



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

"TERTULIAS CIENTIFICAS 2025-2026"

NANOQUÍMICA PARA UN MUNDO SOSTENIBLE: INNOVACION DESDE LA ESCALA MAS PEQUEÑA

Ponente: Dr. Alina M. Balu
Profesora del Departamento de Química Orgánica
Email: alina.balu@uco.es



2

"TERTULIAS CIENTIFICAS 2025-2026" -ALINA M. BALU



¿QUE ES LA UCO?

- 2.882 investigadores e investigadoras
- 4 campus con 10 centros de formación
- Campus de Excelencia Internacional Agroalimentario ceiA3
- 31 grados y 46 másteres
- 3.650 trabajadores



3



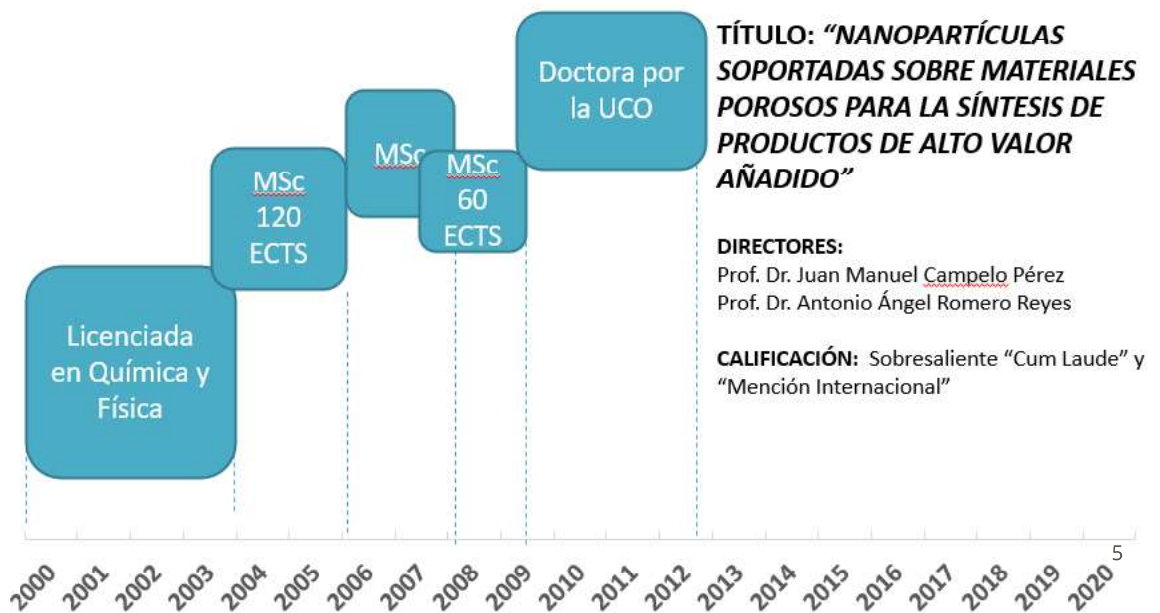
MI EXPERIENCIA

- Ha sido un camino laborioso pero el destino decide la hoja de ruta...
- No siempre las cosas salen según planeamos... pero el esfuerzo siempre tiene su recompensa!



HISTORIAL ACADÉMICO

Universidad de Córdoba



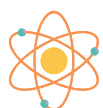
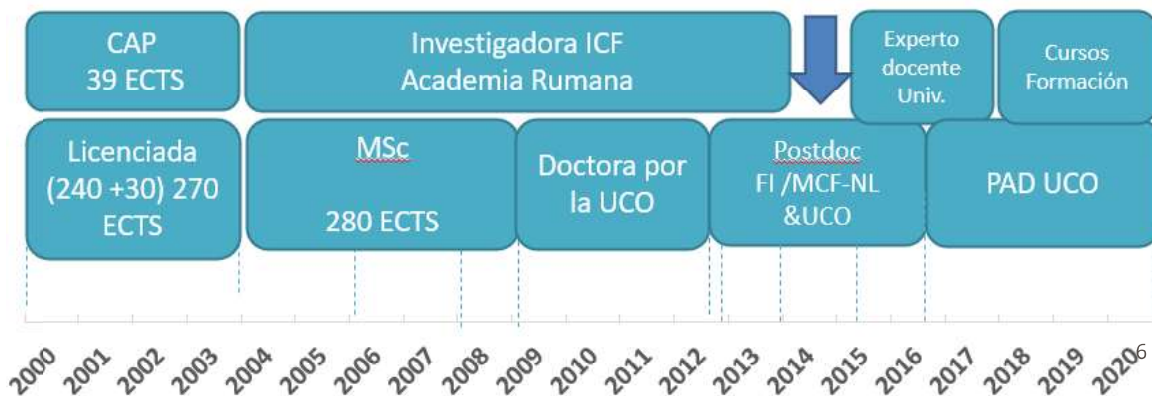


HISTORIAL ACADÉMICO RESUMIDO

Rumania/Reino Unido/España/Francia/Austria/Portugal/Finlandia/Alemania

(Experiencia en mas de 10 Universidades y Centros Educativos)

Experiencia en la
Industria SME AVANTIUM
(Países Bajos)



PASADO, PRESENTE Y FUTURO





¿QUE ES LA NANOQUIMICA?



- Estudia y diseña materiales a nivel atómico y molecular, escala nanométrica (1–100 nm)
- Es una herramienta clave de la química actual



"TERTULIAS CIENTIFICAS 2025-2026" - ALINA M. BALU

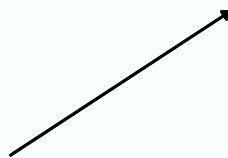
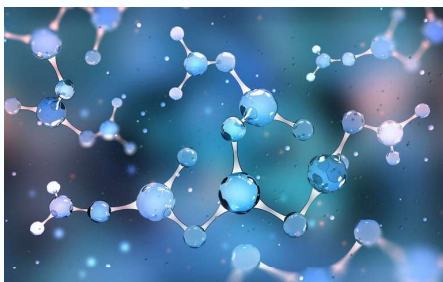
"TERTULIAS CIENTIFICAS 2025-2026" - ALINA M. BALU

LA REVOLUCIÓN INVISIBLE

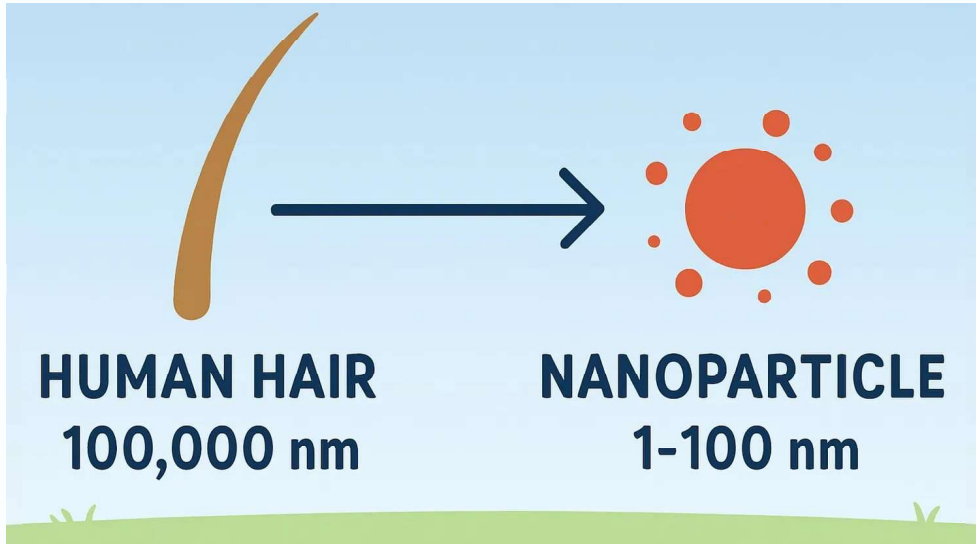
¿PUEDE LO INFINITAMENTE PEQUEÑO SALVAR EL PLANETA?

YES

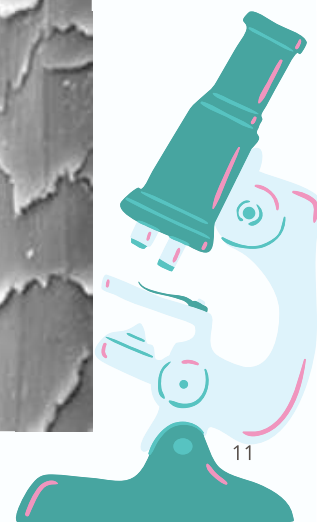
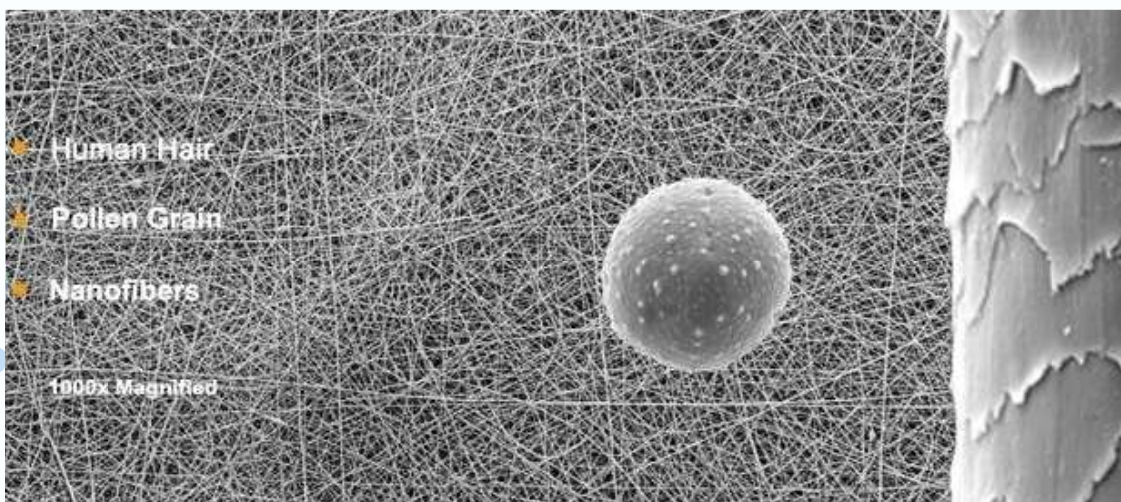
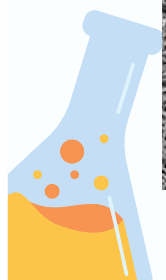
NO



100 000 VECES MÁS PEQUEÑO QUE UN CABELLO...



100 000 VECES MÁS PEQUEÑO QUE UN CABELLO...

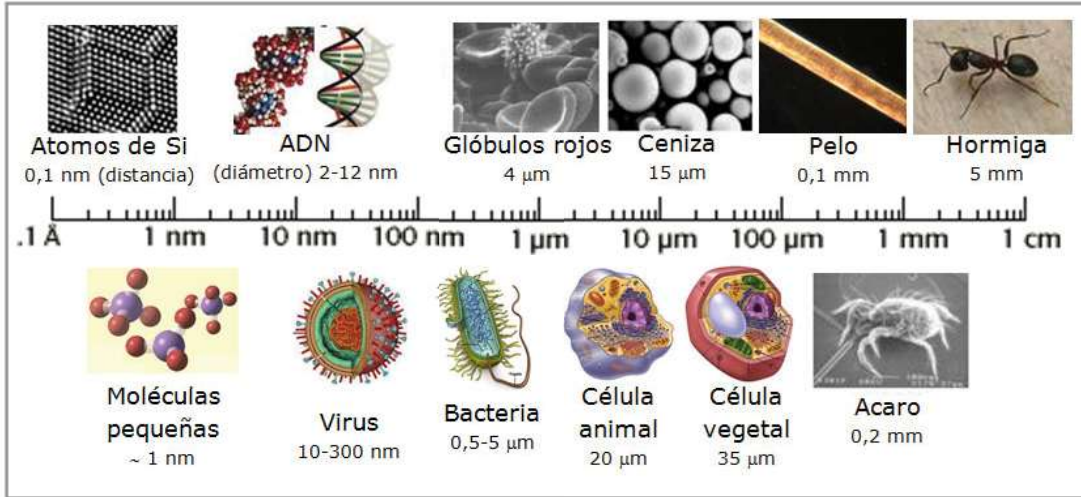


¿QUÉ ES LA NANOQUÍMICA?

Nuevas propiedades
→ Permite crear nuevas funciones

1-100nm

Nueva química
→ Manipula la materia a nivel molecular



¿QUÉ ES LA NANOQUÍMICA?

Nuevas propiedades
→ Permite crear nuevas funciones



1-100nm

Nueva química
→ Manipula la materia a nivel molecular

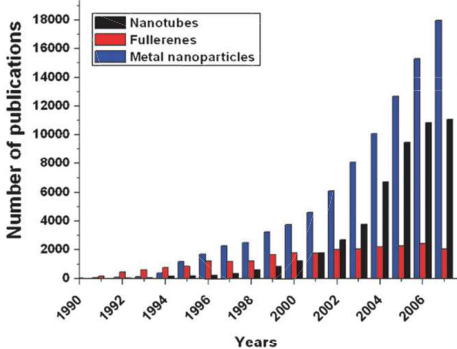


Figura 1. Fuente: ISI Web of Science

Que son nanopartículas?

Nanoestructuras con una o más de sus dimensiones comprendida entre 1-100 nm

Propiedades clave

- Tamaño pequeño
- Alta superficie específica
- Gran especificidad y actividad (ej. catálisis)
- Alta densidad de energía
- Inestabilidad!!

➡ Necesidad de ser estabilizadas

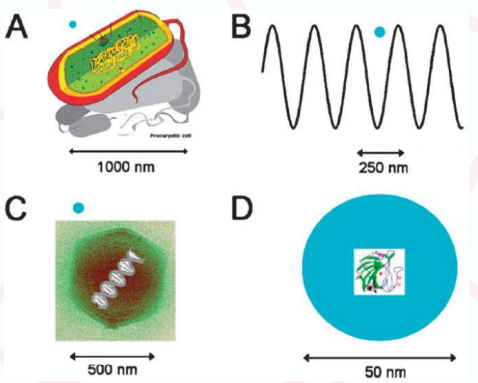
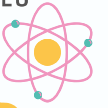


Figura 2. Representación esquemática del tamaño de nanopartículas relacionado con objetos comunes de tamaño nanométrico. Las esferas azul representa la nanopartícula metálica de 50nm

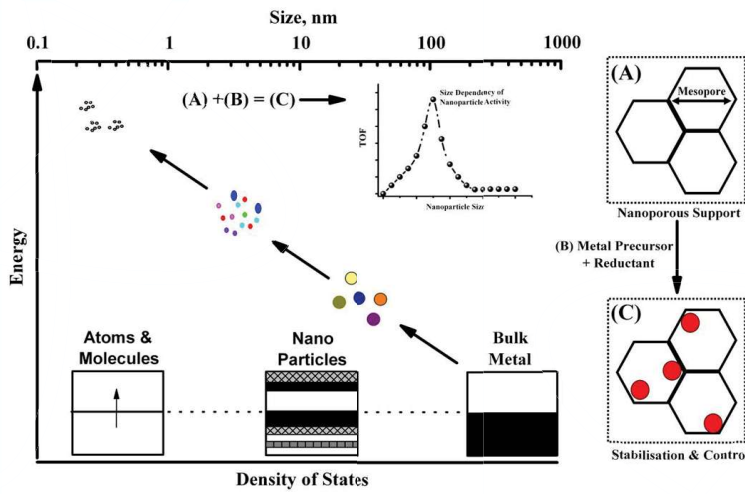


¿QUÉ SON LAS NANOPARTICULAS?

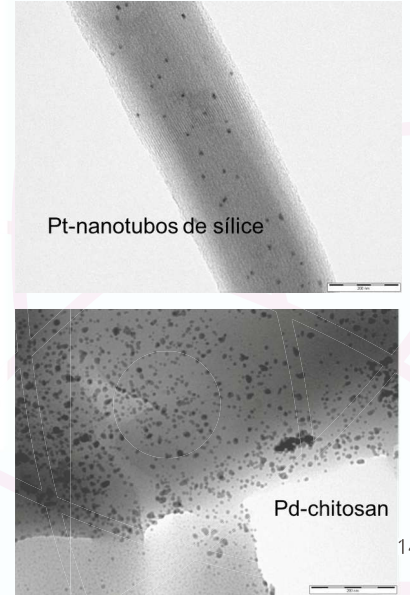


Densidad de estados

Nanopartículas metálicas soportadas SMNP (I)



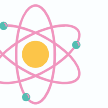
Una o mas dimensiones en el rango 1-100nm



Densidad de estados múltiple comparada con los metales
 Pequeño tamaño \Rightarrow Alta densidad de energía
 Estabilización + control a través de otra nanotecnología (nanomateriales porosos)



¿QUÉ ES LA NANOQUÍMICA?



Nuevas propiedades
→ Permite crear nuevas funciones

1-100nm

Nueva química
→ Manipula la materia a nivel molecular

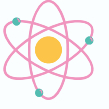


La materia cambia a esta escala





PROPIEDADES ÚNICAS

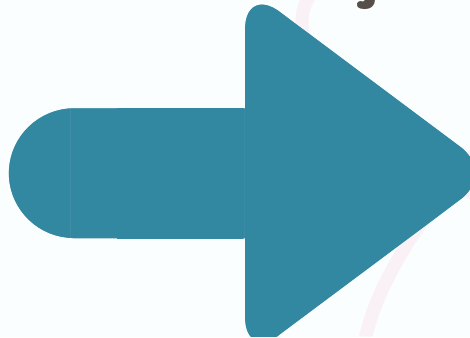


Mayor reactividad

Cambios de color

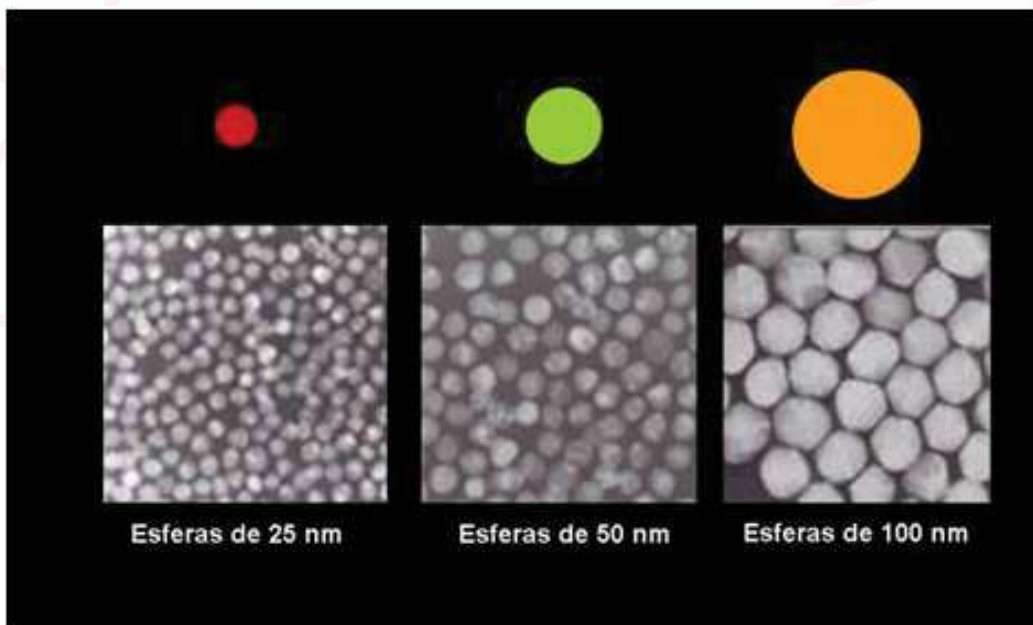
Mayor resistencia

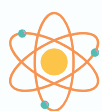
El oro puede volverse rojo en nanoescala



ejemplo

EJEMPLO - NP de Au





NANOQUÍMICA EN LA VIDA

EJEMPLOS EN NUESTRA VIDA

- Protectores solares (protección UV)
- Cosméticos avanzados
- Filtros de agua
- Materiales más ligeros y resistentes



PROTECTORES SOLARES



ZnO

PRINCIPALMENTE BLOQUEAN UV-A

TiO₂

PRINCIPALMENTE BLOQUEAN UV-B



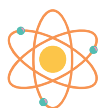
UV-A Longitud de onda 320-400 nm

UV-B Longitud de onda 290-320 nm

Muchos protectores solares contienen nanopartículas de dióxido de titanio y/u óxido de zinc ya que estos materiales pueden absorber la radiación UV. El dióxido de titanio también se utiliza en algunos productos comestibles como agente blanqueante.

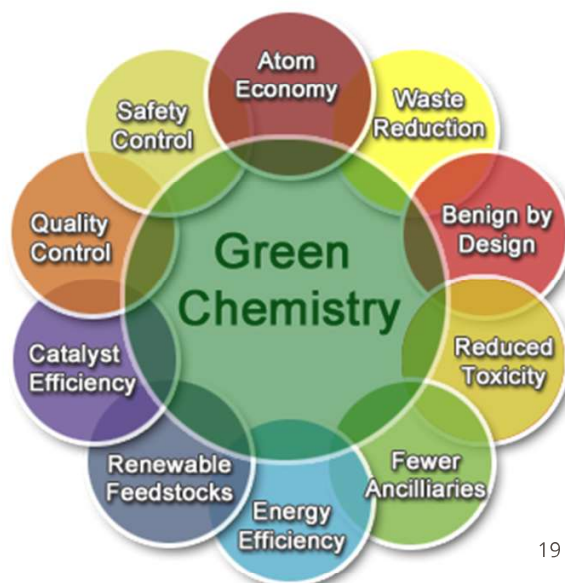
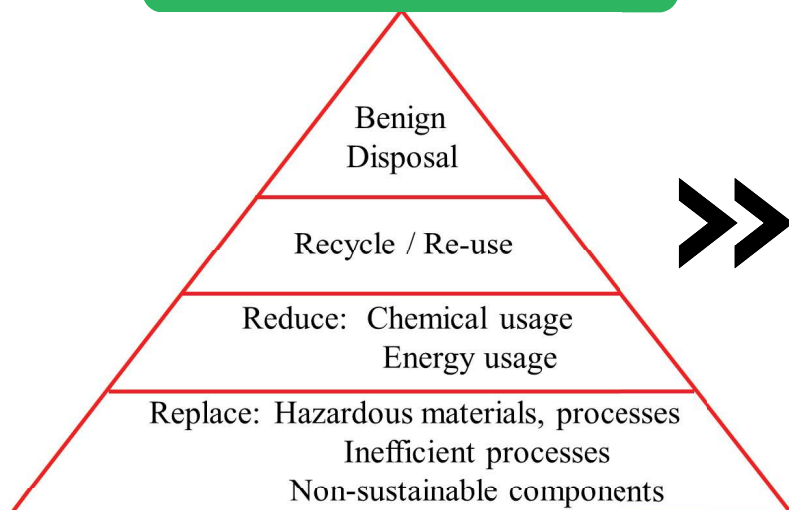


ESTÁ PRESENTE
AUNQUE NO LA
VEAMOS



NANOQUÍMICA Y SOSTENIBILIDAD

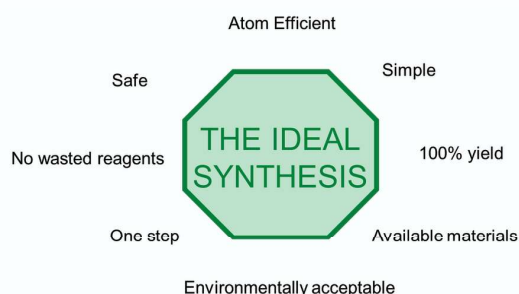
QUIMICA VERDE



NANOQUÍMICA Y SOSTENIBILIDAD

HECER MAS CON MENOS

- Uso más eficiente de materias primas
- → Menos recursos para el mismo resultado
- Reducción de residuos
- → Menos contaminación industrial
- Menor toxicidad
- → Sustancias más seguras para humanos y ecosistemas
- Procesos más limpios
- → Menos energía y menos emisiones



**LA
NANOQUÍMICA
PERMITE
PRODUCIR
MEJOR...
CONTAMINANDO
MENOS.**

20

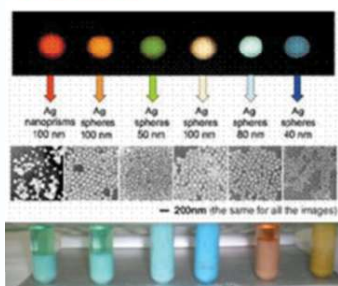


GRUPO PAIDI FQM-383 (NANOVAL)

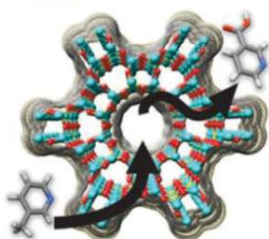
NANOQUIMICA Y VALORIZACION DE BIOMASA Y RESIDUOS

LINEAS PRINCIPALES DE INVESTIGACION

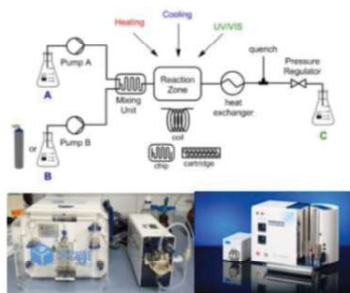
Nanoscale Chemistry



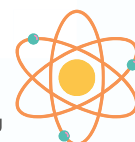
Heterogeneous (Photo)(bio)Catalysis



Flow Chemistry



Biomass and Waste Valorization





GRUPO PAIDI FQM-383 (NANOVAL)

NANOQUIMICA Y VALORIZACION DE BIOMASA Y RESIDUOS

NANOMATERIALES: RUTAS DE PREPARACION

I. Rutas físicas

- Sonochemistry
- MW irradiation
- pulse laser ablation
- Supercritical fluids

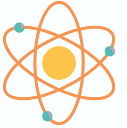
II. Rutas químicas

- Impregnation
- Co-precipitation
- Deposition-precipitation
- Microemulsions
- Photochemistry
- Chemical vapor deposition
- Electrochemical reduction
- Other chemical methods

III. Rutas físico-químicas

- Sonoelectrochemistry
- Flame spray pyrolysis

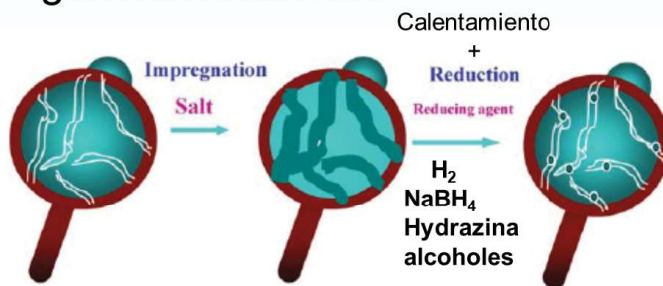
"TERTULIAS CIENTIFICAS 2025-2026" - ALINA M. BALU



GRUPO PAIDI FQM-383 (NANOVAL)

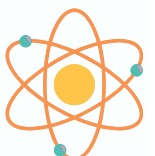
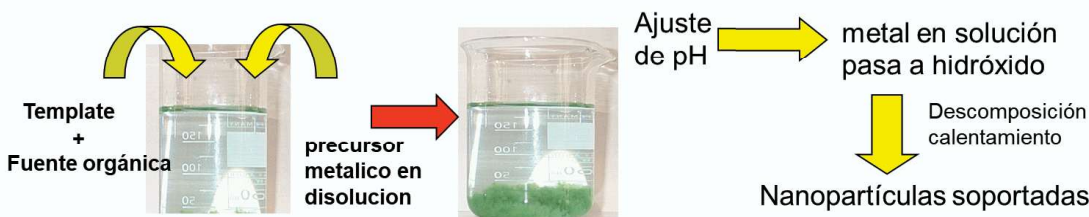
NANOQUIMICA Y VALORIZACION DE BIOMASA Y RESIDUOS

- Impregnación/reducción



METODOS
QUIMICOS DE
PREPARACION

- Co-precipitación, Deposición/precipitación

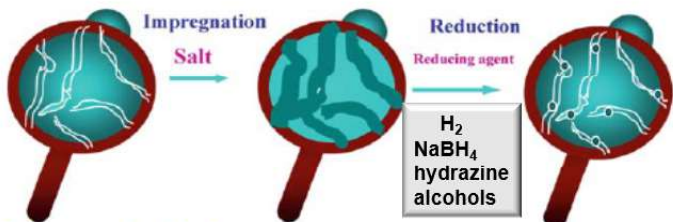




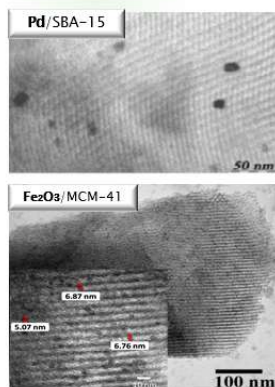
GRUPO PAIDI FQM-383 (NANOVAL)

NANOQUIMICA Y VALORIZACION DE BIOMASA Y RESIDUOS

CONVENTIONAL Deposition-reduction

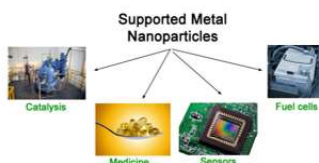


Coprecipitation



APLICACIONES VARIADAS:

MEDICINA
SENSORES
CATALISIS HETEROGENEA
OTRAS APLICACIONES



"TERTULIAS CIENTIFICAS 2025-2026" - ALINA M. BALU

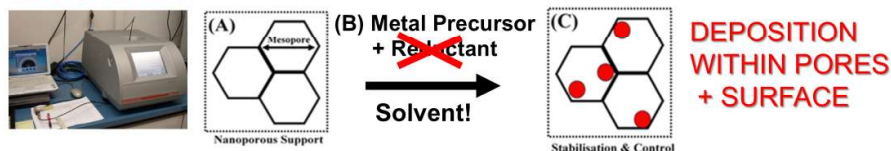


GRUPO PAIDI FQM-383 (NANOVAL)

NANOQUIMICA Y VALORIZACION DE BIOMASA Y RESIDUOS

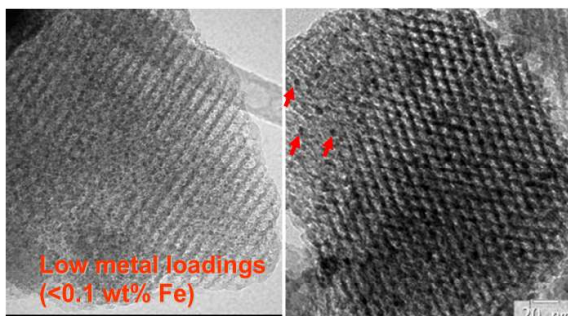
Novel methodologies for designer materials

MICROWAVES



Example of catalyst prepared by MW

Fe oxide NPs supported over SBA-15
2-3 nm size



Balu, A.M. et al, *Chem. Commun.* 2010, 46, 7825-7827;
Balu, A.M. et al, *Green Chem.*, 2012, 14, 393-402;

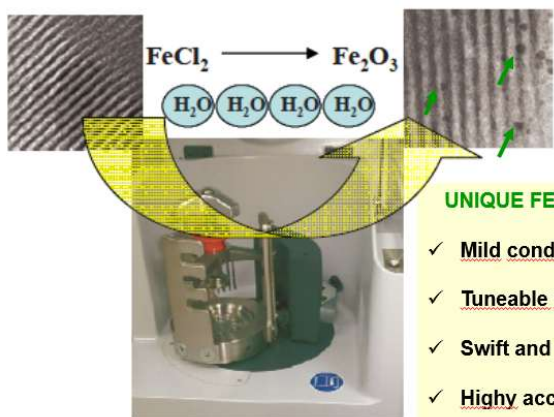
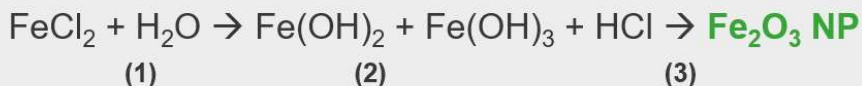




GRUPO PAIDI FQM-383 (NANOVAL)

NANOQUIMICA Y VALORIZACION DE BIOMASA Y RESIDUOS

Dry milling methodology



- (1) Hydrolysis of the solid metal precursor (H₂O from dehydroxylation of OH groups)
- (2) Hydroxide formation
- (3) Supported nanoparticles upon calcination

UNIQUE FEATURES OF THIS APPROACH

- ✓ **Mild conditions** (mechanochemistry)
- ✓ **Tuneable nanocatalysts** (milling + post-synthetic)
- ✓ **Swift and facile preparation** (1-15 min)
- ✓ **Highly accessible sites** (external surface, for bulky molecules)
- ✓ **Small nanoparticles** (< 5 nm, at low metal loadings)

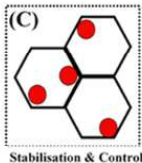
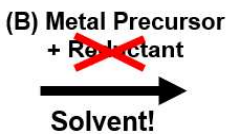
PINEDA, A., BALU, A.M. ET AL. CHEMSUSCHEM, 107, 2011, 2411-2502



GRUPO PAIDI FQM-383 (NANOVAL)

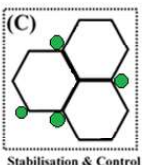
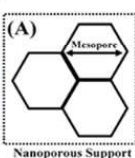
NANOQUIMICA Y VALORIZACION DE BIOMASA Y RESIDUOS

MICROWAVES



DEPOSITION WITHIN PORES + SURFACE

BALL MILLING

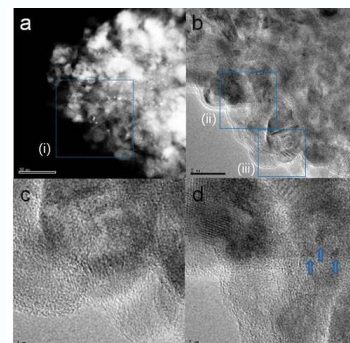


SURFACE DEPOSITION

+ fast, uniform, disperse, stable, small size NP ...
+ selectivity, no leaching
- Not all NP are accessible to big bulk molecules

+ cheap, rapid, benign, low loading of small NP, accessible
- maybe possible to leach or agglomerate with high T and P during catalytic process

Supports:
MCM-41, SBA-15
Zeolites,
Mesoporous carbon
MOFs

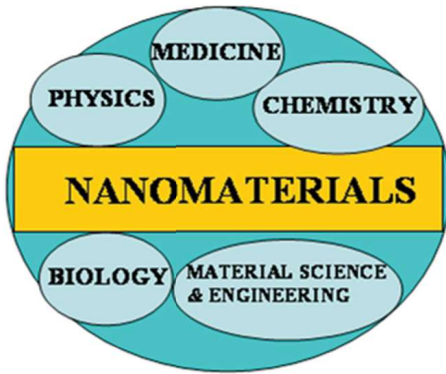


- ALL TYPES OF NPS (METAL, METAL OXIDES, QUANTUM DOTS)
- FOCUS ON CHEAP, NON-TOXIC AND WIDELY AVAILABLE METALS (E.G. FE, CU AND CO)

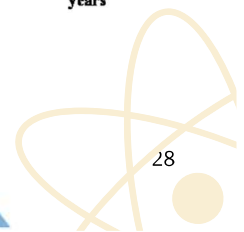
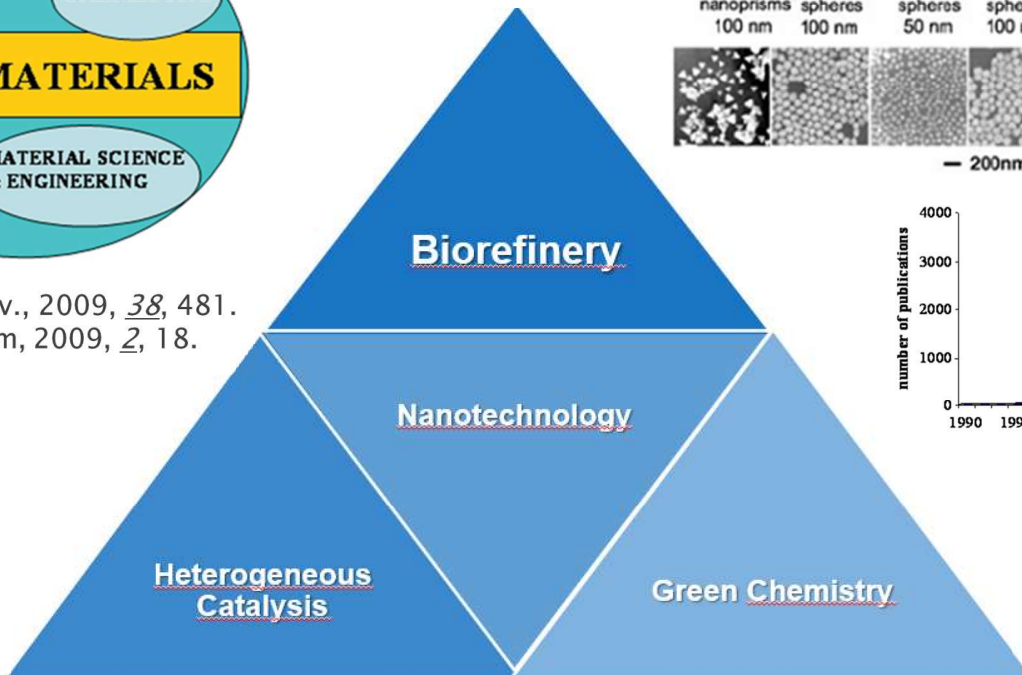
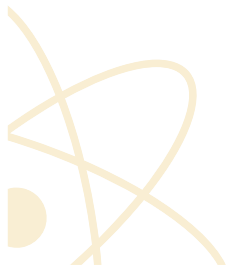
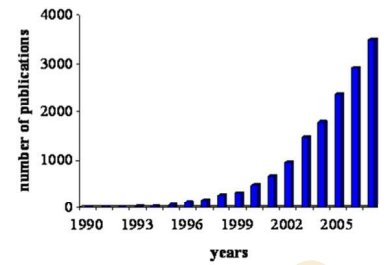
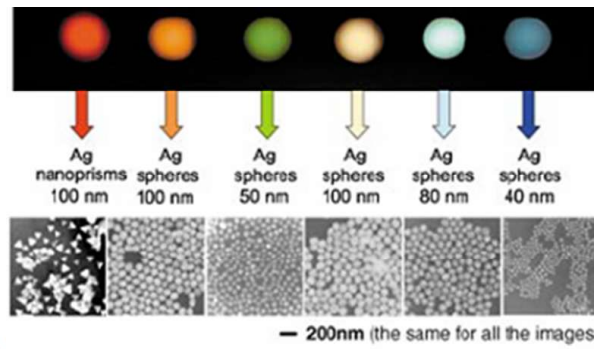
Balu, A.M. et al. *Green Chem*, 14, 2012, 393-402

Pineda, A., Balu, A.M. et al. *ChemSusChem*, 107, 2011, 2411-2502





Chem Soc. Rev., 2009, 38, 481.
ChemSusChem, 2009, 2, 18.



28



EJEMPLO: EL AGUA



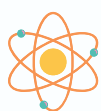
→ DEL AGUA CONTAMINADA... AL AGUA POTABLE

- Nanomateriales como filtros avanzados
- Eliminación de metales pesados (plomo, mercurio)
- Eliminación de contaminantes orgánicos (pesticidas)
- Menor consumo energético que métodos tradicionales

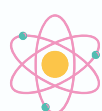
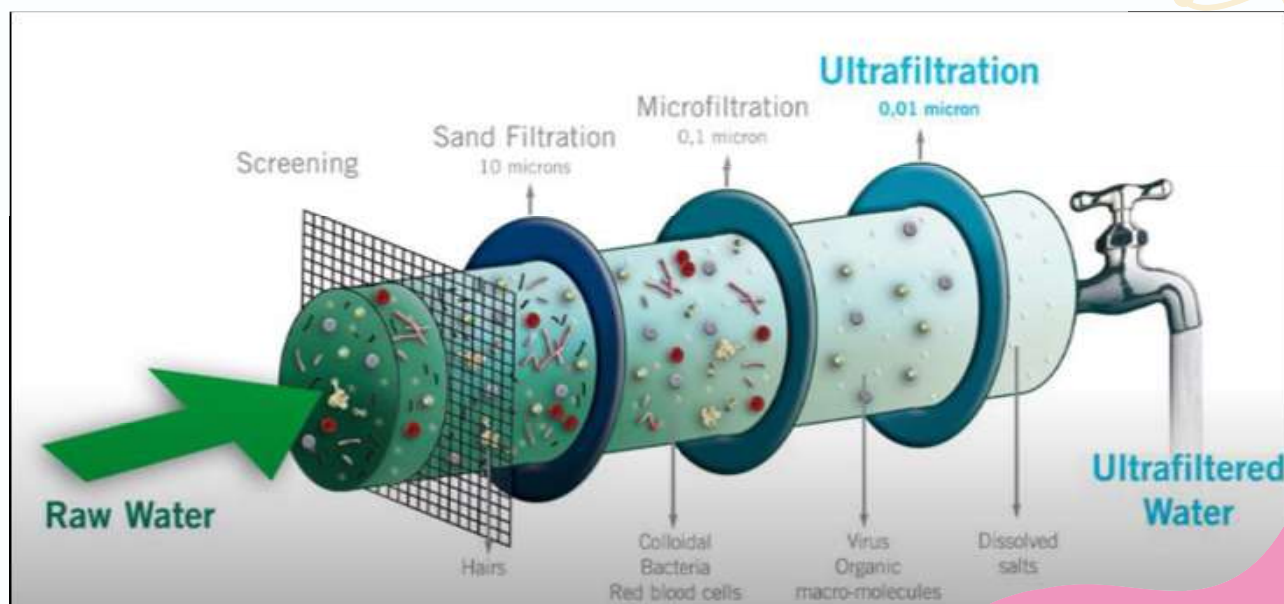
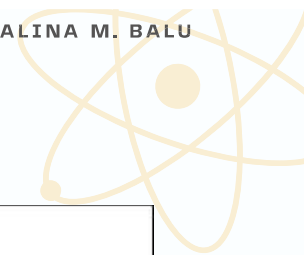


→ ACCESO AL AGUA POTABLE EN ZONAS VULNERABLES

29



EJEMPLO: EL AGUA



ENERGÍA LIMPIA



→ ENERGÍA MÁS LIMPIA, GRACIAS A LO INVISIBLE

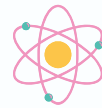
- Nanomateriales como **catalizadores** → reacciones más rápidas
- Mayor eficiencia energética → menos pérdida de energía
- Reducción de emisiones contaminantes
- Mejora de energías renovables



- EJEMPLOS :
- **PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO LIMPIO**
 - **PANELES SOLARES MÁS EFICIENTES**



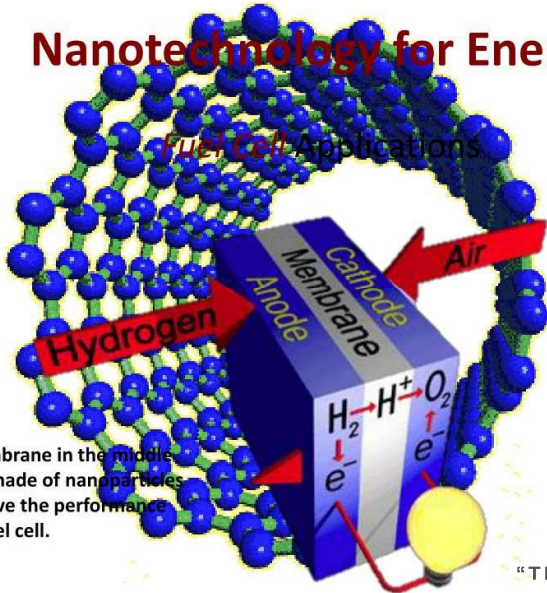
ENERGÍA LIMPIA



→ ENERGÍA MÁS LIMPIA, GRACIAS A LO INVISIBLE

Nanotechnology for Energy

Fuel Cell Applications



The membrane in the middle may be made of nanoparticles to improve the performance of the fuel cell.

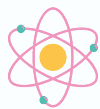


EJEMPLOS:

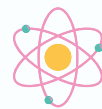
- PRODUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE ENERGIA
- PILAS DE COMBUSTIBLES

32

"TERTULIAS CIENTIFICAS 2025-2026" - ALINA M. BALU



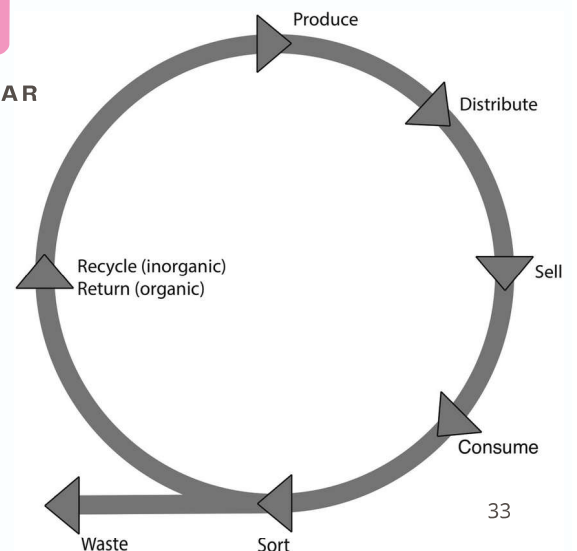
MATERIALES SOSTENIBLES



→ REINVENTAR LOS MATERIALES

ECONOMÍA CIRCULAR = REUTILIZAR, REDUCIR, RECICLAR

- Biopolímeros (ej: quitina, de crustáceos)
- Alternativas a plásticos contaminantes
- Materiales biodegradables
- Diseño pensado para reciclar



33

"TERTULIAS CIENTIFICAS 2025-2026" - ALINA M. BALU



MATERIALES SOSTENIBLES

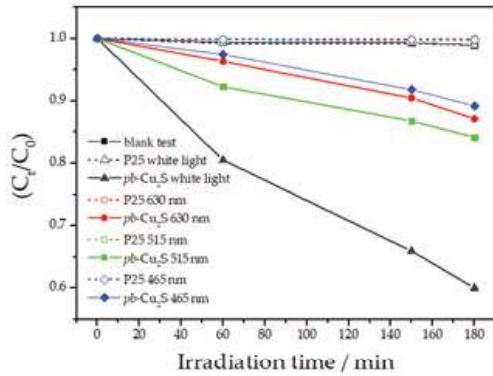
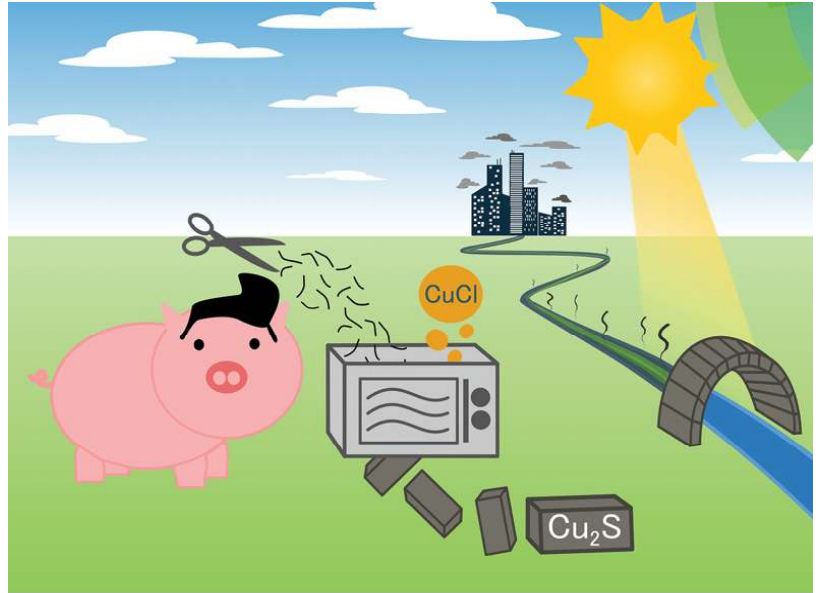


Fig. 6 Photodegradation of methyl red catalysed by pb-Cu₂S as a function of time at different wavelength irradiation.



ISSN 1463-9262

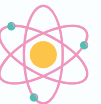


PAPER
Alessio Zuliani, Rafael Luque et al.
Microwave-assisted valorization of pig bristles: towards visible light photocatalytic chalcocite composites

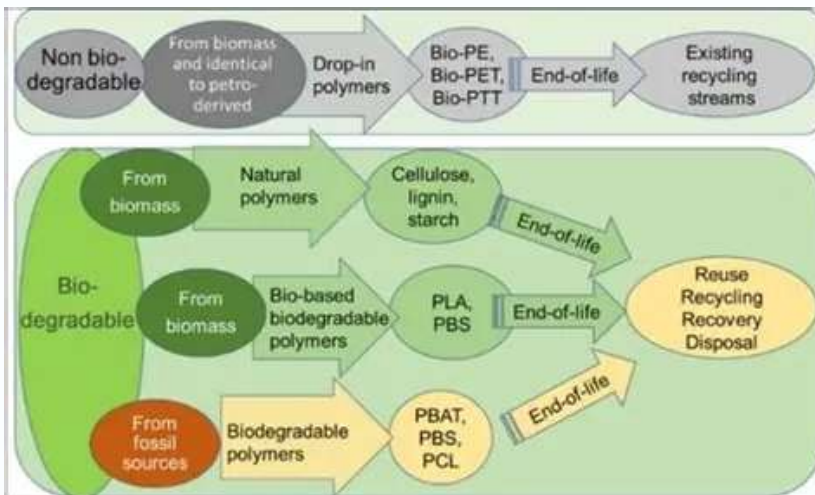
"TERTULIAS CIENTIFICAS 2025-2026" - ALINA M. BALU



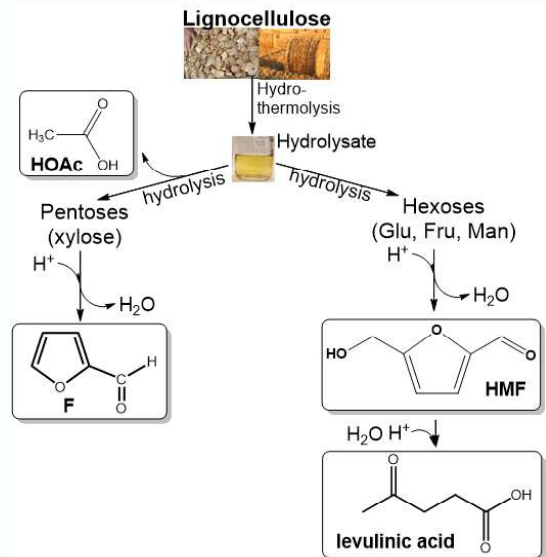
MATERIALES SOSTENIBLES



→ REINVENTAR LOS MATERIALES



GENERAL OVERVIEW

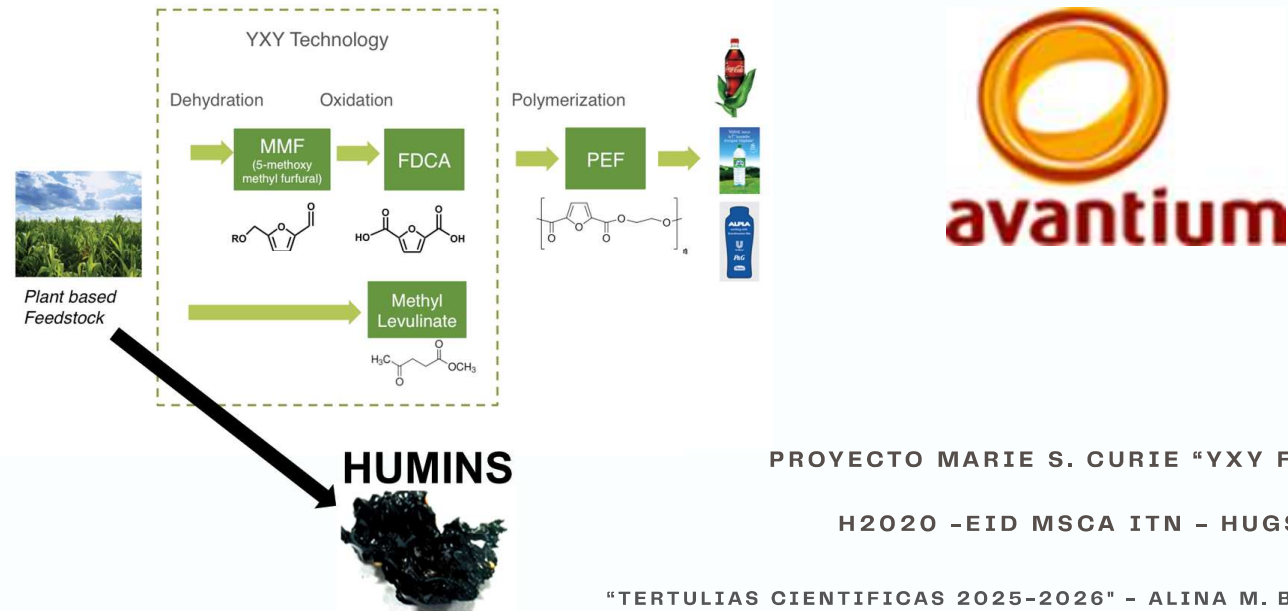


Corma, A. et al. *Chem. Rev.*, 107, 2007, 2411-2502
Corma, A. et al. *Energy&Environ. Sci.*, 5, 2012, 6328-6344



MATERIALES SOSTENIBLES

EJEMPLO INDUSTRIAL DE VALORIZACION DE RESIDUOS

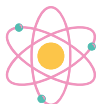


PROYECTO MARIE S. CURIE "YXY FUELS"

H2020 -EID MSCA ITN - HUGS

36

"TERTULIAS CIENTIFICAS 2025-2026" - ALINA M. BALU

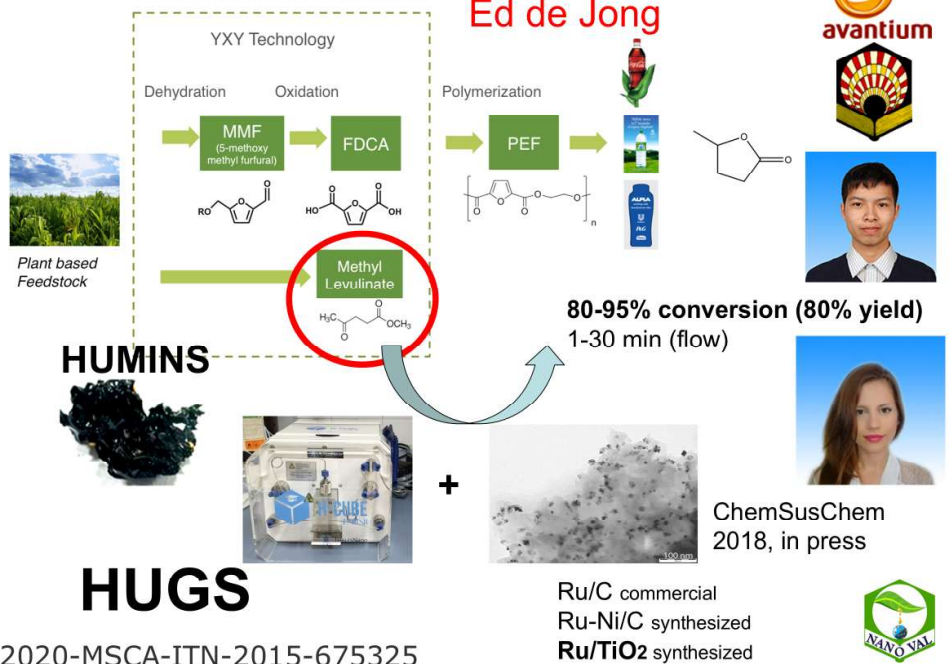


MATERIALES SOSTENIBLES

EJEMPLO INDUSTRIAL DE VALORIZACION DE RESIDUOS

In collaboration with

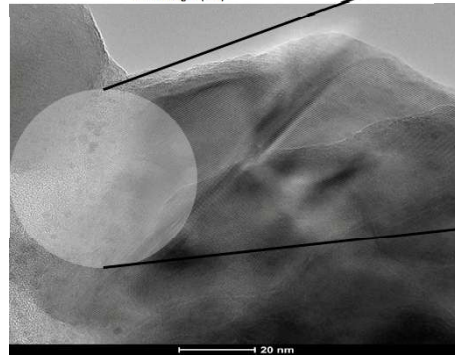
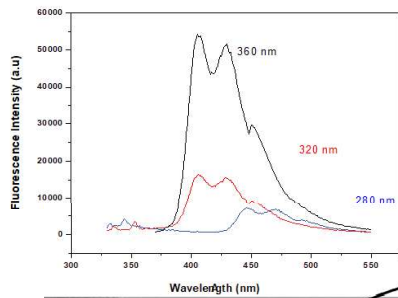
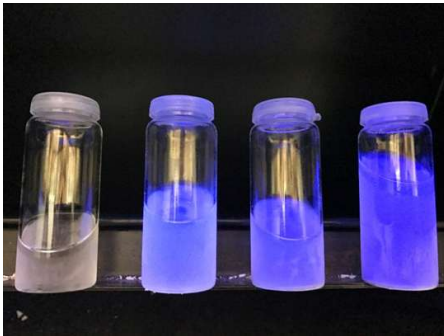
Jan C. Van der Waal
Ed de Jong



H2020-MSCA-ITN-2015-675325



EJEMPLO: PULP & PAPER SLUDGE TO PHOTOLUMINESCENT MATERIALS

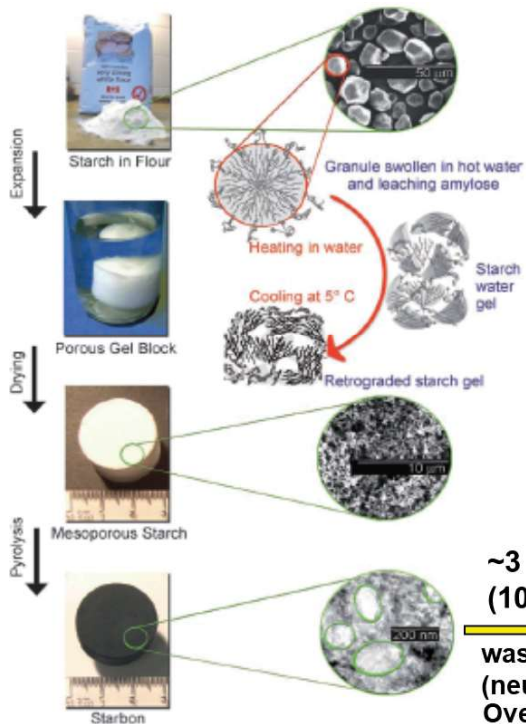


HUGS
ITN-H2020



"TERTULIAS CIENTIFICAS 2025-2026" - ALINA M. BALU

EJEMPLO: STARBONS - PATENTADO



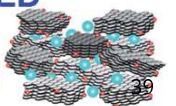
Hydrophobicity of starbons functional groups

Starbons	Starch	Hydroxyl	Aldehyde	Phenyl	Polycyclic	Stability
100°C	Black	White	White	White	White	Stable in aprotic solvents, alcohols, acetone.
150°C	Black	White	White	White	White	
170°C	Black	White	White	White	White	
220°C	Black	White	White	White	White	Stable in boiling water.
300°C	Black	White	White	White	White	
450°C	Black	White	White	White	White	Stable to acid and base solutions
600°C	Black	White	White	White	White	
700°C	Black	White	White	White	White	

~3 h, 80°C, H₂SO₄ 99% (10 mL/g starbon®)

washed with distilled water (neutral washings)
Oven dried overnight (100°C)

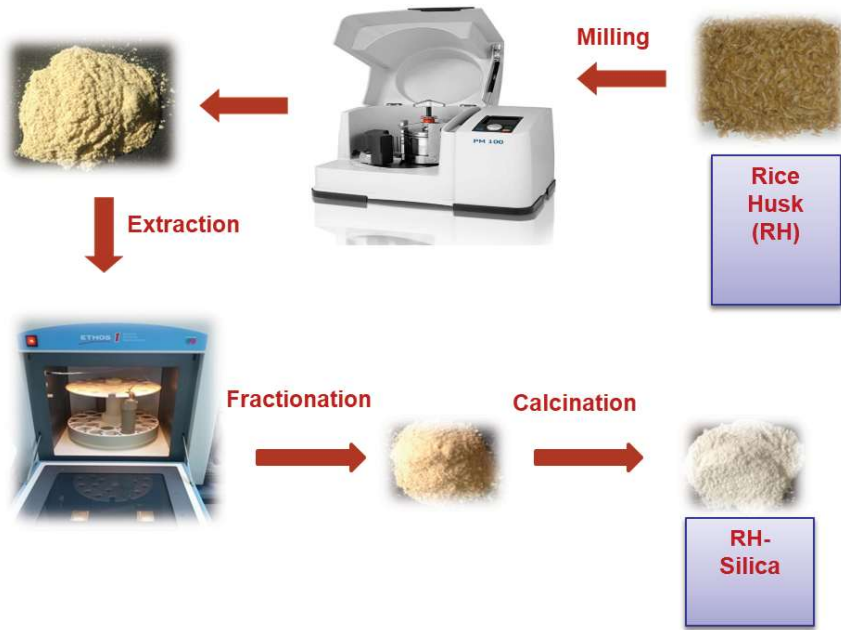
SULPHONATED EXPANDED STARBONS®





MATERIALES SOSTENIBLES

EJEMPLO INDUSTRIAL DE VALORIZACION DE RESIDUOS PATENTE WO 2018



(12) SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA EN VIRTUD DEL TRATADO DE COOPERACION EN MATERIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organización Mundial de la Propiedad Intelectual Oficina internacional



WIPO | PCT

(10) Número de publicación internacional WO 2018/178459 A1

(51) Clasificación internacional de patentes: C01B 33/187 (2006.01) B09B 3/00 (2006.01)

(21) Número de la solicitud internacional: PCT/ES2018/070238

(22) Fecha de presentación internacional: 26 de marzo de 2018 (26.03.2018)

(25) Idioma de presentación: español

(30) Datos relativos a la prioridad: P201730465 29 de marzo de 2017 (29.03.2017) ES

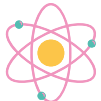
(71) Solicitante: UNIVERSIDAD DE CORDOBA (ES/ES); Avda. Medina Azahara, 5, 14005 Córdoba (ES).

(72) Inventores: LUQUE ALVAREZ DE SOTOMAYOR, Rafael; Dpto. de Química Orgánica, Ed. Marie Curie, Campus de Rabanales, Ctra. de Madrid s/n, 14014 Córdoba (ES); BALLE, Alma Mariana; Dpto. de Química Orgánica, Ed. Marie Curie, Campus de Rabanales, Ctra. de Madrid s/n, 14014 Córdoba (ES); FRANCO LOSILLA, Ana; Dpto. de Química Orgánica, Ed. Marie Curie, Campus de Rabanales, Ctra. de Madrid s/n, 14014 Córdoba (ES); ROMERO REYES, Antonio Angel; Dpto. de Química Orgánica, Ed. Marie Curie, Campus de Rabanales s/n, Ctra. de Madrid s/n, 14014 Córdoba (ES).

(84) Estados designados (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección regional admisible): AR, JP, KR, RU, TW, UA, US, CA, CH, CL, CN, CO, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LV, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Estados designados (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección regional admisible): AR, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LV, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: METHOD FOR OBTAINING BIOSILICA FROM RICE HUSKS



MATERIALES SOSTENIBLES

EJEMPLO INDUSTRIAL DE VALORIZACION DE RESIDUOS PATENTADO

OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS ESPAÑA



① Número de publicación: 2 717 979
② Número de solicitud: 201930227
③ Int. Cl.:



APLICACIONES

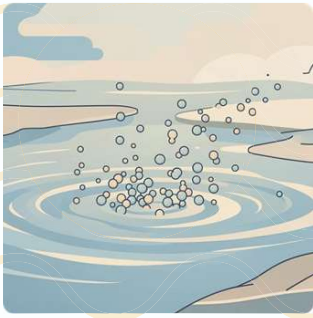
- CO₂ adsorbents
- Magnetic materials: next generation of thermal-foams for medical devices



⑤4 Título: PROCEDIMIENTO PARA LA PREPARACIÓN DE NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS DE ÓXIDO DE HIERRO A PARTIR DE RESIDUOS DE CAFÉ EXPENDIDO

PCT patent 2017

KEY APPLICATIONS FOR A SUSTAINABLE WORLD



1 ENVIRONMENTAL REMEDIATION

Iron nanoparticles are effectively used to remove heavy metals and other pollutants from contaminated water and soil.



2 CHITIN NANOCRYSTALS

These renewable biopolymers offer a sustainable alternative to harmful plastic contaminants, reducing pollution

3 CLEAN ENERGY

Nanomaterials act as superior catalysts, boosting the efficiency of clean energy systems and significantly cutting emissions.

FUTURE DIRECTIONS
<https://snssn-sustainablenano.net>

SNSSN SustainableNano

HOME CONSORTIUM NEWS

SNSSN SustainableNano Spanish Network on Safe and Sustainable Nanotechnologies

CONSORTIUM

Grant RED2022-134129-T funded by:

MINISTERIO DE CIENCIA, INNOVACIÓN Y UNIVERSIDADES

AGENCIA ESTADAL DE INVESTIGACIÓN

ON 14TH JANUARY AND 9 APRIL 2026

A collaborative effort involving 80 experts in safe and sustainable nanotechnology has culminated in the **III White Paper on Nanotechnologies**. This document outlines strategic directions for the field.

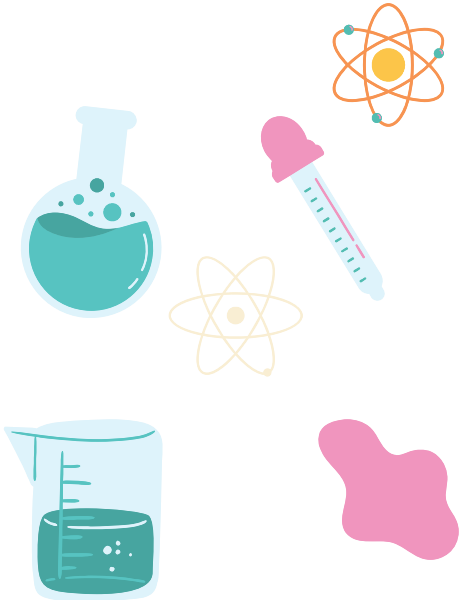


A ROADMAP TOWARDS A MORE SUSTAINABLE FUTURE

Key areas of focus:
Health, Energy, Environment, ICT, Agri-food
The overarching goal is to drive policies and technological advancements that foster a just and planet-friendly future.



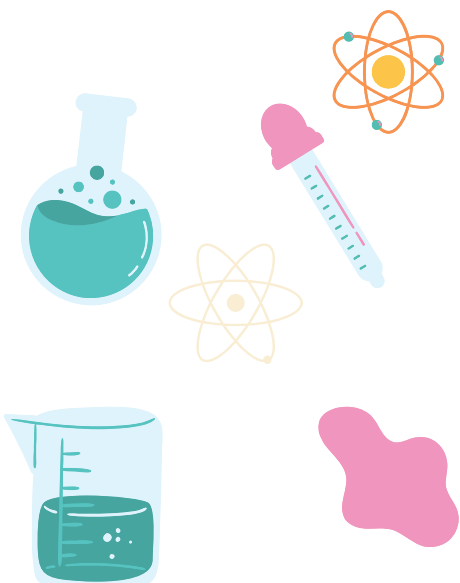
Retos



- **Evaluar riesgos y beneficios de los nanomateriales a largo plazo**
- **Posible toxicidad de nanopartículas**
- **Difícil control en el medio ambiente**
- **Falta de regulación clara**
- **Evitar la desinformación científica**
- **Comunicar la ciencia de forma clara y responsable**
- **Integrar ética y sostenibilidad en la innovación**

44

Reflexión



- ¿Podemos controlar lo que no podemos ver?
- ¿La nanoquímica genera más oportunidades o más riesgos?
- ¿Cómo explicar estos avances sin generar miedo?
- ¿Hasta dónde debemos simplificar la ciencia al divulgarla?
- ¿Qué papel tiene el profesorado en la alfabetización científica?

45

Conclusion

"TERTULIAS CIENTIFICAS 2025-2026" - ALINA M. BALU



- La nanoquímica es un motor de transformación sostenible

- Pequeña escala, gran impacto



- La educación y la divulgación son claves



- La ciencia debe estar al servicio de la sociedad



"TERTULIAS CIENTIFICAS 2025-2026"



Gracias por su atención

NANOQUÍMICA PARA UN MUNDO SOSTENIBLE: INNOVACION DESDE LA ESCALA MAS PEQUEÑA