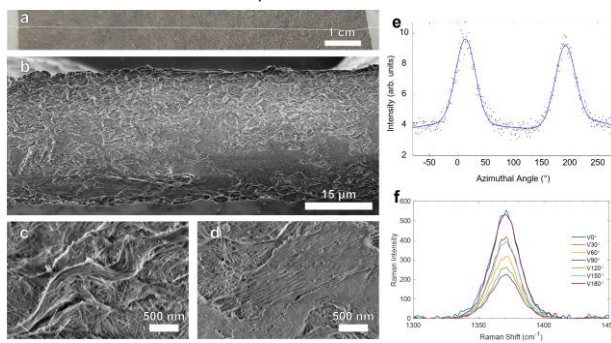
43

Materiales macroscópicos de NNB alineados **Martí** research group RICE

Shear-Aligned BNNT Film



Solution-Spun BNNT Fiber



Ginestra, C. J. S.; Martí, A. A.; Pasquali, M. et al. *Nature Commun.* **2022**, *13*, 3136.

44

44

Agradecimientos



Graduate Students

- Dr. Nathan Cook (Williams College)
- Dr. Avishek Saha (Los Alamos National Lab)
- Dr. Kewei Huang (Shell)
- Dr. Chengmin Jiang (ACS Appl. Mater. Interfaces)
- Dr. Victor García (LSU)
- Dr. Amir Aliyan (Tarbiat Modares University)
- Dr. Carlos de los Reyes (Intel)
- Dr. Meredith McDowell (UTSA)
- Dr. Ashleigh Smith (INEOS)
- Dr. Erick Flores (Universidad de Valparaiso)
- Dr. Bo Jiang (Atila Biosystems)
- Dr. Cecilia Martinez
- Utana Umezaki
- Kevin Shumard
- Kexin Ling
- Ying Chen
- Lixin Zhou
- Alina Chow
- Michelle Duran
- Nickie Nuñez
- Xiaofan Cai

PostDocs

- Dr. Disha Jain (Dow Chemicals)
- Dr. Erika Jimenez
- Dr. Subhajit Chakraborty

Collaborators

- Rajeev Prabhakar, University of Miami, FI
- James Tour, Rice University, Houston, TX
- Pulickel Ajayan, Rice University, Houston, TX
- Matteo Pasquali, Rice University, Houston, TX
- Ishi Talmon, Technion, Israel
- Ines Moreno Gonzalez, UT Health Science Center, Houston, TX
- Lyndsey Schammel, BNNT LLC, Cheol Park, NASA



45

45



Por el amor a la química venimos de todos partes...

- | | |
|------------------------------|--|
| ✓ Alemania | ✓ Estados Unidos de América (los) |
| ✓ Argentina | ✓ India |
| ✓ Brasil | ✓ Italia |
| ✓ Canadá | ✓ Liberia |
| ✓ Colombia | ✓ México |
| ✓ Dominicana, (la) República | ✓ Nepal |
| ✓ Ecuador | ✓ Pakistán |
| ✓ Egipto | ✓ Perú |
| ✓ El Salvador | ✓ Puerto Rico |
| ✓ España | ✓ Venezuela (República Bolivariana de) |



Hoy tenemos representantes de **19 países**

46

46



Mantente actualizado sobre la industria de la química
y sus ciencias afines en la región

Suscríbete al Newsletter de CAS Hispanoamérica

Para darte de alta, puedes enviarnos un correo electrónico a
acsihispanoamerica@acs-i.org

¡Hasta pronto!
www.cas.org

acsihispanoamerica@acs-i.org

47



SOCIEDAD QUÍMICA
DE MÉXICO, A.C.
"La química nos une"



Sociedad Química de México



Sociedad Química de México, A.C.
"La química nos une"

Desde sus comienzos de la Sociedad Química de México, se buscaba un emblema sencillo, no demostrar partidismo alguno y significar al gremio, debería representar un símbolo no sólo para los químicos, sino también para ingenieros, farmacéuticos, metalurgistas, en fin que englobe e identifique por igual a los científicos en todas sus áreas de la ciencia química.

www.sqm.org.mx

48

48



Por el **amor a la química** venimos de todos partes...

- ✓ Alemania
- ✓ Argentina
- ✓ Brasil
- ✓ Canadá
- ✓ Colombia
- ✓ Dominicana, (la) República
- ✓ Ecuador
- ✓ Egipto
- ✓ El Salvador
- ✓ España
- ✓ Estados Unidos de América (los)
- ✓ India
- ✓ Italia
- ✓ Liberia
- ✓ México
- ✓ Nepal
- ✓ Pakistán
- ✓ Perú
- ✓ Puerto Rico
- ✓ Venezuela (República Bolivariana de)



Hoy tenemos representantes de **19 países**

49