

# Nano-celulosa



Center for Nanotechnology Education

Versión 051417.2



Este material está basado en trabajo apoyado por la Fundación Nacional de Ciencia bajo la Concesión Número 0802323 y 1204918. **Cualquier opinión, hallazgos, conclusiones o recomendaciones expresadas en este material son las del autor(es) y no necesariamente representan las opiniones de la Fundación Nacional de Ciencias.**



Este trabajo está licenciado por [“Creative Commons Attribution-NonComercial-ShareAlike 3.0 Unported License”](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/).

Basado en un trabajo en [www.nano-link.org](http://www.nano-link.org).

# Nano-celulosa

## Abstracto

Este módulo le presenta a los estudiantes la nanotecnología, procesos y métodos que están siendo desarrollados para producir nano-fibras de celulosa fuertes y rígidas. El módulo está diseñado para guiar a los estudiantes a través del procesamiento de un material (llamado materia prima o sustrato) para descomponer y extraer fibrillas de celulosa. Luego, crear una pulpa a partir de periódico reciclado, agregar una enzima especial y finalmente, procesar la sustancia aún más mediante hilado (“spinning”), cribado (“screening”) y curado (“curing”), para producir un papel con nano-fibras de celulosa con diferentes orientaciones de las fibras y cambios en propiedades como la rigidez y dureza (firmeza). Las actividades prácticas incluyen procesar y producir papel con nano-fibras de celulosa nanopartículas y observar las muestras para identificar los cambios en la rigidez y dureza (firmeza).

## Resultados

En este módulo, los estudiantes producirán mejoras observables y cambios en las propiedades de los materiales utilizando nanotecnologías simuladas y nano-procesamiento que efectúen cambios en la nano escala.

## Prerrequisitos

- Se requiere un trasfondo básico sobre materiales, propiedades de los materiales y reacciones químicas (como hidrólisis).
- Este módulo se basa en temas y contenido de ciencias de materiales que se utilizan en “MatEdU National Resource Center for Materials Technology Education”. Se sugiere revisar la información y/o completar los módulos relacionados de “MatEdU” antes de poner en práctica este módulo sobre el Nano-celulosa. Módulo relacionado “Properties of Fibers and Fabrics”. Enlace: <http://materialseducation.org>

## Correlación

### *Conceptos Científicos*

- La celulosa es un polímero natural.
- Las fibras de celulosa componen muchos materiales comunes como el papel y la tela.
- La celulosa puede alterarse física y químicamente para mejorar sus propiedades.

### *Conceptos de Nanociencia*

- Las fuerzas que actúan a escala nanométrica son las responsables de los fenómenos macroscópicos observables.
- Los cambios en la relación (razón o proporción) de área superficial a volumen cambian las propiedades físicas de un material o sistema.

## Información de trasfondo

### *Nano-celulosa*

La celulosa se encuentra entre los recursos naturales y renovables más abundantes en la Tierra. Es un polímero biológico que consiste de cadenas largas de glucosa y que se encuentra en las paredes celulares de las células vegetales (plantas) y las células bacterianas (bacterias). La celulosa es responsable de la estructura de todas las plantas. No es sorpresa que la celulosa juega un papel importante en nuestras vidas; se puede encontrar en nuestros alimentos y en los productos que utilizamos a diario. Es el componente principal en textiles como la tela y el papel.

### *¿Por qué explorar la nanotecnología en la celulosa?*

Desde que los humanos comenzaron a teñir fibras (China, 2600 a.C.), hemos aplicado la nanotecnología para fabricar productos prácticos, como los textiles. Las personas no lo sabían en aquel momento, pero estaban practicando la manipulación de la superficie de una fibra para impartir un color particular. Hoy, con herramientas y conocimientos más avanzados, estamos utilizando la nanotecnología para manipular la estructura de la tela a nano escala y procesando materiales fibrosos para crear nuevos nanocompuestos (“nanocomposites”). Uno de esos materiales de interés es la fibra de celulosa. Las áreas de investigación de la nanotecnología con respecto a las nano-fibras de celulosa se están enfocando en:

- *Fabricación de nano-fibras:* el uso de celulosa comercial o industrial se ha dedicado principalmente a la fabricación de papel y tela. Actualmente, la investigación se centraliza en **aislar y caracterizar la celulosa en forma de nano-fibras que se encuentran en los materiales en masa (a granel o “bulk”), como la pulpa de madera o el papel reciclado utilizado como materia prima en la fabricación de papel.** (El contenido en negrillas es lo que se demuestra en las actividades de este módulo).
- *Fibras compuestas de nanopartículas:* las fibras de celulosa se utilizan como relleno o para sustituir materiales (componentes) como agregados en el concreto. Los científicos que trabajan con la ciencia de materiales también están estudiando el uso de lignina, que se encuentra junto a la celulosa, como componente en el concreto.

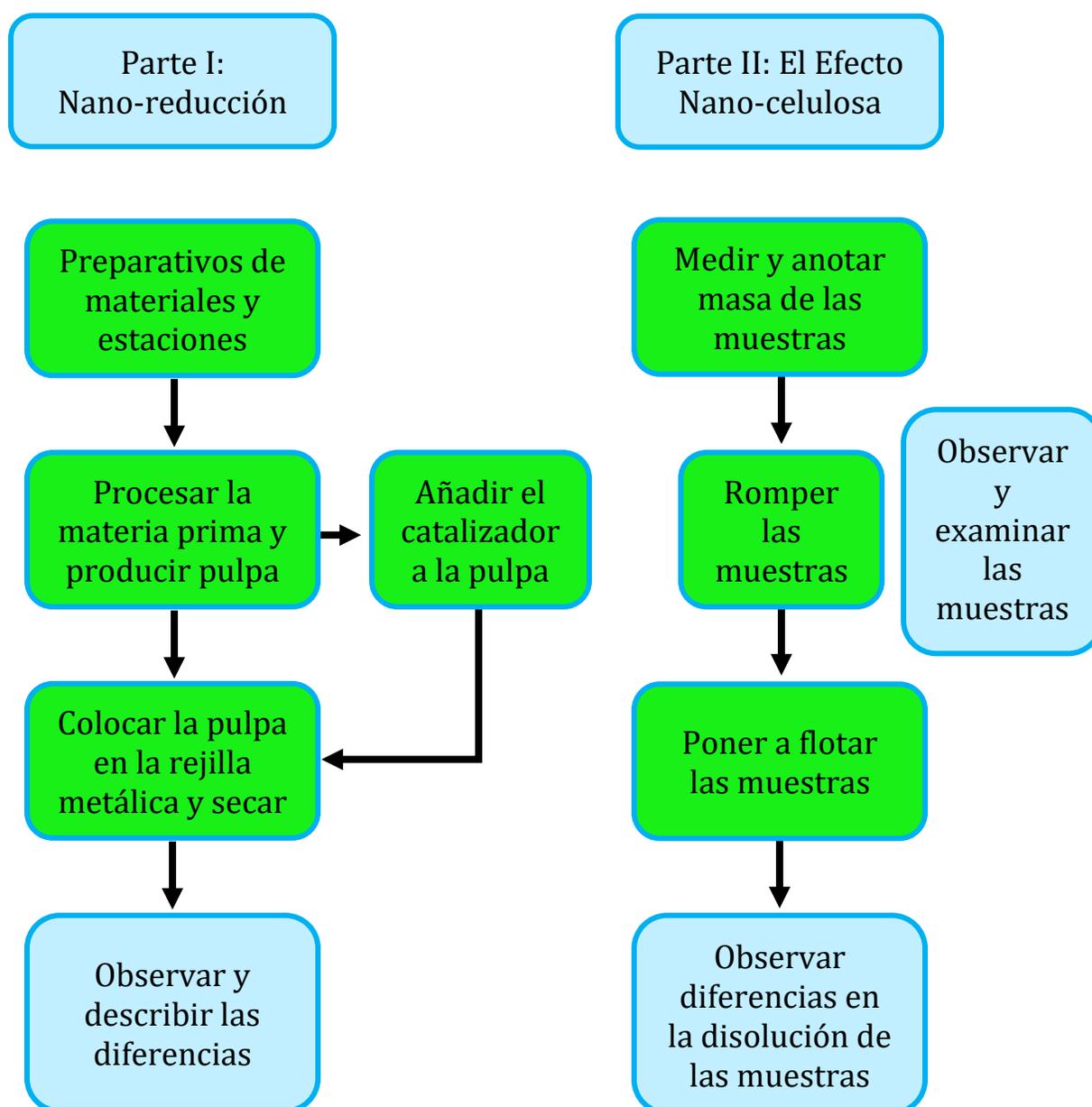
### *¿Qué es nano-celulosa?*

La nano-celulosa consiste en fibras de celulosa extraídas de la estructura celular de las plantas. Las fibras de celulosa producidas a partir de un material en masa (“bulk”), generalmente madera o pulpa de papel, se pueden desintegrar en fibrillas individuales a nano escala o grupos de fibrillas (nano-fibrillas de celulosa o “CNF”, por sus siglas en inglés), el componente principal de las fibras de celulosa. Las dimensiones de “CNF” pueden ser de 5 a 20 nm de ancho y oscilar entre 10 nm y varios micrómetros de longitud; esto es aproximadamente 1,000 veces más pequeño que las fibras de celulosa convencionales. Cuando las nano-fibras de celulosa se liberan, poseen una mayor razón, relación o proporción de área superficial a volumen; esto puede producir una partícula que puede enlazarse con más facilidad debido a un número mayor de puentes de hidrógeno. Además, las fibrillas pueden auto ensamblarse produciendo alineaciones y orientaciones que pueden cambiar las propiedades del material.

Los científicos que trabajan con la ciencia de materiales esperan poder utilizar nano-fibras de celulosa como los bloques de construcción para futuros biomateriales y textiles de alto rendimiento, y producir nuevos materiales livianos con alta resistencia mecánica. Pronto podremos ver autos, casas e incluso puentes hechos de productos a base de celulosa.

## Actividad de aprendizaje: Nano-celulosa

### Flujograma de la actividad



### Video de la actividad

<https://youtu.be/hikocv1ktS4>

## Actividad de aprendizaje: Nano-celulosa

### I. Nano-reducción

#### Materiales y equipo

Por persona o grupo:

- Periódico
- Cubo con capacidad de 3 a 5 galones
- Rejilla metálica con marco (“screened frame”) mínimo 6” x 6”
- Rejilla metálica sin marco (del mismo tamaño que la rejilla metálica con marco)
- Bandeja o recipiente más grande que la rejilla metálica con marco y suficientemente profundo como para sumergirla
- Cuchara para medir (tamaño de cucharada)
- Medio o agente de fibrilación (enzima): alfa amilasa - Disponible en [www.milehighdistilling.com](http://www.milehighdistilling.com), aproximadamente \$15.00 por libra
- Agua (agua de remojo, debe estar a unos 75°C)
- Licuadora
- Balanza digital: de mesa, como una balanza de cocina o para alimentos
- Esponja
- 2 tubos de ensayo
- Equipo volumétrico para diferentes cantidades de líquido
- Papel secante o absorbente (papel toalla) para colocar las muestras y dejarlas secar
- Guantes de látex, gafas de seguridad y delantales son opcionales

#### Material y equipo adicional para monitorear el pH y la temperatura

- Metro de pH o indicadores de pH en tiras de papel (Generalmente, las enzimas que degradan lignina trabajan mejor en condiciones un poco acídicas o neutrales, pero las reacciones de fabricación de papel (pulpa) más comunes y los procesos con fibras recicladas son alcalinos)
- Termómetro: similar al utilizado en la cocina (La temperatura ideal es la temperatura ambiente)

#### Seguridad

Hasta ahora, no hay peligros o riesgos asociados con la mezcla de pulpa según se describe en este módulo. Sin embargo, hay que tener la precaución y supervisión necesaria. Adicional, es importante leer todas las etiquetas de cualquier agente de fibrilación u otras sustancias agregadas a la pulpa.

## Procedimiento

### *Utiliza los instrumentos de medición necesarios.*

1. Toma un puñado de periódico empapado de agua (una unidad de materia prima) y exprímelo para remover el exceso de agua.
  2. Coloca la unidad de materia prima húmeda en la balanza.
  3. Coloca la unidad en la licuadora.
  4. Añade agua utilizando una proporción de mezcla de 1:9 (volumen - materia prima a agua). Es necesario producir suficiente pulpa para llenar la rejilla metálica con marco. Por ejemplo, una rejilla con marco de 9 x 9 pulgadas requiere 2 onzas líquidas (57 mL) de materia prima mezclada con 18 onzas líquidas (475 mL) de agua.
  5. Enciende la licuadora en nivel alto y muele, tritura o pulveriza hasta que la pulpa esté lo suficientemente fluida como para observar las fibras y que no contenga grumos.
  6. Coloca la rejilla metálica con marco en la bandeja o recipiente plano con agua; sumérgela brevemente.
  7. Con la rejilla metálica con marco flotando en el agua y mientras mueves la pantalla suavemente con un movimiento circular, vierte la pulpa de papel y llena el área de la rejilla de manera uniforme.
  8. Retira la rejilla con marco del agua y colócala sobre el papel secante o absorbente (plano).
  9. Coloca el pedazo de rejilla metálica sin marco sobre la pulpa de papel.
  10. Utiliza la esponja para presionar suave y uniformemente sobre la pulpa de papel y remover el exceso de agua. Exprime el exceso de agua de la esponja y repite varias veces. A medida que el papel se seca, comenzará a adherirse a la rejilla sin marco; esta es una señal de que se está secando correctamente.
  11. Deja la pupa de papel en la rejilla con marco y en un lugar seguro para que se seque. **NOTA:** En este punto es posible que se pueda levantar el papel y removerlo de la rejilla con marco, siempre y cuando mantenga su forma y no se rompa. De ser ese el caso, coloca el papel en un lugar seguro para que termine de secarse.
  12. Para realizar los pasos que incluyen el uso del catalizador enzimático, repite todo el procedimiento, pero luego del paso 5, añade el medio o agente de fibrilación (catalizador) en una proporción de mezcla (materia prima: agua: catalizador) de 1:9:1. Mezcla suavemente, lo suficiente como para dispersar las partículas, luego continúa con los pasos 6 al 11. Luego, repite con diferentes proporciones de mezcla para obtener variedad en las propiedades del material (1:9:2) (1:9:4) (1:9:6).
- **NOTA:** Las unidades utilizadas en este módulo para describir las proporciones de la mezcla son **onzas en seco (oz) o gramos (g): onzas fluidas (oz) o mililitros (mL): onzas en seco (oz) o gramos (g)**. Es decir, en una proporción de mezcla **1:9:1** se utiliza 1 oz (28g) de materia prima, 9 oz (30 ml) de agua y 1 oz (28g) de catalizador (enzima).

## II. El efecto nano-celulosa

### Materiales y equipo

- Muestras secas de la Parte I
- Tubos de ensayo
- Agua
- Hoja de trabajo: "Clasificación de nanomateriales" (puede imprimirse desde la presentación de diapositivas en PowerPoint que acompaña a esta actividad)
- Balanza digital: de mesa, como una balanza de cocina o para alimentos
- Guantes de látex, gafas de seguridad y delantales son opcionales

### Procedimiento

*Utiliza los instrumentos de medición necesarios.*

1. Mide y anota la masa de las muestras secas antes de realizar pruebas.
2. Examine each sample, describe and record observations. Observa y examina cada muestra. Anota y describe tus observaciones.
3. Rompe (rasga) las muestras. Observa y discute las observaciones.
4. Realiza una prueba poniendo a flotar las muestras:
  - a. Corta secciones iguales de cada muestra y colócalas en un tubo de ensayo, añade cantidades iguales de agua y agita el tubo.
  - b. Observa: la muestra con la mezcla de catalizador enzimático debe disolverse (ya que se ha vuelto más permeable) mientras que la muestra sin enzima debe mantener su forma de "esponja".

## Preguntas de discusión

Estas preguntas podrían utilizarse como evaluación informal de la comprensión del material (sobre los objetivos del módulo) en cualquier momento durante la instrucción, escrita o verbal. De acuerdo a los temas trabajados, se pueden realizar cambios a las preguntas, según sea necesario.

1. Describe la naturaleza general de la celulosa.
2. Describe las nanotecnologías que están beneficiando la ciencia del papel o la ciencia de materiales con respecto a la celulosa.
3. ¿Cuáles son los procesos nano-mecánicos que explican cómo se liberan las fibrillas en la celulosa?
4. Explica el nano-proceso, la fibrilación y su efecto sobre las fibrillas.
5. Explica la naturaleza de los materiales a nano escala y cómo difieren de otros materiales.
6. Describe los efectos del nano-procesamiento en la microestructura de los materiales.
7. ¿Cómo los nano-procesos utilizados pueden afectar las propiedades del material?

## Respuestas

1. Describe la naturaleza general de la celulosa.

*La respuesta debe incluir: La celulosa es un polímero biológico que consiste de cadenas largas de glucosa y que se encuentra en las paredes celulares de las células vegetales (plantas) y las células bacterianas (bacterias).*

2. Describe las nanotecnologías que están beneficiando la ciencia del papel o la ciencia de materiales con respecto a la celulosa.

*La respuesta debe incluir: Las nanotecnologías que benefician la ciencia del papel con respecto a la celulosa incluyen la molienda para reducir el tamaño, la desintegración para separar los componentes y la emulsificación para homogeneizar (y disminuir la viscosidad).*

3. ¿Cuáles son los procesos nano-mecánicos que explican cómo se liberan las fibrillas en la celulosa?

*La respuesta debe incluir: Los procesos nano-mecánicos que explican cómo se liberan las fibrillas incluyen la hidrólisis enzimática. La hidrólisis enzimática es una degradación de un compuesto en sus partes constituyentes; en este caso, lignina y moléculas de glucosa.*

4. Explica el nano-proceso, la fibrilación y su efecto sobre las fibrillas.

*La respuesta debe incluir: La fibrilación es un proceso utilizado para desintegrar un material en sus componentes (partes constituyentes). A través del proceso de fibrilación, la naturaleza de la celulosa se afecta a través de la degradación enzimática: las nano-fibrillas se hacen más visibles (se liberan) y, al igual que el proceso de fabricación de papel, las fibras también se alinean (por autoensamblaje) y parecen otorgarle al papel lo que se conoce como el "grano."*

5. Explica la naturaleza de los materiales a nano escala y cómo difieren de otros materiales.

*La respuesta debe incluir: Los materiales a nano escala difieren de otros materiales en su tamaño. La nano escala es la milmillonésima parte de un metro  $10^{-9}$ , así aumenta el área de superficie disponible para la reacción.*

6. Describe los efectos del nano-procesamiento en la microestructura de los materiales.

*La respuesta debe incluir: El nano-procesamiento hace que el material sea más pequeño, lo que aumenta la razón del área superficial a volumen y mejora los enlaces.*

7. ¿Cómo los nano-procesos utilizados pueden afectar las propiedades del material?

*La respuesta debe incluir: Los nano-procesos utilizados hacen que el material sea más rígido / quebradizo. También libera las fibras.*

## Usos presentes y aplicaciones futuras

Actualmente, existe gran demanda de materiales ligeros, rígidos y duraderos. La nanotecnología y los procesos estudiados en este módulo ofrecen rutas prometedoras para estos materiales. Las áreas de investigación con respecto a las nano-fibras incluyen:

- *Fabricación de nano-fibras*: el uso de celulosa comercial o industrial se ha dedicado principalmente a la fabricación de papel y tela. Actualmente, la investigación se centraliza en aislar y caracterizar la celulosa en forma de nano-fibras que se encuentran en los materiales en masa (a granel o “bulk”), como la pulpa de madera o el papel reciclado utilizado como materia prima en la fabricación de papel.
- *Modificación de la superficie de fibras y telas*: las propiedades hidrofóbicas (que repelen el agua) e hidrofílicas (que atraen el agua) de la celulosa se están modificando para crear materiales que puedan resistir el agua y el aceite. En otros casos, las modificaciones de la superficie pueden evitar la combustión e incluso otorgar propiedades antibacteriales.
- *Fibras compuestas de nanopartículas*: las fibras de celulosa se utilizan como relleno o para sustituir materiales (componentes) como agregados en el concreto. Los científicos que trabajan con la ciencia de materiales también están estudiando el uso de lignina, que se encuentra junto a la celulosa, como componente en el concreto.

## Recursos multimedia

### Artículos

- Este módulo se basa en temas y contenido de ciencias de materiales que se utilizan en “MatEdU National Resource Center for Materials Technology Education”. Se sugiere revisar la información y/o completar los módulos relacionados de “MatEdU” antes de poner en práctica este módulo sobre el Nano-celulosa. Módulo relacionado “Properties of Fibers and Fabrics”. Enlace: <http://materialseducation.org>
- “HQ Papermaker”: [www.hqpapermaker.com/paper-history/](http://www.hqpapermaker.com/paper-history/)
- “Nanocellulose”: [www.azonano.com/article.aspx?ArticleID=3139](http://www.azonano.com/article.aspx?ArticleID=3139)
- “Using nanocellulose to create novel composite material”: [www.empa.ch/plugin/template/empa/3/113491/---/l=2](http://www.empa.ch/plugin/template/empa/3/113491/---/l=2)
- “Hydrodynamic alignment and assembly of nanofibrils resulting in strong cellulose filaments”: [www.nature.com/ncomms/2014/140602/ncomms5018/full/ncomms5018.html](http://www.nature.com/ncomms/2014/140602/ncomms5018/full/ncomms5018.html)
- “Cellulose nanocrystals possible ‘green’ wonder material”: [www.purdue.edu/newsroom/releases/2013/Q4/cellulose-nanocrystals-possible-green-wonder-material.html](http://www.purdue.edu/newsroom/releases/2013/Q4/cellulose-nanocrystals-possible-green-wonder-material.html)

## Reconocimientos

- Desarrollado y escrito por Kim Grady de “Behave Heuristics LLC”, Phoenix AZ.
- Con la asistencia de Richard K. Wilkosz, PhD, “Northcentral Technical College”, Wausau, WI.
- Traducido al español por Rodfal A. Rodríguez y María T. Rivera de Cupey María Montessori School, San Juan, PR.