

# Diálogo en bioeconomía:

La UNA al servicio del desarrollo nacional.



## Procesos de innovación en centros de investigación: casos de éxito en LANOTEC CENAT CONARE



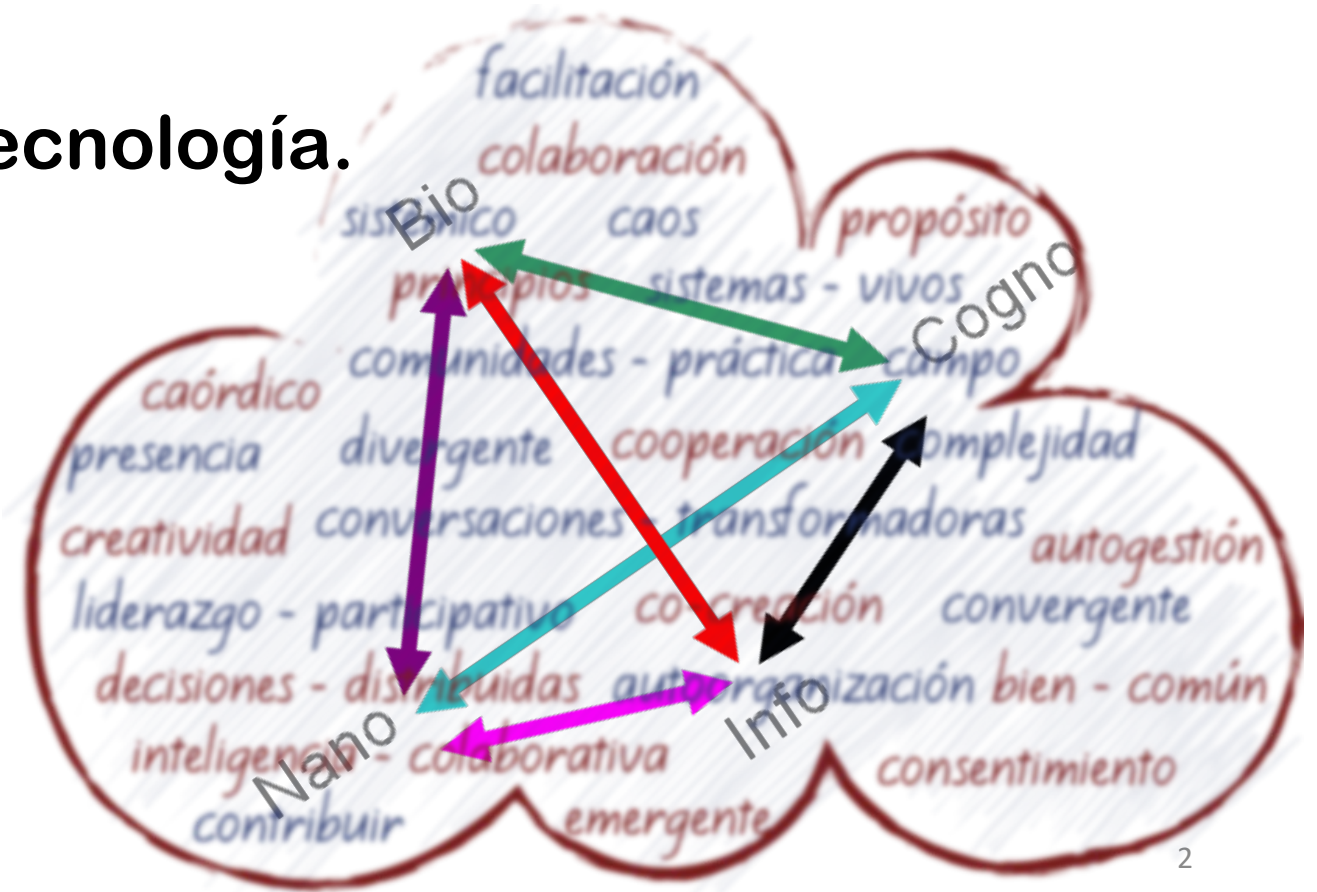
JOSE ROBERTO VEGA BAUDRIT

National Nanotechnology Laboratory, LANOTEC CeNAT CONARE, Costa Rica  
Polymer Laboratory, POLIUNA, National University, Costa Rica

NOVIEMBRE 2020

# Qué es nanotecnología?

- Ciencia y Tecnologías convergentes y emergentes.
- Innovaciones científicas que pueden crear una nueva industria o transformar una existente
- Fenómeno del siglo XXI.
- TICS, Nanotecnología y Biotecnología.
- **PRODUCTO COMERCIAL..!!!**



# Definiciones de nanotecnología

Se debe recurrir a:

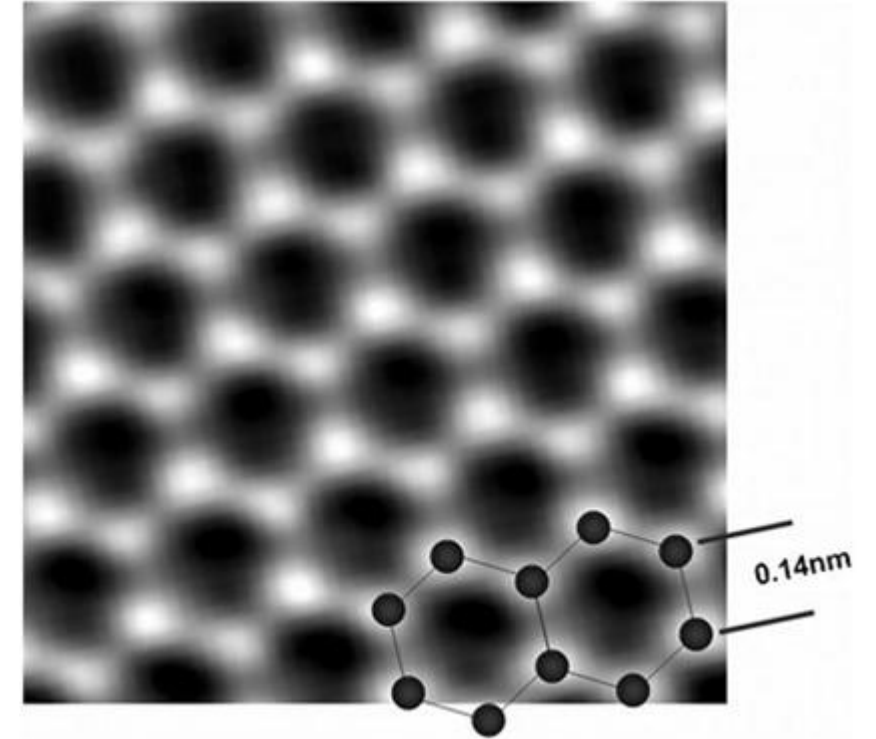
- Combinación de distintas ciencias, ingenierías y tecnologías.
  - Mejoramiento o nuevas propiedades.
  - Nuevas aplicaciones.
  - Muy pequeña dimensión.
- 
- Existen herramientas para construir, caracterizar y emplear estructuras a nanoescala a través de una gran variedad de disciplinas. P.e. SEM, TEM, AFM.



Prefijos del SI			
Prefijo	Símbolo	Factor	Equivalencia decimal
yotta	Y	$10^{24}$	1 000 000 000 000 000 000 000 000 000
zetta	Z	$10^{21}$	1 000 000 000 000 000 000 000 000
exa	E	$10^{18}$	1 000 000 000 000 000 000 000
peta	P	$10^{15}$	1 000 000 000 000 000 000
tera	T	$10^{12}$	1 000 000 000 000 000
giga	G	$10^9$	1 000 000 000
mega	M	$10^6$	1 000 000
kilo	k	$10^3$	1 000
hecto	h	$10^2$	100
deca	da	$10^1$	10
sin prefijo		1	1
deci	d	$10^{-1}$	0.1
centi	c	$10^{-2}$	0.01
mili	m	$10^{-3}$	0.001
micro	$\mu$	$10^{-6}$	0.000 001
nano	n	$10^{-9}$	0.000 000 001
pico	p	$10^{-12}$	0.000 000 000 001
femto	f	$10^{-15}$	0.000 000 000 000 001
atto	a	$10^{-18}$	0.000 000 000 000 000 001
zepto	z	$10^{-21}$	0.000 000 000 000 000 000 001
yocto	y	$10^{-24}$	0.000 000 000 000 000 000 000 001

## Prefijos de medidas

TEM de Grafeno



1 Nanómetro =  $10^{-9}$  m

1 mil millonésima de metro

**10 ÁTOMOS DE HIDRÓGENO**

# Definición de nanotecnología

La nanotecnología consiste en modificar **átomos** o **moléculas** para fabricar **productos**.



La nanotecnología trabaja a nivel atómico y molecular.

- A la escala nanométrica, **no se aplican** las reglas ordinarias de la Física y la Química.
- Las características de los materiales tales como el color, fuerza, conductividad y reactividad, **pueden diferir sustancialmente** entre la nanoescala y lo macro.

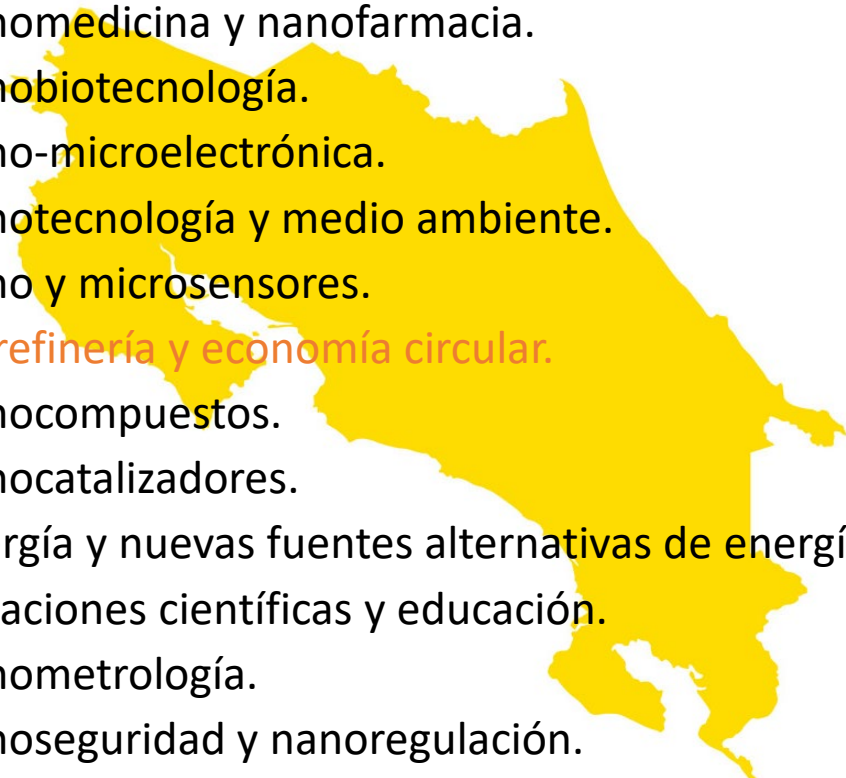
## Impacto de la nanotecnología en la industria mundial:

- Alimentos
- Salud: dispositivos médicos y farmacia
- Polímeros
- Construcción
- Electrónica
- Cerámicas y vidrio
- Agroindustria y revalorización de subproductos
- Textiles
- Deportes
- Cosmética
- Agua, energía y ambiente



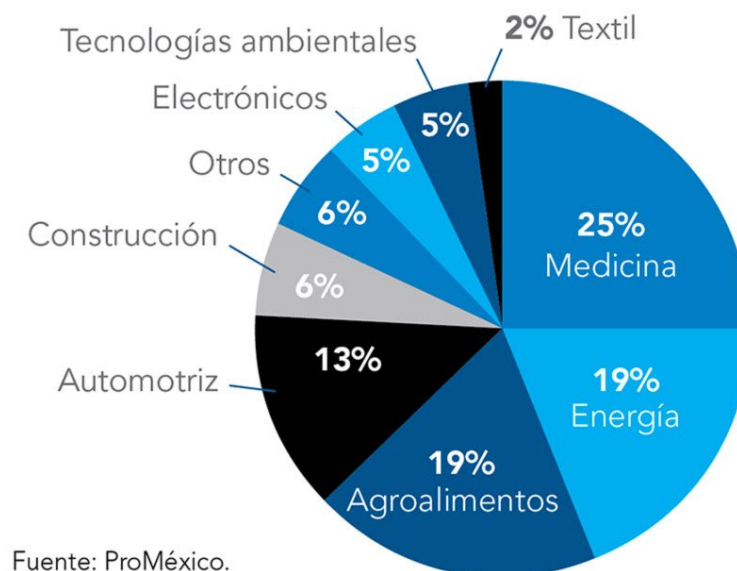
# Fortalezas en el desarrollo sostenible de la nanotecnología en Costa Rica

- Biodiversidad.
- Nanomedicina y nanofarmacia.
- Nanobiotecnología.
- Nano-microelectrónica.
- Nanotecnología y medio ambiente.
- Nano y microsensores.
- **Biorefinería y economía circular.**
- Nanocompuestos.
- Nanocatalizadores.
- Energía y nuevas fuentes alternativas de energía.
- Vocaciones científicas y educación.
- Nanometrología.
- Nanoseguridad y nanoregulación.
- Aspectos éticos y sociales de la nanotecnología y su desarrollo en Costa Rica.



## PRINCIPALES INDUSTRIAS CON DESARROLLO DE PRODUCTOS Y SERVICIOS CON NANOTECNOLOGÍA

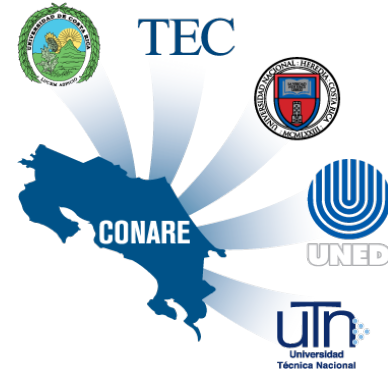
Sep 2020



Fuente: ProMéxico.

# Nanotecnología en CR: Hechos

1. Pilares de la Estrategia del Siglo XXI.
2. Decreto de respaldo del MICITT, 2011.
3. Programas y redes universitarias de CONARE.
4. Incorporación a la Secretaría Técnica para la Gestión de Sustancias Químicas
  - *Comisión de Nanotecnología: MS, MINAE, CONARE.*
5. Comité de Químicos y el Grupo de Trabajo sobre Sustancias Químicas, Plaguicidas y Biotecnología– OCDE.
6. Incorporación a INTECO y la creación del CTN de Nanotecnología.
7. Contribución a la creación del Cluster Costarricense de Biotecnología, Dispositivos Médicos y Ciencias de la Vida CRBiomed.
- 8. Estrategia Nacional de Bioeconomía 2020-2030.**
9. Programa Nacional de Desarrollo, PNDN, 2013.
- 10. Creación del LANOTEC-CeNAT, 2004.**

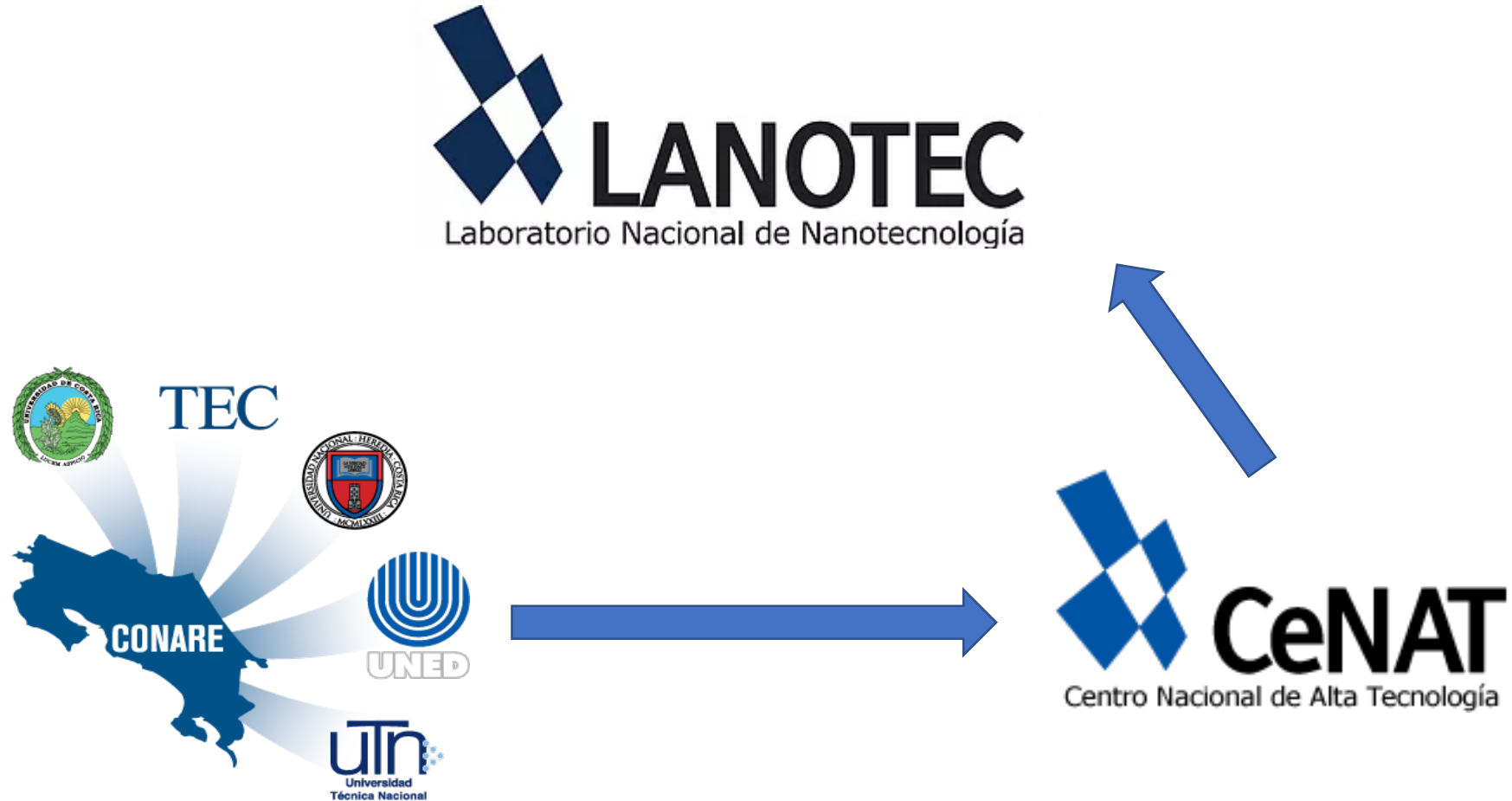


CR biomed  
cluster





# Creación del Laboratorio Nacional de Nanotecnología



# Administración del LANOTEC

## Edificio CeNAT – CONARE

Dr. F. Chang Diaz

Antiguo AID, Donación gobierno.



# LANOTEC



- Inauguración: agosto 2004.
- Inicia funciones: julio 2006.
- Superficie: 500 m<sup>2</sup>.
- Inversión inicial: \$50,000.
- Laboratorio de química y biología, cuarto instrumental, planta piloto (quitina, nanocelulosa), impresión 3D, oficinas, biblioteca.



## Objetivos

- **Investigar** en el área de la Micro y Nanotecnología enfocado en nanoestructuras, microsensores y materiales avanzados.
- Servir de **centro-laboratorio** para la formación en nanotecnología en colaboración con instituciones y programas académicos.
- Establecer **alianzas estratégicas** con industrias de alta tecnología para el desarrollo de servicios y productos especializados que contribuyan con el sector productivo del país.

# EQUIPO MULTIDISCIPLINARIO

- Dr. José Vega Baudrit, Director
- Dra. Yendry Corrales, Ing. Química, AFM
- Dr. Sergio Paniagua, Químico
- Dra. Andrea Araya, M.Sc. Química. Control Calidad
- Dr. Diego Batista, M.Sc., Biólogo, Biotecnólogo
- Dra. Gabriela Montes de Oca, M.Sc. Biología y Biotecnología.
- M.Sc. Melissa Camacho, Química, Innovación
- I.Q. Andrea Rivera, Ing. Química.
- B. Reinaldo Pereira , Biólogo y microscopista
- Ing. Rodrigo Mora, Ing. Materiales
- Flor Flores, Asistente administrativa.
- Carolina Morales, secretaria
- Lic. Gastón Baudrit, CONARE, Abogado.
- Lic. Cynthia Cordero, Administrador, FUNCENAT
- Tesiarios nacionales e internacionales, Becas CENAT.
- Estudiantes UCR, TEC, UNA, UNED, UTN, Privadas, LANOTEC
- Lic. Luis Castillo Henríquez, Farmacia
- Dr. Leo Lesser, Ing Eléctrico
- Dr. Víctor Hugo Soto Tellini, Químico
- Dr. José Saavedra, Físico
- Dr. Jorge Cubero, Ing. Mecánico
- M.Sc. Allan Campos, Físico.
- Dra. Jeannette Benavides, NASA
- Dr. Daniel Chavarría, Odontólogo

Apoyo



# Áreas de trabajo en el LANOTEC



**Producto**

**Socios:** universidades y centros de investigación, gobierno, empresas

# LANOTEC: 6 Nodos de investigación:

Numero	Nodo	Temas	Objetivo
1	Mecatrónica	Impresión 3D, restauración y preservación de arte y objetos antiguos. Electrónica	Procesos de Innovación
2	Nanobiotecnología <b>Materiales avanzados y Energía: Biorefinería, Bioeconomía</b>	Bioeconomía Biorefinería: Biomasa, energía. Reactor condiciones supercríticas Nanomateriales	
3	Nanobiodiversidad	Nanobiomimetismo	
4	Nanomedicina, Dispositivos médicos, Farmacia	Acreditación ISO 17025 Proyectos de alta tecnología	
5	Vocaciones científicas	Nanoprofesor, OLCOQUIM	
6	Regulación e Impacto en la sociedad	Nanometrología, patrones de referencia. Normalización, seguridad laboral, Aspectos regulatorios	

# Qué es Biorrefinería?





## • REFINERIA:

Una **refinería** (destilería) es una plataforma industrial destinada a la **refinación** del petróleo.

Mediante un proceso, se obtienen diversos combustibles fósiles capaces de ser utilizados en motores de combustión: **gas oil, nafta**

Además, y como parte del proceso, se obtienen diversos productos tales como **aceites minerales, plásticos y asfaltos**.

Columna de destilación

Múltiples productos:

Gases

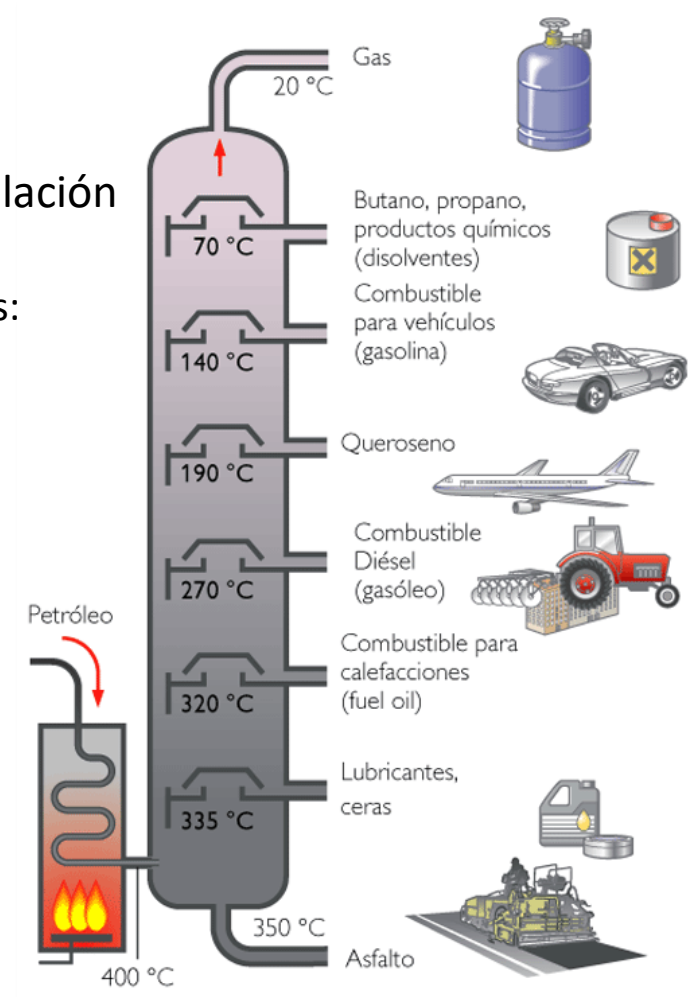
Combustible

Queroseno

Ceras y lubricantes

Plásticos

Asfaltos



## IMPACTO DE LA REFINERÍA



Los **impactos ambientales** de una destilería de petróleo son el resultado, principalmente, de las **emisiones gaseosas, descargas de efluentes, desechos sólidos, ruido y olor** además de **efectos visuales o estéticos**

## CONSIDERANDO:

- Las reservas de combustibles fósiles se agotan.
- El tratamiento de residuos es cada vez más costoso y problemático.
- El crecimiento poblacional requiere más energía y consumo de productos.
- El cambio climático ya es una realidad.



**BIORREFINERIA**

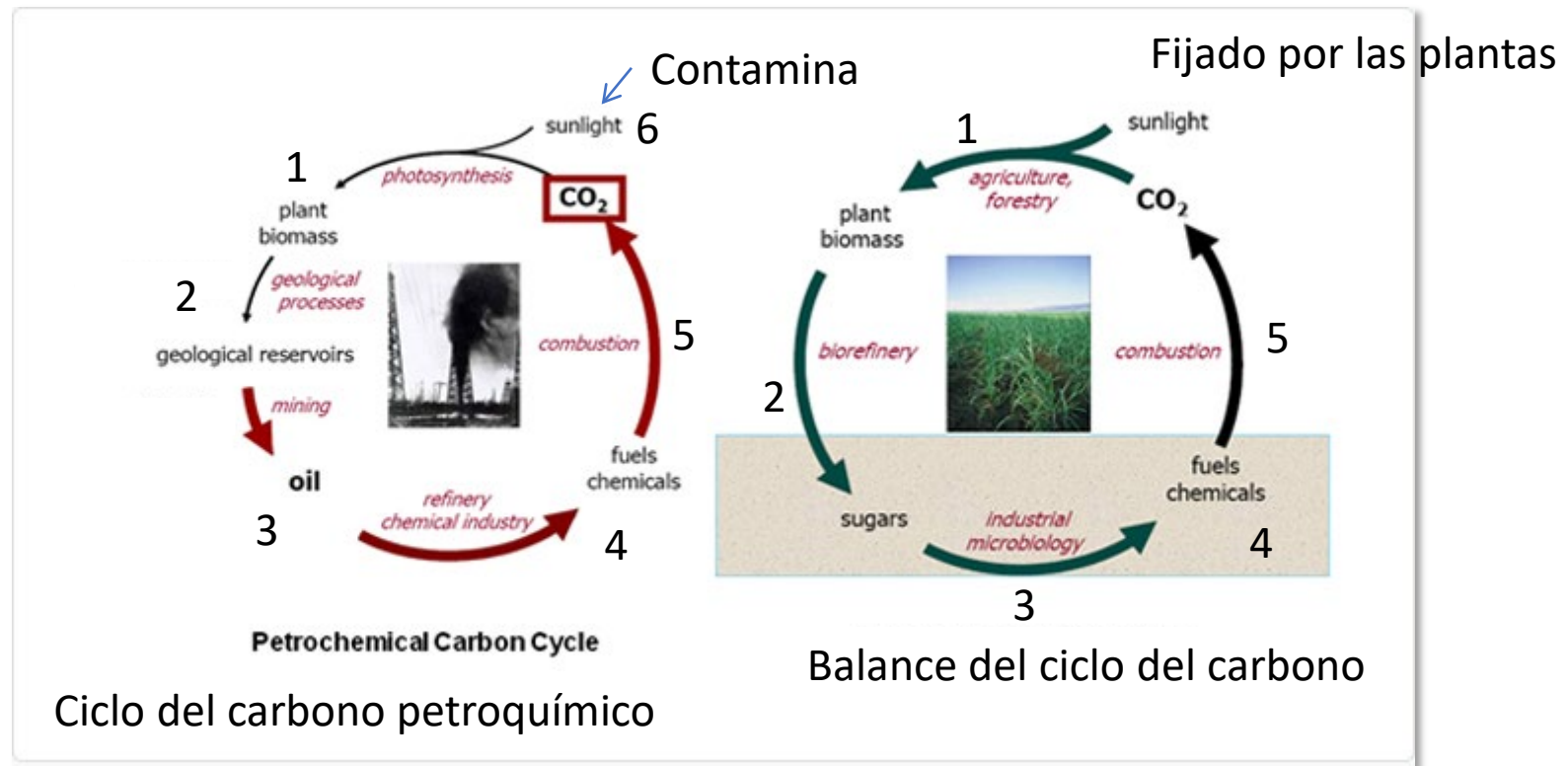
# BIORREFINERIA

- Proceso **análogo a la refinería** del petróleo para obtener productos y energía pero empleando biomasa.

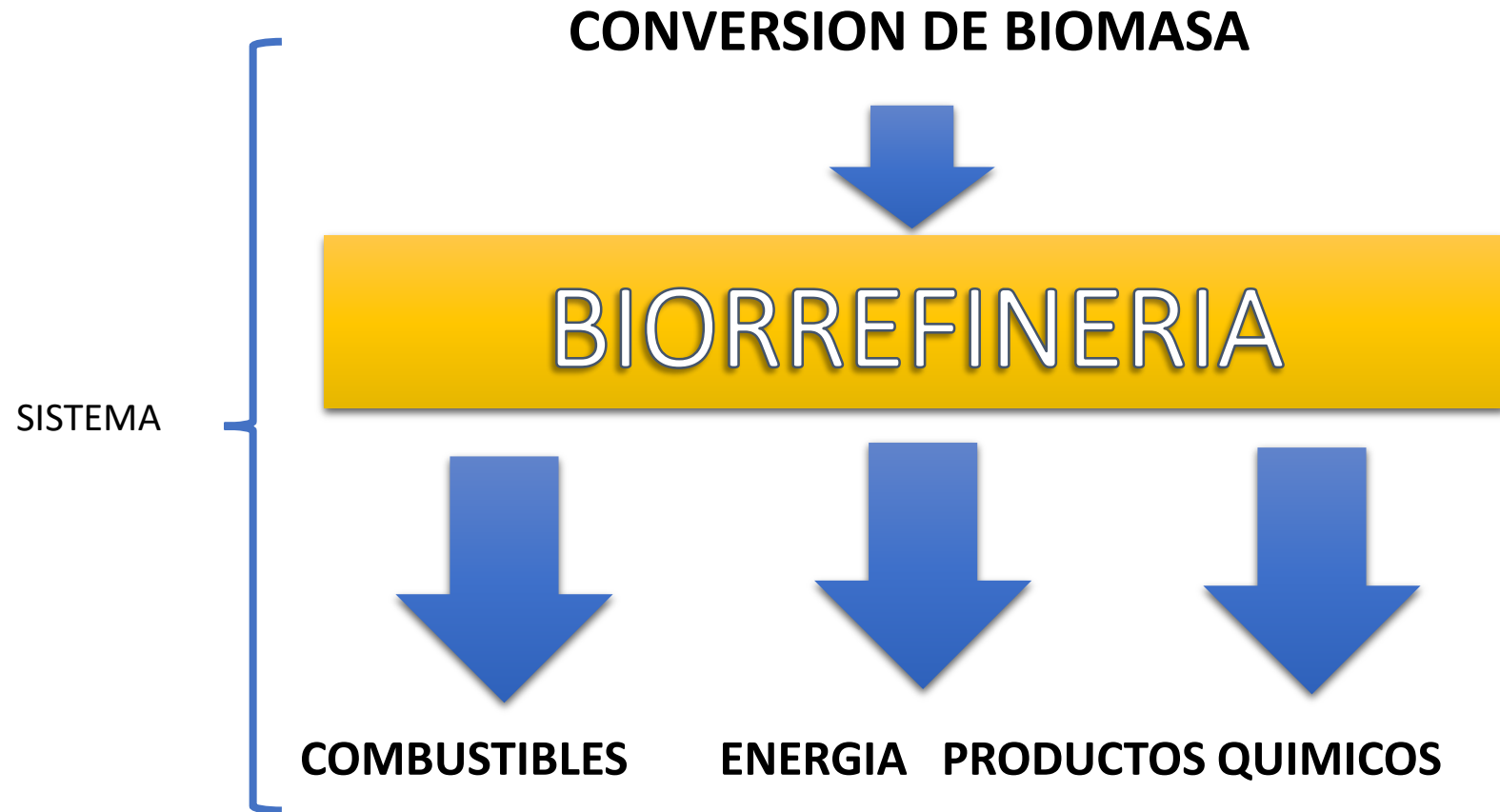


# REFINERÍA VS. BIORREFINERÍA:

Ciclo de fijación de carbono: Forma de retorno del carbono a la naturaleza.

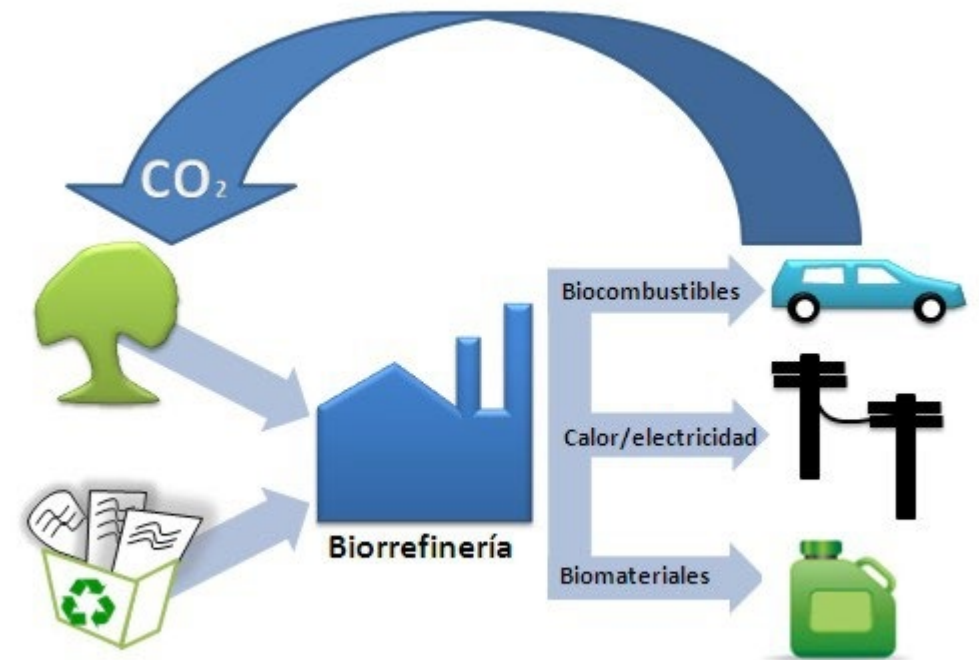


- Una **biorrefinería** es un SISTEMA que integra procesos de conversión de biomasa y equipamiento para producir combustibles, energía y productos químicos a partir de la biomasa



# Materia prima: origen

- **Sector Agrícola:** cultivos energéticos y residuos agrícolas.
- **Sector Forestal:** madera, cultivos energéticos y residuos de la industria de la madera.
- **Sector Industrial:** subproductos/residuos de los procesos industriales.
- **Actividades domésticas:** residuos orgánicos.
- **Acuicultura:** algas.
- Otros.



# Ejemplos: Biorefinería y economía circular: caso de caña de azúcar:



- Balances de Masa y Energía
- Balances económicos, flujos de caja y estimación de VAN y TIR
- Comparación de alternativas

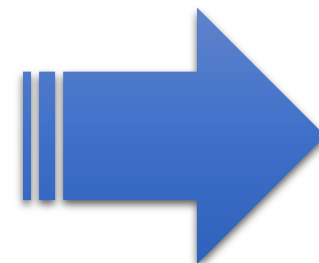
VAN valor actual neto  
TIR tasa interna de retorno



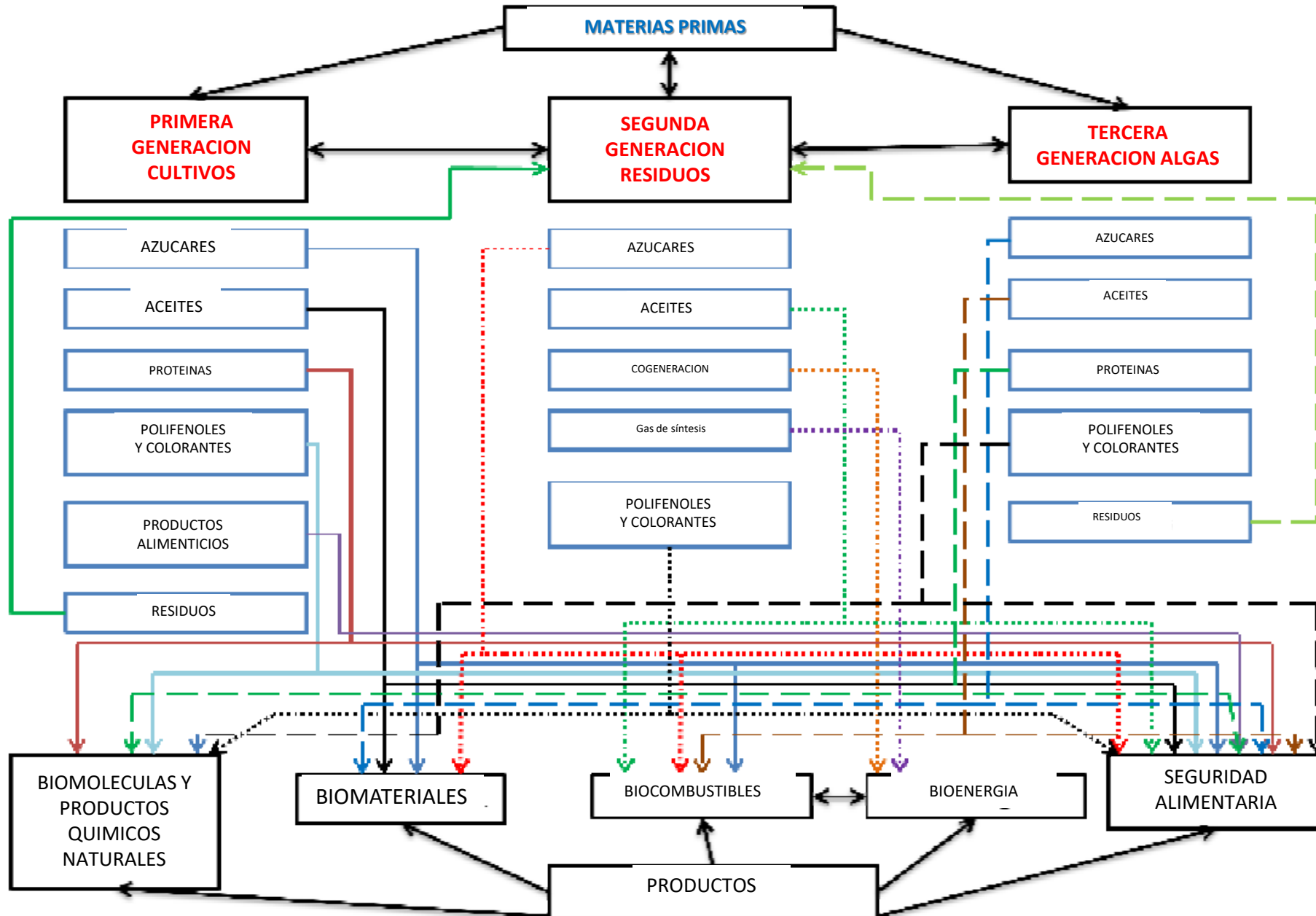
LA BIORREFINERÍA COMO EJEMPLO DE PRODUCCIÓN SUSTENTABLE EN LOS SECTORES ARROCERO Y FORESTAL  
Dra. María Cristina Area

<https://docplayer.es/79372577-La-biorrefineria-como-ejemplo-de-produccion-sustentable-en-los-sectores-arrocero-y-forestal.html>





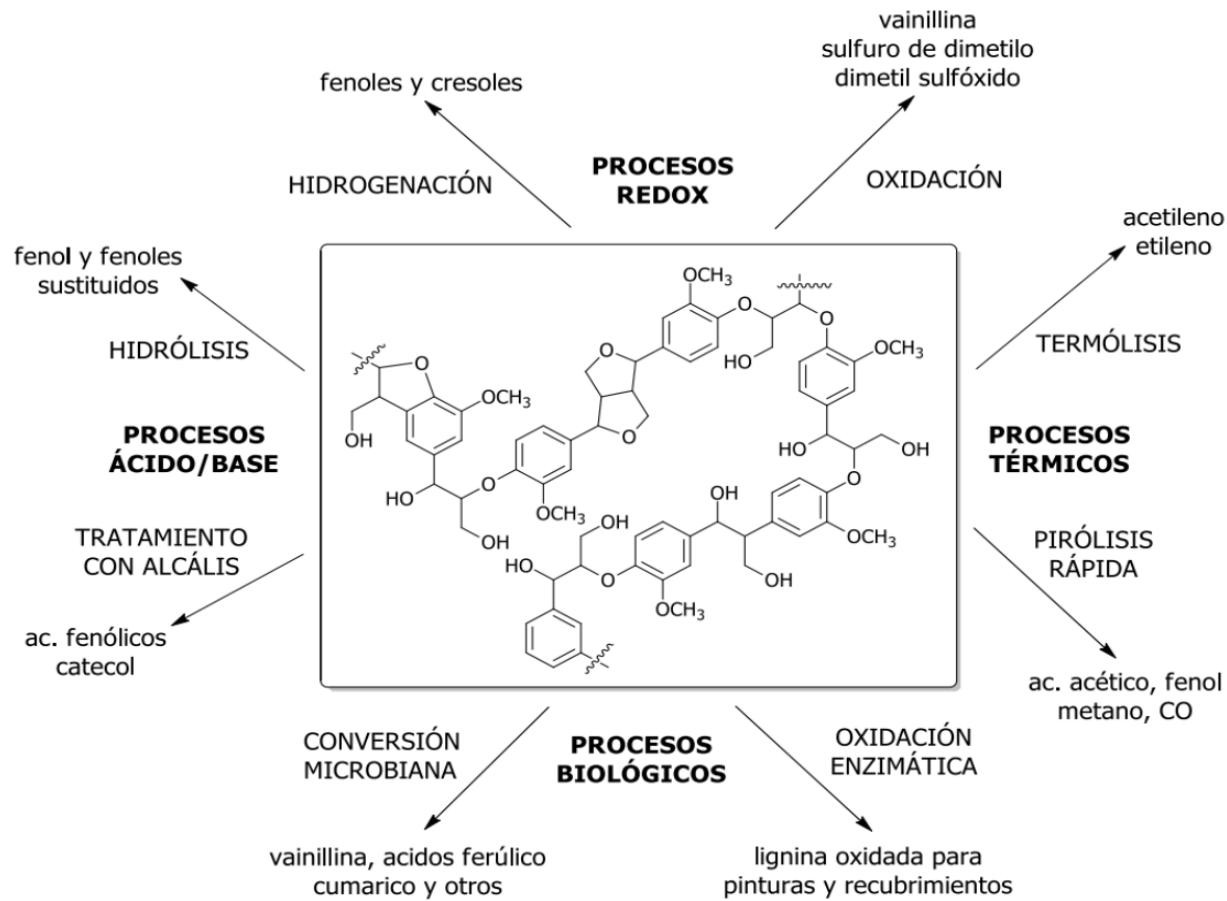
Red de diferentes relaciones entre materias primas de 1ª, 2ª y 3ª generación con productos en una biorrefinería.



# BIOMASA: hay 3 RUTAS de conversión:



# Algunos productos químicos:



<b>1,4-Diacids</b> <chem>OC(=O)CC(=O)O</chem>	<b>2,5-Furan-dicarboxylic acid</b> <chem>OC(=O)c1cc(C(=O)O)oc1</chem>	<b>3-Hydroxy-propionic acid</b> <chem>OC(=O)CCO</chem>	<b>Aspartic acid</b> <chem>OC(=O)C(CO)C(=O)O</chem>
<b>Glucaric acid</b> <chem>OC(=O)C(O)C(O)C(O)C(O)C(=O)O</chem>	<b>Glutamic acid</b> <chem>OC(=O)C(CO)CC(=O)O</chem>	<b>Itaconic acid</b> <chem>OC(=O)C=CC(=O)O</chem>	<b>Levulinic acid</b> <chem>CC(=O)CC(=O)O</chem>
<b>3-Hydroxy-butyrolactone</b> <chem>O=C1OC(O)CC1</chem>	<b>Glycerol</b> <chem>OCC(O)CO</chem>	<b>Sorbitol</b> <chem>OCC(O)C(O)C(O)CO</chem>	<b>Xylitol/Arabitol</b> <chem>OCC(O)C(O)C(O)C(O)O</chem>

Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas · Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia · Universidad de San Carlos de Guatemala

**Estudio preliminar de la obtención de compuestos híbridos de quitosano y polifenoles derivados de lignina a partir de subproductos agropecuarios y pesquería de camarón**

Preliminary study of the production of hybrid compounds of chitosan and polyphenols derived from lignin from agroindustry and shrimp fishery

Mary Lopretti Correa<sup>1</sup>, Marianelly Esquivel Alfaro<sup>2</sup>, Sergio Madrigal Carballo<sup>2</sup>, Yendry Corrales Ureña<sup>3</sup>, José Vega-Baudrit<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias, Universidad de la República y Bioprocesos LATU, Uruguay

<sup>2</sup>Laboratorio de Polímeros, Escuela de Química, Universidad Nacional, Costa Rica

<sup>3</sup>Laboratorio Nacional de Nanotecnología LANOTEC-CeNAT-CONARE, Costa Rica.  
jvegab@gmail.com

Recibido: 23 de febrero 2017 Aceptado: 26 de mayo 2017

# Investigación desde 1985 a la fecha

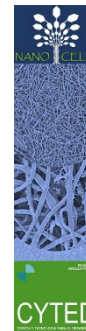


- Caracterización de sustratos de los “desechos agroindustriales”.
- Normas ASTM: contenido de celulosas, ligninas, humedad, extractos, cenizas, entre otros.
- Creación de redes de trabajo: CYTED: Red ADA, Red de Quitina, Red dextranos y fructuosa.
- Piña, café, banana, palma africana, arroz, maíz, entre otros.
- Celulosas (técnica, microcristalina), ligninas, algunos derivados: CMC, vainillina, polímeros con refuerzos.
- La PIÑA por lo general, presentaba los mejores resultados.



Programa Iberoamericano para el Fortalecimiento de la Cooperación Sur Sur

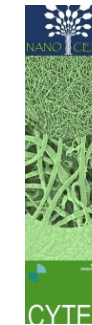
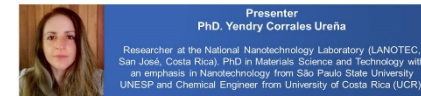
**Proyecto Cooperación Sur-Sur 2017:** “Capacitación en nanobiotecnología, valorización de subproductos industriales y fomento de vocaciones científicas entre Uruguay y Costa Rica”. Ejecución 2018 - 2019



**NANO CELIA NETWORK**  
WEBINAR SERIES

**Extracellular nanostructures as inspiration for designing novel materials**

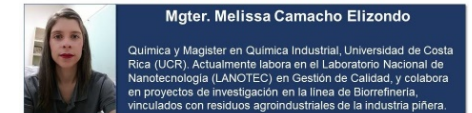
Thursday 9<sup>th</sup> July 2020  
11:00 am – 12:00 md Buenos Aires (GMT-3)  
4:00 pm – 5:00 pm Brussels (GTM+2)



**RED TEMÁTICA NANO CELIA**  
SEMINARIOS VIRTUALES - Semanales

**Nanotecnología y biorrefinería en Costa Rica**

Jueves 18 de Junio 2020  
11:00 pm – 12:00 pm Buenos Aires (GMT-3)



← **LIBRO**

**Proyecto: Obtención de micro y nanocelulosa a partir de residuos agroindustriales y forestales disponibles en el Paraguay, CONACYT**

INCADE S.A. / Universidad Americana



**INCADE S.A.**  
**UNIVERSIDAD AMERICANA**

# CASO DE LA PIÑA EN CR: INTRODUCCION

- Cultivo presente en el país desde hace más de 50 años.
- En sus inicios, la producción se destinaba para consumo local y en menor proporción a la industrialización de pulpas, mermeladas y enlatados.
- En 1986 se inició su exportación con la variedad **Cayenna Lisa**, posteriormente se continuó con **Champaca**.
- Para 2001, con la variedad que dado un lugar de preferencia a nivel mundial a CR: **Golden**.
- En la actualidad existen 44.500 hectáreas netas dedicadas al cultivo.



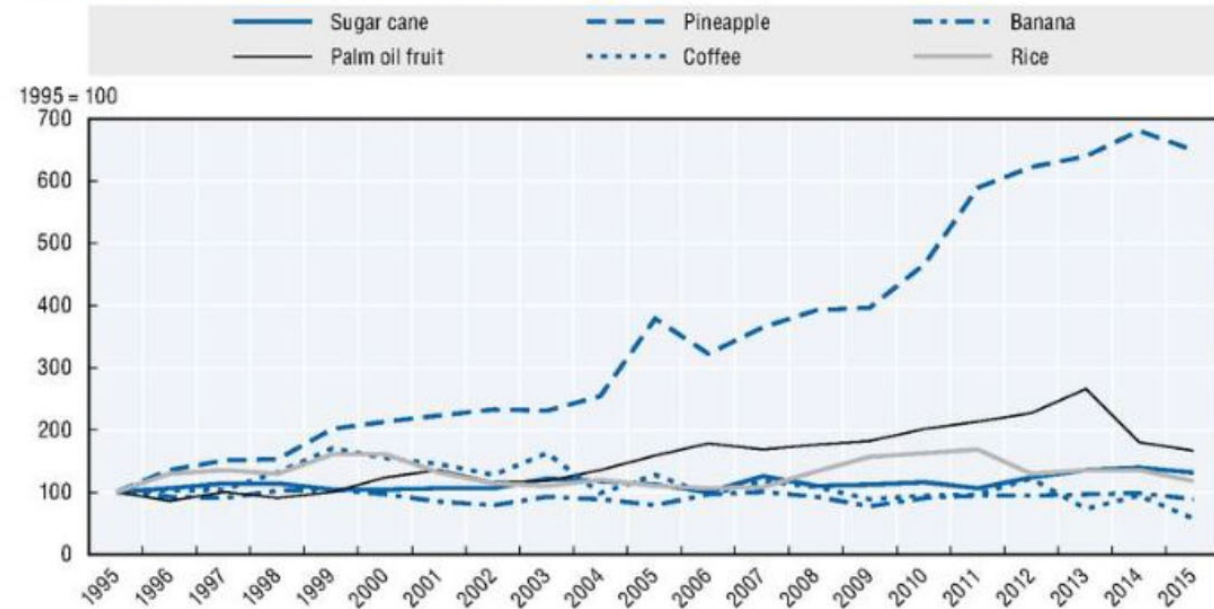
# Cultivo de piña

## Sustainable Pineapple Costa Rica Market Study

CSR Netherlands (MVO Nederland / De Groene Zaak)  
Ilonka Nennie and Hasse de Boer  
29 May 2018



Figure 5: Growth in crop production, 1995-2015 index (OECD, 2017)



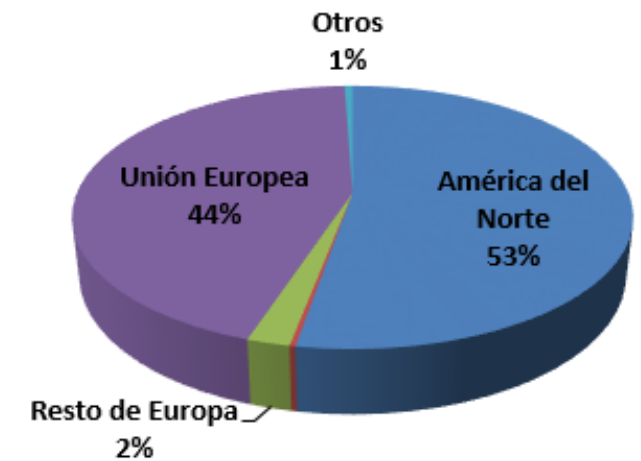
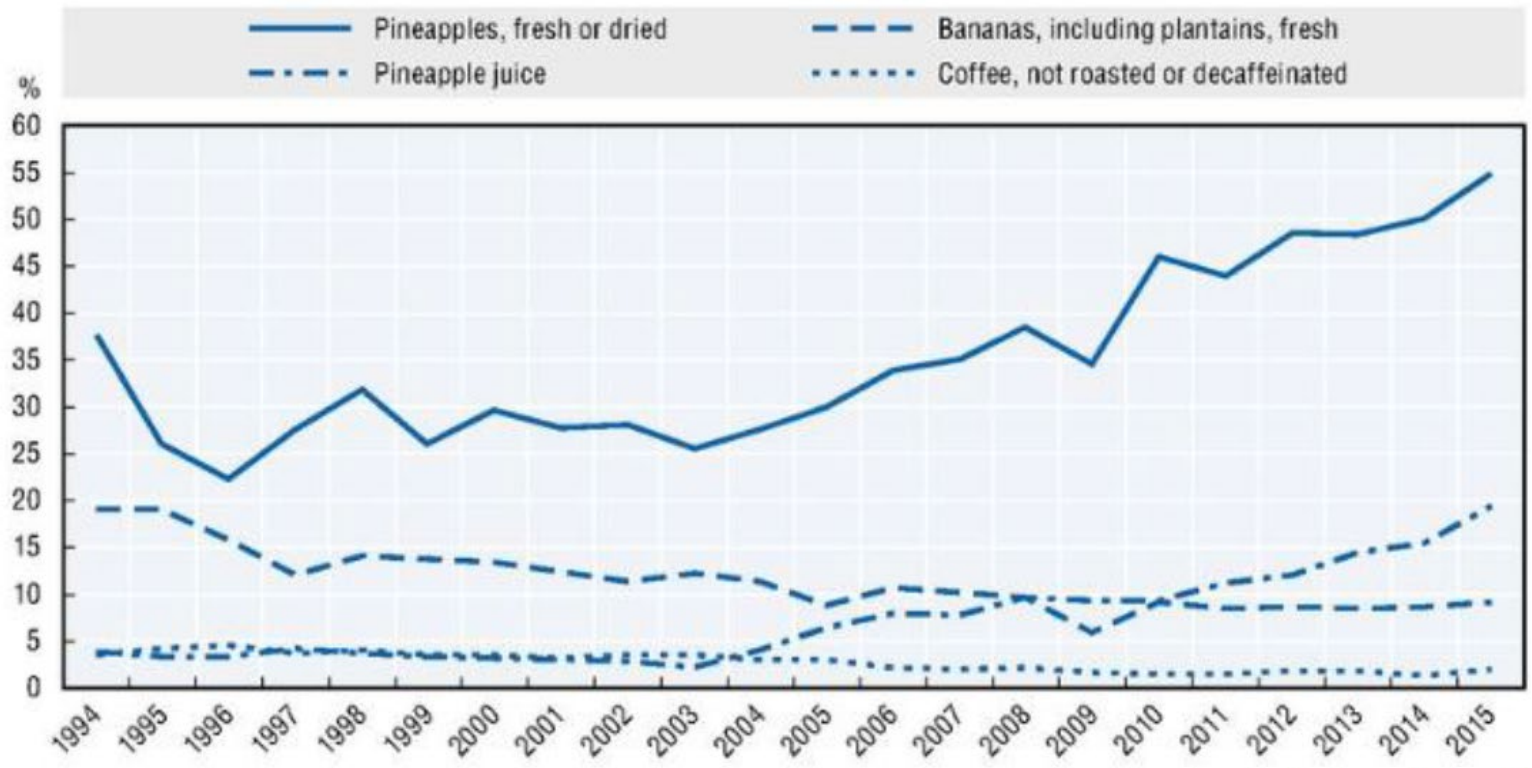
Note: This Index is derived from the total national production of the crops selected.

**Pineapple production in Costa Rica multiplied by 7 (1995-2015)  
Equalling almost 2.8 million tonnes in 2015 (OECD, 2017)**

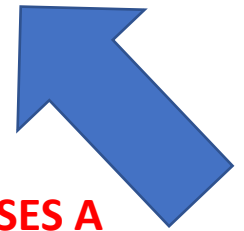


- Costa Rica exportó un 55% de la piña fresca y seca del mundo en el 2015.
- Aproximadamente 1.9 millones de toneladas (UN, 2016).
- Según la figura, supera por mucho las exportaciones de banano y café

Figure 6: Costa Rica's share in world exports of selected commodities, 1994-2015 (OECD, 2017)



<https://canapep.com/estadisticas/>



**UE Y USA PRINCIPALES PAISES A LOS QUE SE EXPORTA**

# Principales desechos de la piña



## 1. Agroindustrialización del producto



60% Desechos

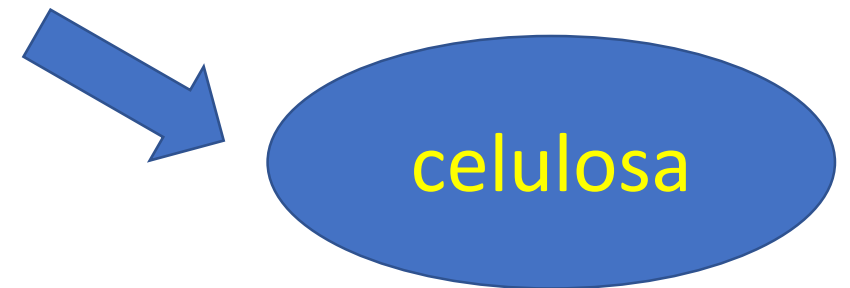
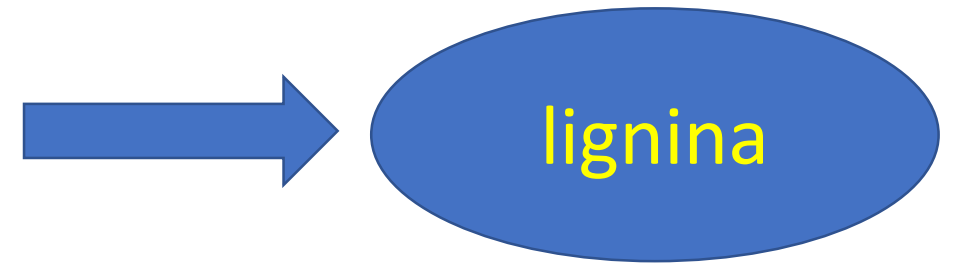
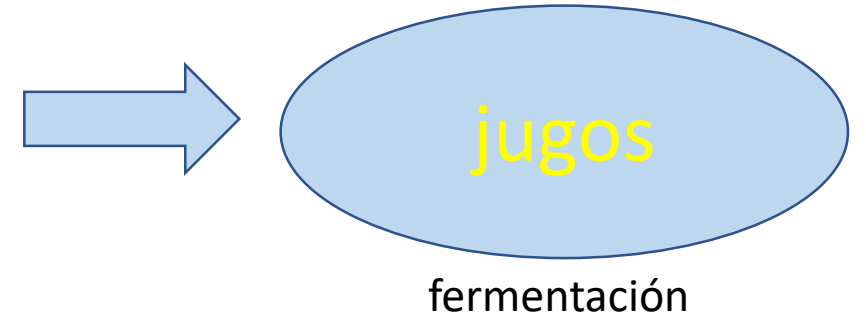
- 33% cáscara
- 21% hojas
- 46% otros



## 2. Planta descartada: pinzote, bagazo de piña



Proceso deslignificación:  
NaOH, Enzimáticos, mecánicos, entre otros



# Datos de caracterización de los desechos de piña

**Tabla 1.** Propiedades fisicoquímicas del rastrojo de piña en base seca.

Ensayo	Resultado (%)
Cenizas	4,60 ± 0,01
Humedad	13,5 ± 0,2
Solubilidad en agua caliente	38,45 ± 0,02
Solubilidad en agua fría	36,90 ± 0,02
Extractos ciclohexano/ etanol	8,74 ± 0,01
Holocelulosa	42,70 ± 0,01
Lignina	27,72 ± 0,01
Alfa-celulosa	45,12 ± 0,02

**Cuadro 2.** Composición de la cáscara de piña seca y molida variedad MD2.

Ensayo	Resultado
Humedad	7,46 % (± 0,01)
Cenizas	4,25 % (± 0,01)
Solubilidad agua fría	29,32 % (± 0,01)
Solubilidad agua caliente	30,93 % (± 0,01)
Solubilidad ciclohexano-etanol	24,74 % (± 0,02)
Lignina	9,05 % (± 0,02)
α-celulosa	41,19 % (± 0,01)
Holocelulosa	65,61 % (± 0,01)
Xilano	28,40 g/L (± 0,04)



Revista Iberoamericana de Polímeros  
Quesada et al.

Volumen 6(2), Junio de 2005  
Fibras del rastrojo de piña

UNICIENCIA 26  
pp. 75-89  
2012

UTILIZACIÓN DE LAS FIBRAS DEL RASTROJO DE PIÑA (*Ananas comusus*, variedad *champaka*) COMO MATERIAL DE REFUERZO EN RESINAS DE POLIÉSTER

Karol Quesada-Solis<sup>1</sup>, Patricia Alvarado-Aguilar<sup>1</sup>, Rosario Sibaja-Ballester<sup>1</sup>, José Vega-Baudrit<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Polímeros-POLIUNA, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica  
<sup>2</sup>Laboratorio de Adhesión y Adhesivos, Universidad de Alicante, España. Correo electrónico: jvegab@hotmail.com

OBTENCIÓN DE XILOSA A PARTIR DE DESECHOS LIGNOCELULÓSICOS DE LA PRODUCCIÓN Y PROCESO INDUSTRIAL DE LA PIÑA (*Ananascomusus*)

XYLOSE FROM LIGNOCELLULOSIC WASTE IN THE PRODUCTION AND INDUSTRIAL PROCESSING OF PINNEAPPLE (*Ananascomusus*)

Karla Ramírez Amador<sup>1</sup>  
Óscar Rojas Carrillo<sup>2</sup>  
Patricia Alvarado Aguilar<sup>3</sup>  
José Vega-Baudrit<sup>4</sup>

# Propiedades mecánicas de fibras naturales

Fibras	Módulo de Young (GPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	Deformación por fractura (%)	Diámetro (μm)	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )
Hoja de piña	34,5–82,5 +	413-1627 +	0,8-1,6	20-80	1,44
Lino	27,6	45-1100	2,7-3,2	-	1,5-3
Yute	1,3-26,5	393-773	7-8	20-200	1,3-1,45
Banano	7,7-20	529-754	1,0-3,5	-	1,35
Algodón	5,5-12,6	287-800	2-8 +	-	1,5-1,6
E-vidrio	70	2000-3200	2,5	-	2,5
S-vidrio	86	4570	2,8	-	2,5
Aramida	63-67	3000-3150	3,3-3,7	-	1,4

# Aplicación: Industria textil

**Fibras de la hoja de piña se someten**

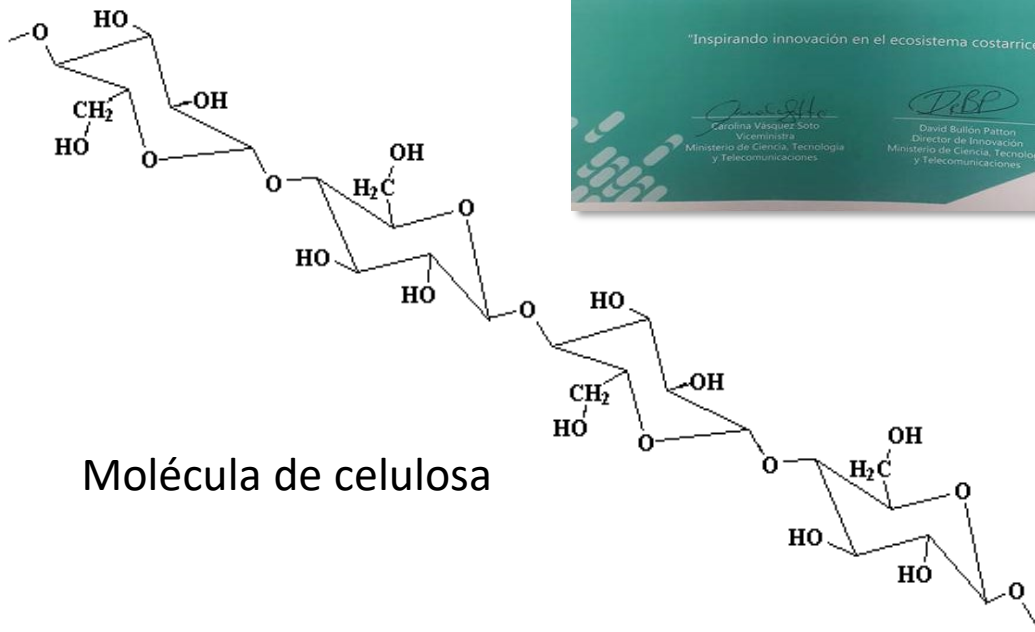
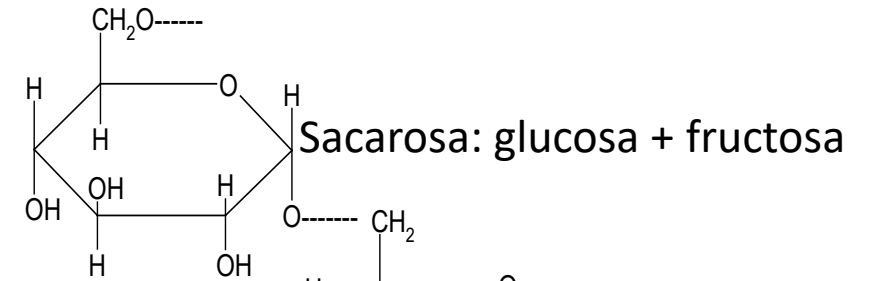
- Tratamiento de rebrote de agua
- Tratamiento de desengomado
- Tratamiento de blanqueamiento



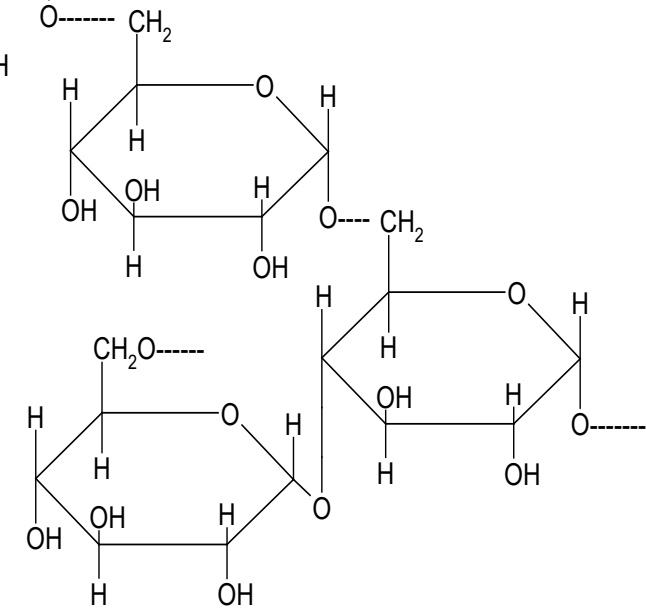
(Hazarinka et al , 2016).



**LANOTEC-POLIUNA: reconocidos como uno de los 20 Campeones de la Innovación 2013 por DEXTRANOS DE JUGOS RESIDUALES DE PIÑA y 2015 por OBTENCION DE NANOCELULOSA DE CÁSCARA DE PIÑA.**



Molécula de celulosa



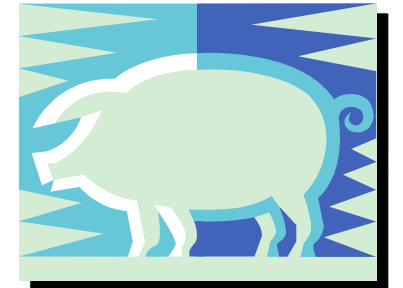
Molécula de dextrano



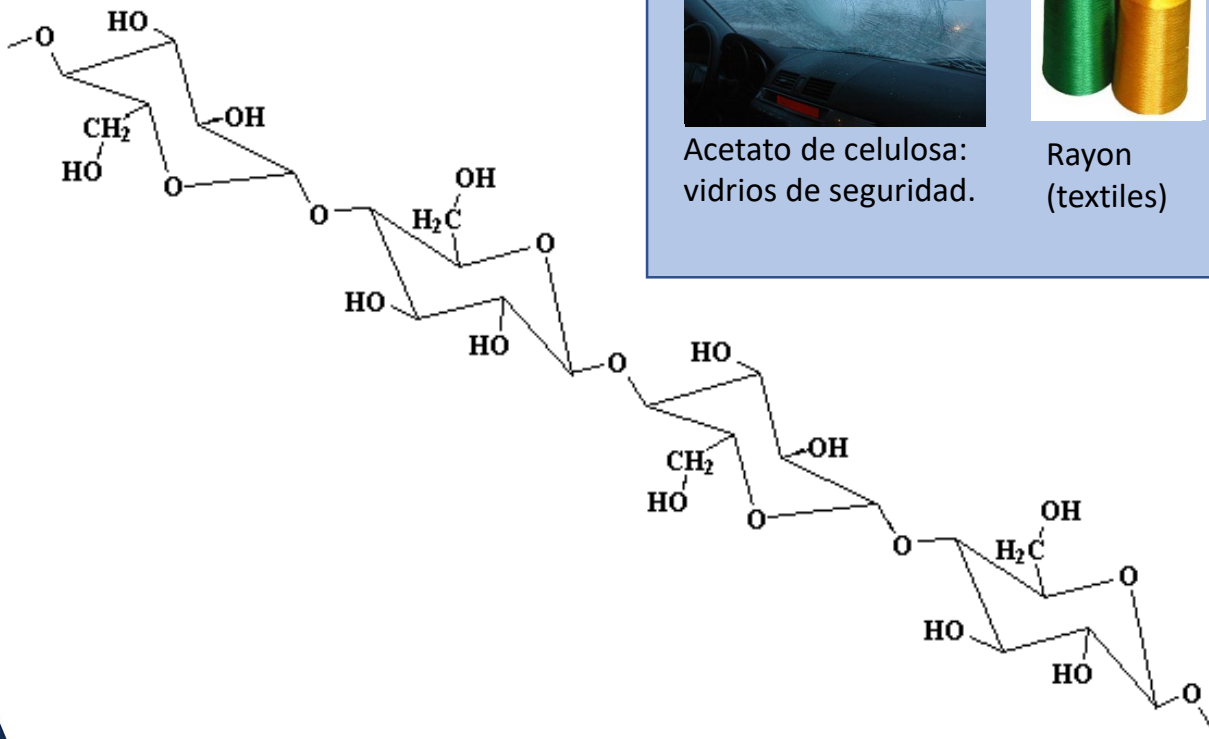




- **Dextrano (75 000):** **sucedáneo del plasma sanguíneo**, disuelto en suero fisiológico (6%) da una disolución de presión osmótica y viscosidad semejante al del plasma sanguíneo. Se emplea en las transfusiones de sangre como **aditivo**.
- **Dextrano (40 000):** **evita la agregación y estancamiento de células sanguíneas**. Se administra por vía endovenosa.
- **Dextrano (10 000):** se transforma primero en **sulfato de dextrano**, que tiene **propiedades anticoagulantes**, se emplea en forma de pomadas en varices y edemas.
- **Complejos hierro-dextrano** utilizados en medicina veterinaria: anemia en cerdos.
- **Formulaciones** de detergentes, cosméticos y maquillajes líquidos, adhesivos, agentes espesantes, aglutinantes, en la homogenización de los tabacos, helados, salsas y aderezos.
- En la **industria del papel**, en formulaciones sólidas farmacéuticas como tabletas, en la industria de la pintura como preservante, impresiones, alimentación, entre otras.



# Actuales usos de la celulosa



Acetato de celulosa:  
vidrios de seguridad.



Rayon  
(textiles)



Nitrocelulosa  
(explosivos)



Metilcelulosa:  
alimentos y fármacos



Espesante  
Emulsificante



Papel

# Otro producto de la CELULOSA: nanocelulosa

- Producción de papel
- Pinturas
- Cosméticos
- Medicina
- Farmacia
- Embalaje en industria alimentaria - nano refuerzo

**Potencial de nanocelulosa**



Cobertores  
Mercado de \$8,2 billones  
(4,2% crecimiento anual)



Pinturas, barnices,  
recubrimientos, hidrogeles.

Medicina



Láminas flexibles (pantallas, baterías) IBM

## PELICULAS DE NANOCELULOSA PARA CREAR SENSORES UBICACION, TEMPERATURA, pH, azúcar, oximetría.

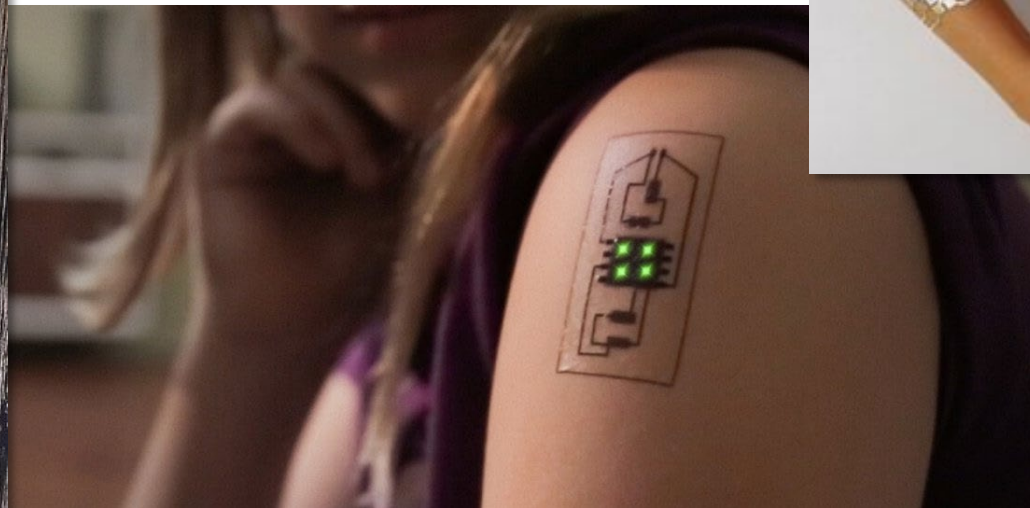
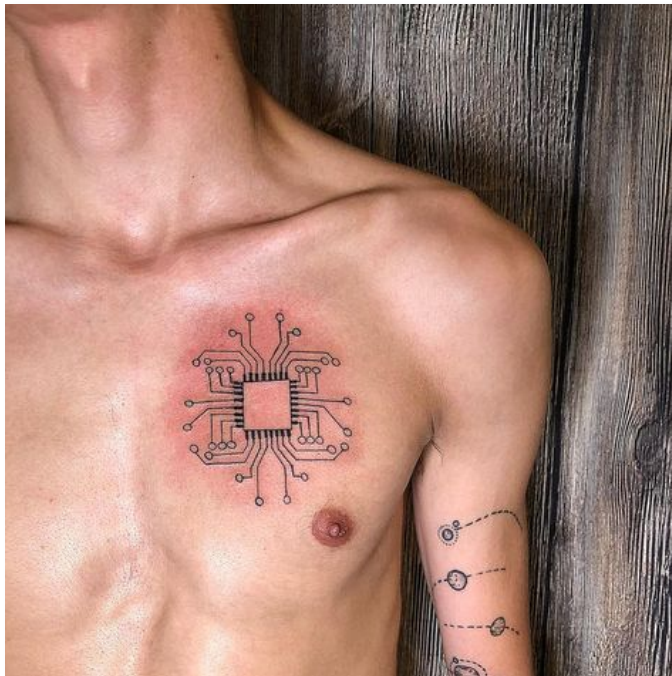
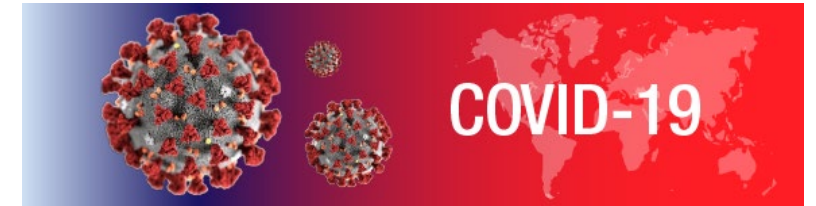
### Internet of medical things IoMT:

**Coordinator:** PhD. José Roberto Vega Baudrit, email: [jvegab@gmail.com](mailto:jvegab@gmail.com)

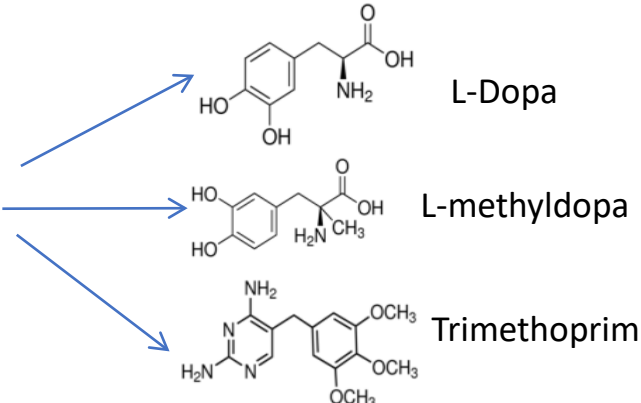
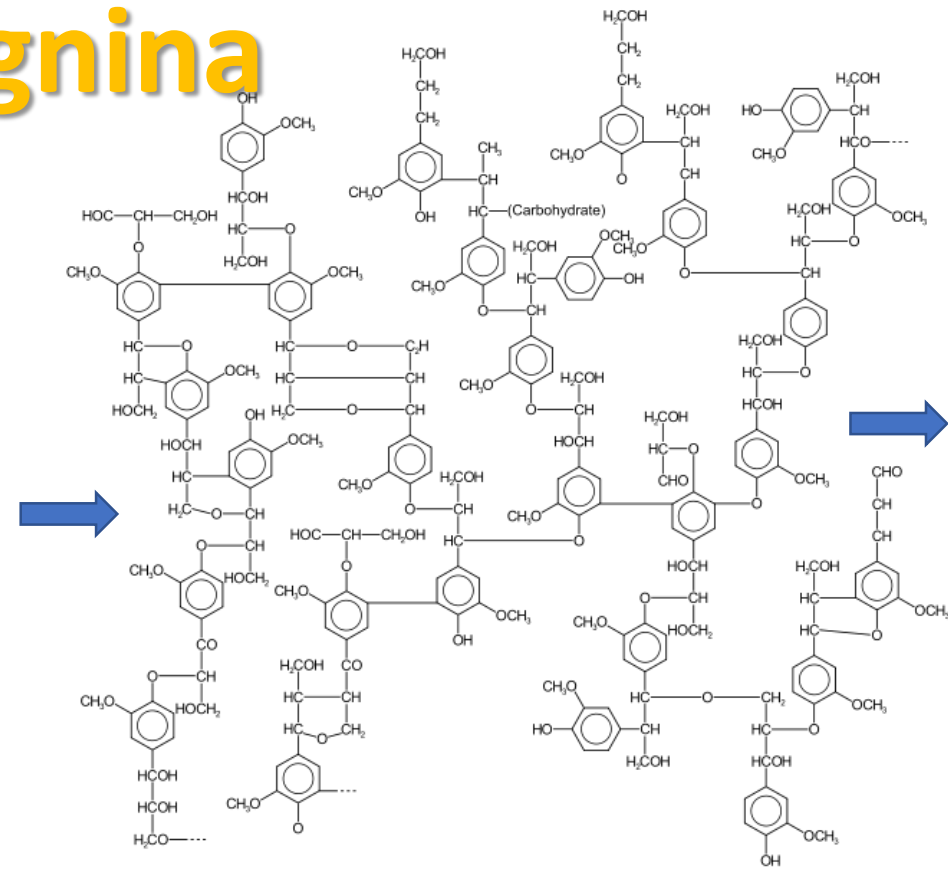
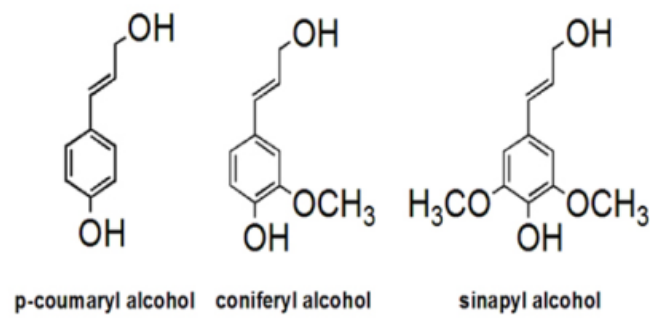
Obtaining patches for medical devices for population monitoring.

**Objective:** To produce patches with micro and nanoelectronics devices using nanocelluloses from agroindustrial pineapple wastes as IoMT's.

In this point, we obtained nanocellulose from agroindustrial pineapple wastes. We have 3D printer of high technology.



# Usos de la lignina



Uso medico contra enfermedades neurodegenerativas

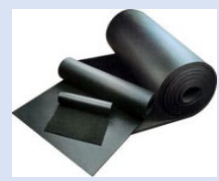
## Dispersante:

- Insecticidas,
- herbicidas.
- Cementos,
- cerámicas
- Pigmentos



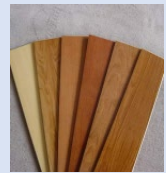
## Emulsificante,estabilizador:

- Asfaltos, suelos
- Hule, latex, foam



## Adherente:

- Tintas
- Laminados



## Secuestrante de metales:

- Aguas industriales
- Micronutrientes en agricultura



# Diagrama de Biorefinería de la cáscara de piña

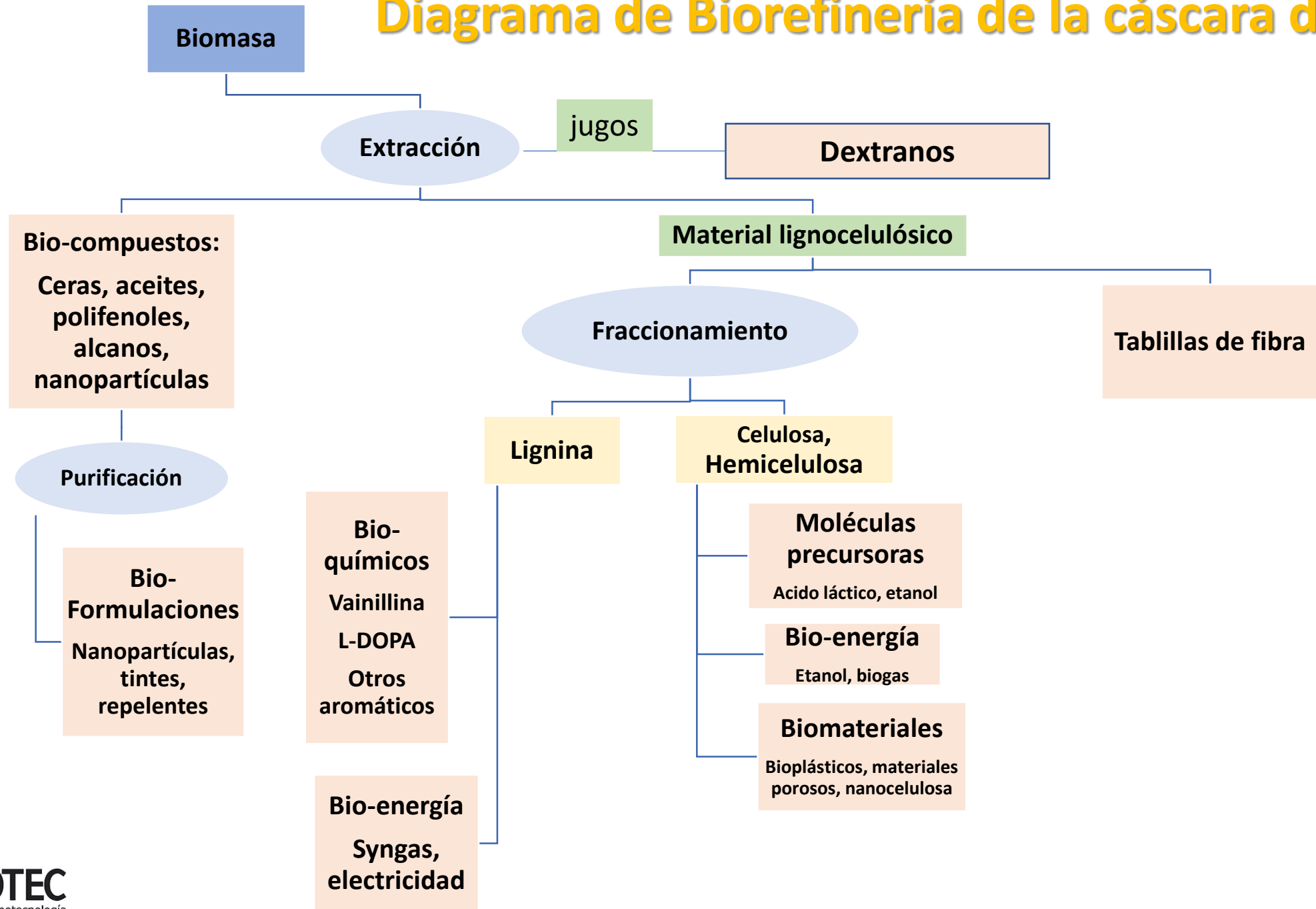
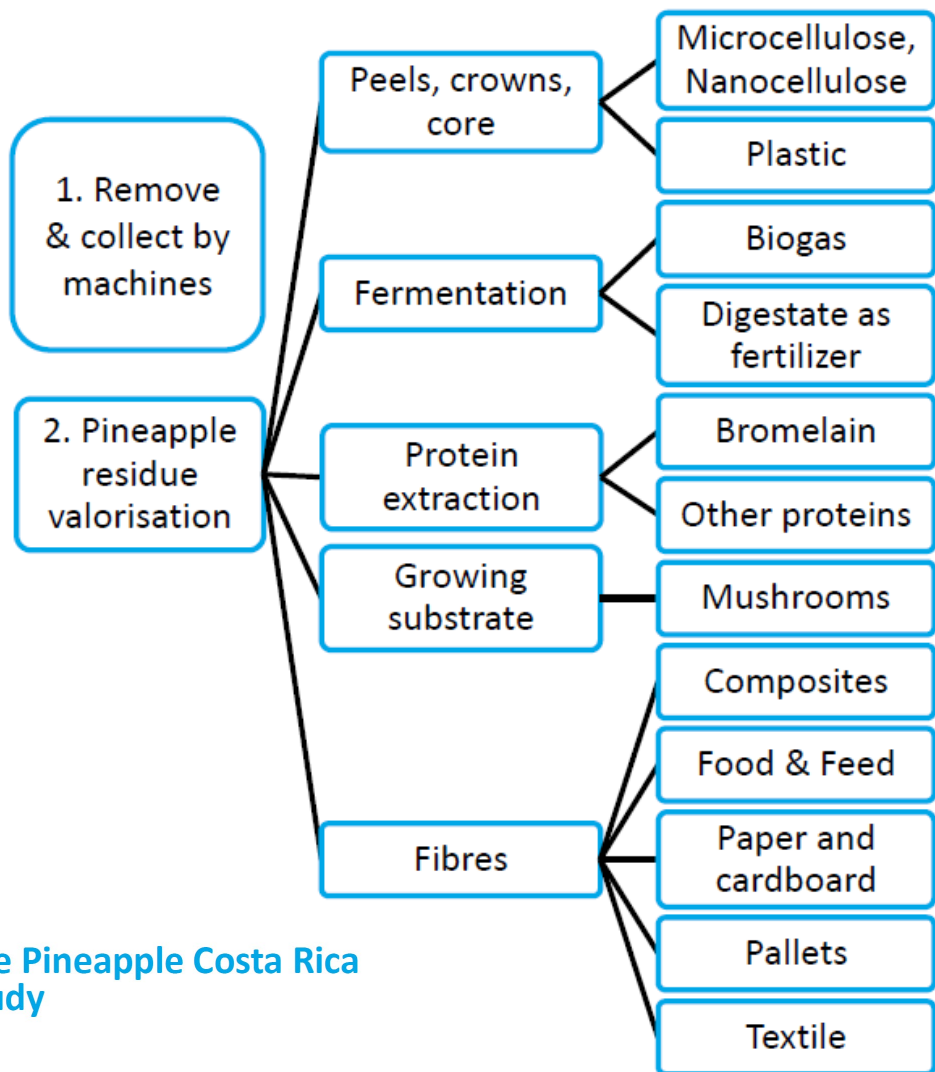


Figure 11: Pineapple crop residue valorisation options



## Sustainable Pineapple Costa Rica Market Study

- Celulosa amorfa
- Celulosa microcristalina Avicel
- Nanocelulosa
- Carboximetilcelulosas CMC
- Sílice
- Lignina: vainillina, L-dopa, otros
- Xilosa, Xilitol
- Dextranos, hierrodextrano
- PLA
- Papel
- Compositos
- Fructosa, entre otros



## Algunas publicaciones LANOTEC POLIUNA 2015-2020: referente **NACIONAL** en biorrefinería

- Moya, R., Camacho, D., Soto Fallas, R., Mata, J., Vega-Baudrit, J., **Chemical and Extractives Compatibility of Empty Bunch Fruit of *Elaeis guineensis*, Leaves of *Ananas cumosus* and Tetrapak package with wood used in Particleboards in Tropical Areas**, Latin American Research Apply, 45 (1), 2015.
- Camacho, M., Corrales Ureña, Y., Lopretti, M., Bustamante Carballo, L., Moreno, G., Alfaro, B., Vega Baudrit, J., **Synthesis and characterization of nanocrystalline cellulose derived from pineapple residues**. Journal of Renewable Materials, 2017, <https://doi.org/10.7569/JRM.2017.634117>
- Corrales Urena, Yendry & Villalobos, Carlos & Pereira, Reinaldo & Camacho, Melissa & Estrada, Eugenia & Argüello-Miranda, Orlando & Vega-Baudrit, José. (2018). **Biogenic silica-based microparticles obtained as a sub-product of the nanocellulose extraction process from pineapple peels**, Scientific REPORTS, NATURE, (2018), 8:10417, <https://DOI:10.1038/s41598-018-28444-4>
- Lopretti, M., Lecot, N., Rodríguez, A., Lluberas, G., Orozco, F., Bolaños, L., Montes de oca, G., Cerecetto, H., Vega-Baudrit, J., **Biorefinery of Rice Husk to Obtain Functionalized Bioactive Compounds**, Journal of Raw Materials, 7(4), 2019, pp. 313-324, www.techscience.com, DOI: 10.32604/jrm.2019.00008
- Rigg-Aguilar, P., Moya, R., Vega-Baudrit, J., Navarro-Mora, A., Gaitan-Alvarez, J., **European Pallets Fabricated with Composite Wood Blocks from Tropical Species Reinforced with Nanocrystalline Cellulose: Effects on the Properties of Blocks and Static Flexure of the Pallet**, Bioresources, 14 (2), 2019, pp. 3651-3667. <http://ncsu.edu/bioresources> ISSN: 1930-2126
- Solís, E., Vega-Baudrit, J., Rodríguez, E., Meseguer, L., **Estudio del Efecto de la Adición de Nanocelulosa del Desecho de Rastrojo de Piña en Mezclas para materiales de Construcción**, Revista Iberoamericana de Polímeros y Materiales, 20(1), enero 2019, pp. 21-43. ISSN-e 0121-6651.
- Lopretti, M., Lluberas, G., Montanez, A., Silva, C., Vega-Baudrit, J., Pereira, R., **Poliuretanos como producto de la Biorefinería de la Industrialización de Arroz**, Revista Iberoamericana de Polímeros y Materiales, 20(1), enero 2019, pp. 44-53. ISSN-e 0121-6651.
- Jiménez, L., Mena, M.J., Prendiz, J., Salas, L., Vega-Baudrit, J., **Polylactic Acid (PLA) as a Bioplastic and its Possible Applications in the Food Industry**, J Food Sci Nut 5: 048, 2019, DOI: 10.24966/FSN-1076/100048
- Lluberas, G. Montes de Oca-Vásquez, G., Batista Menezes, D., Vega-Baudrit, J., Raimonda, P., Lopretti, M., **VALORIZACIÓN DE SUBPRODUCTOS DE LA INDUSTRIALIZACIÓN DE ACEITES DE SOJA Y DE LA INDUSTRIA PESQUERA PARA LA OBTENCIÓN DE MEMBRANAS POLIMÉRICAS**, Revista Iberoamericana de Polímeros, Volumen 20(6), noviembre, 2019, pp. 281-293.
- Gonzalez-Paz, R., Corrales, Y., Vega-Baudrit, J.R., Hernandez-Miranda, M., **Biorefinery by the hand of the nanotechnology: biodegradable polymers from industrial biomass waste**, In book: Bio-Nanotechnology for Sustainable Environmental Remediation and Energy Generation, 2 Reediación. 2020.
- Batista Meneses, D., Montes de Oca-Vásquez, G., Vega-Baudrit, J.R., Rojas-Alvarez, M., Corrales-Castillo, J., Murillo-Araya, L., **Pretreatment methods of lignocellulosic wastes into value-added products: recent advances and possibilities**. Biomass Conv. Bioref. (2020). <https://doi.org/10.1007/s13399-020-00722-0>
- Rigg-Aguilar, P., Moya, R., Oporto, G., Vega-Baudrit, J.R., Starbird, R., Puente-Urbina, A., Méndez, D., Potosme, L.D., Esquivel Alfaro, M., **Micro- and nanofibrillated cellulose (MNFC) from pineapple (*Ananas comosus*) stems and their application on polyvinyl acetate (PVAc) and urea-formaldehyde (UF) wood adhesives**, Journal of Nanomaterials, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/1393160>
- Carlos Redondo- Gómez, Maricruz Rodríguez Quesada, Silvia Vallejo Astúa and José Pablo Murillo Zamora, Mary Lopretti, José Roberto Vega-Baudrit, **Biorefinery of banana wastes from agroindustry to obtain biopolymers**, Molecules, 25, 2020. <https://doi.org/10.3390/molecules25173829>





## Pretreatment methods of lignocellulosic wastes into value-added products: recent advances and possibilities

Diego Batista Meneses<sup>1</sup> · Gabriela Montes de Oca-Vásquez<sup>1</sup> · José Roberto Vega-Baudrit<sup>1,2</sup> · Mauricio Rojas-Álvarez<sup>3</sup> · Joshua Corrales-Castillo<sup>4</sup> · Luis C. Murillo-Araya<sup>1</sup>

Received: 9 January 2020 / Revised: 17 March 2020 / Accepted: 2 April 2020  
© Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2020

### Abstract

A number of industries currently produce many tons of agroindustrial wastes with significant consequences on the environment and human and animal health. In recent years, increasing emphasis has been placed on reducing this negative impact. This review article aims to investigate the use of pretreatment methods that can be applied as an alternative to the usage of residual biomass. In addition, we seek to highlight the efficiency of the processes as well as possible weaknesses, which are associated with high energy and reagent consumption, low yields, and possible secondary impacts. Generally, the waste chemical composition consists mainly of cellulose, hemicellulose, and lignin; these can be fractionated, extracted, and purified to produce different value-added products, such as biofuels, organic acids, enzymes, biopolymers, and chemical additives. Despite the multiple possibilities to produce different products from lignocellulosic biomass, further research is still required to enhance the efficiency of the methods used nowadays and find new procedures.

**Keywords** Agroindustrial wastes · Biomass · Cellulose · Lignin · Hemicellulose

Journal of Hazardous Materials 399 (2020) 123094



Fungal biosynthesis of lignin-modifying enzymes from pulp wash and *Luffa cylindrica* for azo dye RB5 biodecolorization using modeling by response surface methodology and artificial neural network



Clara Dourado Fernandes<sup>a,\*</sup>, Victor Ruan Silva Nascimento<sup>b</sup>, Diego Batista Meneses<sup>b</sup>, Déborah S. Vilar<sup>c</sup>, Nádia Hortense Torres<sup>d,e,f</sup>, Manuela Souza Leite<sup>g,h</sup>, José Roberto Vega Baudrit<sup>i,j</sup>, Muhammad Bilal<sup>k</sup>, Hafiz M.N. Iqbal<sup>l</sup>, Ram Naresh Bharagava<sup>m</sup>, Sílvia Maria Egues<sup>n,o</sup>, Luiz Fernando Romanholo Ferreira<sup>p,q,r</sup>

<sup>a</sup> Graduate Program in Process Engineering, Tiradentes University, Mariló Dantas Avenue, 300, Ferrolândia, 49032-490, Aracaju, Sergipe, Brazil

<sup>b</sup> National Nanotechnology Laboratory, National Center for High Technology, 10109, Pavas, San José, Costa Rica

<sup>c</sup> Institute of Technology and Research, Mariló Dantas Avenue, 300, Ferrolândia, 49032-490, Aracaju, Sergipe, Brazil

<sup>d</sup> Laboratory of Polymer Science and Technology, School of Chemistry, Universidad Nacional, Campus Oscar Dengo, 86-3000, Heredia, Costa Rica

<sup>e</sup> School of Life Science and Food Engineering, Huaiyin Institute of Technology, Hualian, China

<sup>f</sup> Tecnológico de Monterrey, School of Engineering and Sciences, Campus Monterrey, Ave. Eugenio Garza Sada 2501, Monterrey, N.L., CP 64849, Mexico

<sup>g</sup> Laboratory for Bioremediation and Management Research (LBMR), Department of Microbiology (DM), Babasaheb Bhimrao Ambedkar University (A Central University), Vidya Vihar, Baudhatri Road, Lucknow, 226 025, Uttar Pradesh, India

Hindawi  
Journal of Nanomaterials  
Volume 2020, Article ID 1393160, 12 pages  
https://doi.org/10.1155/2020/1393160



## Research Article

### Micro- and Nanofibrillated Cellulose (MNFC) from Pineapple (*Ananas comosus*) Stems and Their Application on Polyvinyl Acetate (PVAc) and Urea-Formaldehyde (UF) Wood Adhesives

Priscilla Rigg-Aguilar,<sup>1</sup> Roger Moya<sup>2</sup>, Gloria S. Oporto-Velásquez<sup>3</sup>, José Vega-Baudrit<sup>4</sup>, Ricardo Starbird,<sup>4</sup> Allen Puente-Urbina,<sup>4</sup> Daniel Méndez,<sup>5</sup> Luis Diego Potosme,<sup>6</sup> and Marianelly Esquivel<sup>7</sup>

<sup>1</sup> Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Apartado Cartago, Costa Rica 159-7050

<sup>2</sup> School of Forestry and Natural Resources, Wood Science and Technology, West Virginia University, Morgantown, WV 26506, USA

<sup>3</sup> Laboratorio Nacional Nanotecnología (LANOTEC), Centro Nacional de Alta Tecnología-CENAT, San José, Costa Rica

<sup>4</sup> Centro de Investigación y de Servicios Químicos y Microbiológicos (CEQIATEC), Escuela de Química, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica

<sup>5</sup> Laboratorio de Polímeros, Escuela de Química, Universidad Nacional de Costa Rica, Heredia, Costa Rica



Review

## Green Synthesis of Gold and Silver Nanoparticles from Plant Extracts and Their Possible Applications as Antimicrobial Agents in the Agricultural Area

Luis Castillo-Henríquez<sup>1</sup>, Karla Alfaro-Aguilar<sup>2</sup>, Jeisson Ugalde-Álvarez<sup>1</sup>, Laura Vega-Fernández<sup>2</sup>, Gabriela Montes de Oca-Vásquez<sup>1</sup> and José Roberto Vega-Baudrit<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup> National Laboratory of Nanotechnology (LANOTEC), National Center for High Technology (CeNAT), San José 1174-1200, Costa Rica; luis.castillohenriquez@ucr.ac.cr (L.C.-H.); jei.ugalde@gmail.com (J.U.-A.); gmontesdeoca@cenat.ac.cr (G.M.d.O.-V.)

<sup>2</sup> Chemistry School, National University of Costa Rica, Heredia 86-3000, Costa Rica; karla.alfaro30@gmail.com (K.A.-A.); laly.vega@hotmail.com (L.V.-F.)

\* Correspondence: jose.vega.baudrit@una.cr

Received: 12 July 2020; Accepted: 26 August 2020; Published: 7 September 2020



Review

## Biorefinery of Biomass of Agro-Industrial Banana Waste to Obtain High-Value Biopolymers

Carlos Redondo-Gómez<sup>1</sup>, Maricruz Rodríguez Quesada<sup>2,†</sup>, Silvia Vallejo Astúa<sup>2,†</sup>, José Pablo Murillo Zamora<sup>2,†</sup>, Mary Lopretti<sup>3</sup> and José Roberto Vega-Baudrit<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup> National Laboratory of Nanotechnology LANOTEC, 1174-1200 Pavas, San José, Costa Rica; redox06@gmail.com

<sup>2</sup> School of Chemistry, National University of Costa Rica (UNA), 86-3000 Heredia, Costa Rica; marirquesada@gmail.com (M.R.Q.); vallejo.sil.15@gmail.com (S.V.A.); josepablomu@gmail.com (J.P.M.Z.)

<sup>3</sup> UDELAR University, cp1140 Montevideo, Uruguay; mlopretti@gmail.com

\* Correspondence: jvegab@gmail.com; Tel.: +506-2519-5835

† These authors contributed equally.

Waste and Biomass Valorization (2020) 11:245–253  
https://doi.org/10.1007/s12649-018-0394-7

ORIGINAL PAPER



## Synthesis of Silver Nanoparticles Using Extracts from Yerba Mate (*Ilex paraguariensis*) Wastes

Romina A. Arreche<sup>1</sup> · Gabriela Montes de Oca-Vásquez<sup>2</sup> · Jose R. Vega-Baudrit<sup>2</sup> · Patricia G. Vázquez<sup>1</sup>

Received: 14 November 2017 / Accepted: 25 June 2018 / Published online: 27 June 2018  
© Springer Nature B.V. 2018

### Abstract

Synthesis of metallic nanoparticles by an eco-friendly and sustainable process is an important target to be developed in nanotechnology area. In the present work, two different commercial brands of yerba mate from Argentina and their wastes (PYM and TYM samples) were used for the preparation of aqueous extracts, in order to synthesize silver nanoparticles at room temperature (25 °C). The silver nanoparticles obtained were spherical, hexagonal and, triangular in shape with the average particle size of 50 nm and, shows a surface plasmon peak around 460 nm. The antimicrobial activity of the silver nanoparticles obtained with the extracts from yerba mate wastes was evaluated against *E. coli* and *S. aureus*. The minimum inhibitory concentrations required for *E. coli* were 7.66 and 17.66 µg ml<sup>-1</sup> using the treatment T2YE and P2YE, respectively and, for *S. aureus* were 23.25 and 50.60 µg ml<sup>-1</sup> for the treatment T2YE and P2YE, respectively. The study suggests that polyphenols present in *I. paraguariensis* leaf extract act as reducing agent and stabilizer of the nanoparticles.



Algunas publicaciones LANOTEC  
POLIUNA 2020: referente **NACIONAL**  
en biorrefinería

Biorefinery by the hand of the nanotechnology:  
biodegradable polymers from industrial biomass  
waste

José Vega- Baudrit, Michael Hernandez-Miranda, Rodolfo González-Paz,  
Yendry Regina Corrales-Ureña.

Biorefineries contribute to solve energy, water and environmental problems due to the used of thousands of tons of agricultural biomass residues for production of high value materials, that from a social point of view could help developing countries to improve their economy. The technological and scientific advances in sciences as nanotechnology have increased the understanding of material properties; helping to find new applications. Examples of materials extracted from Costa Rican biomass waste are presented.

# MÉTODOS DE PRODUCCIÓN DE NANOCELULOSA



- Fuerza Mecánica por alta presión
- Microfluidización
- Explosión de vapor
- Químico-mecánicos
- **Hidrólisis ácida**

# Síntesis química: hidrólisis ácida

Desechos



Biomasa



Celulosa



**Nanocelulosa**

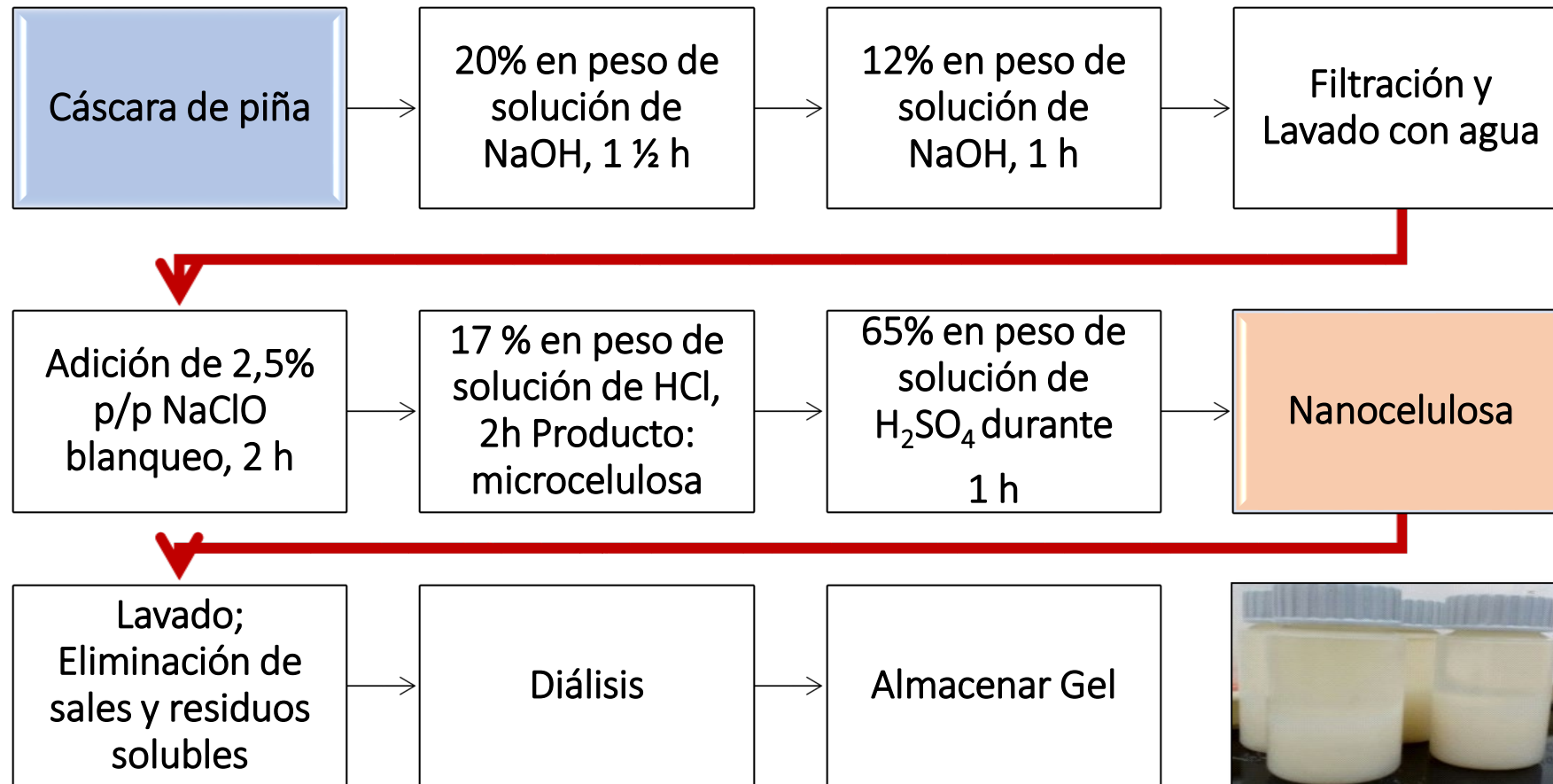


Celulosa nanocristalina  
Fuente: <http://blogthinkbig.com>



Celulosa microfibrilada  
Fuente: <http://blogthinkbig.com>

# Síntesis de nanocelulosa: paso a paso



Esquema de procedimiento para la obtención de NCC a partir de residuos cáscara de piña.



I



II



III



IV

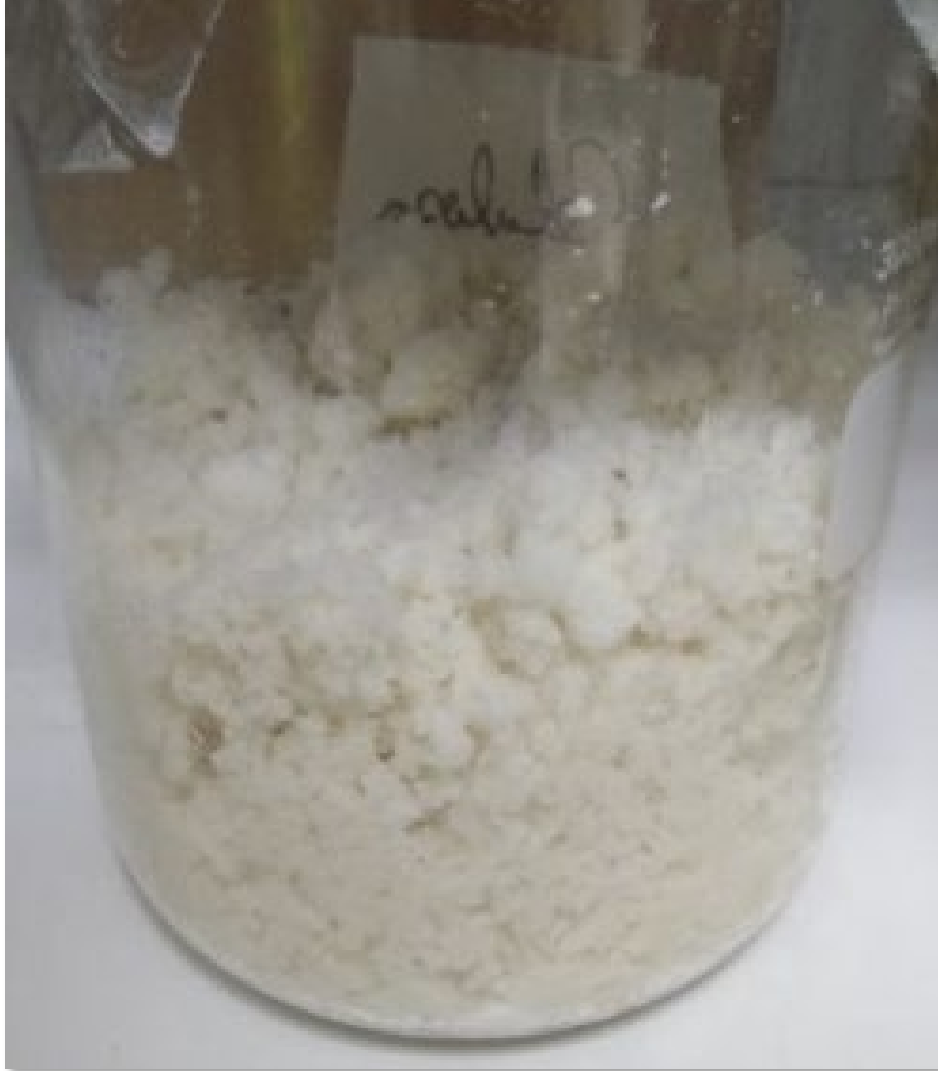


V

### Procesos para la elaboración de celulosa:

(I y II) material de partida,

(III, IV, y VI) proceso de deslignificación.



**Obtención de Celulosa:** proceso después del blanqueamiento con hipoclorito de sodio.





I



II



III

**Procesos para la purificación de la nanocelulosa:**  
(I y II) diálisis,  
(III) nanocelulosa.

# COSTO MATERIA PRIMA POR DÍA

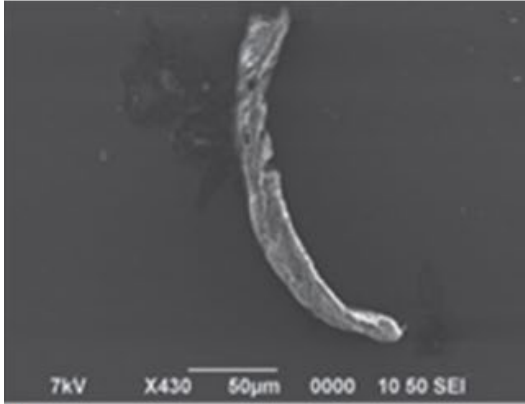
(1 kg de piña)

DESCRIPCIÓN	PRECIO (i.v.i)
Cáscara de piña*	\$122,00
Hidróxido de sodio	\$108,00
Ácido sulfúrico	\$70,00
Hipoclorito de sodio	\$41,00
Ácido clorhídrico	\$50,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$391,00</b>



\*Costo total de la cáscara de piña por cada kg (según estimaciones del Ing. Carlos Acevedo, CANAPEP)

# Ataque químico



**SEM** de la microfibrila de 200 μm de longitud y 16 μm de diámetro.

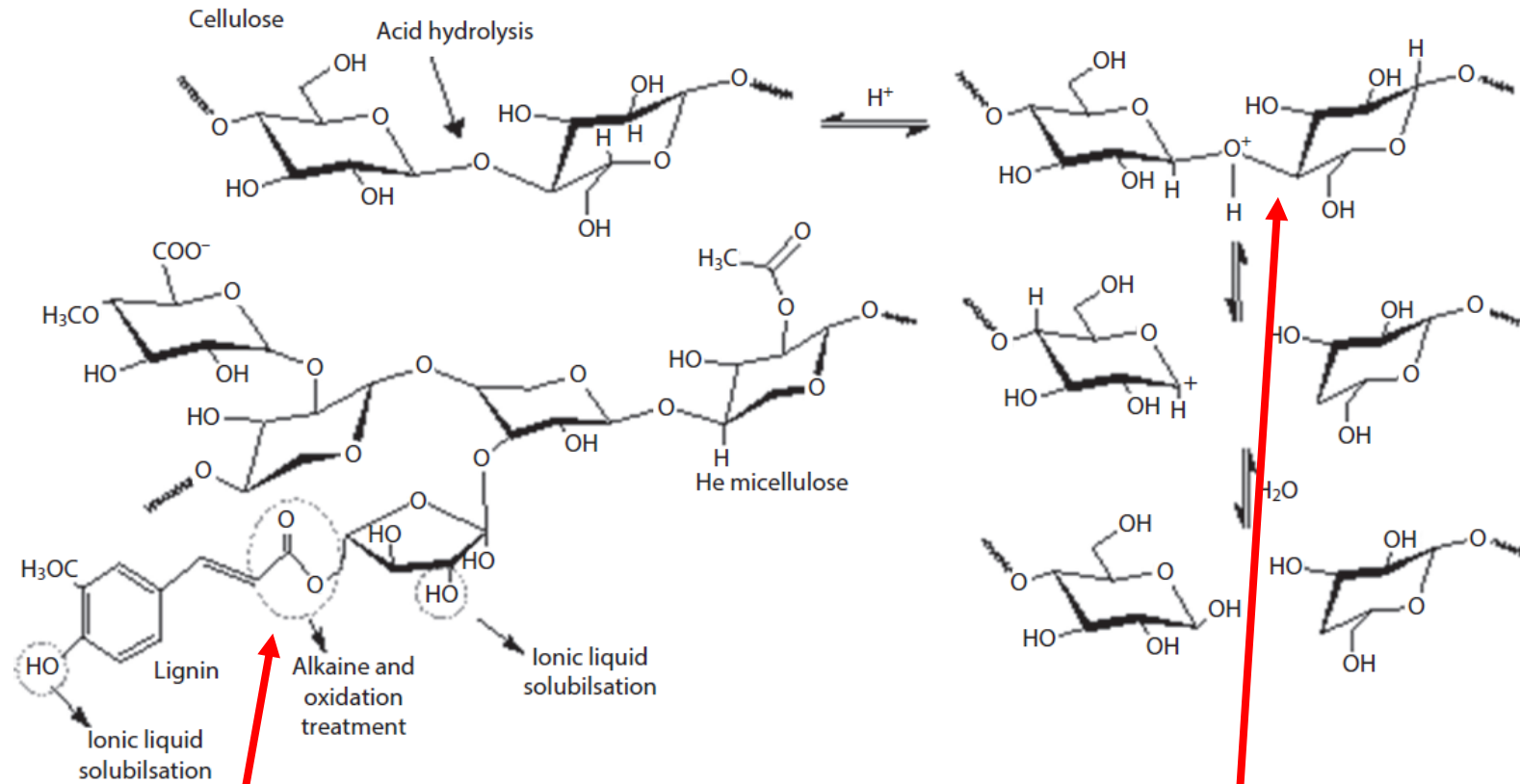


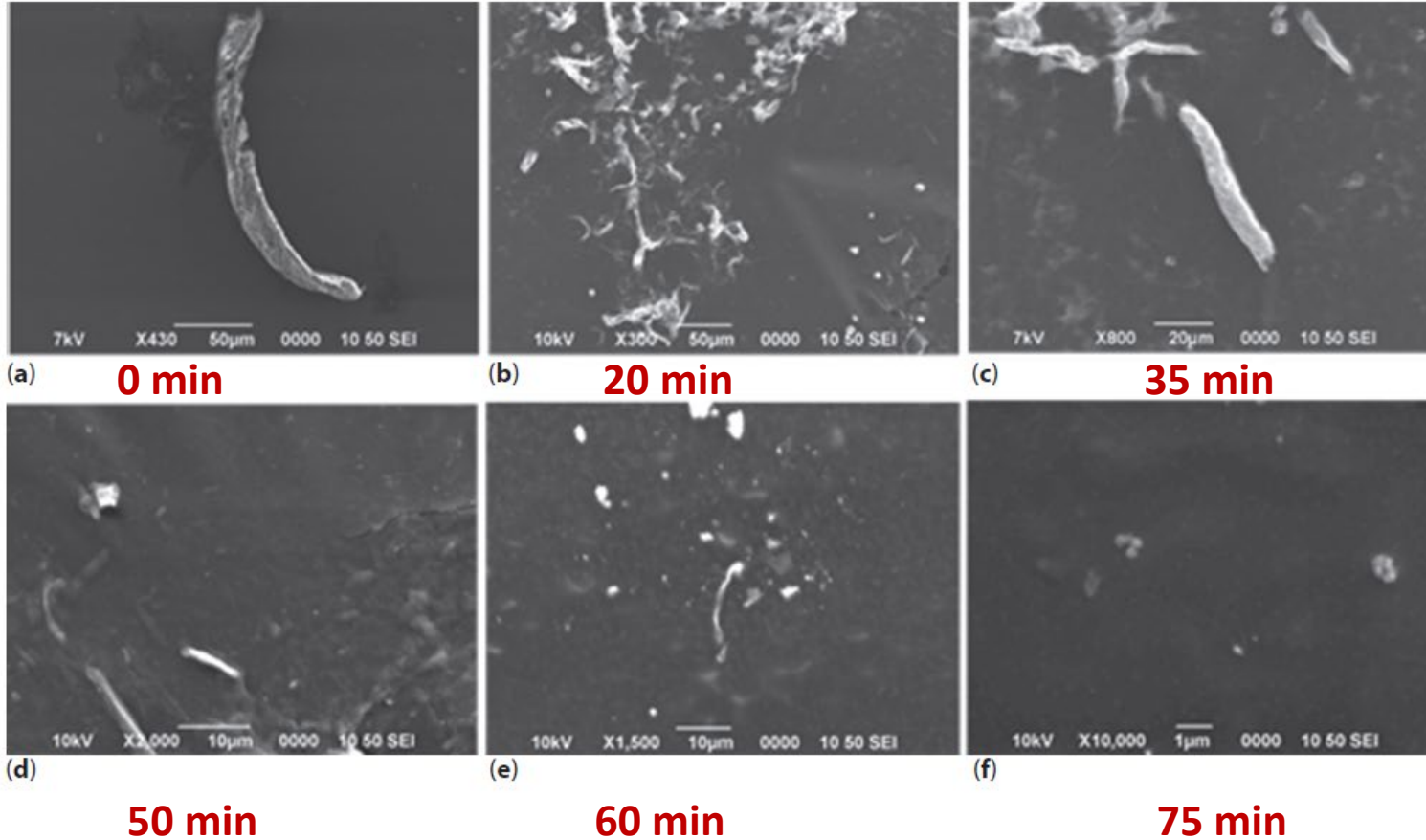
Figure 2 Selectivity of chemical treatments for isolation of lignocellulosic materials of peels.

Enlace éster de la lignina es roto y los grupos COO se oxidan.

Hidrólisis parcial con el HCl por ruptura de enlaces glicosídicos.

# SEM

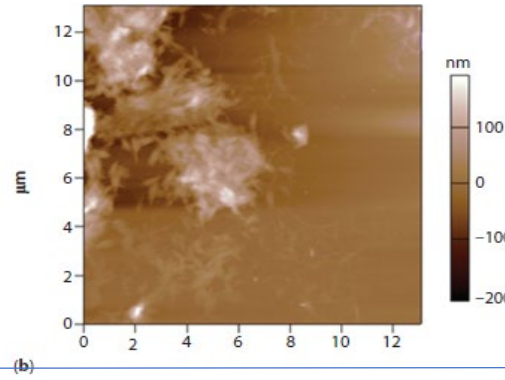
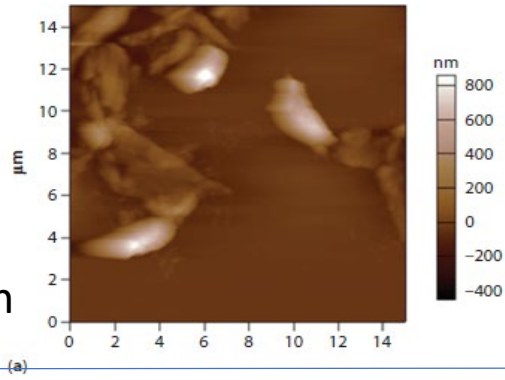
- Se hizo un estudio de degradación de la celulosa en  $\text{H}_2\text{SO}_4$  a 0, 20, 35, 50, 60 y 75 min.



- Las muestras **b, c, d, e** se promueve la **disminución del tamaño**, la forma de barra y varía el tamaño.
- Muestra **e** y **f** tienden a las nanofibras esféricas.
- **Más allá de 75 min, muestras se tornan café, degradación.**
- El  $\text{H}_2\text{SO}_4$  actúa también rompiendo enlaces glicosídicos.

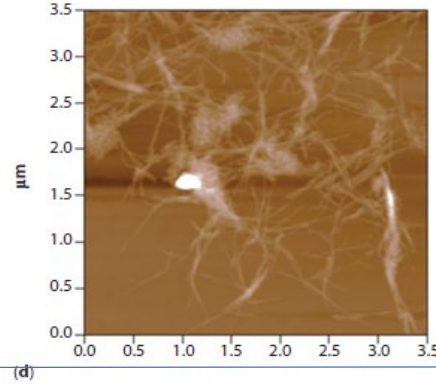
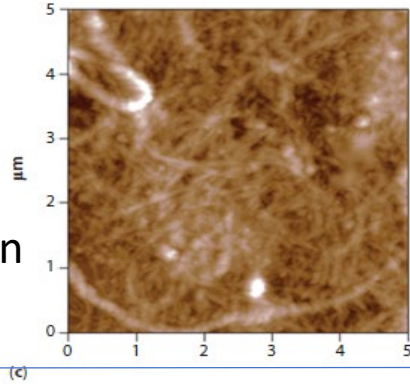
# AFM

0 min



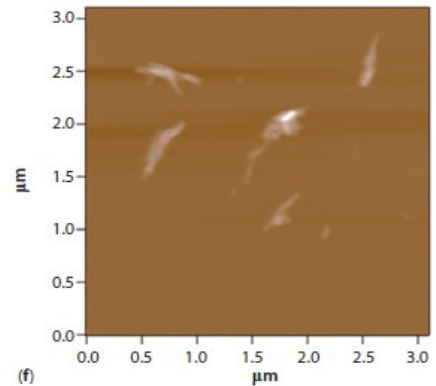
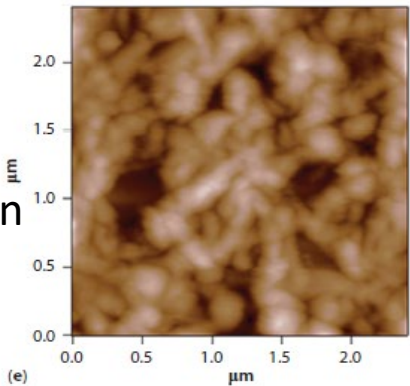
- Celulosa: muestra heterogénea, presenta micro y nanofibras.
- Altura 500 y 15 nm.

60 min



- Tratada 60 min  $H_2SO_4$ , altura  $25 \pm 8$  nm, tiende a la nanofibra, aunque su fracción disminuye respecto a las redondeadas.
- Relación Long/Diámetro pasa de 500 a 120.

75 min



- Presenta alta fracción de nanopartículas redondas.
- Tamaño:  $18 \pm 6$  nm

Figure 4 AFM images of the product obtained after hydrolysis of the microcellulose with  $H_2SO_4$ : (a, b) 0 min (microcellulose), (c, d) 60 min, and (e, f) 75 min.

# FTIR

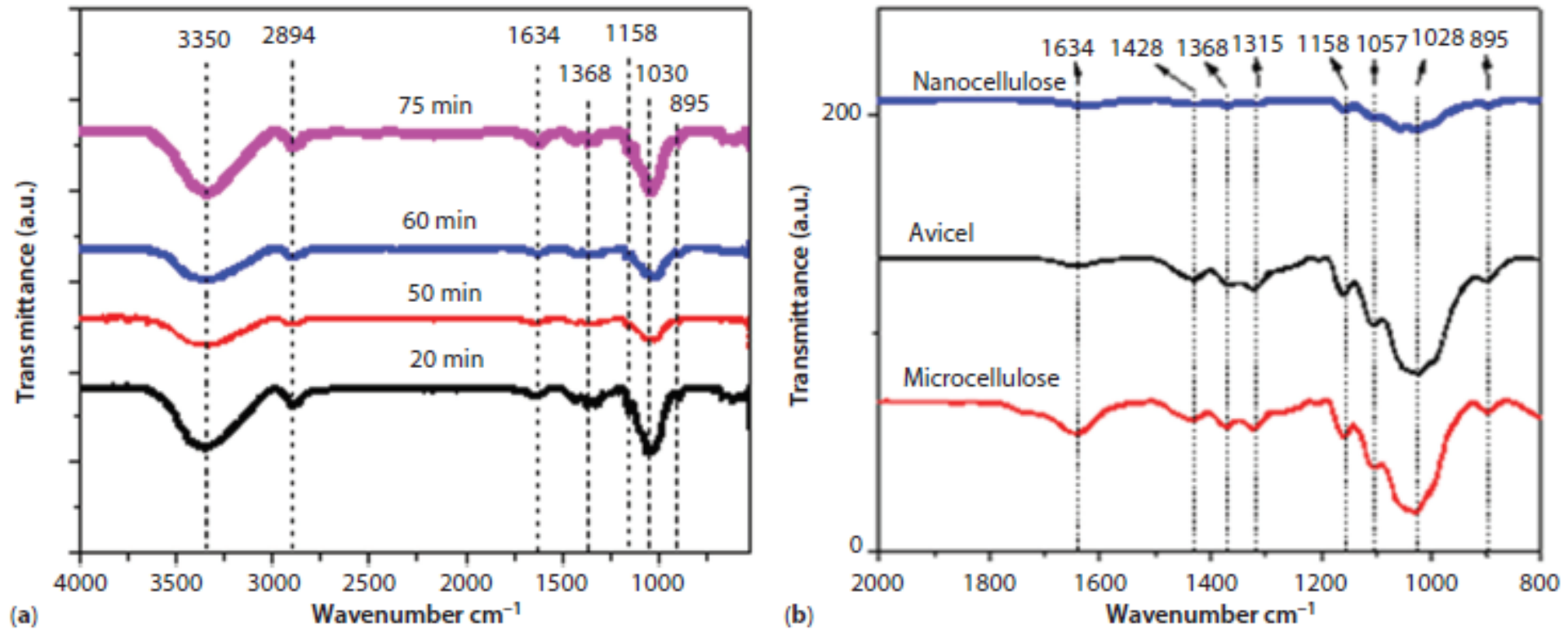
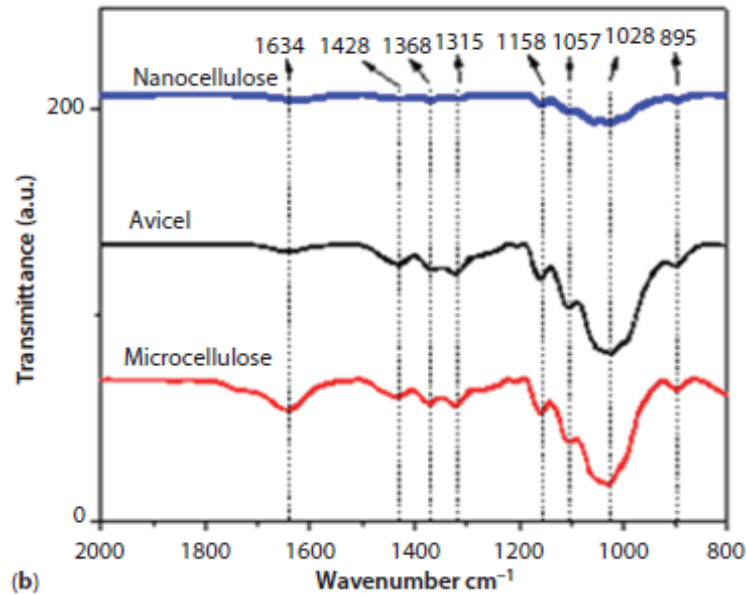
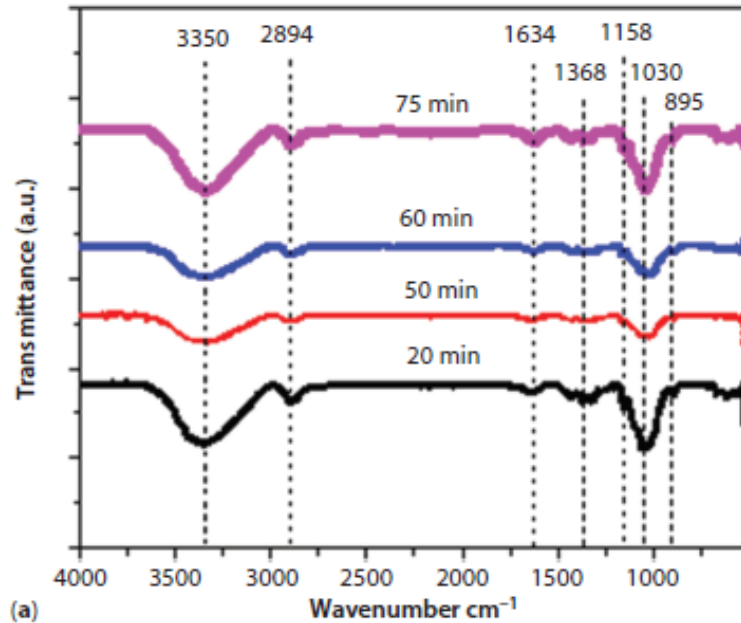


Figure 6 FTIR spectra of (a) The material obtained after different contact times with sulfuric acid, 4000 to 500  $\text{cm}^{-1}$  (b) Microcellulose, avicel PH-101 and the final product (nanocellulose, 60 min in contact with sulfuric acid), 2000–800  $\text{cm}^{-1}$ .

- Determinar la composición del material.
- Efectividad del tratamiento con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  a 60 min
- Comparativa entre la nanocelulosa, el avicel, la microcelulosa.
- Concluye: **espectros característicos de celulosa.**



- 3350, 2894, 895  $\text{cm}^{-1}$ : stretching O-H, C-H y C-O-C, respectivamente.
- 1058  $\text{cm}^{-1}$ : stretching C-O-C del anillo piranósico.
- **Ausencia:** 1315 y 1367  $\text{cm}^{-1}$ : vibraciones twisting de los grupos -CH<sub>2</sub> y -CH del anillo aromático.
- **No están las bandas:** 1428, 1464, 1509 y 1601  $\text{cm}^{-1}$ : stretching y vibraciones de los enlaces del C-H en el anillo aromático.
- Pico a 1429  $\text{cm}^{-1}$ : evidencia la presencia de cristales de celulosa, movimiento de tijereteo del -CH<sub>2</sub>
- **Mejor más adecuado: nanocelulosa: PROCEDIMIENTO EFECTIVO.**

## Synthesis and Characterization of Nanocrystalline Cellulose Derived from Pineapple Peel Residues

Melissa Camacho<sup>1</sup>, Yendry Regina Corrales Ureña<sup>\*1</sup>, Mary Lopretti<sup>2</sup>, Leonel Bustamante Carballo<sup>1</sup>, Galia Moreno<sup>1</sup>, Brian Alfaro<sup>1</sup> and Jose Roberto Vega Baudrit<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>National Laboratory of Nanotechnology, CENAT, Pavas, San José Costa Rica

<sup>2</sup>University of the Republic (UdelaR), Av. 18 de Julio 1824-1850, 11200 Montevideo, Departamento de Montevideo, Uruguay

<sup>3</sup>National University of Costa Rica UNA, Heredia, Costa Rica

Received November 25, 2016; Accepted February 24, 2017

**ABSTRACT:** Pineapple peel biomass was used as raw material for nanocellulose extraction. The raw material is a residue from the Costa Rican fruit industry. The nanocellulose was obtained by a two-step hydrolysis process. Firstly, the cellulose was hydrolyzed with HCl to obtain microcrystalline cellulose. In the second step, the hydrolysis was carried out using H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> to obtain smaller fragments and decrease the lignin content. A time-dependent study was carried out to determine the particle size decrease depending on the contact time with the H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. The chemical, thermal and morphological properties were analyzed by Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR), thermogravimetric analysis (TGA), dynamic light scattering (DLS), zeta potential, atomic force microscopy (AFM) and scanning electron microscopy (SEM). The nanofiber-like cellulose was obtained after 60 minutes of exposure to 65 wt% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

**KEYWORDS:** Nanocellulose, pineapple peels, acid hydrolysis, waste

# LANGMUIR

Invited Feature Article

pubs.acs.org/Langmuir

## Benchmarking Cellulose Nanocrystals: From the Laboratory to Industrial Production

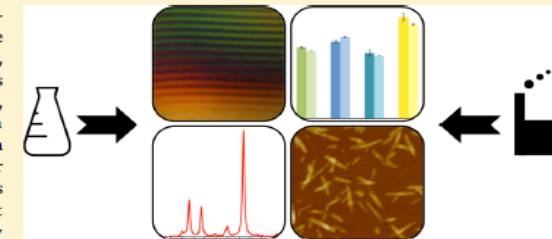
Michael S. Reid,<sup>†</sup> Marco Villalobos,<sup>‡</sup> and Emily D. Cranston<sup>\*,†</sup>

<sup>†</sup>Department of Chemical Engineering, McMaster University Hamilton, Ontario, Canada L8S 4L8

<sup>‡</sup>Cabot Corporation, Billerica, Massachusetts 01821, United States

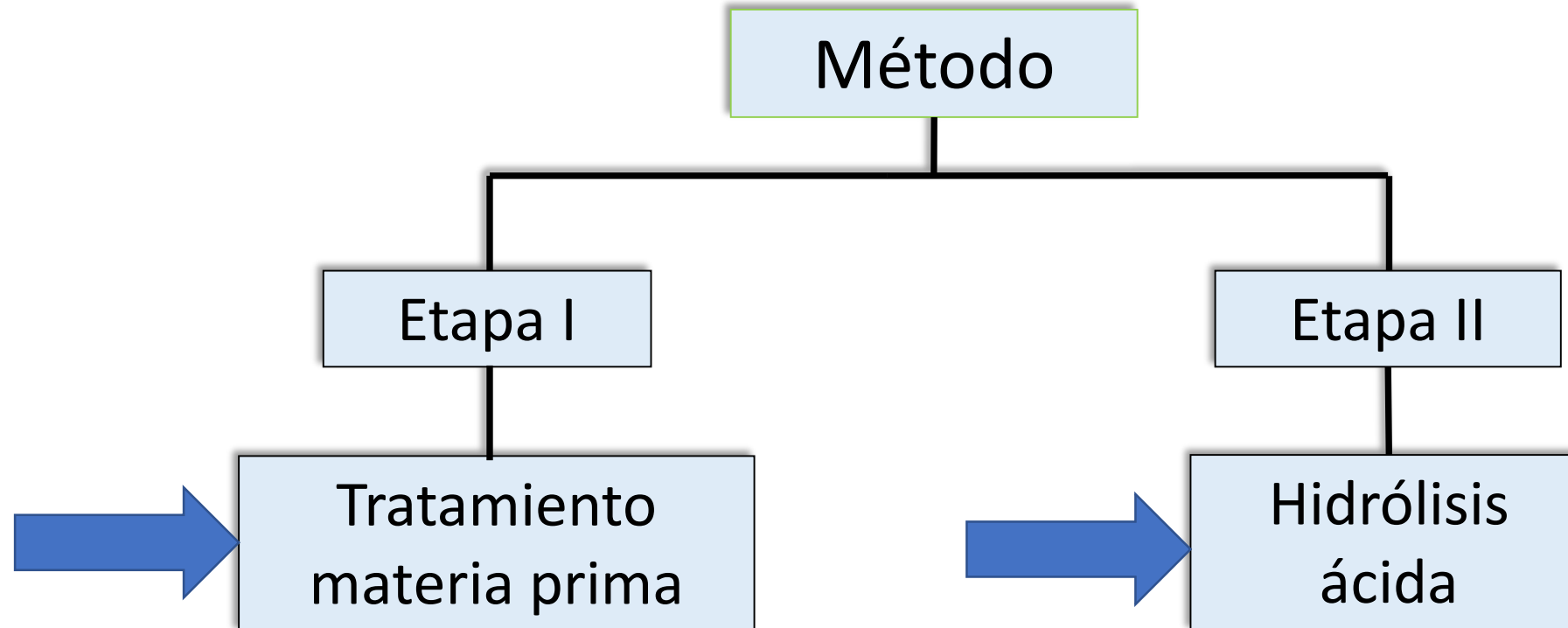
**S** Supporting Information

**ABSTRACT:** The renewability, biocompatibility, and mechanical properties of cellulose nanocrystals (CNCs) have made them an attractive material for numerous composite, biomedical, and rheological applications. However, for CNCs to shift from a laboratory curiosity to commercial applications, researchers must transition from CNCs extracted on the bench scale to material produced on an industrial scale. There are a number of companies currently producing kilogram to ton per day quantities of sulfuric acid-hydrolyzed CNCs as well as other nanocelluloses, as described herein. With the recent intensification of industrially produced CNCs and the variety of cellulose sources, hydrolysis methods, and purification procedures, the characterization of these materials becomes critical. This has further been justified by the past two decades of research that demonstrate that the CNC stability and behavior are highly dependent on the surface chemistry, surface charge density, and particle size. This work outlines key test methods that should be employed to characterize these properties to ensure a “known” starting material and consistent performance. Of the sulfuric acid-extracted CNCs examined, industrially produced material compared well with laboratory-made CNCs, exhibiting similar charge density, colloidal and thermal stability, crystallinity, morphology, and self-assembly behavior. In addition, it was observed that further purification of CNCs using Soxhlet extraction in ethanol had minimal impact on the nanoparticle properties and is unlikely to be necessary for many applications. Overall, the current standing of industrially produced CNCs is positive, suggesting that the evolution to commercial-scale applications will not be hindered by CNC production.





# PROCESO DE PRODUCCIÓN a escala INDUSTRIAL



# DIAGRAMA DE FLUJO: NANOCELULOSA

superpro designer

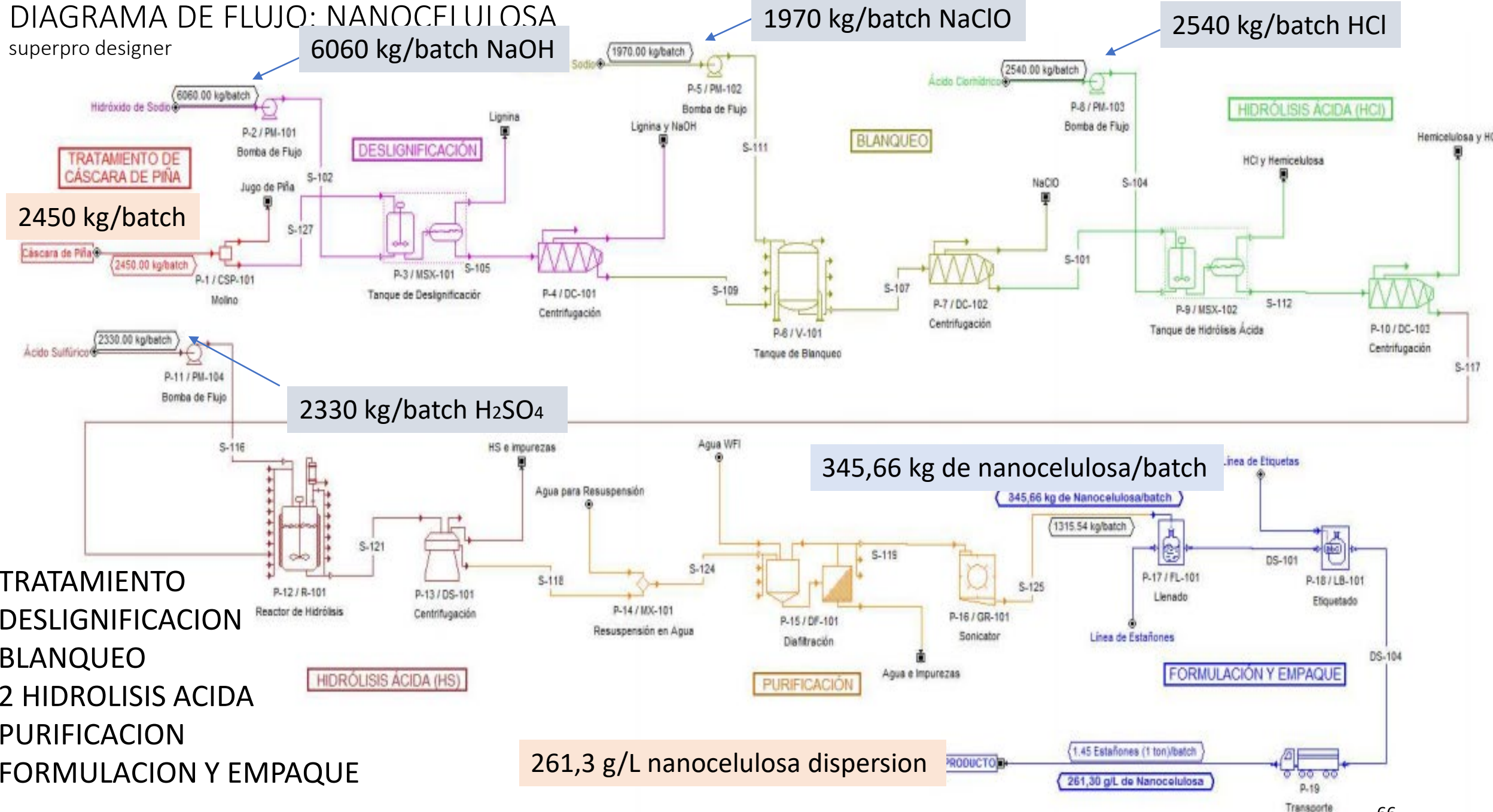
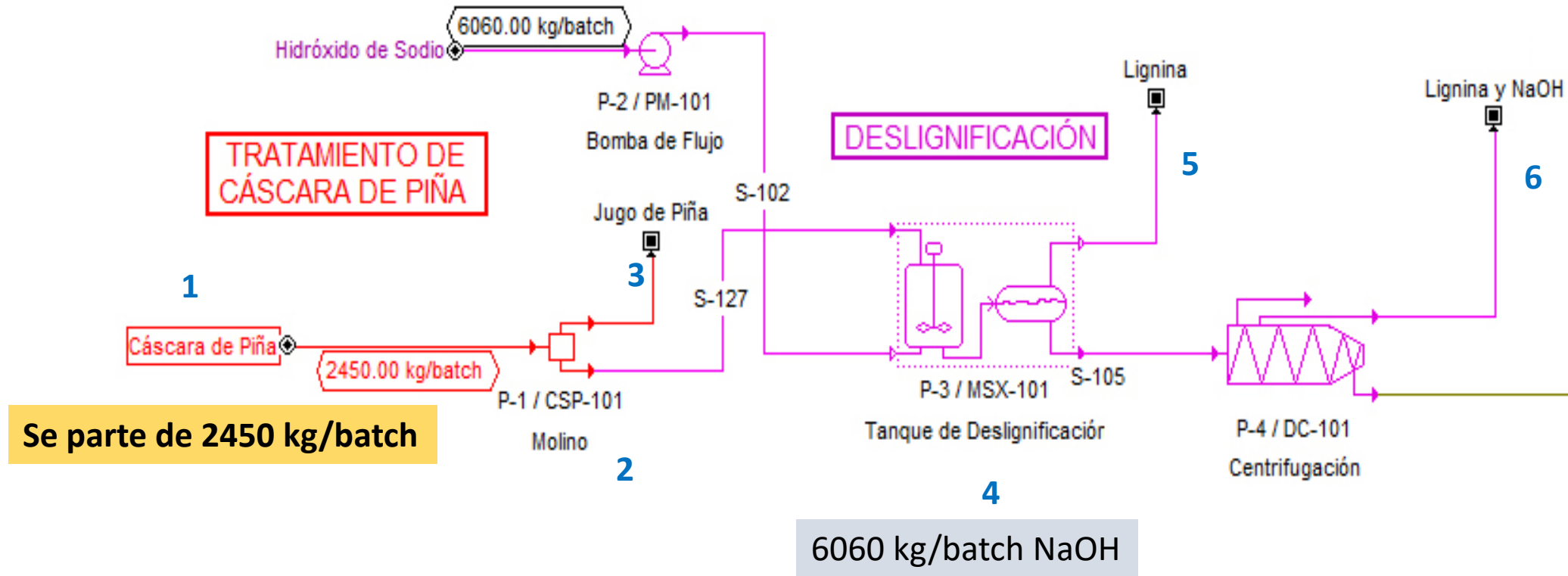
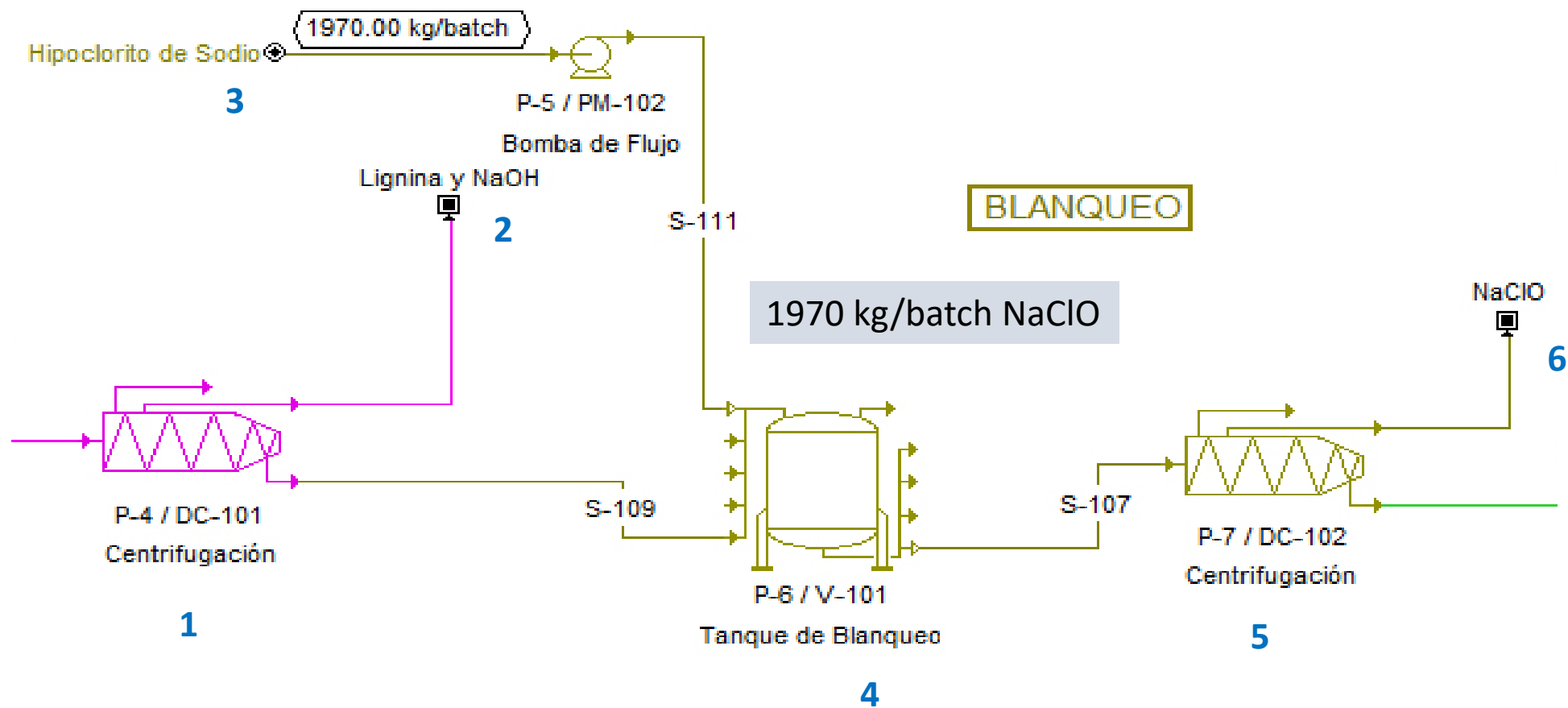
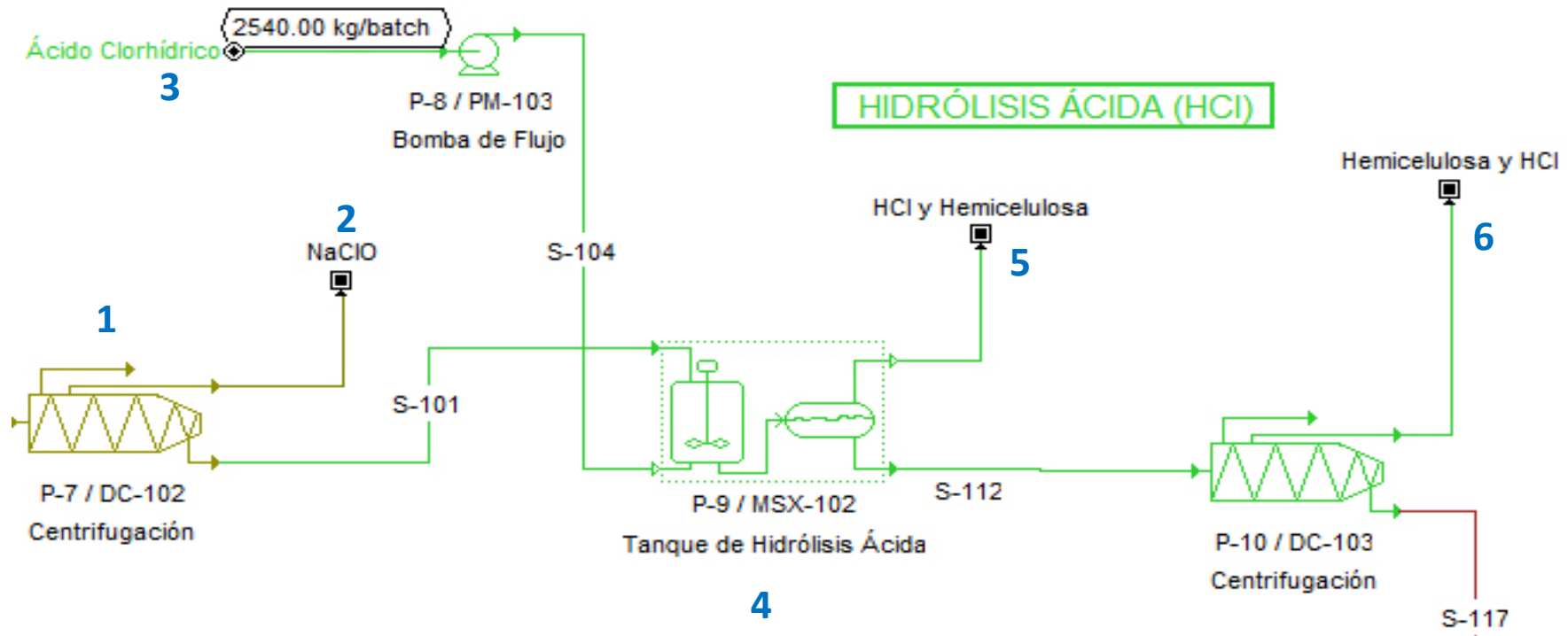


Figura 1. Diagrama de flujo para la obtención de celulosa microcristalina y nanocelulosa. Fuente: Superpro Designer

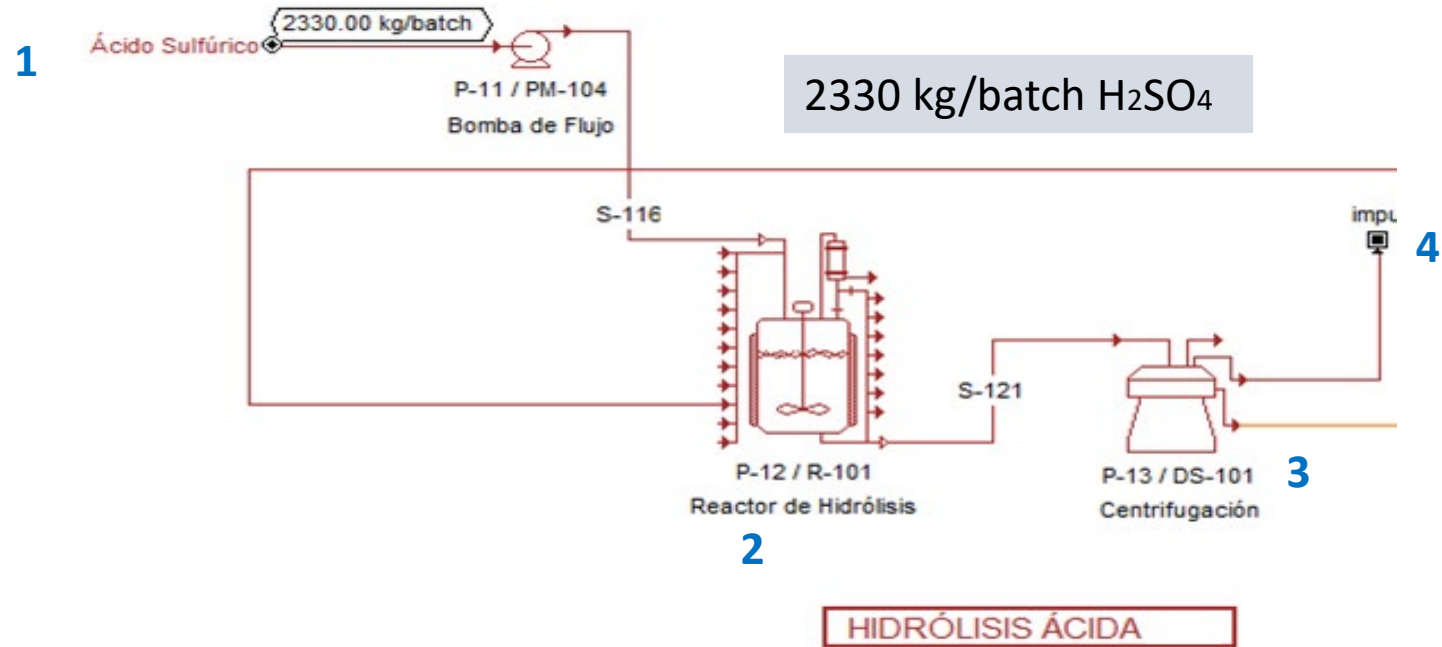




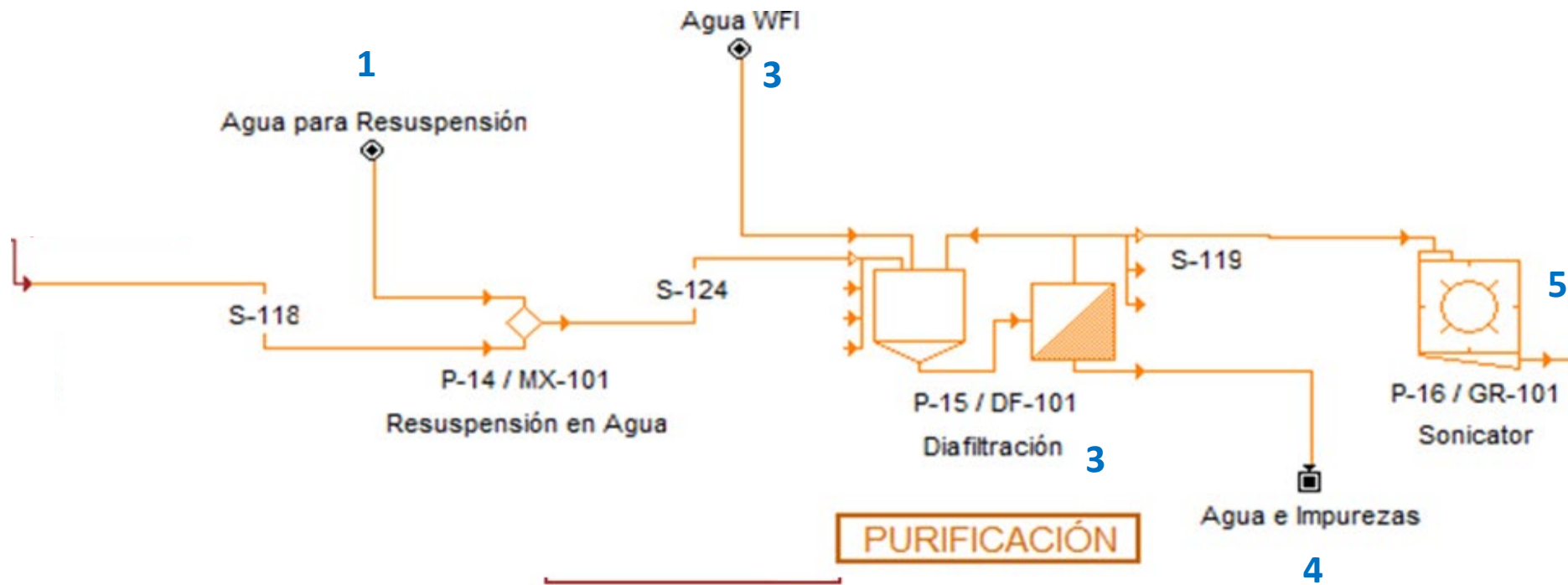
2540 kg/batch HCl

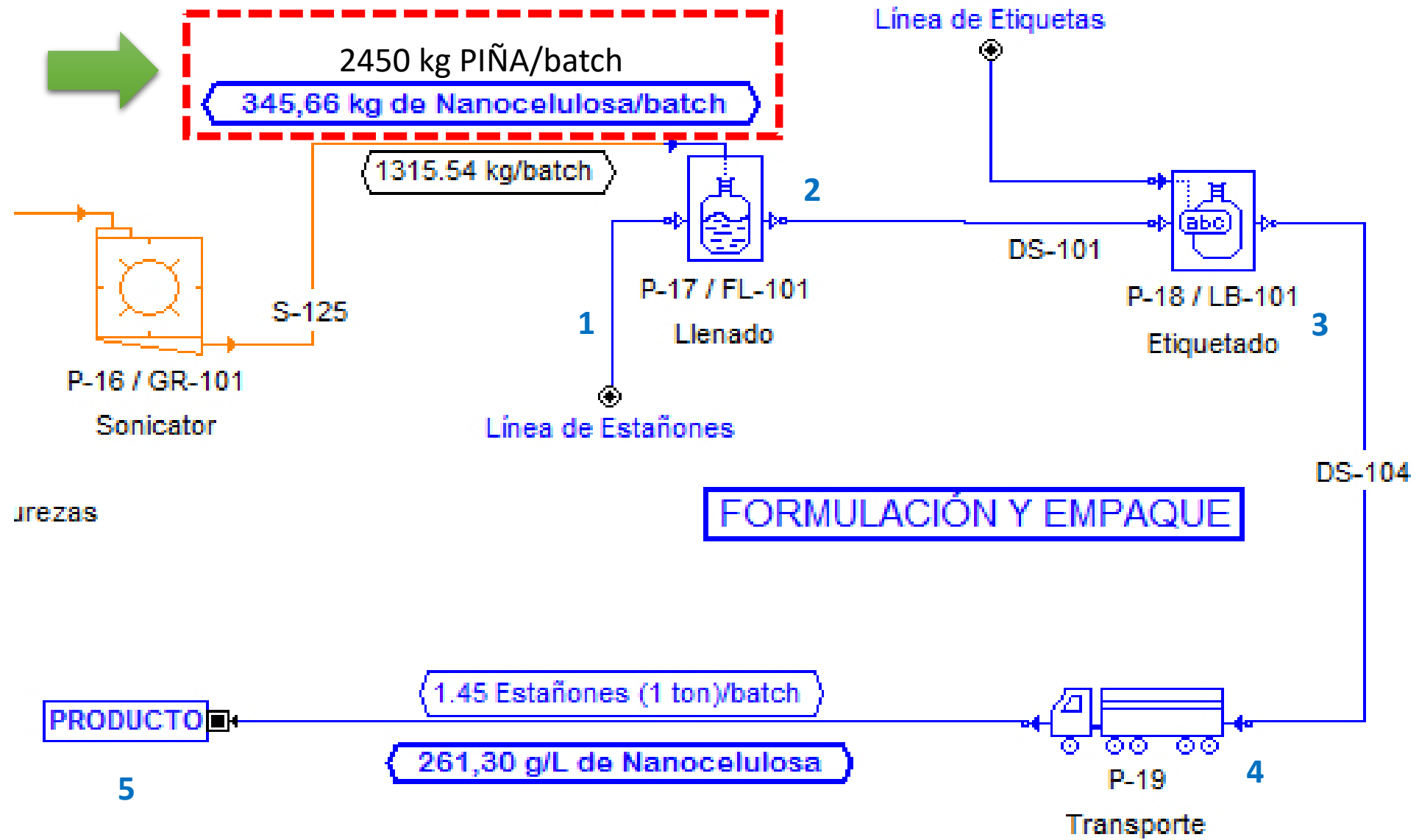


# OBTENCION DE NANOCELULOSA IMPURA: HIDROLISIS ACIDA H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>



# PURIFICACION DE NANOCELULOSA







- Se determinó que el proyecto **es económicamente rentable**, considerando los resultados obtenidos del VAN (\$106.620,45), TIR (45,62%) y TMAR (19,19%).
- VAN valor actual neto
- TIR tasa interna de retorno
- TMAR tasa mínima aceptable de retorno o rendimiento

# LOCALIZACIÓN

- Ubicación:
  - Cercanías de la planta de deshidratación que suministraría la cáscara de piña
- Factores determinantes:
  - Disponibilidad materia prima
  - Acceso carreteras
  - Factor económico



Fotografías tomadas en Empresa Piñera ubicada en Siquirres

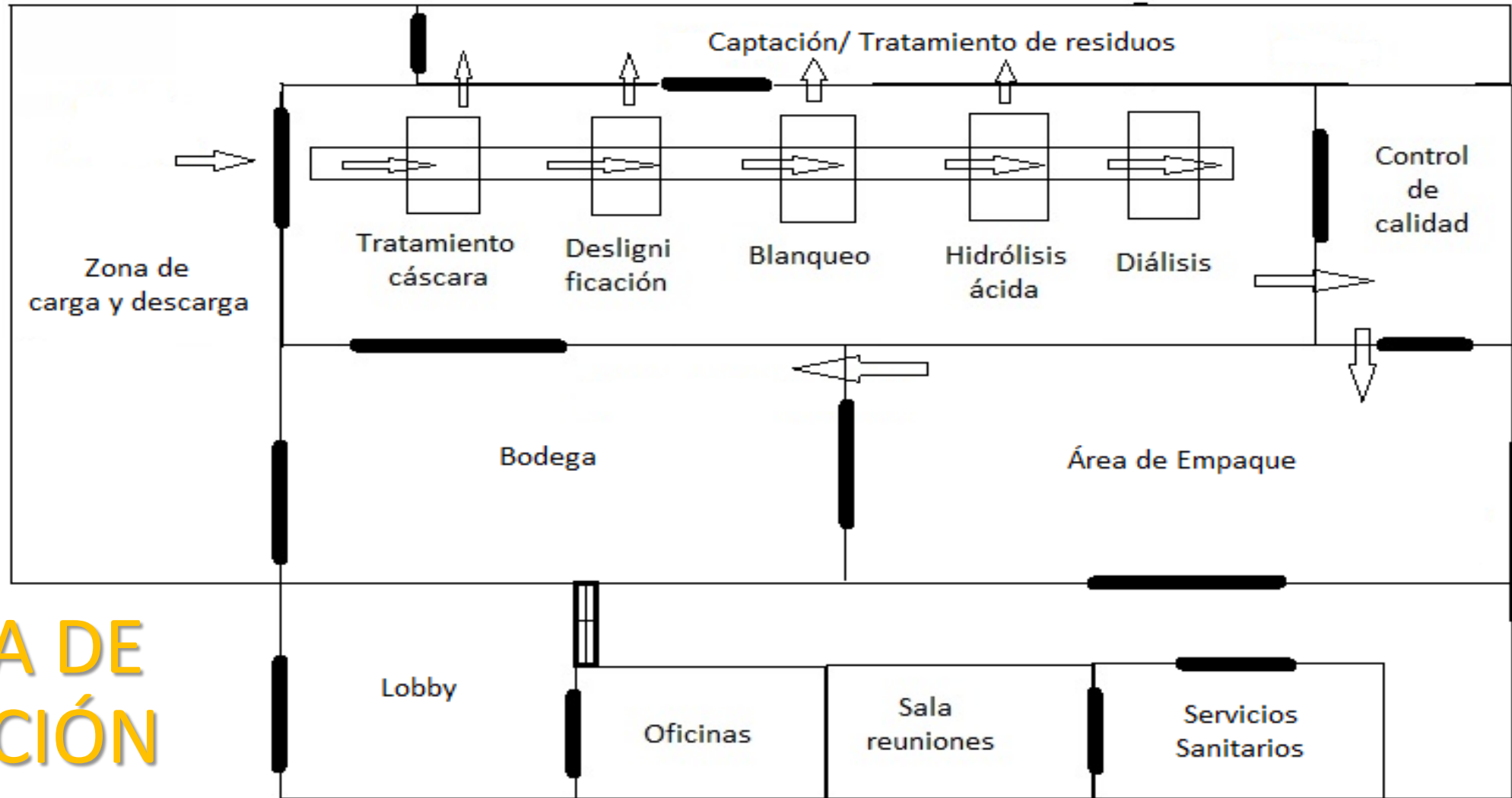


Desechos piña

Aprox. 4 toneladas diarias



# ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA



# CONCLUSIONES

- Proyecto factible y rentable aún en panoramas pesimistas.
- Mercado meta en crecimiento para la compra de la nanocelulosa.
- Accesible tecnológicamente.
- Plan de Gestión Ambiental para mitigar el impacto ambiental.

## RECOMENDACIONES

- Realizar estudio de mercado más profundo.
  - Cuantificar el manejo de desechos: lignina.
- Evaluar rentabilidad de subproductos del proceso.

Universidad Invenio

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecatrónica

Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica

Trabajo Final de Graduación



## Diseño de un sistema automatizado de producción de nanocelulosa obtenida a partir de desechos agroindustriales de piña

Laboratorio Nacional de Nanotecnología

Trabajo Final de Graduación para optar por el título de Ingeniero en

Mecatrónica con el grado académico de Licenciatura

Luis Carlos Murillo Araya

Guanacaste, Costa Rica

2019

# Usos de la nanocelulosa

Universidad de Costa Rica

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Civil

## Efecto de la nanocelulosa obtenida del desecho del rastrojo de piña en mezclas cementicias de mortero hidráulico

Proyecto de Graduación

Para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil

Presenta:

**Esteban Solís Nicolaas**

Director de Proyecto de Graduación:

**Ing. Einer Rodríguez Rojas**

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

## ESTUDIO DEL EFECTO DE LA ADICIÓN DE NANOCELULOSA OBTENIDA DEL DESECHO DEL RASTROJO DE PIÑA EN MEZCLAS PARA MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

**Esteban Solís Nicolaas<sup>1\*</sup>, José Roberto Vega Baudrit<sup>2</sup>, Einer Rodríguez Rojas<sup>1,3</sup>, Luis Carlos Meseguer Quesada<sup>1,3</sup>**

1\*) Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. Correo electrónico: esteban.a.solis@gmail.com

2) Laboratorio Nacional de Nanotecnología (LANOTEC), San José, Costa Rica.

3) Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (Lanamme UCR), San José, Costa Rica.

Recibido: Noviembre de 2018; Aceptado:

### RESUMEN

El aporte de la nanotecnología en las nuevas tecnologías convergentes ha sido clave en la sinergia de distintas ciencias, ingenierías e industrias, lo cual genera la posibilidad del mejoramiento o creación de nuevas propiedades o nuevas aplicaciones. La inclusión de fibras naturales como aditivo en mezclas de concreto hidráulico es de interés debido a su abundancia, por ser un insumo proveniente de fuentes renovables y por su potencial aporte en las propiedades físicas y mecánicas en mezclas cementicias. Existen métodos que permiten la obtención de un material a nivel nanoscópico llamado nanocelulosa a partir de la celulosa que forma parte de la estructura o pared celular vegetal. En *Costa Rica*, la producción y exportación de piña representa uno de los sectores productivos más importantes para el país. El rastrojo del cultivo de piña representa biomasa rica en celulosa que comúnmente se considerada un residuo o desecho agroindustrial cuyo manejo representa un proceso costoso y con posibles efectos adversos al ambiente y a la salud.

La reutilización y revalorización de este subproducto, se enfocó en la extracción de la fibra lignocelulósica obtenida de las hojas del cultivo de piña para la posterior producción de nanocelulosa. La investigación busca principalmente evaluar posibles variaciones en las propiedades de resistencia a tensión, compresión y trabajabilidad entre las mezclas de mortero de cemento hidráulico con distintas dosificaciones del producto obtenido del proceso de producción de la nanocelulosa y las mezclas sin adición. Se realizaron mezclas con cuatro porcentajes de adición además de la mezcla patrón (0% con porcentajes en estado acuoso respecto al peso del cemento para cada aditivo obtenido de 0,125, 0,25, 0,50, y 1 (0,013, 0,025, 0,05, y 0,1% en peso seco respectivamente). En todas las mezclas con alguna adición de nanocelulosa, se obtuvieron valores de reducción porcentual en la relación agua/cemento para una consistencia plástica adecuada en comparación a la mezcla patrón. Todas las mezclas con alguna adición de nanocelulosa obtuvieron valores de resistencia tanto a la tensión como a la compresión mayores a la mezcla patrón.

**Palabras clave:** Nanocelulosa piña desechos agroindustriales mezclas cementicias aditivo



Figura 17. Briquetas (izquierda) y cubos (derecha) de mortero hidráulico fabricados según los requerimientos de las normas ASTM C307 y ASTM C109 respectivamente.

# Subproducto del proceso: silica.

SCIENTIFIC REPORTS | (2018) 8:10417 | DOI:10.1038/s41598-018-28444-4

www.nature.com/scientificreports

## SCIENTIFIC REPORTS

OPEN

### Biogenic silica-based microparticles obtained as a sub-product of the nanocellulose extraction process from pineapple peels

Yendry R. Corrales-Ureña<sup>1</sup>, Carlos Villalobos-Bermúdez<sup>1</sup>, Reinaldo Pereira<sup>1</sup>, Melissa Camacho<sup>1</sup>, Eugenia Estrada<sup>2</sup>, Orlando Argüello-Miranda<sup>1</sup> & Jose R. Vega-Baudrit<sup>1,3</sup>

Silica in plant tissues has been suggested as a component for enhancing mechanical properties, and as a physical barrier. Pineapples present in their shell and bracts rosette-like microparticles that could be associated to biogenic silica. In this study, we show for the first time that silica-based microparticles are co-purified during the extraction process of nanocellulose from pineapple (*Ananas comosus*). This shows that vegetable biomass could be an underappreciated source, not only for nanocellulose, but also for a highly valuable sub-product, like 10 μm biogenic rosette-like silica-based microparticles. The recovery yield obtained was 7.2 wt.%; based on the dried initial solid. Due to their size and morphology, the microparticles have potential applications as reinforcement in adhesives, polymer composites, in the biomedical field, and even as a source of silica for fertilizers.

Received: 20 February 2018

Accepted: 1 June 2018

Published online: 10 July 2018

14A | VIERNES 24 DE AGOSTO DEL 2018 | LA NACIÓN

**ALDEA GLOBAL** www.nacion.com  
Isabella Varela Editora de Aldea Global  
isabella.varela@nacion.com

→ Cáscara de la fruta podría aprovecharse en ese tipo de productos

## Ticos descubren material en la piña para crear biofertilizantes

Hallazgo ayudaría a disminuir contaminación ocasionada por residuos del cultivo

Científicos creen que el insumo puede usarse en las propias plantaciones de piña

**Monserath Vargas L.**  
mvargas@nacion.com

Los residuos de la producción piñera suelen causar muchos dolores de cabeza: cerca de 1,5 millones de toneladas de rastrojo por año, proliferación de hongos dañinos por restos húmedos y azucarados, además de problemas de salud, debido a la aparición de mosquitos. Costa Rica, uno de los principales productores de piña en el mundo, no escapa de consecuencias como estas. Sin embargo, un equipo de científicos nacionales, liderados por la investigadora Yendry Corrales, descubrió que, en la cáscara de este cultivo, se encuentra un componente que se puede aprovechar: silica biogénica en estado puro. Con ella se podrían crear biofertilizantes y así contribuir con el ambiente. Aunque la silica se utiliza desde hace mucho tiempo en la industria farmacéutica y tiene potencial para desarrollar adhesivos, según Corrales, nunca se consigue en estructuras con esta morfología: es decir, la estructura que observaron que la planta de piña produce naturalmente. La investigadora aseguró que fue una sorpresa hallar en la cáscara de esta fruta unas estructuras en forma de roseta. "Es la primera vez que se ve en el mundo una estructura de ese tipo", comentó. Además, sugirió que la silica alojada en esas estructuras es la responsable de la resistencia de la cáscara de la piña y de que esta esté orientada en cierta dirección. **Hallazgo.** Fue durante el desarrollo del proyecto de extracción de nanocelulosas de diferentes plantas como maíz y cañi, cuando les llamó la atención lo que vieron en la cáscara de la piña. En la iniciativa se encuentra involucrado José Roberto Vega, director del Laboratorio Nacional de Nanotecnología (Lanotec-CeNAT).

Una de las tareas propias de ese proceso es caracterizar la materia prima y, al trabajar con la piña, observaron algo interesante a través de los microscopios: unas estructuras que se repetían. "Vimos que la planta tenía estas estructuras en la cáscara, interconectadas por un material, como unas fibras; de ahí empezamos a hacer cortes y vimos que la cáscara que se solía, tenía dentro un patrón estructural: estas rosetas de silica microconectadas por celulosas", recordó Corrales. Posteriormente, adaptaron el proceso de extracción de nanocelulosas (un componente presente en las fibras de las plantas) para lograr, al mismo tiempo, la extracción de silica. "Como el proceso comienza cuando los científicos toman la cáscara y la muelen; luego, la pasan a una solución básica de hidróxido de sodio, que lo que hace es extraer las partes orgánicas del material. Mientras tanto, la parte silica que solía ser viscosa se pone en una solución ácida para extraer de ella la celulosa y nano-

publicados en la revista especializada Nature, han comenzado a considerar la fabricación de biofertilizante que podría emplearse en el mismo cultivo de piña. "El proceso es sencillo, se puede hacer ambientalmente más amigable", destacó el líder del estudio. Según ella, al hacer un mejor aprovechamiento de los residuos, se podría aprovechar rápidamente el suelo que se utiliza para plantar piña, al recoger los restos, darles un tratamiento y hasta sacar provecho económico de ellos. José Vega, director de Lanotec-CeNAT y otro de los autores de este estudio, celebró que este laboratorio está alcanzando un nivel bastante maduro en el área de investigación, a pesar de ser relativamente joven (fue fundado en el 2004). Además, reconoció que al contar con todos "los equipos de última generación en caracterización de materiales nanotecnológicos y con recursos humanos costarricenses, que se ha ido preparando en las mejores universidades y centros de investigación del mundo, ha permitido que el laboratorio esté al frente de este tipo de investigaciones de punta".

Los científicos encuentran que la piel de la piña es rica en silica, un compuesto que se utiliza en la industria farmacéutica. VERGAS L.

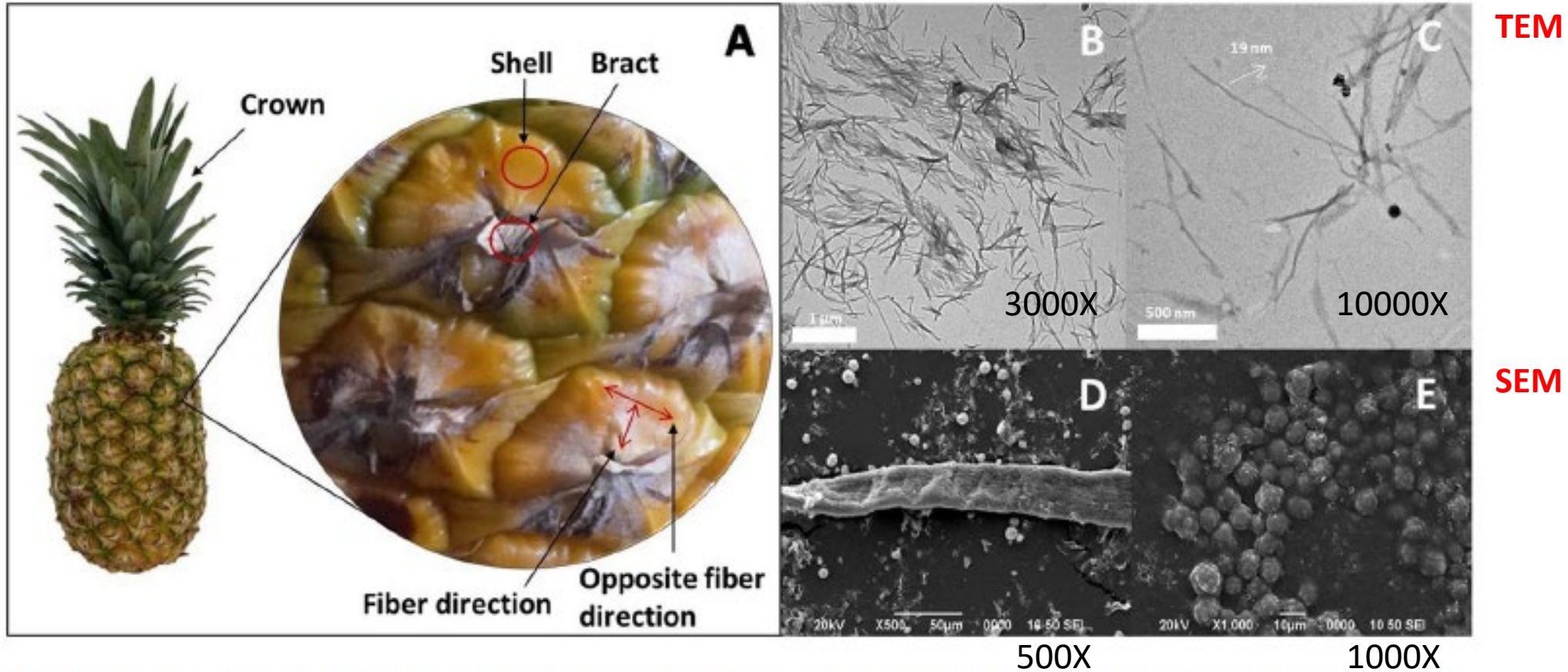
**2004** Año en que se fundó el Laboratorio Nacional de Nanotecnología

La investigadora Yendry Corrales lidera el estudio, cuyos resultados se publicaron en la revista especializada Nature. CARLOS BERNAL/EPFL/AL



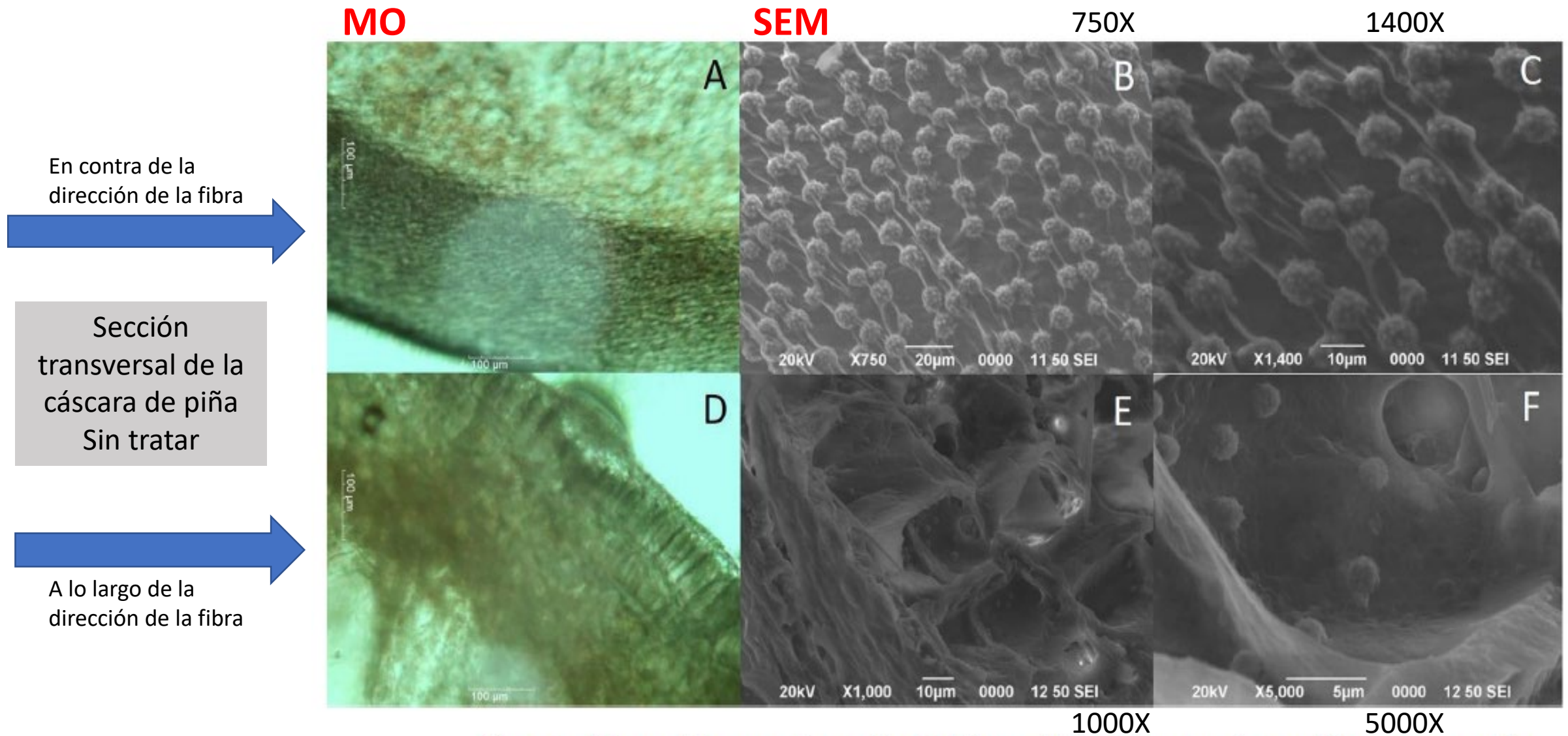
# Nanopartículas de sílice

Macropartículas de nanocelulosa y sílice después del tratamiento con el  $H_2SO_4$



**Figure 1.** Pineapple parts, and TEM and SEM images of the nanocellulose and microparticles extracted. (A) Pineapple peel detail of parts investigated as sources of biogenic silica-based microparticles and nanocellulose. TEM images of microparticles present in the supernatants during the NCC extraction (after centrifugation at 2500 rpm and first incubation with  $H_2SO_4$ ): (B) 3000X and (C) 10000X. SEM images of the precipitate after centrifugation: (D) 500X and (E) 1000X.

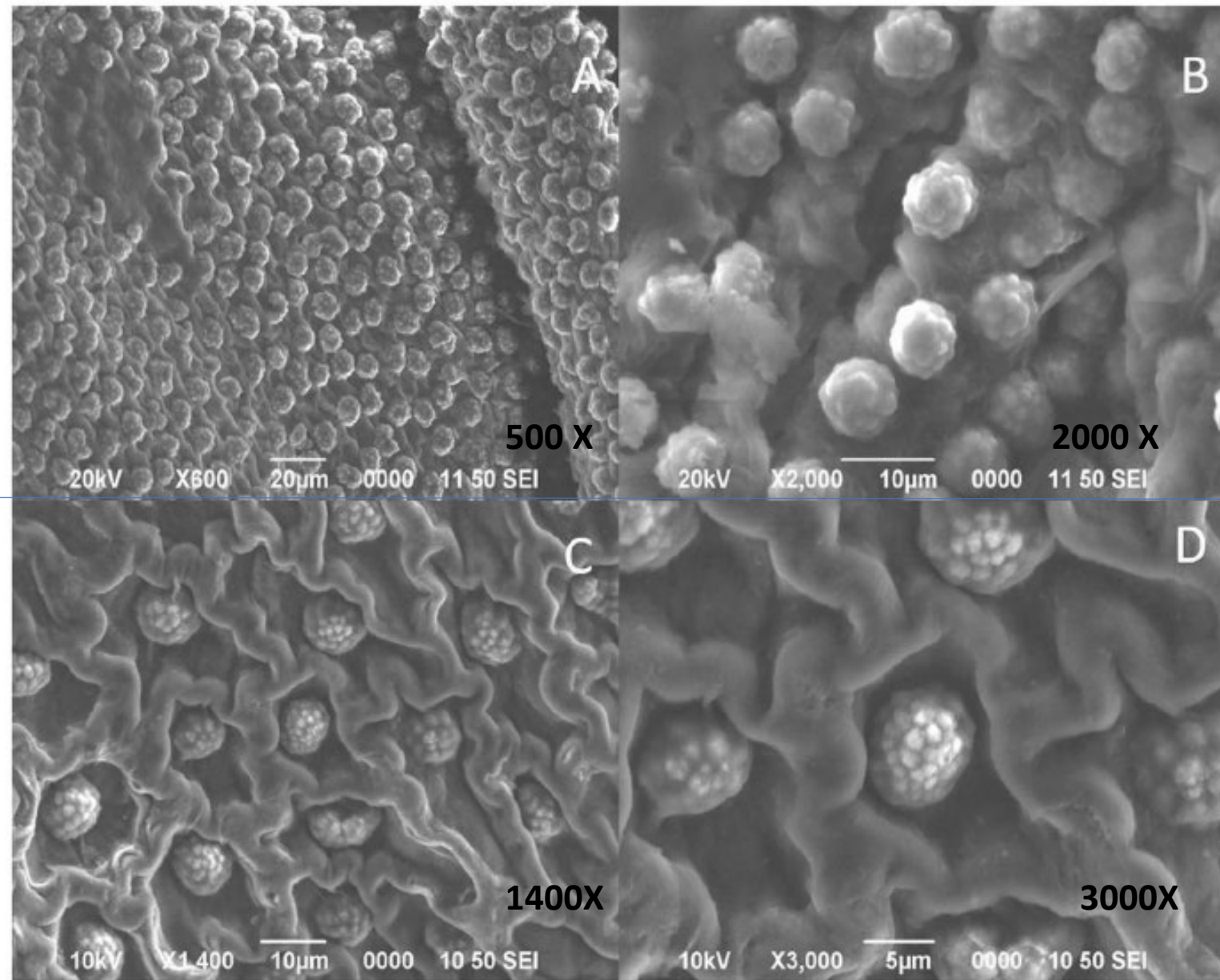




**Figure 2.** Microparticles present in specific plant tissues. Optical microscope images of the transverse section of the pineapple peel. (A) Opposite to the direction of fibers. (D) Along fiber direction. SEM images of the shell tissue section showed in A and D. SEM images of A (B) 750X and (C) 1400X. SEM images of D, (E) 1000X and (F) 5000X.

## SEM

Cáscara de piña en contacto con **NaOH 20% p/p**

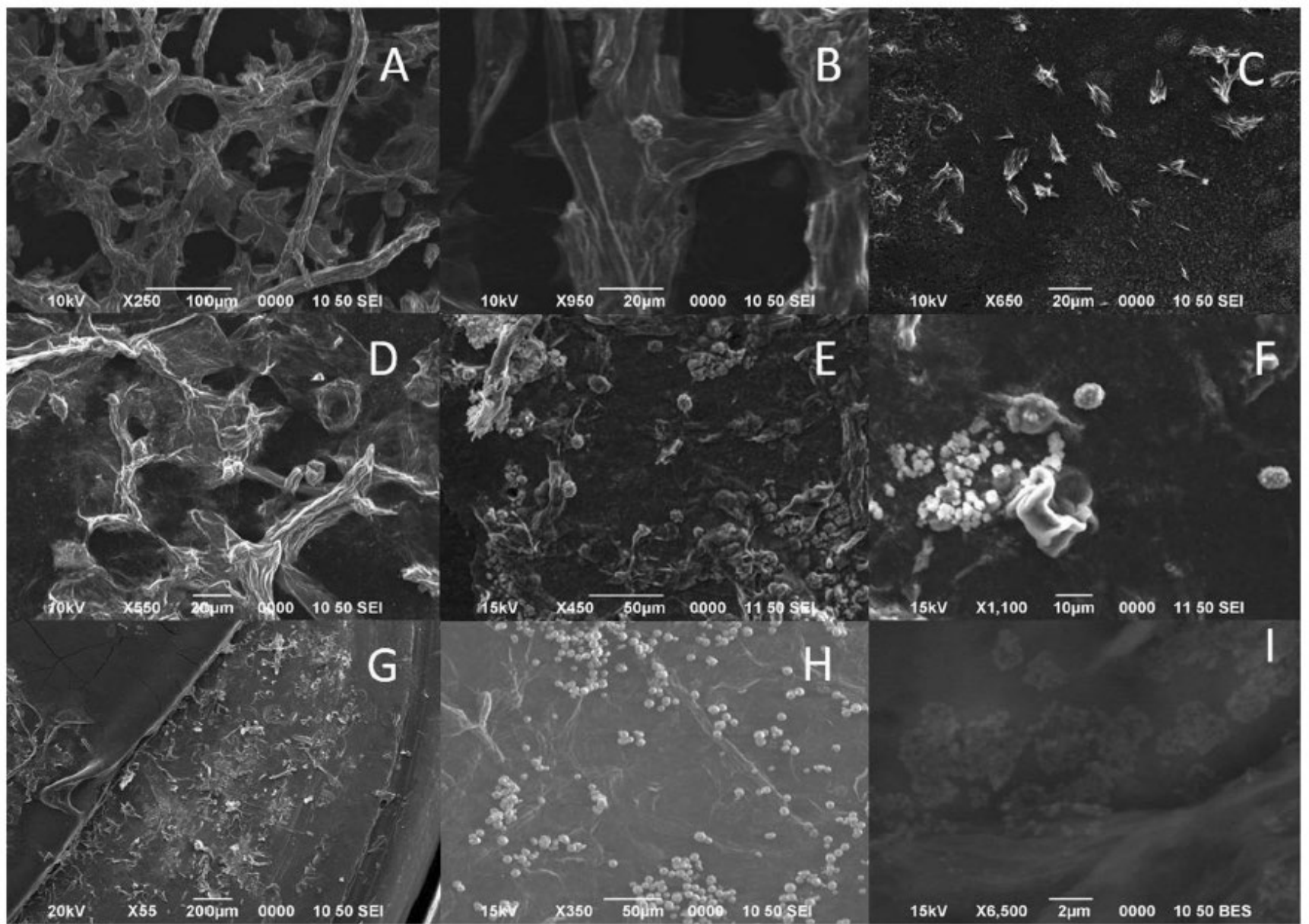


Cáscara de piña en contacto con **H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 65 % p/p/ 55 °C**

**Figure 3.** SEM images of the pineapple shell. In contact for 15 min with NaOH 20 wt.%: (A) 500X and (B) 2000X. In contact with H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 65 wt.%, 55 °C: (C) 1400X and (D) 3000X.

### Otras pruebas:

- NaOH 12 y 20% p/p
- NaOCl
- HCl



**Figure 4.** Solid after different treatments. Solid precipitated at 2500 rpm with different treatments after contact with the pineapple peels. (A and B) NaOH 20 wt.% and NaOH 12 wt.%. (D and E) NaOCl. (G and H) HCl. Solid remained in the supernatant after separating the fraction that precipitates at 2500 rpm with different treatments. (C) NaOH 20 wt.%. (F) NaOCl. (I) HCl.

- SEM sílice extraída
- TGA para eliminar componentes
- FTIR correspondiente
- EDX: Si y O
- Biogenic rosette-like silica-based microparticles (BRSM)

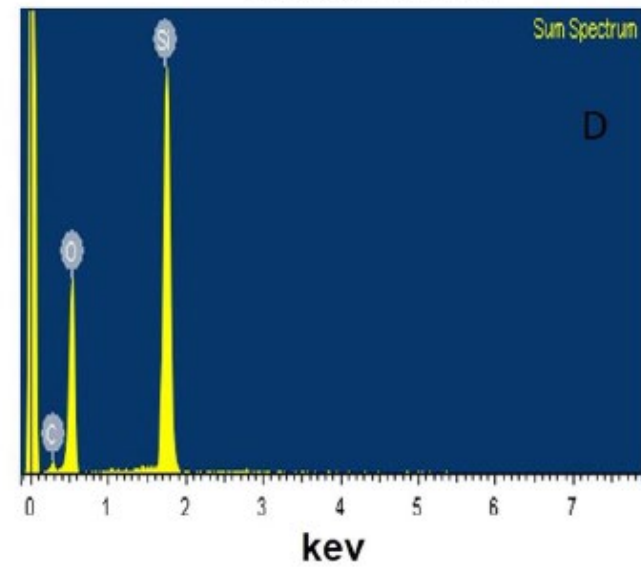
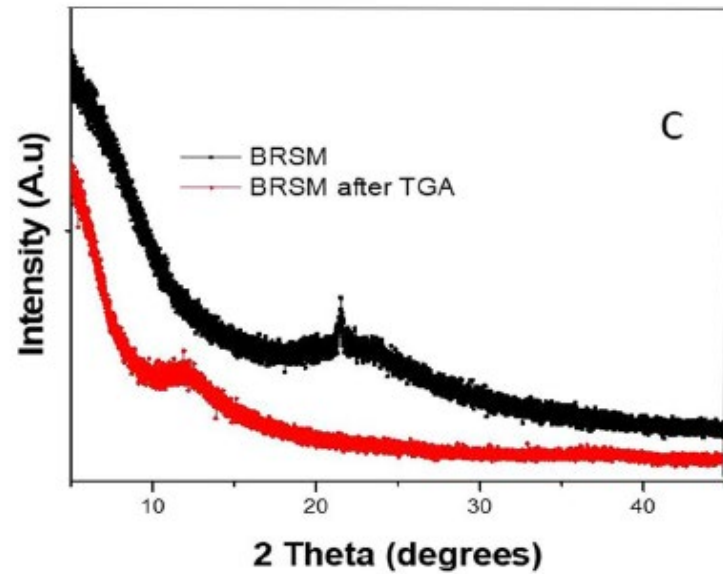
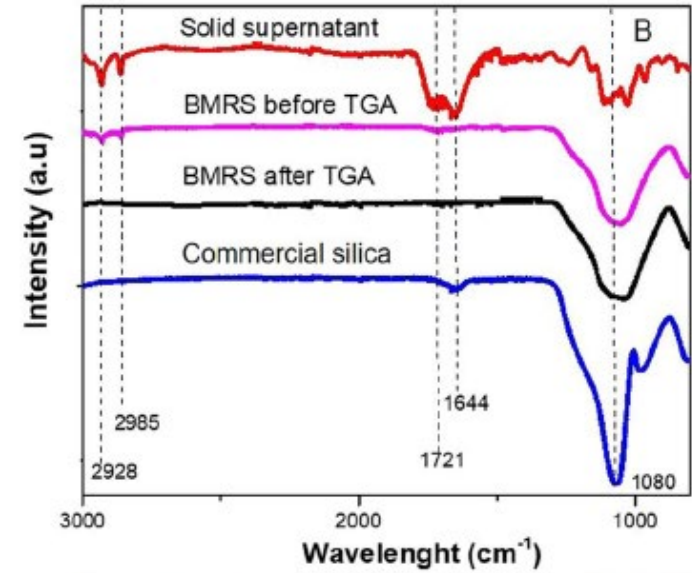
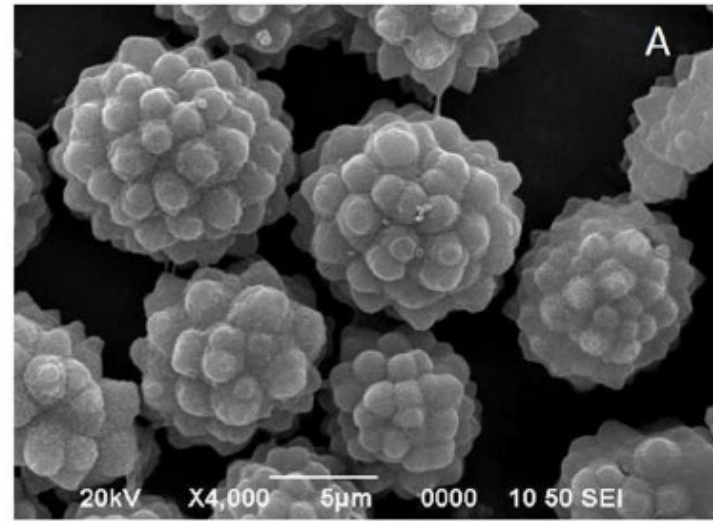


Figure 7. Characterization of microparticles obtained as a sub-product of the nanocellulose extraction process, (A) SEM image of the microparticles, (B) FTIR spectra of the solid in the supernatant separated after the second  $\text{H}_2\text{SO}_4$  step, (C) XRD spectra of BRSM before TGA and BRSM after TGA, (D) EDX spectra of BRSM.

Sílice antes (A) y después (B) del tratamiento en TGA

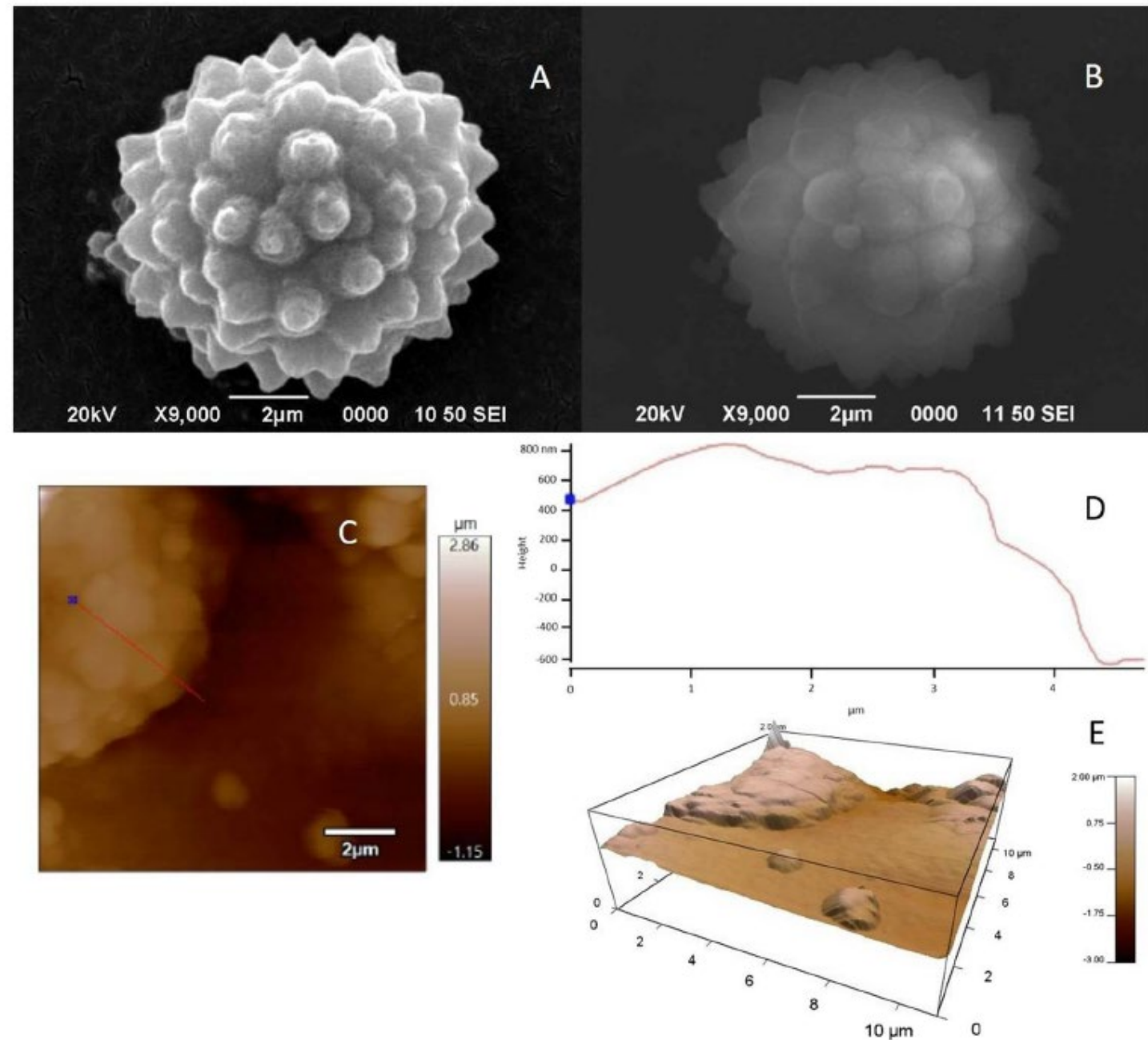


Figure 8. Microparticles and their regular nanometric features. SEM images of (A) BRSM before TGA, (B) BRSM after TGA, (C) AFM height image, (D) Cross-section of C, (E) 3D image of BRSM.

# Sustainable Pineapple Costa Rica Market Study

CSR Netherlands (MVO Nederland / De Groene Zaak)  
Ilonka Nennie and Hasse de Boer  
29 May 2018

## 1. Paper, 2. Pallets, 3. Biogas, 4. Bromelain, 5. Nanocellulose Best valorisation options according WUR Ranking

Valorisation product	TRL	Economic potential	Available market	Easiness to implement	Ranking
Paper	9 for many feedstocks 4 for pineapple residue	Medium	Yes	Easy	1
Pallets	9 for banana leaves Should be tested for pineapple residue	Medium	Yes	Easy	2
Biogas	9 for many feedstocks Should be tested for pineapple residue	Low, needs subsidy	Yes	Easy	3
Bromelain	9 for pineapple stems 3 for pineapple leaves	High	No	Medium	4
Nanocellulose	9 for wood pulp 4 for pineapple residue	High	No	Medium	5

Table 3: Ranking of valorisation options of pineapple crop residue

### Ranking further explained:

- Paper #1: could be implemented locally, has an available market, will not have negative returns and can be quickly developed.
- Pallets #2: scoring indicators almost similar to paper, however no TRL tests have been done.
- Biogas #3: less economically viable.
- Bromelain & nanocellulose # 4/5: have very small markets and need a complex technology.

# Otros productos de Biorefinería: Innovación: Proyectos PYMES, patentes y grandes empresas.

Biomass Conversion and Biorefinery  
https://doi.org/10.1007/s13399-020-00722-0

REVIEW ARTICLE



## Pretreatment methods of lignocellulosic wastes into value-added products: recent advances and possibilities

Diego Batista Meneses<sup>1</sup> · Gabriela Montes de Oca-Vásquez<sup>1</sup> · José Roberto Vega-Baudrit<sup>1,2</sup> · Mauricio Rojas-Álvarez<sup>3</sup> · Joshua Corrales-Castillo<sup>4</sup> · Luis C. Murillo-Araya<sup>1</sup>

Received: 9 January 2020 / Revised: 17 March 2020 / Accepted: 2 April 2020  
© Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2020

### Abstract

A number of industries currently produce many tons of agroindustrial wastes with significant consequences on the environment and human and animal health. In recent years, increasing emphasis has been placed on reducing this negative impact. This review article aims to investigate the use of pretreatment methods that can be applied as an alternative to the usage of residual biomass. In addition, we seek to highlight the efficiency of the processes as well as possible weaknesses, which are associated with high energy and reagent consumption, low yields, and possible secondary impacts. Generally, the waste chemical composition consists mainly of cellulose, hemicellulose, and lignin; these can be fractionated, extracted, and purified to produce different value-added products, such as biofuels, organic acids, enzymes, biopolymers, and chemical additives. Despite the multiple possibilities to produce different products from lignocellulosic biomass, further research is still required to enhance the efficiency of the methods used nowadays and find new procedures.

**Keywords** Agroindustrial wastes · Biomass · Cellulose · Lignin · Hemicellulose

## Obtención de Biocombustibles Cebada, arroz, maíz, trigo, caña de azúcar, aserrín

Biomass Conv. Bioref.

**Table 5** Biofuels obtained from various agroindustrial wastes

Residue	Product	Pretreatment method	Inoculum	Reference
Sawdust	Bioethanol	Ionic liquid	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	[130]
Sugarcane bagasse	Bioethanol and biogas	Alcaline	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	[131]
Sugarcane bagasse	Bioethanol	Alcaline and hydrodynamic cavitation	<i>Scheffersomyces stipitis</i>	[132]
Rice straw	Biogas	Alcaline and extrusion	Digested sludge from agroindustrial manure	[133]
Rice straw	Biohydrogen	Enzymatic hydrolysis	<i>Thermoanaerobacterium thermosaccharolyticum</i>	[134]
Barley straw	Biodiesel	Acid	<i>Rhodococcus sp.</i>	[135]
Corn straw	Biodiesel	Alkaline and acid	<i>Mycobacterium smegmatis</i>	[136]
Wheat straw	Biogas	Organosolvents and alkaline	Digested sludge from agroindustrial manure	[137]
Wheat straw	Biohydrogen	Microbial consortium	Digested sludge from agroindustrial manure	[138]
Wheat straw	Biodiesel	Grinding, alkaline, and enzymatic digestion	<i>Trichoderma viride</i>	[139]

## Obtención de otros productos Coco, soya, arroz, algodón, maíz, caña de azúcar.

Biomass Conv. Bioref.

**Table 6** Value-added chemical products obtained from lignocellulosic agroindustrial wastes

Residue	Product	Pretreatment method	Application	Reference
Coconut, cassava, and soya flour	Lycopene	Biologic	Food industry	[151]
Soya stover	Carotenoids	Extrusion and fungal hydrolysis	Pharmaceutical, biotechnological, and chemistry industry	[152, 153]
Wheat bran and corncobs	Fumaric acid and itaconic acid	Fungal hydrolysis	Pharmaceutic and chemistry precursors	[154]
Comcobs	Furfural	Grinding	Pharmaceutic and chemistry precursors, plastic and polymer industry, refinery	[155]
Rice straw	Lignolytic enzymes	Fungal hydrolysis	Lignocellulosic material treatment	[156]
Wheat rice hay and bran, sugarcane bagasse, peanut peel, birch, and beech branch	Cellulolytic enzymes	Fungal hydrolysis	Lignocellulosic material treatment	[157]
Com stover	L-Lysine	Acid	Food industry	[158]
Com stover	Citric acid	Acid	Pharmaceutic, chemistry, food, cosmetic, and agricultural	[159]
Cottonseed meal and com cob	D-Lactic acid	Hydrolysis without pretreatment	Pharmaceutic, cosmetic, and chemistry	[160]
Com cob	Succinic acid	Acid	Chemistry, pharmaceuticals, food, cosmetic, and polymeric industry	[161]

## Bio Refinery of Oily Wastes



Juan José Rojas Alfaro<sup>1\*</sup>, Luis Marcial Fernández Araya<sup>1</sup>, Carlos Redondo Gómez<sup>2</sup> and

José Vega Baudrit<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Poliuna, School of Chemistry, Universidad Nacional de Costa Rica, Costa Rica

<sup>2</sup>National Nanotechnology Laboratory LANOTEC-Ce NAT, San José, Costa Rica

Submission: May 11, 2018; Published: May 25, 2018

\*Corresponding author: Juan José Rojas Alfaro, Poliuna, Chemistry School of Chemistry, Universidad Nacional de Costa Rica completar direccion, Costa Rica, Email: jvegab@gmail.com

### Abstract

Many attempts have been made in order to establish a concept for biorefinery. The simplest way to do so is in an analogous way to the current oil refinery, where multiple fuels and products are manufactured from fossil source, but in the biorefinery scenario, biomass is converted into a range of biochemicals, materials and energy products in an industrial process.

### Introduction

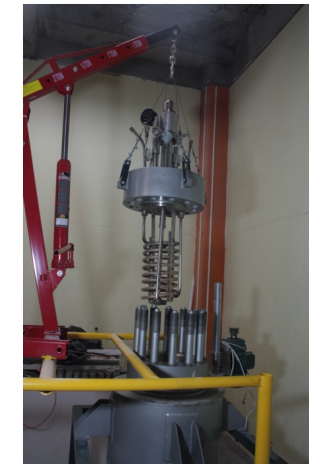
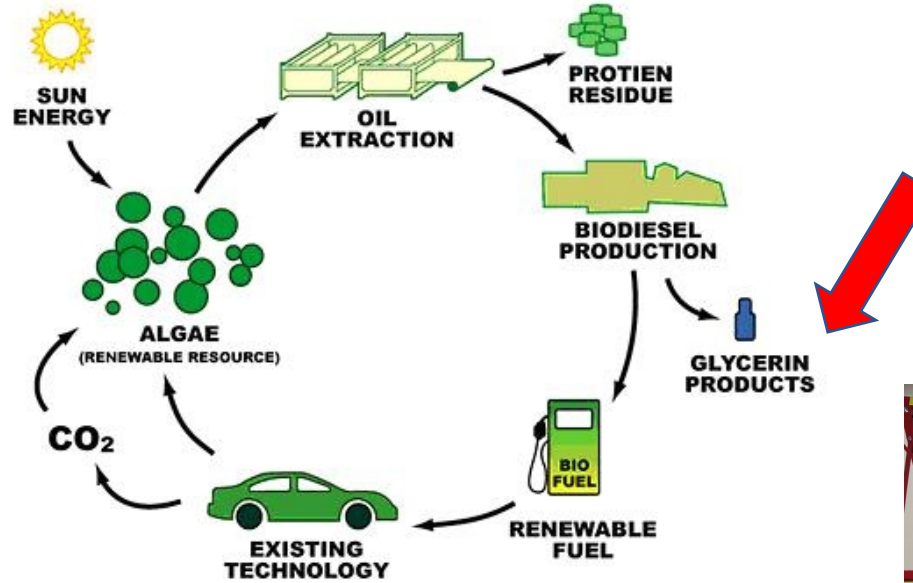
#### The Concept of Bio-Refinery

Another approach includes "the sustainable processing of biomass into a spectrum of marketable products and energy", therefore, allows defining biorefineries as "integrated bio-based industries, using a variety of different technologies to produce chemicals, biofuels, food and feed ingredients, biomaterials (including fibers) and power from biomass raw materials" [1,2]. The concept of biorefinery has evolved to take into consideration several criteria as technology, material, products, industry, or any other combination of the above [3]. Besides chemicals and energy, biorefinery may also provide biproducts as food for humans and livestock. This could support populations against food shortages and bring an alternative carbon and nitrogen fermentation sources (cellulose-rich waste an animal waste, respectively) [2,4]. Due to the highly varying composition of carbohydrate, lipids, and proteins content among biomass, Biorefineries needs to include several processes to obtain the chemicals or fuels of interest. Because of this, it is necessary to follow initial pretreatment and separation steps (primary biorefinery) before focusing on the, conversion processes that yield the o obtain biochemical building blocks of interest, i.e. a set of functional molecules suitable for organic synthesis (secondary biorefinery) [1,3]. In order to target the biorefinery's goal, an industry must implement a mixture combination of technologies and unit operations to deal with biomass conversion and energy production. Among those, it is possible to mention fermentation, gasification, pyrolysis, hydrothermal liquefaction, hydrogenation, hydrothermolysis, oxidation and hydrodeoxygenation [5].

#### Motivation

Biorefineries come as a reasonable solution to cope with increasing concerns regarding fossil fuel reserves, the strong dependency of contemporary societies to obtain chemicals and raw materials from the former, climate change as an indisputable reality, an increasing limitation in food and energy availability as the world population is expected to keep increasing at a swift rate, and last but not least, the waste management originated when dealing with these increasing demands. Biorefineries happen to provide a way to deal with all these concerns while providing innovative solutions [6]. Biomass has acquired an important position in order to replace fossil fuels because of it is a renewable character; it also can reduce carbon dioxide air concentrations in as an important fraction of the former is caused by waste plastic incineration [4]; in this fashion greenhouse effect could be reduced, and slow down global warming [7]. Besides that, the waste management issue could be addressed by recycling and treating agro- and food waste to include them as biorefinery starting materials. As a consequence of the many toxicology reports on chemical compounds released to the environment each year, there is an increasing need to substitute them, as to improve the market offer with safer options [7]. The list of products for substitution will quickly grow longer as the new legislation gets approved [8].

Thus, the development of technologies for establishing successful biorefineries has been actively pursued [9]. Biorefinery serves the dual role of reusing disposal while producing useful products [4], so by using new technologies



## PYMES Y PATENTES NUEVA EMPRESA: Bioenergy solutions of CA S.A.

### Ganancia: Creación de la planta piloto para procesos de innovación, nuevos materiales y sensores.

Reactor químico para condiciones supercríticas: Biocombustibles



# Producción del polímero biodegradable Polihidroxibutirato PHB a partir de desechos de la industria bioenergética

*Bacillus megatherium*



Utiliza **glicerol** proveniente de la producción de **biodiesel** para su crecimiento.



PHB: producto de alto valor que se puede obtener a partir del glicerol.

Production of Polyhydroxybutyrate (PHB) by *Bacillus megaterium* DSM 32 from Residual Glycerol of the Bioenergy Industry

Enzo Alvarado-Cordero<sup>1</sup>, Gabriela Montes de Oca-Vásquez<sup>2</sup>, Reinaldo Pereira-Reyes<sup>2</sup>, José Vega-Baudrit<sup>3</sup> and Marianelly Esquivel-Alfaro<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Laboratory of Science and Technology of Polymers (POLIUNA), Chemistry Department, National University of Costa Rica, Heredia, Costa Rica

<sup>2</sup>National Nanotechnology Laboratory, National Center for High Technology, 1174-1200, Calle Costa Rica, Pavas, San José, 10109 Costa Rica

Received November 11, 2016; Accepted February 23, 2017

**ABSTRACT:** Biodegradable polymers from renewable resources are generating growing interest in the plastic industry because they have properties similar to synthetic polymers. Polyhydroxyalkanoates, mainly polyhydroxybutyrate (PHB), have mechanical and physicochemical properties very similar to their synthetic counterparts. This work explores the use of residual glycerol from the bioenergy industry for the production of PHB by *Bacillus megaterium* DSM 32. The glycerol works as a source of carbon and energy. Raw glycerol was purified with sulfuric acid in order to neutralize saponified fatty acids. The purification process generated three different phases. One of the phases was the glycerol-rich layer; this layer was filtered and concentrated by vacuum distillation process. The purity of the glycerol was determined by thermogravimetric analysis (TGA). Additionally, the physicochemical properties, like viscosity, pH, ash content and density, were measured. The experiments were conducted in shake flasks at 30 °C and 120 rpm. Different glycerol concentrations (20, 30, 40 g/L) were used to evaluate the influence of the initial concentration of glycerol on the biomass accumulation and biopolymer production. The purified glycerol obtained had a high purity (-89.5-92.13%); this material does not contain fatty acids, although it contains ~3.7% salts. The final PHB concentration obtained was 0.054 mg/mL.

**KEYWORDS:** Polyhydroxybutyrate, glycerol, biopolymer, *Bacillus megaterium*, biomass

## 1 INTRODUCTION

Due to the increase in oil and natural gas prices, and the high environmental impact generated by synthetic plastics, bioplastics are becoming increasingly more competitive with petroleum-based resins [1]. One alternative to bioplastics is the use of biopolymers such as polyhydroxyalkanoates (PHAs). They have the advantage of being biodegradable and can be produced from renewable resources [2].

The PHAs are a family of biopolyesters of 3, 4, 5, 6 hydroxyacids. These compounds are accumulated as intracellular granules. The PHAs can be synthesized by many Gram-positive and Gram-negative bacteria [3]. These compounds represent an alternative source of energy under limited conditions of some essential

nutrients like nitrogen, sulfur and phosphorus and under an excess of available carbon [4]. The use of this polymer by the bacteria is considered a survival strategy in changing environments [1].

Poly-3-hydroxybutyrate (PHB) is the most commonly produced PHA [5, 6]. This polymer is of great commercial and environmental interest as a biodegradable plastic material [7] because of its physical properties, which are very similar to those of the petroleum-based plastics. PHB is a thermoplastic that is free from trace catalysts and other chemical compounds, which makes it a nontoxic material, in addition to being biocompatible [8]. Also, PHB is insoluble in water and is resistant to hydrolytic degradation, which differentiates it from other polymers of biological origin. Its permeability to oxygen is very low, which makes it a suitable material for use in the packaging of products sensitive to oxygen [9].

One strategy for improving the production of PHB is the use of strains capable of synthesizing biopolymer

\*Corresponding author: mesquive@una.cr

DOI: 10.7569/RJM.2017.634123

J. Renew. Mater., Vol. 5, Nos. 3-4, July 2017

© 2017 Scrivener Publishing LLC 323



Fig 1. Crecimiento de *Bacillus megatherium* utilizando glicerol (40 g/L).

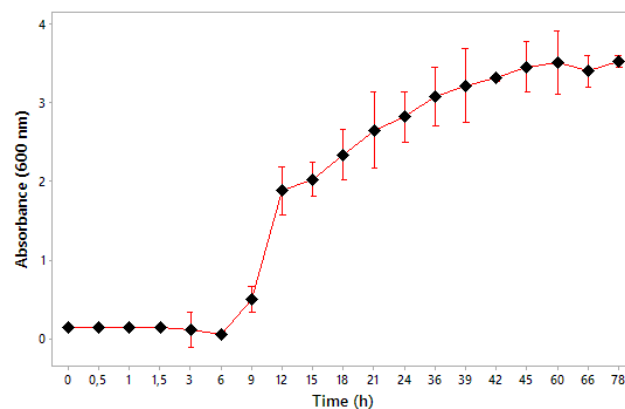


Fig 2. Curva de crecimiento de *Bacillus megatherium* utilizando glicerol 40 g/L.

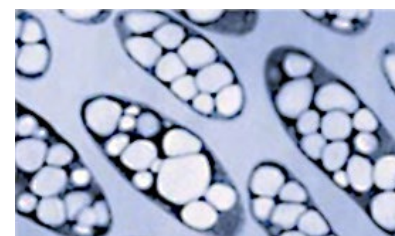
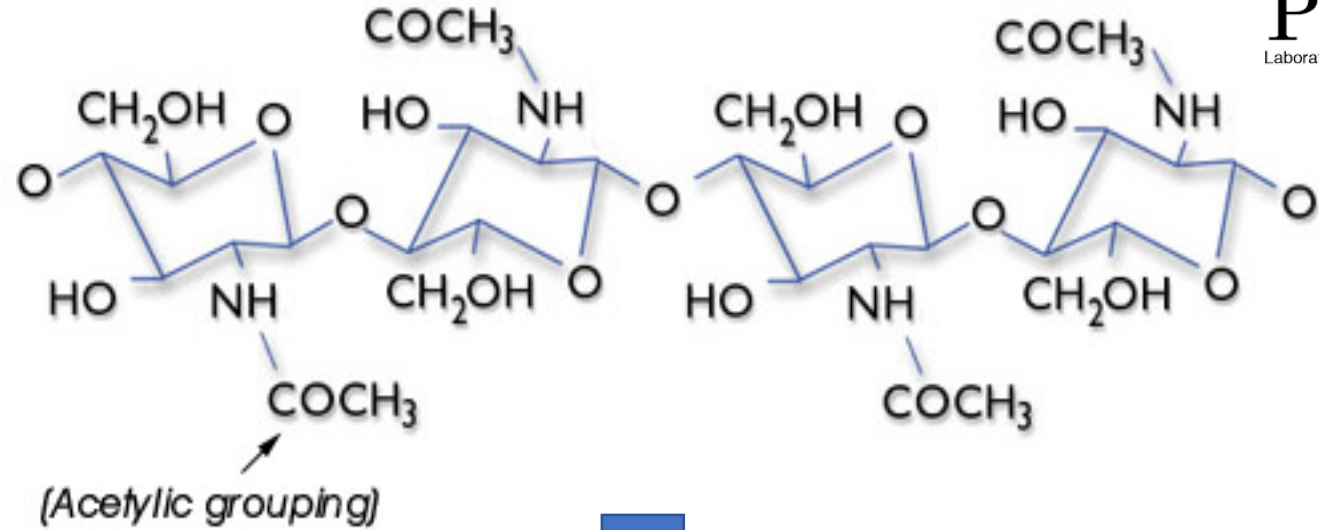
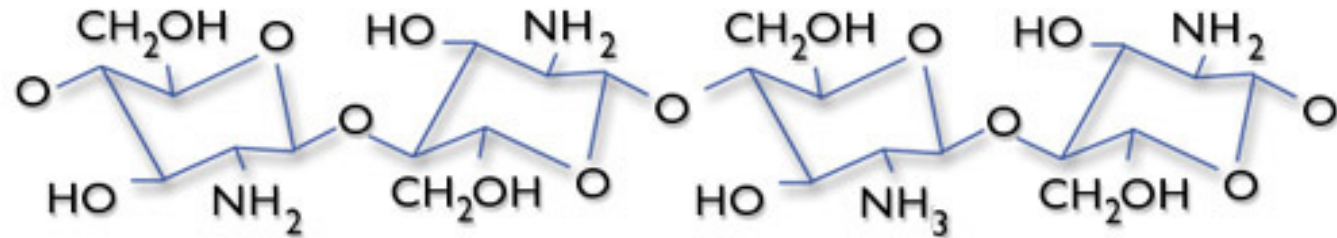


Fig 3. Gránulos de PHB observados en TEM

# APROVECHAMIENTO DE DESECHOS MARINOS (POLIUNA+LANOTEC)



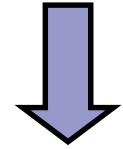
Proceso de desacetilación



Desecho de Crustáceos

*Penaeus sp.*  
*Pleuroncodes sp.*

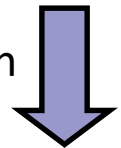
*Pleuroncodes planipes*



Quitosano grado técnico



Purificación



Deproteínización (descarnado)

- Químico (NaOH)
- Mecánico (despulpador)
- Enzimático (proteasas)

Eliminación de carbonatos  
(desmineralización)

Quitina

Desacetilación

- Química (NaOH conc.)
- Enzimática (desacetilasas)

Quitosano

Aplicaciones Farmacéuticas:  
Agente secuestrante de grasa

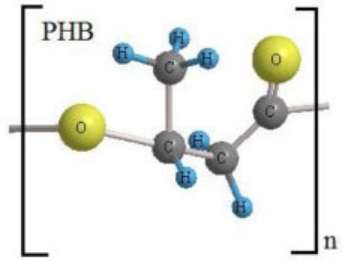


### Algunos derivados de quitina

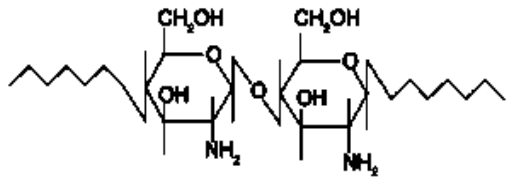
- Polietilenglicol unido a un derivado de quitina: transportar y liberar sustancias aniónicas (proteínas, glicosaminoglicanos, ADN)
- D-O-butirilquitina (DBQ): Liberación controlada de drogas.
- Hidroxialquil quitosano: Membranas de diálisis.
- Sales cuaternarias de quitosano: Floculante y quelante de iones metálicos.
- N-acil-, N-acrilidin- y N-alkilidinquitosano: Hidrogeles, cosméticos.
- Carboximetilquitina: aplicaciones en medicina.

# Síntesis de nanopartículas para la liberación controlada de fármacos de interés: antibióticos.

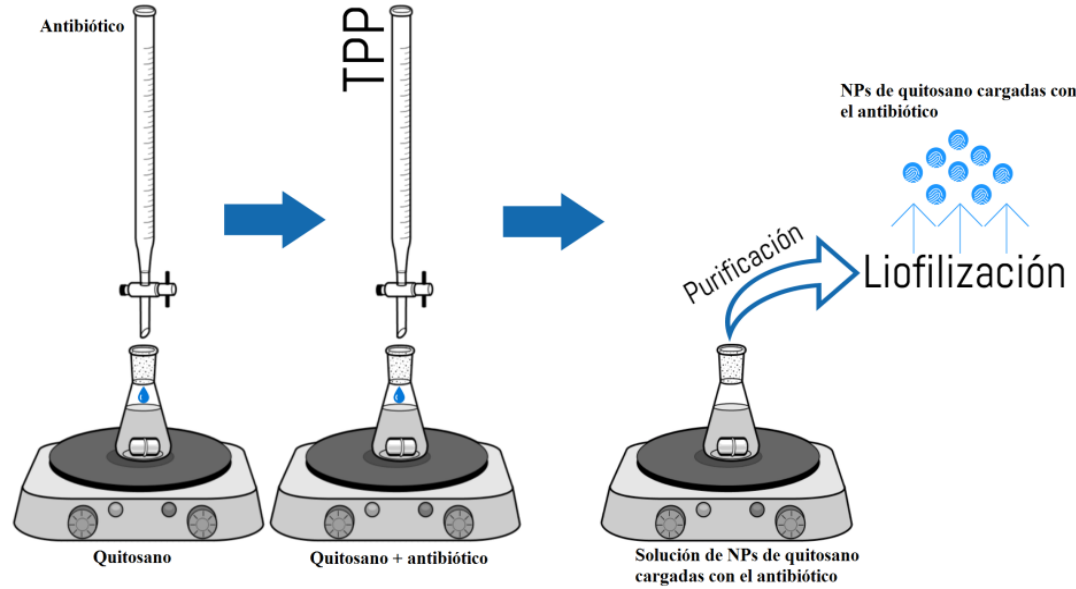
La nanotecnología viene a dar un nuevo enfoque para potenciar los agentes antimicrobianos y ayudar a combatir esta problemática de resistencia a los fármacos



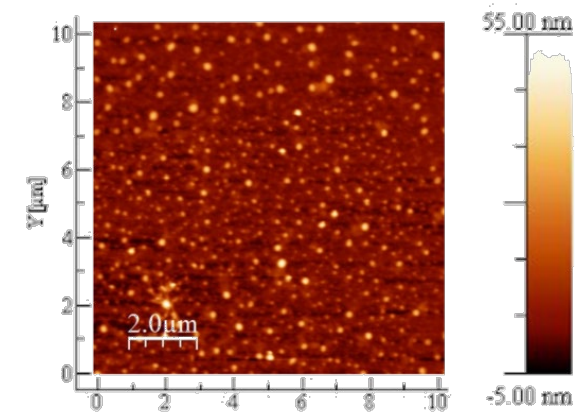
Polihidroxibutirato



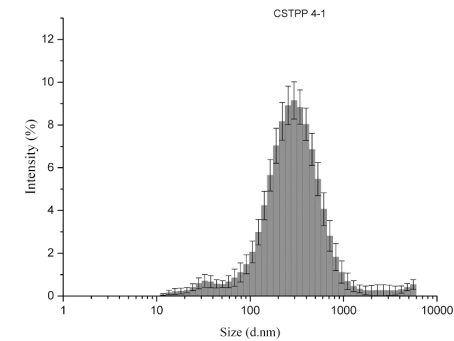
Chitosano



Síntesis de nanopartículas por el método de gelación iónica



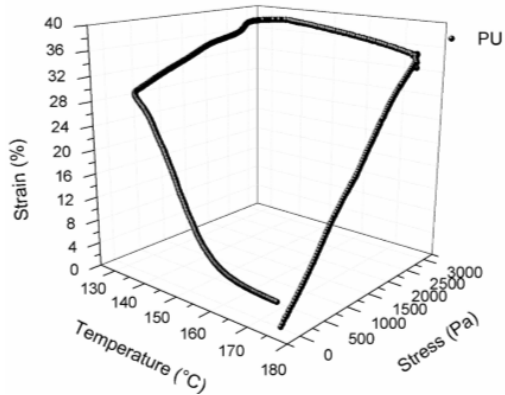
AFM de altura de las NPs



Histograma de distribución de tamaños de las NPs

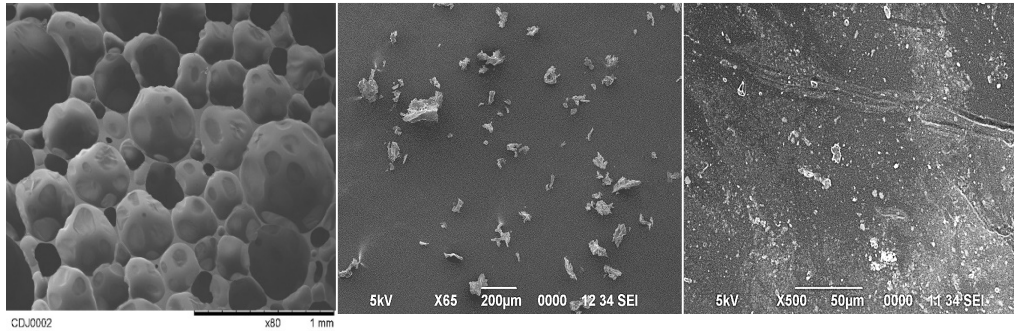
# Polímeros y Materiales Compuestos a partir de Fuentes Renovables

## Materiales con Memoria de forma

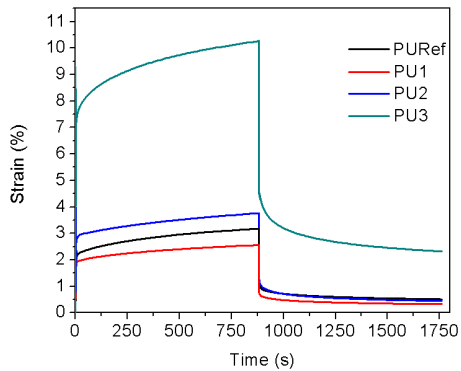


## Refuerzo de Materiales con Micro y Nanoestructuras

### Materiales Micro y Nanoestructurados (Imágenes SEM)



## Materiales con Alto Desempeño



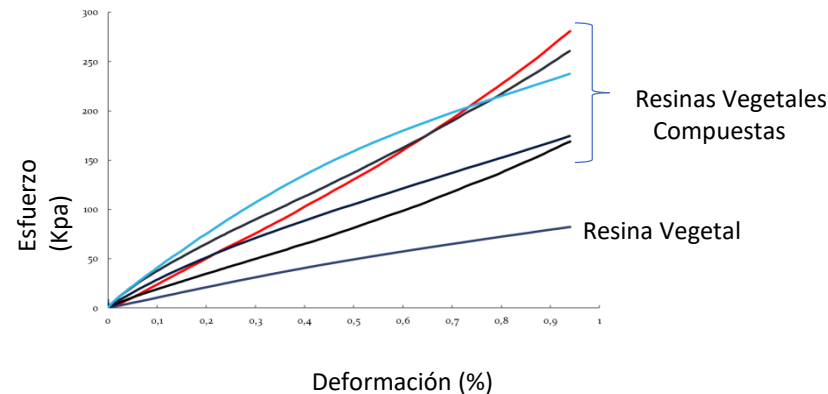
ENSAYO DE CREEP

### Bioespumas Vegetales

### Micro y Nanocelulosa

### Resinas Vegetales Compuestas

### ENSAYO DE TORSIÓN



## Variation of Physical Properties of Rigid Polyurethane Foams Synthesized from Renewable Sources with Different Commercial Catalysts

Daniel Brenes-Granados<sup>1</sup>, Jorge M. Cubero-Sesin<sup>1,2</sup>, Felipe Orozco Gutiérrez<sup>2</sup>, Jose Vega-Baudrit<sup>3</sup> and Rodolfo Gonzalez-Paz<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>School of Materials Science and Engineering, Costa Rica Institute of Technology, Cartago 159-7050, Costa Rica

<sup>2</sup>Institutional Microscopy Laboratory, Costa Rica Institute of Technology, Cartago 159-7050, Costa Rica

<sup>3</sup>National Nanotechnology Laboratory (LANOTEC-CeNAT-CONARE), San José, Costa Rica

Received November 25, 2016; Accepted February 24, 2017

**ABSTRACT:** In this work, rigid polyurethane foams were synthesized from renewable sources using different catalysts to study their effect on the mechanical, thermal, chemical and surface properties of the foams. A commercial foam pattern was used as the reference pattern to compare the aforementioned properties. Concentrations of the commercial catalysts were optimized to obtain foams with similar mechanical properties to the commercial foam. Morphological characterization of the foams was performed by scanning electron microscopy (SEM). Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy was employed to investigate the characteristic functional groups. Thermal characterization was performed by means of differential scanning calorimetry (DSC) and thermogravimetric analysis (TGA). Furthermore, mechanical properties were also determined by dynamic mechanical thermal analysis (DMTA). The optimum system of catalysts was composed of 33.1v and triethanolamine, which achieved a foam with better performance than the commercial foam.

**KEYWORDS:** Polyurethane foams, catalysts, mechanical properties, renewable sources

## Thermal-Mechanical Characterization of Polyurethane Rigid Foams: Effect of Modifying Bio-Polyol Content in Isocyanate Prepolymers

Luis Daniel Mora-Murillo<sup>1</sup>, Felipe Orozco-Gutiérrez<sup>2</sup>, José Vega-Baudrit<sup>3</sup> and Rodolfo Jesús González-Paz<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>School of Chemical Engineering, University of Costa Rica, San Pedro Montes de Oca, San José, Costa Rica

<sup>2</sup>National Nanotechnology Laboratory, National Center for High Technology, San José, Costa Rica

Received November 25, 2016; Accepted February 14, 2017

**ABSTRACT:** Nowadays, green polyurethane (PU) foams are mostly synthesized by replacing an amount of petrochemical polyol with bio-based polyol. Here we report five different families of isocyanate prepolymer formulations that were prepared with bio-based sources and the correlation between the structure of chains and the properties of the produced PU foam. Foam behavior in tension, torsion, compression, shape memory tests and physical properties were studied by dynamic mechanical thermal analysis (DMTA); interactions in the polymer chains were analyzed by Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR); and thermal analysis was performed by thermogravimetry (TGA) and differential scanning calorimetry (DSC). The results showed that high content of bio-based macrodiol in the prepolymer formulation implies a softer final material than commercial polyester polyol foams due to the branched bio-based molecules that do not allow enough packaging of the polymer matrix. Moreover, mechanical and thermal properties of the final PU foam are affected by the length, functionality and polarity of the bio-based molecules used in the isocyanate prepolymer synthesis.

**KEYWORDS:** Bio-based polyurethane, prepolymer, biodegradable, renewable resources, thermal-mechanical properties

**Empresa: GOVAN:**  
Poliol modificado (biopoliol) en el prepolímero del isocianato.

Empresa: **GOVAN:**

Poliol modificado (biopoliol) en el prepolímero del isocianato.

**ALDEA GLOBAL** www.nacion.com  
Renata Varela, editora de Aldea Global  
renata.varela@nacion.com

Investigadores desarrollaron un poliuretano derivado de compuestos vegetales

# Ciencia moldea tabla de surf de campeón centroamericano

Surfista Óscar Urbina destaca la rapidez del material para recobrar forma

Govan Project y Lanotec prevén que prototipo estará listo en abril del 2017

**Michelle Soto M.**  
msoto@nacion.com

Esa mañana de este 13 de noviembre, Óscar Urbina se enfrentará con una de las finales del Campeonato Centroamericano de Surf.

Se levantó las 4 a. m. y, entre cuatro tablas a su disposición, decidió practicar con la verde.

"La primera ola que agarre con ella -como le digo-, la tabla se fue sola. Era una tabla mágica", relató Urbina.

Aquel domingo, Urbina se coronó como campeón centroamericano de surf en la categoría Boys (Sub 16).

¿Qué hace tan especial esa tabla verde? La respuesta está en la ciencia y la tecnología detrás de su elaboración.

Investigadores de la empresa Govan Project, en alianza con el Laboratorio Nacional de Nanotecnología (Lanotec), del Centro Nacional de Alta Tecnología (Cenat), trabajan en un material llamado *biofoam*, el cual tiene memoria de forma.

"Para explicar qué es memoria de forma, imagínese una liga: uno la estira, la suelta, y esta recobra su forma original", explicó José Vega, del Lanotec.

En el caso del *biofoam*, el material -un tipo de espuma- recobra su forma más rápidamente.

En surf, cada segundo que se gane le facilita al surfista la realización de más maniobras usando la misma ola y, en un campeonato, los atletas tienen poco tiempo para convencer a los jueces, quienes califican potencia, maniobras radicales, fluidez y velocidad. "Una recuperación rápida permite aprovechar mejor la carrera sobre la ola", dijo el también surfista Jordi Solís.

**Nuevo material.** Hace dos años, Rodolfo González, de Govan Project, se acercó a Lanotec con la inquietud de crear un polímero a partir de derivados vegetales, el cual llegara a sustituir los del petróleo.

Gracias a esto, Govan Project pudo optar por el Fondo PRO-

1 y 2- José Vega le explica a Óscar Urbina y Jordi Solís cómo son las celdas del nuevo poliuretano. 3- Óscar Urbina utiliza la nueva tabla de surf. 4- Rodolfo González extrae la espuma del molde, el cual también fue diseñado por Govan Project y Lanotec, mediante la nanotecnología. 5- La espuma fue objeto de una serie de pruebas de laboratorio y de campo. VEGAS: FOTOGRAFÍA; URBINA: OSCAR URBINA; SOLÍS: GOVAN PROJECT PARA LA

diaron las celdas y, gracias al reómetro, los investigadores probaron la tensión, compresión y flexión del material.

Con calorimetría de barrido diferencial, se midió la temperatura de fusión, y la espectroscopia infrarroja permitió conocer su composición química.

Se empleó el goniómetro para medir el ángulo de contacto con el agua y se realizó un análisis termogravimétrico para determinar la temperatura de degradación del material.

Aparte del *biofoam*, los investigadores idearon moldes menos pesados que los comerciales, gracias a que incorporaron nanopartículas en estos, las cuales distribuyen mejor las cargas y eso previene lesiones en el operario.

**Pruebas en campo.** Como los investigadores necesitaban probar el material en el mar, contactaron a dos fabricantes de tablas de surf: Banzai y All Oceans.

Óscar Urbina (ataleta de Banzai) y Federico Pilurzo (surfista de All Oceans) son quienes prueban las tablas en el agua y su retroalimentación es esencial en la mejora del prototipo, que hoy contiene un 70% de bioplástico.

"En las maniobras aéreas, uno cae muy fuerte y otras tablas incluso se rompen. En cambio, el *biofoam* es muy flexible, funciona muy bien en los cortes, aéreos y tubos", manifestó Urbina.

Según González, la fuerza de la ola y el peso de la persona cuando cae sobre la tabla provocan que esta se deforme y ello genera resistencia. A pesar de esas deformaciones, el *biofoam* retorna a su forma original rápidamente y eso le permite al surfista conectarse nuevamente con la ola.

Urbina destacó otra característica: la flotabilidad. Eso le facilita remar más rápido para alcanzar la ola. "A la hora de pararme, con solo un impulso, adquiere velocidad", señaló Urbina.

El desempeño de la tabla sobre la ola está influido también por el diseño, el cual toma en cuenta las medidas del surfista. En este sentido, las observaciones de Javier Orma (dueño de Banzai) han ayudado a perfeccionar la espuma.

**Planes futuros.** De lograr un segundo financiamiento del Fondo PROPYME, Govan Project y Lanotec elaborarán una biorresina para laminar las tablas, que también se podría usar en lanchas y embarcaciones marinas.

En este sentido, Urbina está dispuesto a seguir probando cuánta tabla verde pongan en sus manos, para con ella deslizarse por las olas.

compuestos químicos que sirven para generar una molécula conocida como monómero. Estos números se enlazan unos con otros para generar una cadena, que finalmente resulta en el polímero con forma de espuma.

Talespuma es un poliuretano, material que se usa en diversos objetos como colchones, asientos y zapatos, entre otros.

Aparte de la memoria de forma, el *biofoam* repelle el agua. "Si se le hace una agujerito a la tabla, la espuma no va a absorber el líquido", detalló González.

Asimismo, el tamaño del poro o celda de este poliuretano es pequeño, lo cual influye en su flotabilidad. "Cuanto más pequeña sea la celda, el *biofoam* tendrá un mejor desempeño", comentó Andrés Baqueró, también investigador de Govan Project.

**Laboratorio.** Govan Project utilizó los equipos de Lanotec para caracterizar las moléculas que se extraen de las plantas y medir el desempeño del material.

Con ayuda del microscopio electrónico de barrido, se estu-



## Científicos mejoran tabla de surf hecha en Costa Rica para que sea más amigable con el ambiente

1. Creación u optimización de materiales existentes.
2. Se provee el espacio físico para que la empresa pueda generar su trabajo.
3. Apoyo científico.
4. Estudiantes trabajan con ellos





# Proyecto podómetro: 4 patentes: PATENTE US, EUROPA, Brasil, CR.



(10) **United States**  
 (12) **Patent Application Publication**  
 CAMPOS GALLO et al.

(16) Pub. No.: US 2016/049076 A1  
 (45) Pub. Date: Dec. 1, 2016

(54) **NANOPEDEMIETER**

(86) PCT No.: PCT/CR2015/00001  
 (43) Int. Cl. 1: A61B 5/0031  
 (21) Date of Filing: Mar. 5, 2015

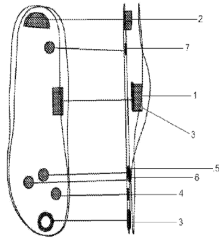
(71) Applicant: MULTISERVICIOS PROFESIONALES DE ESPARZA, S.A., Esparza, Puntarenas (CR)

(72) Inventors: ALAN CAMPOS GALLO, Pavas, San José (CR); KAREN MELISSA CAMACHO ELIZONDO, Pavas, San José (CR); JOSÉ VEGA BAUDRIT, Pavas, San José (CR); DAVID MORALES AGUILAR, Esparza, Puntarenas (CR)

(73) Assignee: MULTISERVICIOS PROFESIONALES DE ESPARZA, S.A., Esparza, Puntarenas (CR)

(21) Appl. No.: 14426243  
 (22) PCT Filed: Jan. 21, 2015

## Top and side/front view



**European Patent Register**

Deutsch English Français Contact

← About European Patent Register Other EPO online services →

Smart search Advanced search Help Register Alert (email alerts)

EP3249362

European procedure

About this file

Legal status  
 Federated register  
 Event history  
 Citations  
 Patent family  
 All documents

Quick help

- What happens if I click the ST36 button?
- What level of information can be found if I click on the "show history" button?
- What level of information can be found under "Status"?
- What do the dots in square brackets refer to?
- What does "NP" stand for?
- What does the term "square brackets stand for in the Documents class"?
- Is it possible to navigate in the result list?
- What level of information can be found under "Lapses during prosecution"?
- What are validation states?
- What are extension states?
- What does "RE Release of A/B"?

**About this file: EP3249362**

Refine search ↓ ST36 Show history Espacenet Submit observations Report error Print

**EP3249362 - INSOLE WITH INTEGRATED NANO-PEDOMETER, STEP DETECTION AND COUNTING METHOD USING SAID INSOLE, AND SHOE EQUIPPED WITH THE FIXED OR REMOVABLE INSOLE** (Right-click to bookmark this link)

Status: The application is deemed to be withdrawn  
 Status updated on: 04/01/2019  
 Database last updated on: 12/10/2020

Most recent event: 04/01/2019 Application deemed to be withdrawn published on 06/02/2019 [2019/06]

Applicant(s): For all designated states  
 Multiservicios Profesionales De Esparza, S.A.  
 De la Plaza Las Tres Marías 75ms Norte  
 Esparza, Puntarenas / CR

Inventor(s): [2017/48]  
 01 / CAMPOS GALLO, Alan  
 Edificio Franklin Chang  
 1,3km norte de la Embajada de EEUU  
 Pavas San José / CR  
 02 / CAMACHO ELIZONDO, Karen Melissa  
 Edificio Franklin Chang  
 1,3km norte de la Embajada de EEUU  
 Pavas San José / CR  
 03 / VEGA BAUDRIT, José  
 Edificio Franklin Chang  
 1,3km norte de la Embajada de EEUU  
 Pavas San José / CR

1. WO2016116071 - INSOLE WITH INTEGRATED NANO-PEDOMETER, STEP DETECTION AND COUNTING METHOD USING SAID INSOLE, AND SHOE EQUIPPED WITH THE FIXED OR REMOVABLE INSOLE

PCT Bibli. Data Description Claims Drawings National Phase Notices Documents

Publication Number: WO2016116071  
 Publication Date: 26.07.2016  
 International Application No.: PCT/CR2015/00001  
 International Filing Date: 21.03.2015  
 IPC: A61B 5/0031 (2013.01)

Title: INSOLE WITH INTEGRATED NANO-PEDOMETER, STEP DETECTION AND COUNTING METHOD USING SAID INSOLE, AND SHOE EQUIPPED WITH THE FIXED OR REMOVABLE INSOLE  
 INSOLE CON NANOPEDEMIETER INTEGRADO, METODO PARA DETECTAR Y CONTAR PASOS POR MEDIO DE DICHA PLANTILLA Y ZAPATO CON DICHA PLANTILLA FIJA O REMOVIBLE  
 INSOLE AVEC UN PEDEMIETER A NANOPEDEMIETER INTEGRE, PROCEDURE POUR DETECTER ET COMPTER LES PAS AU MOYEN DE LALETTE SEMELLE ET CHAUSSURE EQUIPEE/LALETTE SEMELLE FIXE OU AMOVIBLE

Fig. 1: VUE SUPERIEURE LATERALE/PROFIL



REGISTRO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL RPI-010 983-P-1

SOLICITUD DE INSCRIPCIÓN DE PATENTE DE INVENCION, MODELO DE UTILIDAD O DISEÑO INDUSTRIAL

Patente de Invención   
 Diseño Industrial   
 Modelo de Utilidad

Nº de Solicitud: 2016-158  
 USO EXCLUSIVO RPI  
 Fecha de Presentación: 14/03/16  
 USO EXCLUSIVO RPI

Sello de Recibido: 04 ABR 2016  
 RECIBIDO

TITULO O DENOMINACION DE LA INVENCION  
 PROCESO PARA LA SINTESIS DE NANOPARTICULAS DE QUITOSANO Y COMPUESTO PARA INHIBIR MECANISMOS DE RESISTENCIA A ANTIBIOTICOS

DATOS DEL SOLICITANTE

Solicitante Inventor  Solicitante Titular

Nombre: CONSEJO NACIONAL DE RECTORES (CONARE)  
 Identificación: 3-007-045437  
 Nacionalidad: costarricense  
 Estado civil: n/a  
 Domicilio:

DATOS DEL INVENTOR

Nombre: Marilyn Porras Gómez  
 Nacionalidad: costarricense  
 Domicilio: Tambor de Alajuela, Costa Rica

DATOS DEL REPRESENTANTE

APODERADO  GESTOR

Nombre: Mariana Vargas Roquett  
 Identificación: 3-0426-0709  
 Nacionalidad: costarricense  
 Domicilio: San José, Santa Ana, Centro Empresarial Forum I, Edificio C, Oficina ICI

Lugar o medio para notificaciones: Fax N. 2204-7580 ó a la carpeta del Bufete Arias & Muñoz

Persona autorizada para retirar notificaciones en el RPI: Mariana Vargas Roquett, David Morales Rodríguez

Identificación: 3-0426-0709, 1-1448-0083

Resibido de Patentes  
 AM REF. 11 P.32

REGISTRO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL RPI

SOLICITUD DE INSCRIPCIÓN DE PATENTE DE INVENCION, MODELO DE UTILIDAD O DISEÑO INDUSTRIAL

Patente de Invención   
 Diseño Industrial   
 Modelo de Utilidad

TITULO O DENOMINACION DE LA INVENCION  
 NANOPEDEMIETRO

DATOS DEL SOLICITANTE

Solicitante Inventor  Solicitante Titular

Nombre: Multiservicios Profesionales de Esparza S.A.  
 Identificación: 3-007-045437  
 Nacionalidad: costarricense  
 Estado civil: n/a  
 Domicilio: San José, Santa Ana, Centro Empresarial Forum I, Edificio C, Oficina ICI

DATOS DEL INVENTOR

Inventor: Alan Campos Gallo  
 Nacionalidad: costarricense  
 Domicilio: San José, Pavas, Edificio Franklin Chang 1,3km norte de la Embajada de USA

DATOS DEL REPRESENTANTE

APODERADO  GESTOR

Nombre: Alejandra Castro Bonilla  
 Identificación: 1-0880-0194  
 Nacionalidad: costarricense  
 Domicilio: San José, Santa Ana, Centro Empresarial Forum I, Edificio C, Oficina ICI

Lugar o medio para notificaciones: Fax N° 2204-7580 ó a la carpeta del Bufete Arias & Muñoz

Persona autorizada para retirar notificaciones en el RPI: Alejandra Castro Bonilla, Mariana Vargas Roquett, David Morales Rodríguez

Identificación: 1-0880-0194, 3-0426-0709, 1-1448-0083

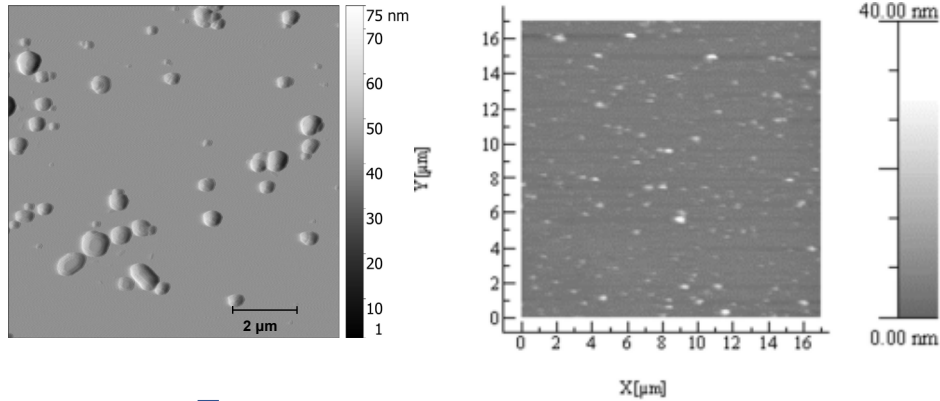


Fondo Propyme CONICIT.

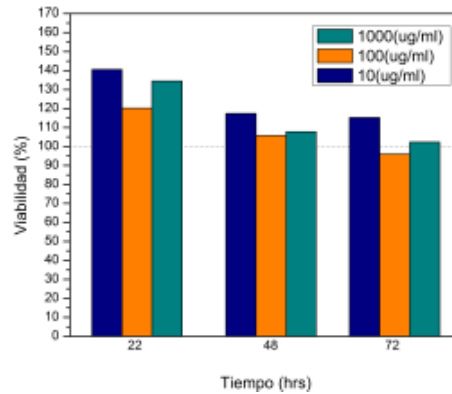
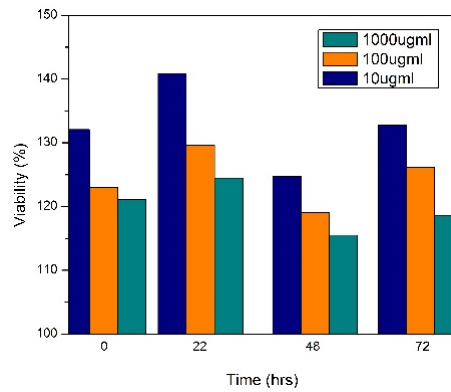
Patente Nanoparticulas de quitosano para inhibir mecanismos de resistencia a antibióticos.

# Nanopartículas Bioactivas de Extractos Naturales y Tejidos Biomiméticos Nanoestructurados

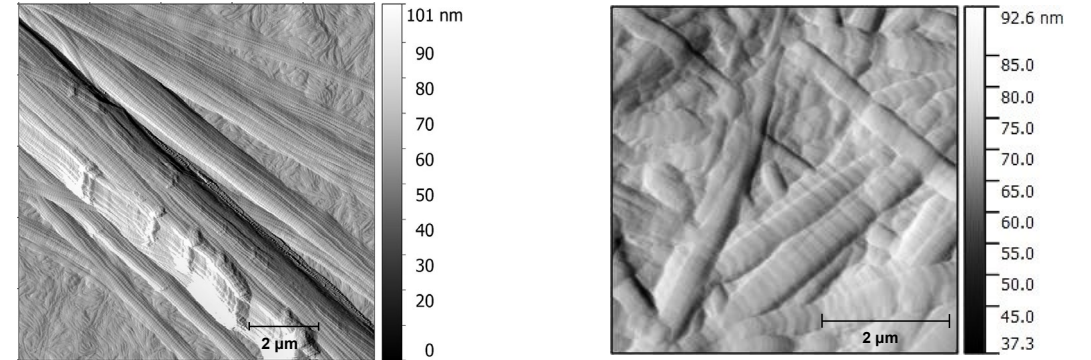
Nanopartículas de Propóleo    Nanopartículas de Tinospora



REGENERACIÓN CELULAR



## INTERACCIÓN TEJIDO Colágeno-NANOPARTÍCULA (Imágenes de AFM)

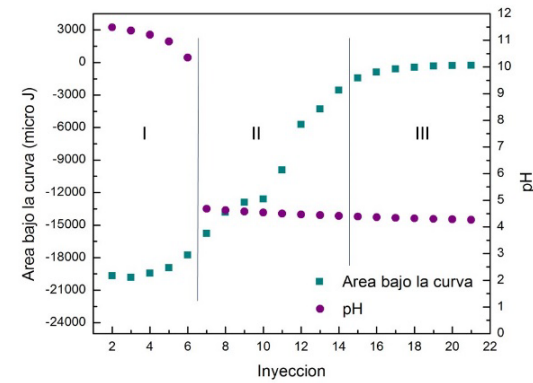


Tejido Biomimético

Tejido Biomimético + Nanopartícula

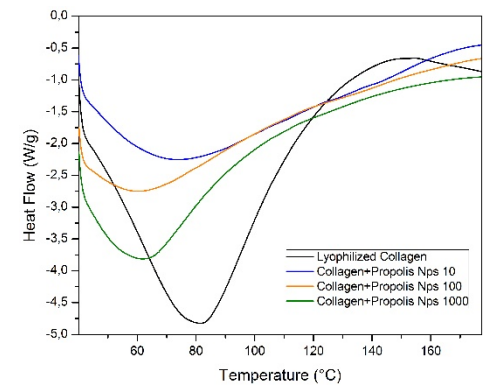
Cambio Morfológico

### ENSAYO DE NanoITC



Estudio Termodinámico del Autoensamblaje de Proteínas durante la formación del Tejido

### ENSAYO DE DSC



Efecto de la nanopartícula sobre la temperatura de desnaturación de la proteína en tejido.

## Nanopartículas de propóleo como Plastificante de almidón.



## Production of Starch Films Using Propolis Nanoparticles as Novel Bioplasticizer

Karolina Villalobos<sup>1</sup>, Hider Rojas<sup>1</sup>, Rodolfo González-Paz<sup>2</sup>, Daniel Brenes Granados<sup>2</sup>, Jemmy González-Masis<sup>2</sup>, José Vega Baudrit<sup>1,3</sup> and Yendry Regina Corrales-Ureña<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>National Laboratory of Nanotechnology (LANOTEC), National Center of High Technology (CENAT), San José, Costa Rica

<sup>2</sup>Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC), Cartago 159-7050, Cartago, Costa Rica

<sup>3</sup>National University of Costa Rica (UNA), Heredia, San José

Received February 02, 2017; Accepted February 02, 2017

**ABSTRACT:** Because starch is a biodegradable polymer with low cost and wide availability it is an attractive material for producing edible films for fruits. Films produced with pure starch have the disadvantage of being fragile. To overcome this issue, propolis nanoparticles were used as a novel plasticizer. Mechanical, thermal and morphological properties of the films containing 0.5, 1 and 3 wt.% propolis nanoparticles were evaluated. The best performance was obtained using 0.5 wt.% propolis, increasing the Young's modulus and decreasing the glass transition temperature ( $T_g$ ), showing their plasticizing effect. The results of scanning electron microscopy (SEM) and atomic force microscopy (AFM) images showed a homogenous material with a low quantity of cracks and higher roughness than the pristine starch film. A more hydrophobic material was obtained due to the resin and wax compounds present in the propolis nanoparticles. This study shows the novel use of propolis as plasticizer for starch films.

**KEYWORDS:** Propolis, starch, plasticizer, antimicrobial agent, bioplastic

### 1 INTRODUCTION

Many efforts have been made to produce materials from renewable sources due to the environmental problems related to the non-biodegradable waste generated by petrochemical-based polymers and their amount of residues [1]. In the last decade, there has been an increased interest in the production and use of plastics implementing biopolymers as substitutes for synthetic polymers, especially for short-term applications such as food packaging. Different types of renewable sources have been promoted for the development and application of these plastics such as PLA, PHA, PHB, cellulose, and starch. However, these plastics present several limitations like brittleness, thermal instability, poor mechanical properties, among others [2, 3].

Starch has been suggested as a great alternative for producing bioplastics because of its low price, thermoplastic behavior and abundance [4, 5]. It is mainly composed of amylose, a linear polymer, and

amylopectin, a highly branched polymer [6]. It is a nontoxic and biodegradable compound. However, the films produced using only starch have poor dimensional stability and mechanical properties caused by high intermolecular forces [1, 7]. Consequently, it is necessary to implement chemical or physical modifications to enhance the functionality of the material. Some strategies used to enhance their mechanical properties are crosslinking, oxidation, acid hydrolysis, ultrasound waves, microwave radiation, annealing and mixture with additives like polyols, sugars, antioxidants, lipids and waxes [1, 8]. Therefore, plasticizers increase flexibility by reducing the intermolecular forces of polymer chains. In this study, propolis will be evaluated as a plasticizer to improve the flexibility of the material. Plasticizers are characterized by their low molecular size, allowing them to integrate the intermolecular spaces between the polymer chains. Therefore, increments of plasticizer can increase the free volume and the molecular mobility [9]. The most common plasticizers for biopolymers are glycerol and sorbitol [6, 10, 11]. These substances, when incorporated into the polymer network, increase the flexibility and workability of the material and also decrease the hardness, density and deformation that lead to an

\*Corresponding author: yendry.corrales.urena@gmail.com

DOI: 10.7569/JRM.2017.634109

J. Renew. Mater., Vol. 5, Nos. 3-4, July 2017



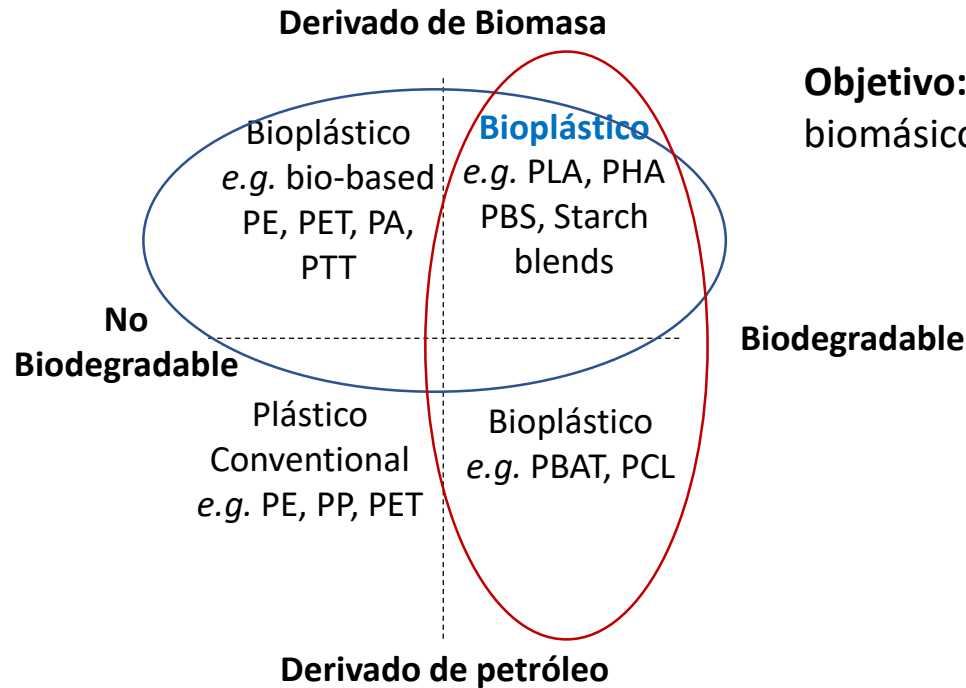
© 2017 Scrivener Publishing LLC 189

# Desarrollo de envases comerciales biodegradables

Acido láctico



PLA



European Bioplastics two-axis model diagram

**Objetivo:** Producir un envase biodegradable con materiales de origen biomásico para su uso comercial



Imagen con fines ilustrativos

El interés en los bioplásticos se ha incrementado significativamente debido a preocupaciones generadas por el cambio climático, precio del petróleo, entre otros.

J Polym Environ (2014) 22:393–397  
DOI 10.1007/s10924-014-0667-6

ORIGINAL PAPER

## Optimization of Microwave-Assisted and Conventional Heating Comparative Synthesis of Poly(lactic acid) by Direct Melt Polycondensation from Agroindustrial Banana (*Musa AAA Cavendish*) and Pineapple (*Ananas comosus*) Fermented Wastes

Pablo Jiménez-Bonilla · Jessica Salas-Arias · Marianelly Esquivel · Jose Roberto Vega-Baudrit

Published online: 25 June 2014  
© Springer Science+Business Media New York 2014

**Abstract** In Costa Rica, a lot of pineapple (*Ananas comosus*) and banana (*Musa AAA*) agroindustrial residues are generated each year. These residues can be used to obtain L-lactic acid by fermentation, ultrafiltration and electro dialysis. Poly(L-lactic acid) (PLLA) is a biodegradable and renewable polyester with many industrial and biomedical applications. There is a growing interest to improve the energetic efficiency of the synthesis of PLLA, because the main issue to produce this polymer is the high productive cost compared with petrochemical traditional commodities. In this research, the synthesis of PLLA through two different techniques was compared: microwave-assisted and conventional heating. On microwave synthesis the best results were obtained using lower temperatures and lower reaction times than the conventional heated synthesis. The reaction time was reduced from 15 h by conventional heating to 4.5 h using microwave-assisted synthesis.

**Keywords** Microwave-assisted synthesis · Poly(lactic acid) · Biodegradable polymer · Pineapple wastes · Banana wastes · Green chemistry

### Introduction

In the last years, the two major export products in Costa Rica were the banana (*Musa AAA*) and the pineapple (*Ananas comosus*). The agro-industrial banana and pineapple wastes have been an environmental problem. These wastes are a carbohydrate source and these can be used to produce fermentative derivatives. Recently, a process for production of 15–16 g/100 mL L-lactic acid from agro-industrial wastes was developed, by means of an enzymatic pretreatment, lactic fermentation, nanofiltration and electro dialysis purification [1].

There are two traditional ways to polymerize the lactic acid: the ring opening polycondensation and the direct melt polycondensation. The ring opening method consists of synthesizing a dimeric cyclic compound (lactide), which can be polymerized through further chemical reactions; the direct melt polycondensation does not need an intermediate compound, and produce a low molecular weight polymer [2–6]. Some of the advantages of the ring opening polymerization method are the higher molecular weight, as well as the purity of the lactide obtained by sublimation. The advantages of the direct melt polycondensation method are the lower production cost and the easier experimental procedure. Scheme 1 shows the two ways to obtain poly(L-lactic acid) (PLLA).

The poly(L-lactic acid) is a biodegradable and biocompatible polymer. PLLA is considered the first biodegradable polymeric commodity, because the PLLA properties which are comparable with polyethylene and polypropylene resins.

P. Jiménez-Bonilla (✉)  
Laboratory of Natural Products and Biological Assay (LAPRONEB), Chemistry Department, Natural and Exact Sciences Faculty, National University, Omar Dengo Campus, 86-3000 Heredia, Costa Rica  
e-mail: pablojb@hotmail.com

J. Salas-Arias · M. Esquivel  
Polymer Research Laboratory (POLIUNA), Chemistry Department, National University, 86-3000 Heredia, Costa Rica

J. R. Vega-Baudrit  
National Laboratory of Nanotechnology (LANOTEC), CeNAT, Pavas, Costa Rica



## ESTRATEGIA NACIONAL DE **BIOECONOMIA** COSTA RICA 2020 - 2030

Hacia una economía con descarbonización fósil,  
competitividad, sostenibilidad e inclusión



### **C** Eje estratégico 3: Biorrefinería de biomasa residual

#### Objetivo

Fomentar el desarrollo de nuevas actividades productivas basadas en el aprovechamiento pleno y la valorización de la biomasa residual de los procesos agropecuarios, agroindustriales, forestales y pesqueros.

#### Líneas de acción

1. Conocimiento de la biomasa residual.
2. Producción de bioenergía.
3. Producción de biomateriales.
4. Producción de biomoléculas y bioproductos avanzados de alto valor.

# José Roberto Vega-Baudrit

jvegab@gmail.com

