

Escuela de Educación Científica



Taller de Polímeros

Martín Herrera Ramírez

martin.herrera@cimav.edu.mx

Tel. 614 439 4827



GOBIERNO DE
MÉXICO



CONACYT
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología



1er Ciclo: Tele-actividades vía Internet (25 – 29 enero 2021)

| Enero 2021 | 13:00 – 14:45 hs | | 15:00 – 17:00 hs | |
|--------------|--|---------------------------|----------------------------|---------------------------------------|
| | Módulo | Profesor | Módulo | Profesor |
| Lunes 25 | Inauguración y visita virtual a CIMAV | Direcciones SEyD y CIMAV. | Compósitos | Roberto Martínez |
| | El Programa MWM | Luis Fuentes | | |
| Martes 26 | Concreto | Antonino Pérez | Materiales para el Deporte | Luis Fuentes |
| Miércoles 27 | Materiales Biodegradables | Lorena Álvarez | Nanoescalas | Sion Olive |
| Jueves 28 | Biosensores | Erasto A. Zaragoza | Polímeros | José Martín |
| Viernes 29 | Fotosíntesis Artificial – Ejercicio integrador MWM | Alfredo Aguilar | MWM-The Next Generation | Matthew Hsu (Northwestern University) |

2do Ciclo: Talleres presenciales

Los Talleres presenciales de actualización MWM se desarrollarán en CIMAV, Cd. Chihuahua y CAST, Cd. Juárez, posiblemente durante febrero 2021 (depende del semáforo epidemiológico). Cada Taller ocupará 8 horas entre trabajo experimental y discusiones teóricas. Los Talleres serán impartidos por una selección de maestros con amplia experiencia en los MWM y por investigadores de CIMAV. Los docentes-alumnos con experiencia previa en el trabajo con los Módulos reforzarán y actualizarán su dominio de la metodología MWM. Los maestros que se inician en el Programa recibirán un primer nivel de preparación en la filosofía de *indagación orientada al diseño*.

Taller #1: Compósitos y Concreto

Taller # 2: Materiales Biodegradables

Taller # 3: Nanoescalas y Materiales para el Deporte

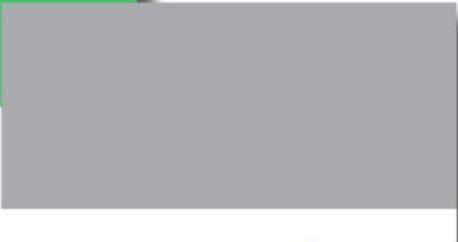
Acciones posteriores a la Escuela MWM 2021

El Programa MWM ha contado con patrocinio de CONACYT y ha adquirido los “kits” experimentales suficientes para reiniciar el trabajo con estudiantes en todo el estado (planteles urbanos y rurales), tan pronto la pandemia reduzca significativamente su peligrosidad. La SEyD y CIMAV estamos listos para programar con los Subsistemas, bajo la coordinación de CEPPEMS, la operación de los Módulos con estudiantes, de manera generalizada, desde Ciudad Juárez hasta la profundidad de la Barranca del Cobre.



COMPÓSITOS

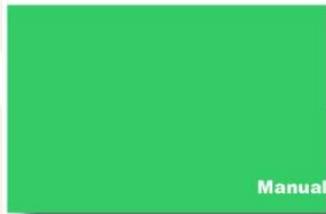
MÓDULO



CONCRETO

UN MATERIAL DE INFRAESTRUC

MODULO



Manual



MATERIALES BIODEGRADABLES

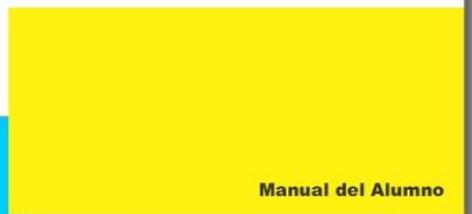
MODULO



Manual del Maestro

MATERIALES DEPORTIVOS

MODULO



Manual del Alumno



INTRODUCCION A LA NANOESCALA

MODULO



SENSORES INTELIGENTES

MODULO



BIOSENSORES

MODULO

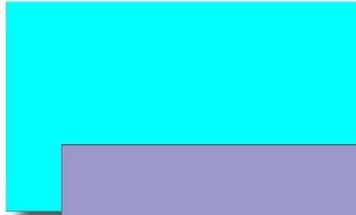


POLÍMEROS

MODULO



Manual del Alumno



NANOTECNOLOGÍA

MODULO



Manual del Alumno



CATALISIS AMBIENTAL

MODULO



Manual del Alumno



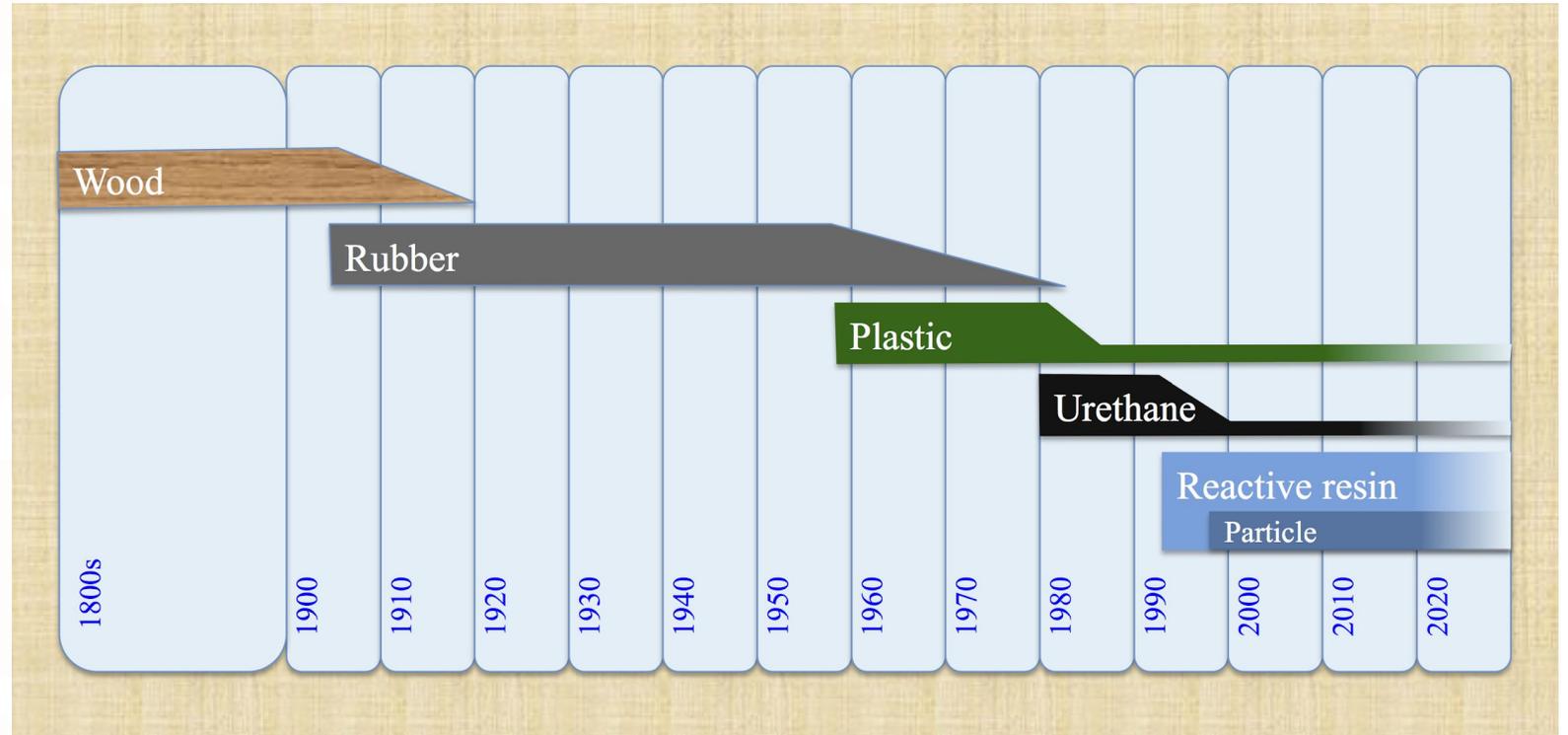
Manual del Alumno

¡Cada polímero tiene un uso diferente!



Video 1-JM HERRERA R

¡Cada polímero tiene un uso diferente!



- La diferencia principal de estos materiales es su mayor o menor **porosidad**, visible al microscopio e incluso perceptible al tacto.
- El grado de porosidad influye en la **adherencia** de la bola en la pista.
- A menor porosidad menor **adherencia** y viceversa.

¡Cada polímero tiene un uso diferente!

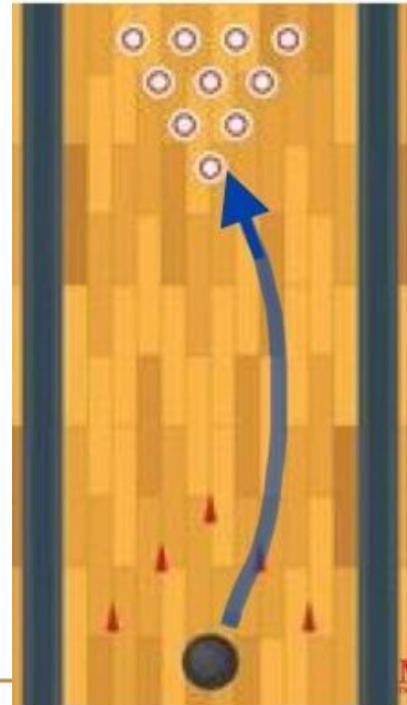
Bolas de plástico: Su recorrido normalmente es recto. Cuando una bola de **poliéster o plástico** pasa de la zona aceitada de la pista a la zona de backend, continúa su recorrido sin variar su movimiento o generar reacción.

Bolas de uretano: El uretano es ligeramente más poroso que el plástico = mayor **fricción**. Las bolas fabricadas con este material en su paso de la zona aceitada de las pistas al backend, cambian levemente su recorrido, generando una pequeña reacción o gancho.

Bolas de resina reactiva: La resina reactiva es mucho más poroso. Esa porosidad en el material de fabricación genera mayor **adherencia**. Cuando una bola construida con resina llega al backend en la pista y cambia la dirección en su recorrido, genera una reacción más notable.

Bolas de partículas: Las bolas más modernas están fabricadas de un **material compuesto** que contiene **resinas y pequeños trozos** de otros productos que incrementan la porosidad. Estas bolas reaccionan más notablemente cuando en la pista salen de la zona aceitada y entran en la zona de backend.

Las bolas de partículas y las de resina reactiva son usadas más frecuentemente en competencias deportivas.



Módulo de Polímeros

Traducido, adaptado e implementado en 2014



“Maestros-alumnos” en el Taller de Polímeros 2014



Marina Mendoza

Ángela Valtierra



Humberto Delgado

Carmen Ordoñez



Hugo Bolaños

Refugio Ríos



Módulo de un vistazo

Actividades

1. Cambiando Pellets de Polímero

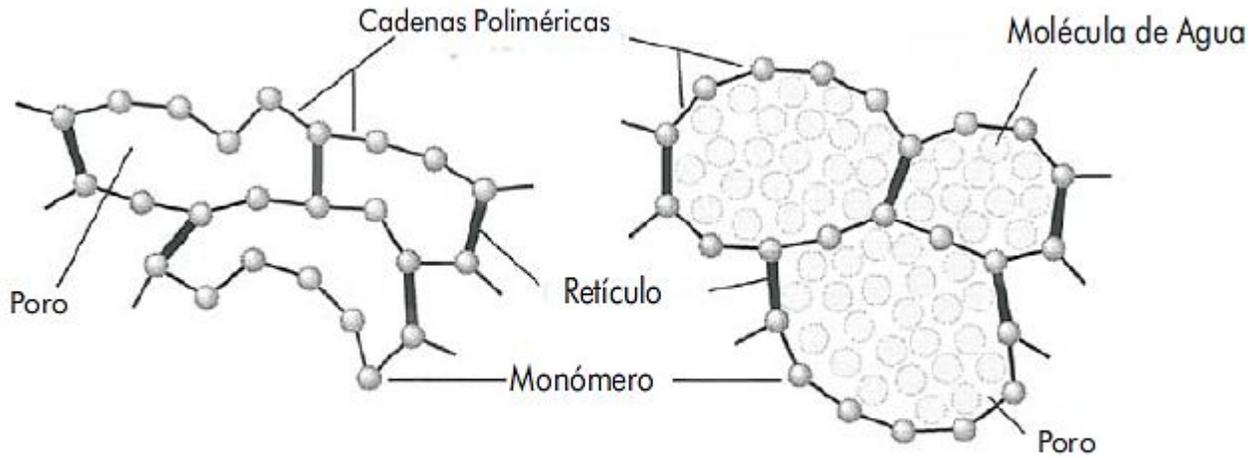
Comparar pellets de polímero al ser sumergidos en agua simple y agua salada.

Los estudiantes comparan las propiedades de absorción de pellets de polímero en agua simple y en una solución saturada de sal. Basados en sus datos, los estudiantes sacarán conclusiones acerca de la aplicación de este polímero en jardinería y otras áreas



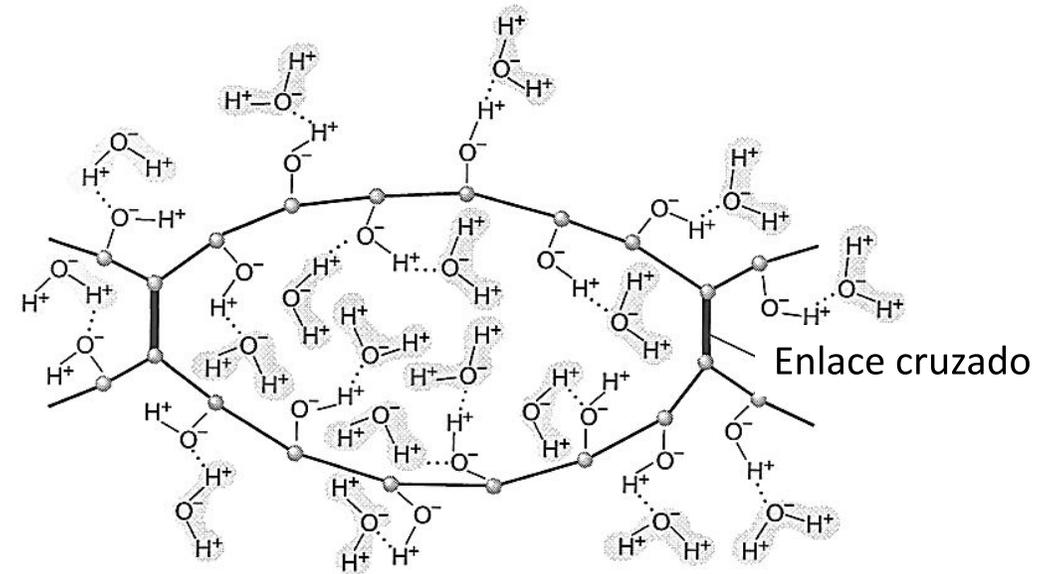
Soil moist = poliacrilamida acrílica + base de sal de potasio

Absorción de agua ~200X



Polímero reticulado sin expandir sin agua dentro de sus poros.

Polímero reticulado expandido, con agua dentro de sus poros.



Módulo de un vistazo

2. Cazando Productos Poliméricos

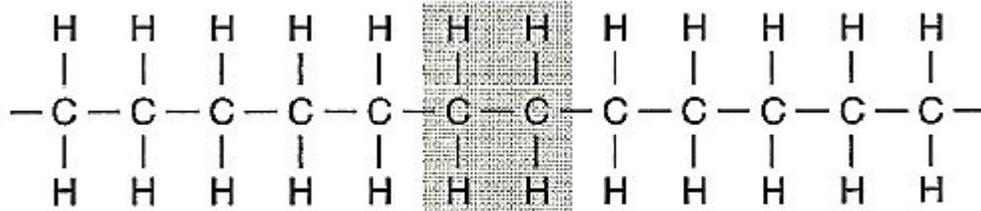
Productos hechos a base de polímeros, usos, clasificación, propiedades, nombres.

Los estudiantes realizarán una cacería en su casa o escuela para identificar objetos hechos de polímeros. Los estudiantes clasifican, describen y, si es posible, también identifican los polímeros particulares con los cuales están hechos los productos.



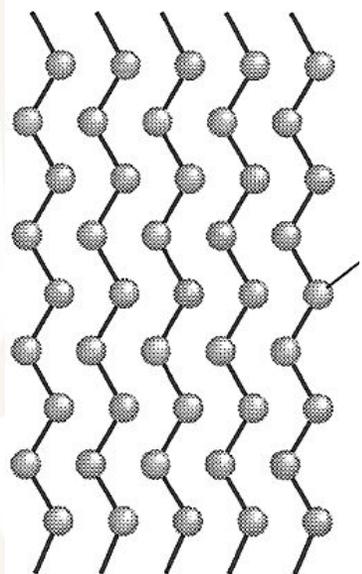
| Nombre del polímero | Uso del polímero |
|-------------------------------------|---|
| Polietileno de alta densidad (HDPE) | Contenedores para leche, detergentes y limpiadores del hogar; vajilla; cajas; bolsas de supermercado |
| Polietileno de baja densidad (LDPE) | Empaque de comida; botellas "apachurrables"; juguetes; vajilla; pañales desechables; bolsas de basura y de tintorería |
| Poliestireno (PS) | Vasos, platos y cubiertos desechables; materiales de embalaje; cartones de huevo; charolas de carne; hieleras. |
| Polipropileno (PP) | Partes de aparatos y automóvil; biberones; cuerdas; alfombras para interior-exterior. |
| Policloruro de vinilo (PVC) | Tuberías de agua; mangueras de jardín; recubrimientos para casa; pisos; piel artificial |
| Polietilentereftalato (PET o PETE) | Botellas para bebidas; bolsas para alimentos cocidos; cinta magnética. |
| Nylon | Cuerdas; calcetería, textiles, cuerdas de llantas |

| Código de reciclado | Nombre del polímero |
|---|-------------------------------------|
|  | Polietilentereftalato (PET o PETE) |
|  | Polietileno de alta densidad (HDPE) |
|  | Policloruro de vinilo (PVC) |
|  | Polietileno de baja densidad (LDPE) |
|  | Polipropileno (PP) |
|  | Poliestireno (PS) |
|  | Otros plásticos |



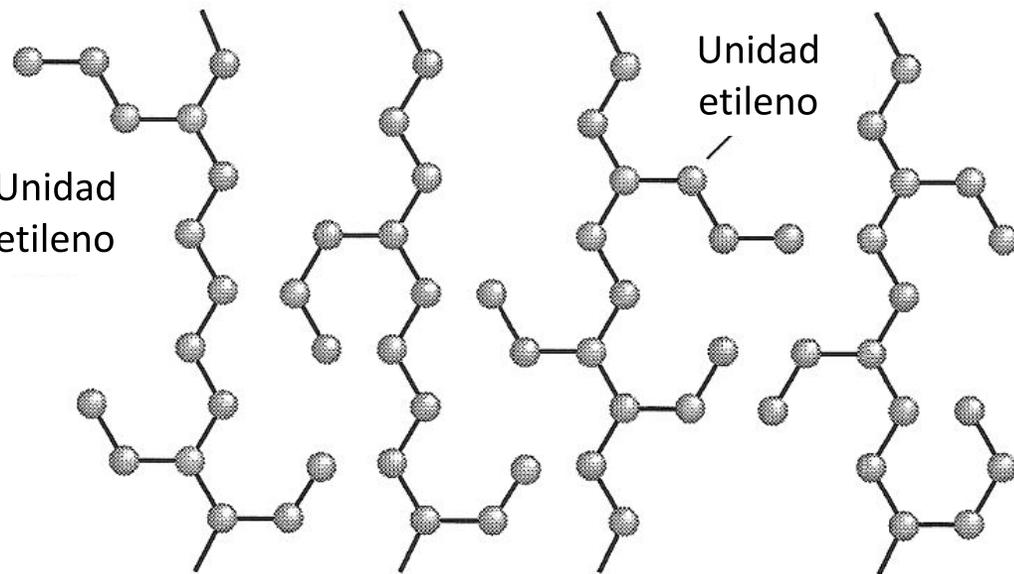
Unidad etileno

Polietileno lineal



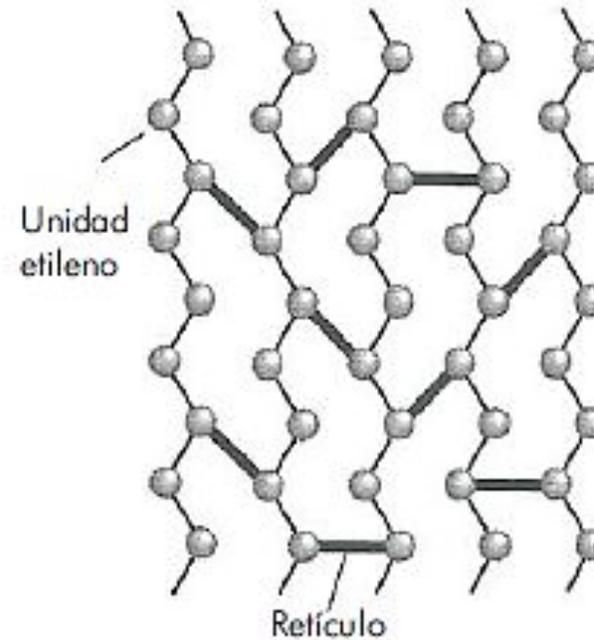
Unidad etileno

Polietileno ramificado



Unidad etileno

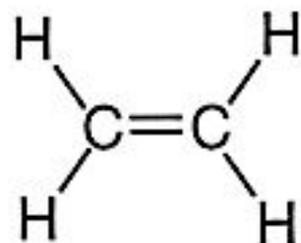
Polietileno reticulado



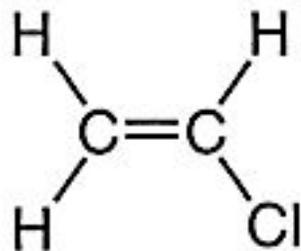
Unidad etileno

Reticulo

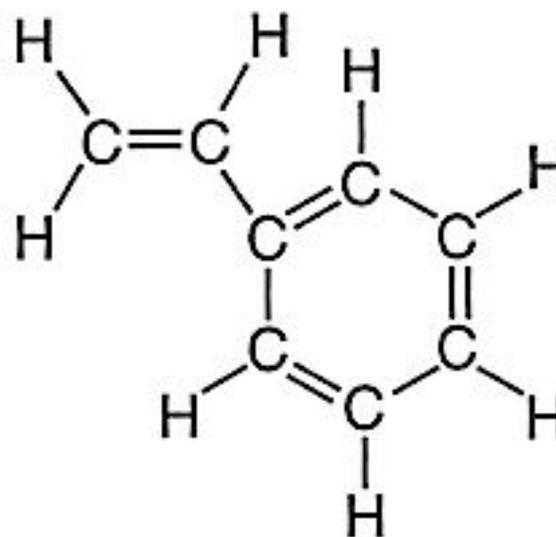
Algunos monómeros



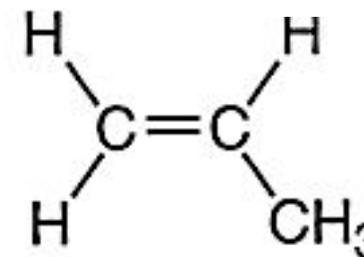
Etileno



Cloruro de vinilo



Estireno



Propileno

| Nombre del polímero |
|-------------------------------------|
| Polietileno de alta densidad (HDPE) |
| Polietileno de baja densidad (LDPE) |
| Poliestireno (PS) |
| Polipropileno (PP) |
| Policloruro de vinilo (PVC) |
| Polietilentereftalato (PET o PETE) |
| Nylon |

Módulo de un vistazo

3. Comparando la Viscosidad de Líquidos

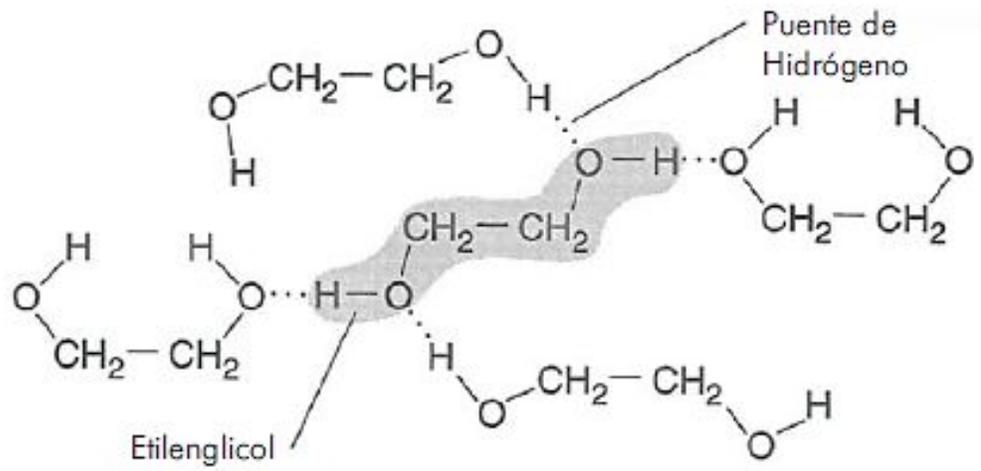
Líquidos con estructuras químicas similares pero diferentes pesos moleculares y concentración.

En la **Parte A**, los estudiantes comparan la viscosidad del metanol, etilenglicol y glicerol y luego sacan conclusiones acerca de por qué la mayoría de los polímeros utilizados en la vida diaria son sólidos.

En la **Parte B**, los estudiantes extienden, o moldean, diferentes soluciones de poliacetato de vinilo sobre vidrios portaobjetos para observar el efecto del peso molecular y concentración del polímero sobre la viscosidad de las soluciones. Los estudiantes también adquieren experiencia moldeando películas de polímero.

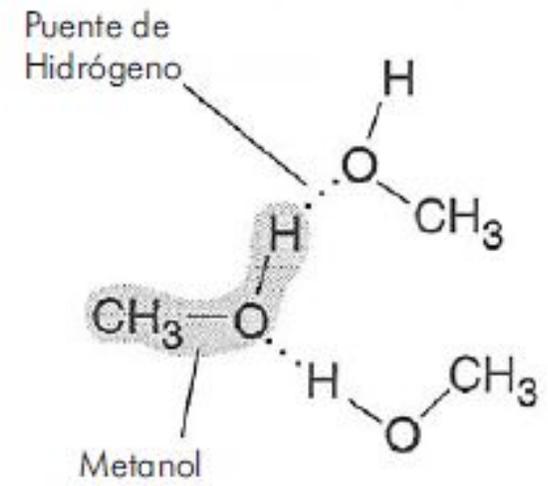


| Nombre del líquido | Estructura química | Peso molecular (uma) |
|--------------------|---|----------------------|
| Metanol | CH_3OH | 32 |
| Etilenglicol | $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ | 62 |
| Glicerol | $\text{HOCH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{OH}$ | 92 |

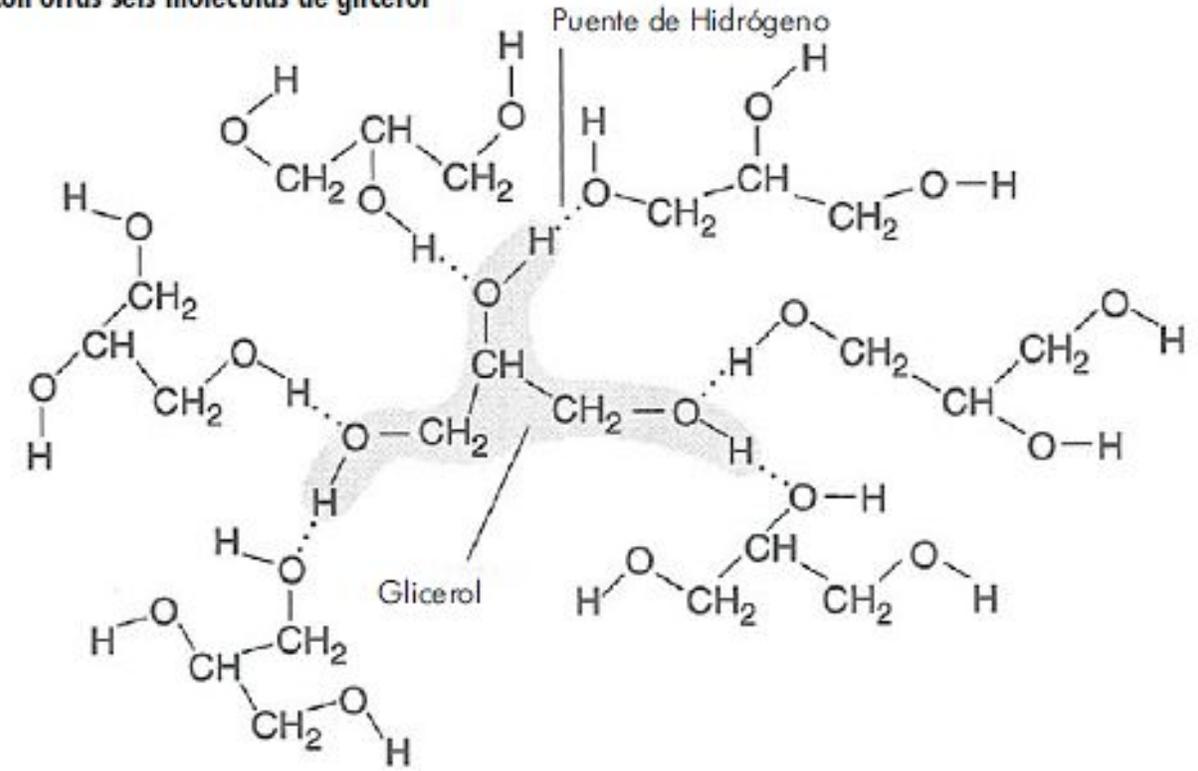


Una molécula de etilenglicol puede hacer puentes de hidrógeno con otras cuatro moléculas de etilenglicol.

Una molécula de metanol puede hacer puentes de hidrógeno con otras dos moléculas de metanol.



Una molécula de glicerol puede hacer puentes de hidrógeno con otras seis moléculas de glicerol

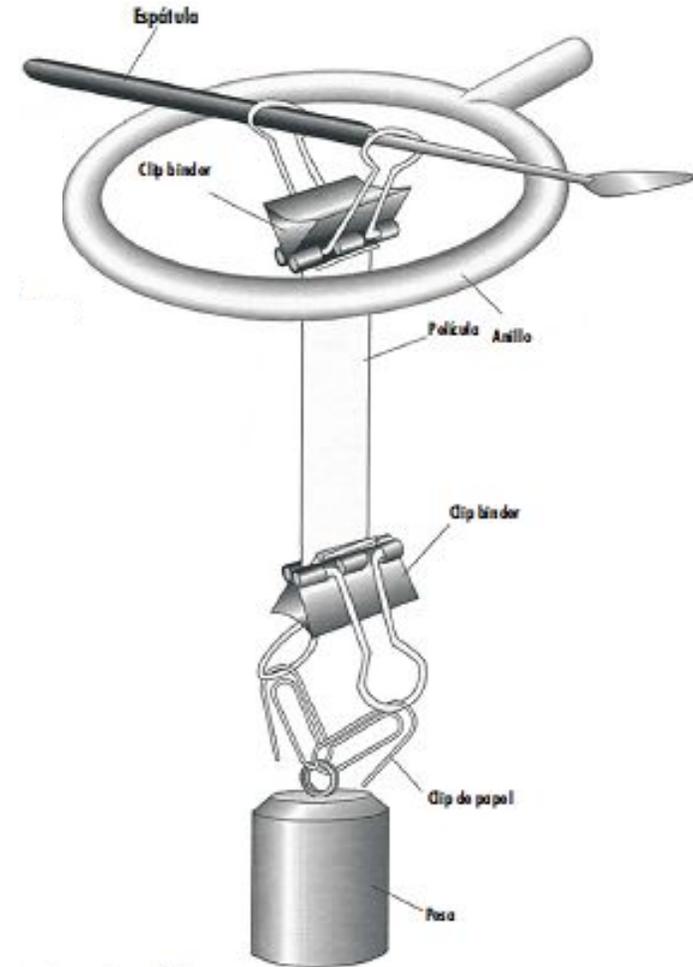
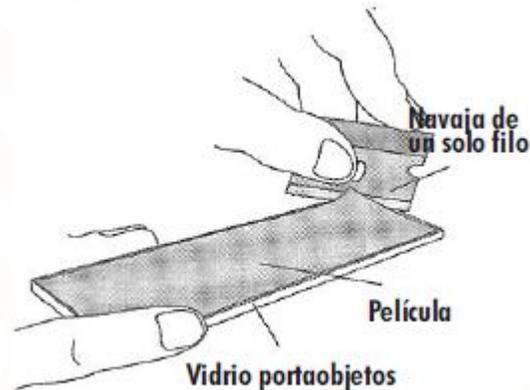
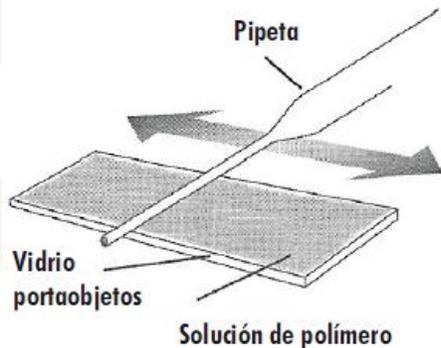


Módulo de un vistazo

4. Probando la Resistencia de Diferentes Películas de Polímero

Dureza, estirabilidad y resistencia a la tensión de películas de polímero con diferente peso molecular.

En la **Parte A**, los estudiantes moldean películas de poliacetato de vinilo que difieren en peso molecular y luego prueban a mano la dureza y extensibilidad de las películas. En la **Parte B**, los estudiantes comparan la resistencia a la tensión de las películas colgando un peso de cada película y midiendo los cambios en la longitud de la película con respecto al tiempo. Basados en sus datos, los estudiantes sacan conclusiones acerca del efecto del peso molecular del polímero sobre la dureza, extensibilidad y resistencia a la tensión de las películas de polímero.



Medición de dureza



Elastómeros suaves



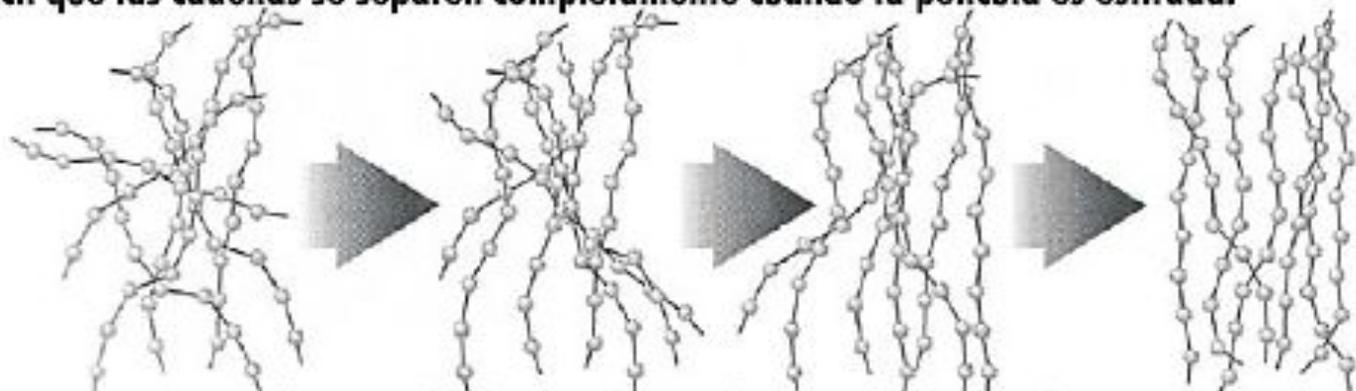
Elastómeros duros



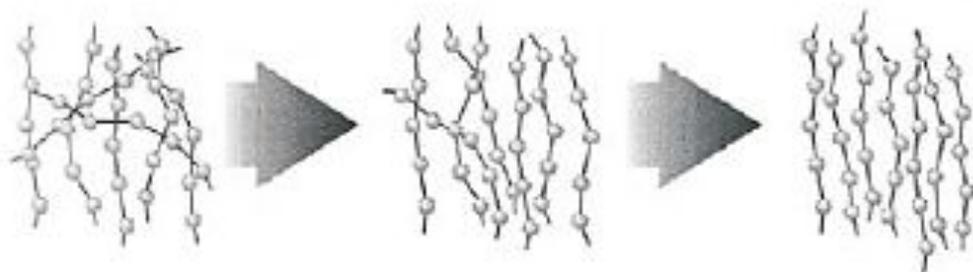
Propiedades en tensión



Mientras menos marañas haya entre las cadenas de una película de polímero, será más fácil que las cadenas se separen completamente cuando la película es estirada.



Estiramiento de una película de polímero de alto peso molecular con muchas marañas



Estiramiento de una película de polímero de bajo peso molecular con pocas marañas

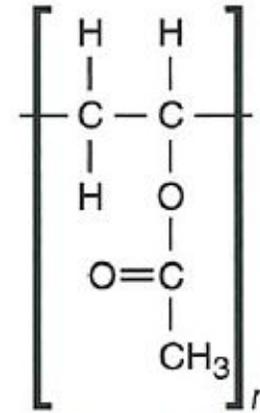
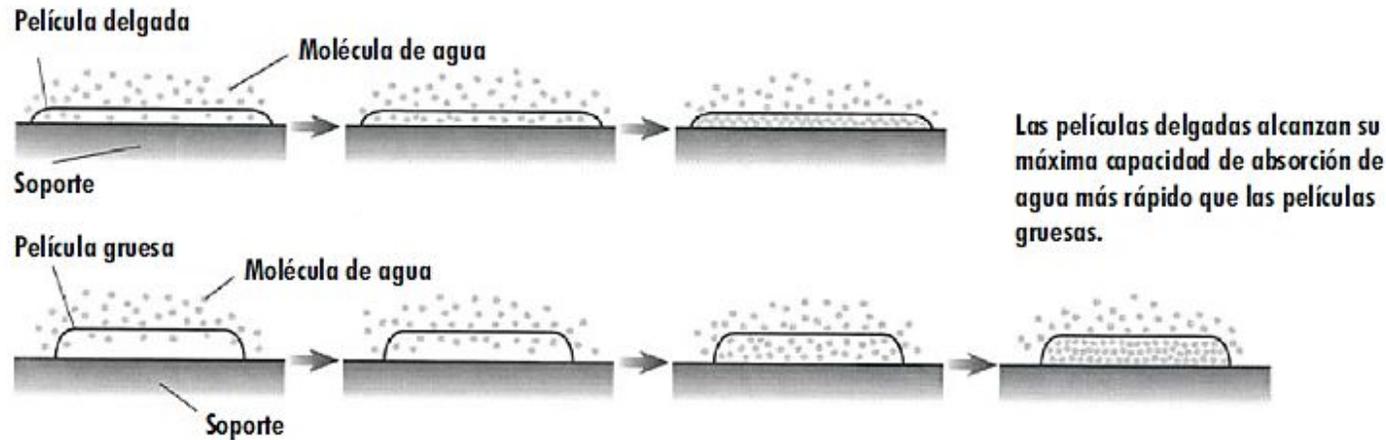
Módulo de un vistazo

5. Midiendo la Absorción de Agua de Diferentes Películas de Polímero

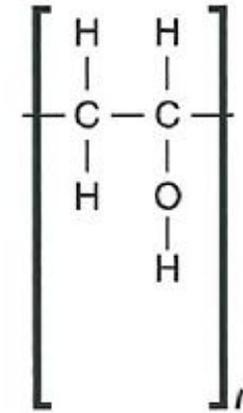
Películas de polímero con diferente monómero, peso molecular, viscosidad del polímero.

Los estudiantes moldean películas de poliestireno, alcohol polivinílico y tres pesos moleculares de poliacetato de vinilo y luego prueban la absorción de agua de cada película.

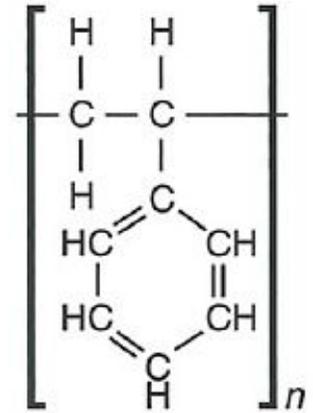
Los estudiantes aprenden acerca de los efectos del tipo de monómero y espesor de la película sobre absorción de agua de películas de polímero.



Poliacetato de vinilo
P.M. 100,000; 170,000
y 260,000

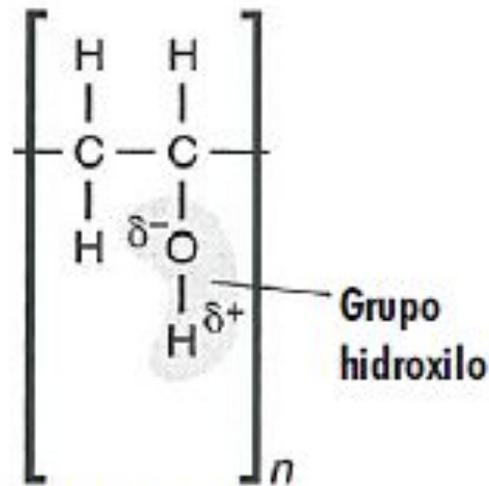
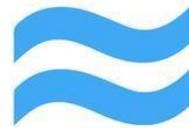


Alcohol polivinílico
P.M. 2,000

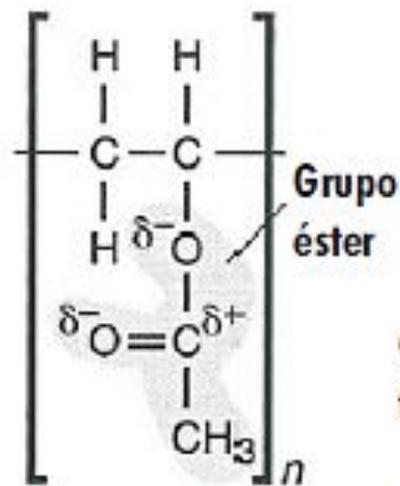


Poliestireno
P.M. 190,000

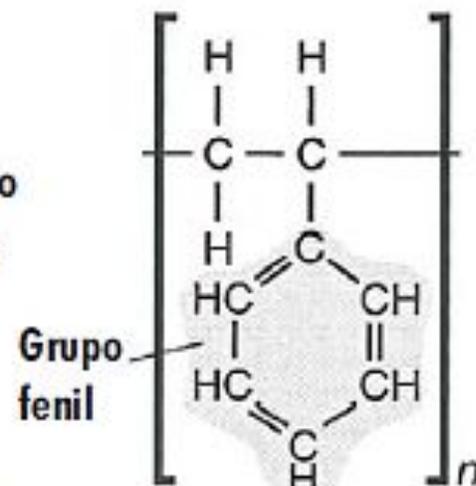
H₂O
(polar)



Alcohol polivinílico
(muy polar)



Poliacetato de vinilo
(moderadamente polar)



Poliestireno
(no polar)

$\delta+$ carga positiva parcial

$\delta-$ carga negativa parcial

Módulo de un vistazo

Proyectos de Diseño

1. Diseño de un Sensor de Humedad

Diseñar, construir, probar, evaluar y rediseñar prototipos de un sensor de humedad.

Los estudiantes construyen prototipos de sensores de humedad en forma de películas de polímero embebidas con cloruro de cobalto(II), el cual cambia de color a medida que la humedad del ambiente cambia. Los estudiantes prueban y evalúan sus prototipos y los rediseñan para hacerlos más efectivos.



Módulo de un vistazo

2. Diseño de un Nuevo Producto de Polímero

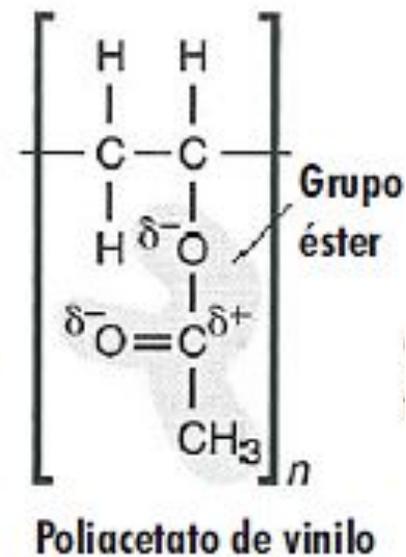
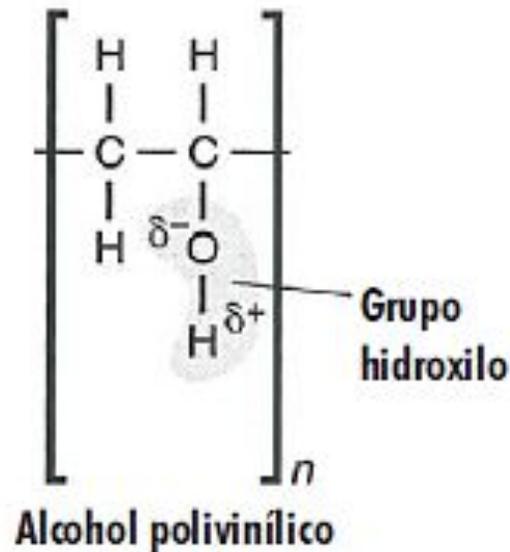
Diseñar, construir, probar, evaluar y rediseñar prototipos de un nuevo producto de polímero.

Los estudiantes utilizan polímeros para diseñar un nuevo producto o mejorar uno existente. Los estudiantes construyen, prueban, evalúan y rediseñan prototipos de su producto para determinar el mejor diseño.



Práctica:

Preparación de 2 polímeros diferentes



Pelota

| | Ingrediente | Partes |
|----------|---|--------|
| Mezcla 1 | Agua | 70 |
| | Pegamento blanco (poliacetato de vinilo) | 30 |
| Mezcla 2 | Mezcla 1 | |
| | Borax | 30 |



+



(acetato de polivinilo)

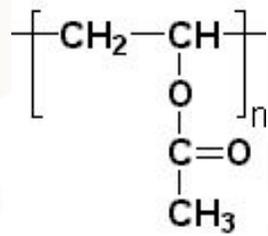
(Borax)



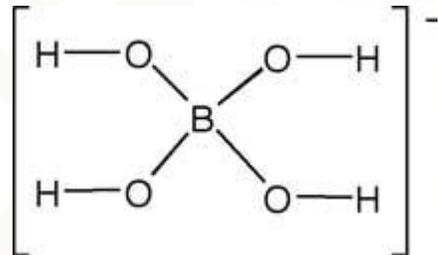
(tetraborato de sodio)



(polímero entrecruzado = acetato de polivinil-boro)

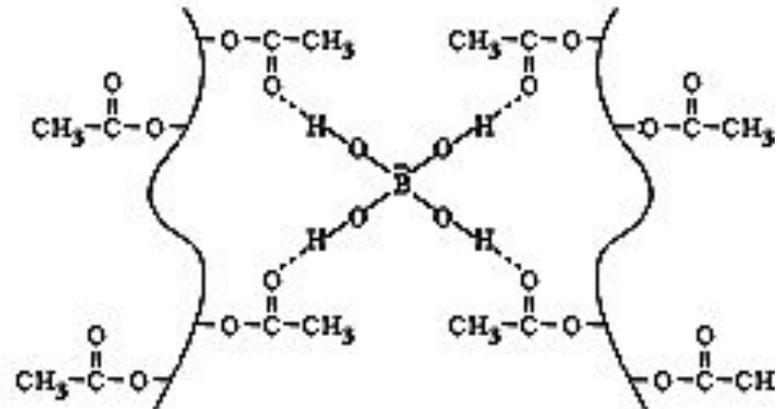
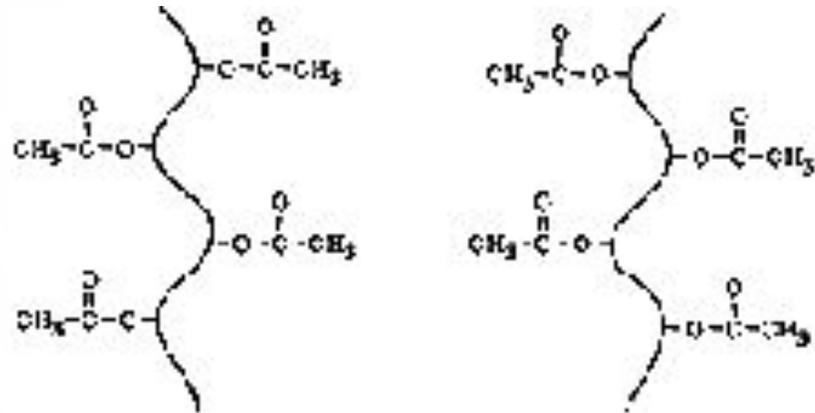


(acetato de polivinilo)



(tetraborato de sodio)

Pelota



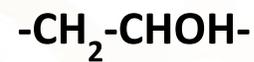
El tetraborato de sodio $\text{NaB}(\text{OH})_4$ se disuelve en agua dando un ion Na^+ y un ion tetraborato $\text{B}(\text{OH})_4^-$. Los iones tetraborato enlazan las largas cadenas de acetato de polivinilo también mediante enlaces de hidrógeno aprisionando moléculas de agua.

Moco de gorila

| | Ingrediente | Partes |
|----------|--|--------|
| Mezcla 1 | Agua | 70 |
| | Pegamento transparente (alcohol polivinílico) | 30 |
| Mezcla 2 | Mezcla 1 | |
| | Borax | 30 |



+

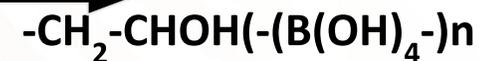


(alcohol polivinílico)
(Borax)

+

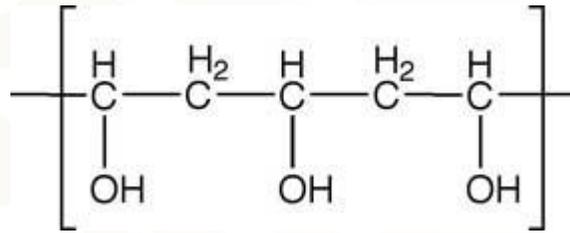


(tetraborato de sodio)

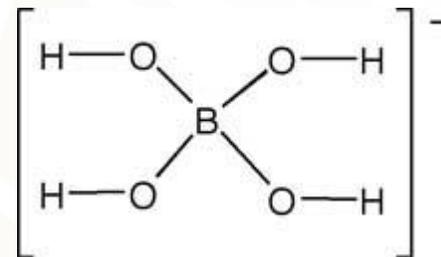


(polímero entrecruzado = alcohol polivinil-boro)

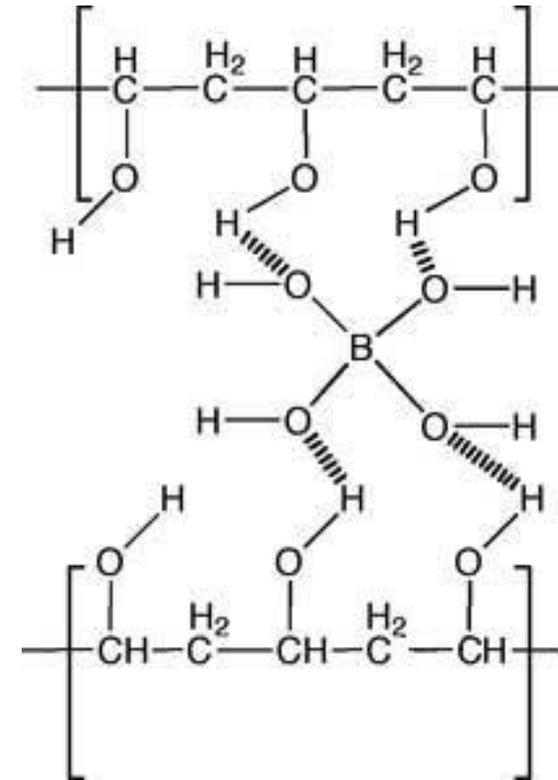
Gel (“moco de gorila”)



(alcohol polivinílico)



(tetraborato de sodio)



El PVA es ya por sí mismo un polímero, pero soluble en agua. Al mezclarse con Bórax, éste será capaz de unir dos cadenas de PVA, como si fuese un puente, creando un polímero entrecruzado de mayor tamaño que el PVA original. El aumento del tamaño del polímero provocará un aumento en la viscosidad de la solución.



Dr. Armando Tejada Ochoa Ex-modulero



Dr. Armando Tejada Ochoa



I.M. Armando Tejada Ochoa

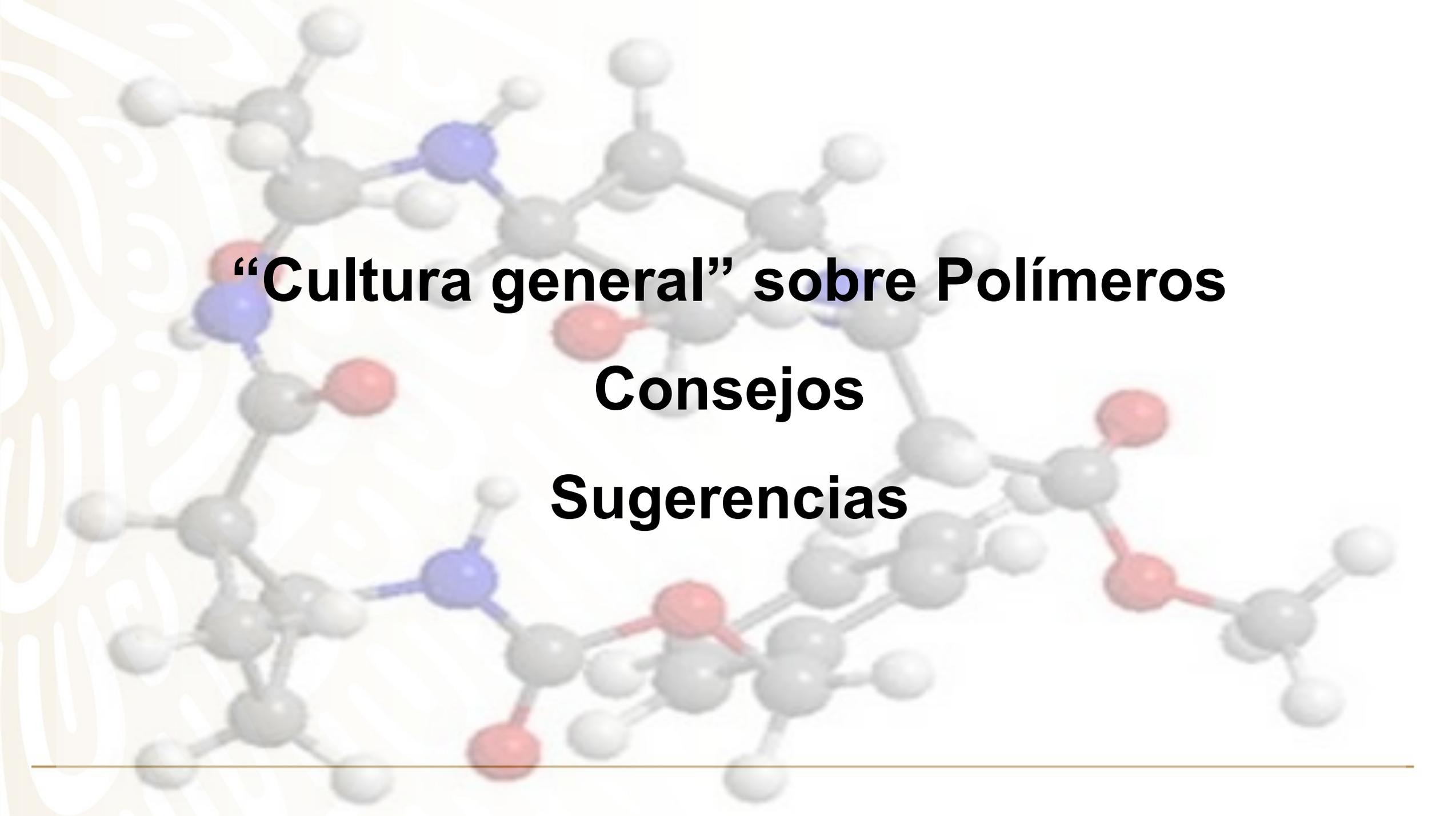


M.C. Armando Tejada Ochoa



Dr. Armando Tejeda Ochoa Ex-modulero



A ball-and-stick molecular model of a polymer chain. The backbone consists of grey carbon atoms and blue nitrogen atoms. Various side groups are attached, including red oxygen atoms and white hydrogen atoms. The model is semi-transparent, allowing the text to be seen through it.

“Cultura general” sobre Polímeros

Consejos

Sugerencias

Antecedentes de polímeros

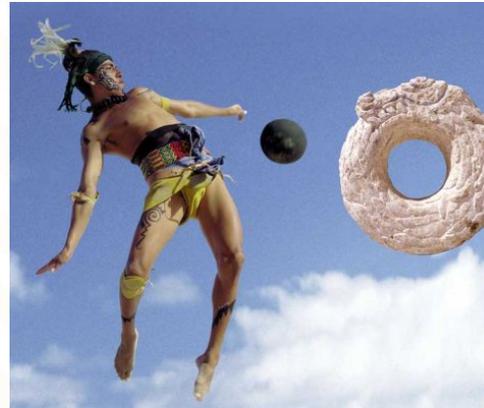
Uso de polímeros naturales

Hule natural = caucho



Savia de Castilla elástica, Hevea Brasiliensis...

Perú, cauchuc = 'impermeable'



Seda = larvas de polilla Bombyx mori



Algodón



Savia de chicozapote

Mayas: "sicté" = sangre o fluido vital

Aztecas: "tzictli" = pegar



(Thomas Adams)



Lana



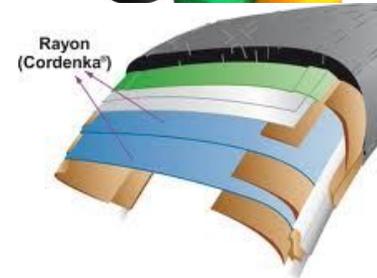
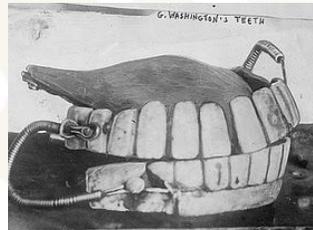
Antecedentes de polímeros

Intentos por reproducir los polímeros naturales (regenerados)

(Celluloid)



("muñequita de sololoy")



Celuloide = nitrato de celulosa + derivado de la madera + alcanfor

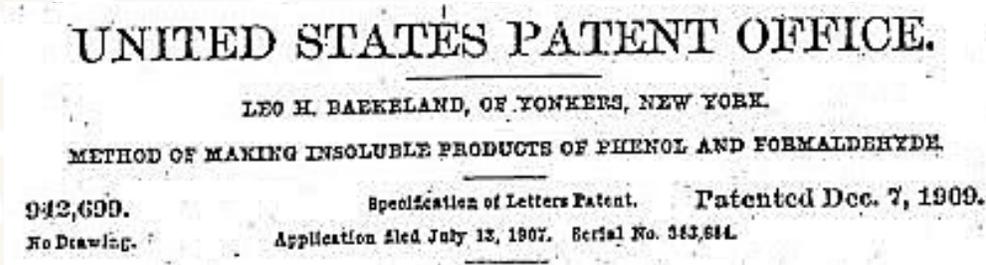
Rayón (seda artificial) = celulosa de la pulpa de madera o linters (fibras cortas) de algodón



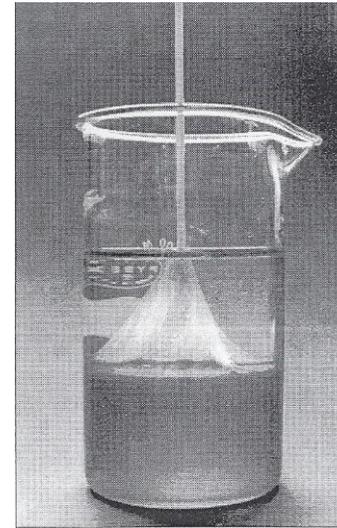
Hule sintético = hule natural + azufre + calor (vulcanización)

Antecedentes de polímeros

Primeros polímeros sintéticos

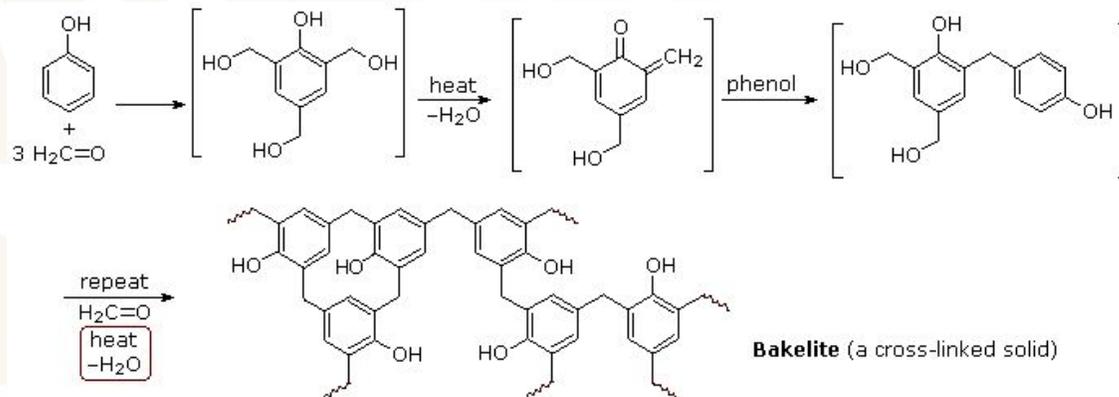


1930 Wallace Hume Carothers, Du Pont

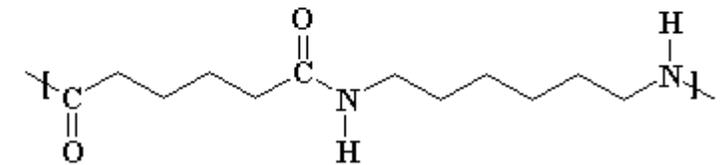


- New York(Ny) y Londres(Lon)
- Now You Lousy Old Nipponese
- Now You Look Old Nippon

Bakelita = resina fenol-formaldehida



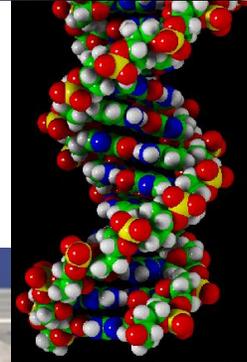
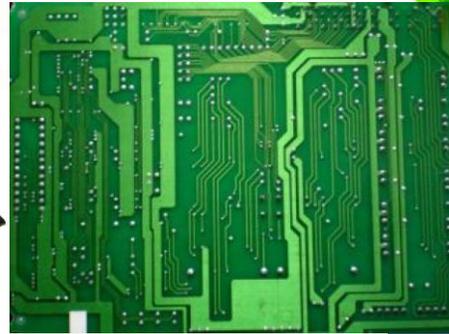
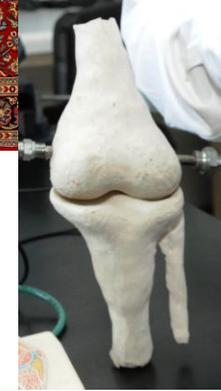
Nylon = poliamida, similar a la seda



nylon 6,6

Antecedentes de polímeros

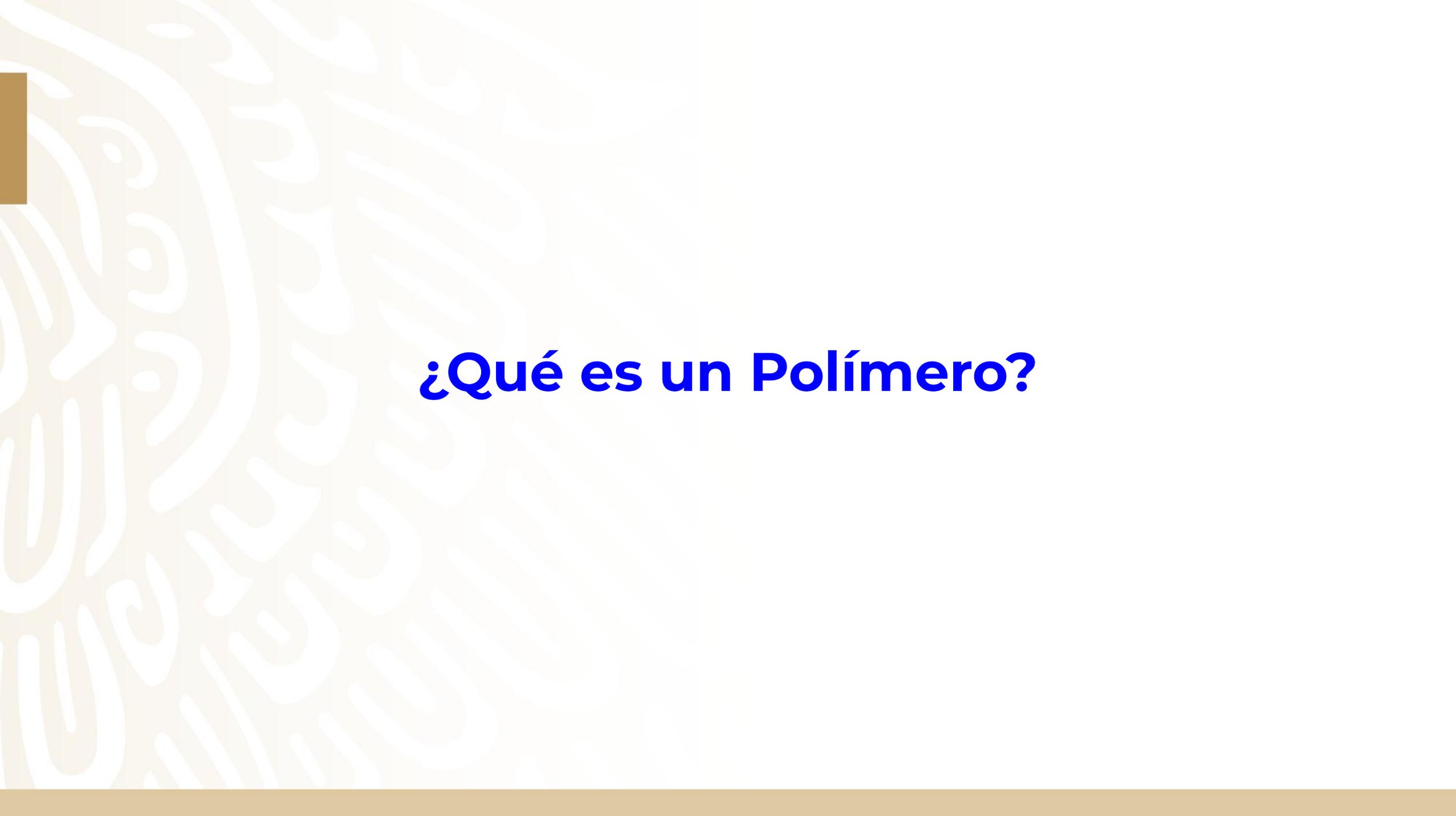
Usos actuales



Antecedentes de polímeros

Usos actuales

| Producto | Polímero |
|--------------------------------|--|
| Vaso de unicel | Poliestireno |
| “Cacahuates” de embalaje | Poliestireno (si es sintético) o almidón (si es natural) |
| Papel | Celulosa |
| Tela | Poliéster, Nylon, algodón, rayón, seda, lana |
| Pan | Almidón |
| Carne | Proteína |
| Cubiertos de plástico | Poliestireno |
| Discos compactos | Policarbonato, polimetilmetacrilato |
| Llanta | Caucho (hule) |
| Sellador | Poliuretano, epoxi, polisilicona |
| “Vidrio” resistente al impacto | Policarbonato |
| Cinta de aislar | Policloruro de vinilo |
| Bolsa de supermercado | Polietileno de alta densidad |
| Silicón | Polisilicona |
| Boligoma | Polidimetilsiloxano |



¿Qué es un Polímero?

Concepto de Polímero

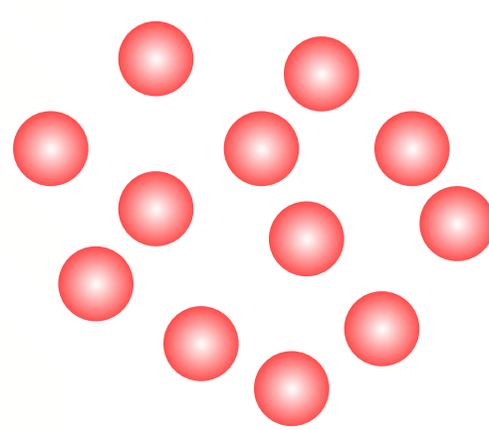
Un polímero es una molécula muy grande (macromolécula) constituida por la unión repetitiva de muchas unidades pequeñas (monómeros) a través de enlaces covalentes

Poli: mucho

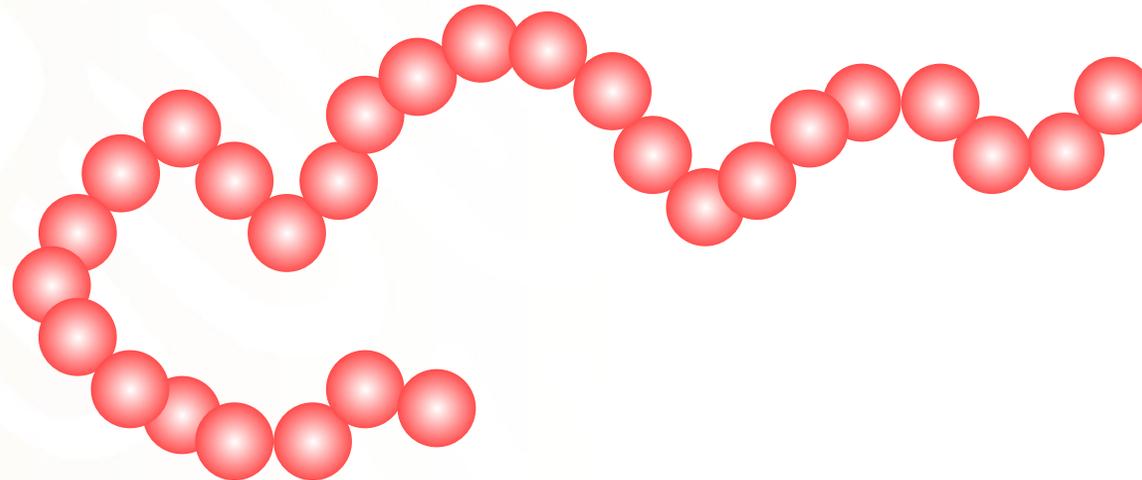
Meros: parte



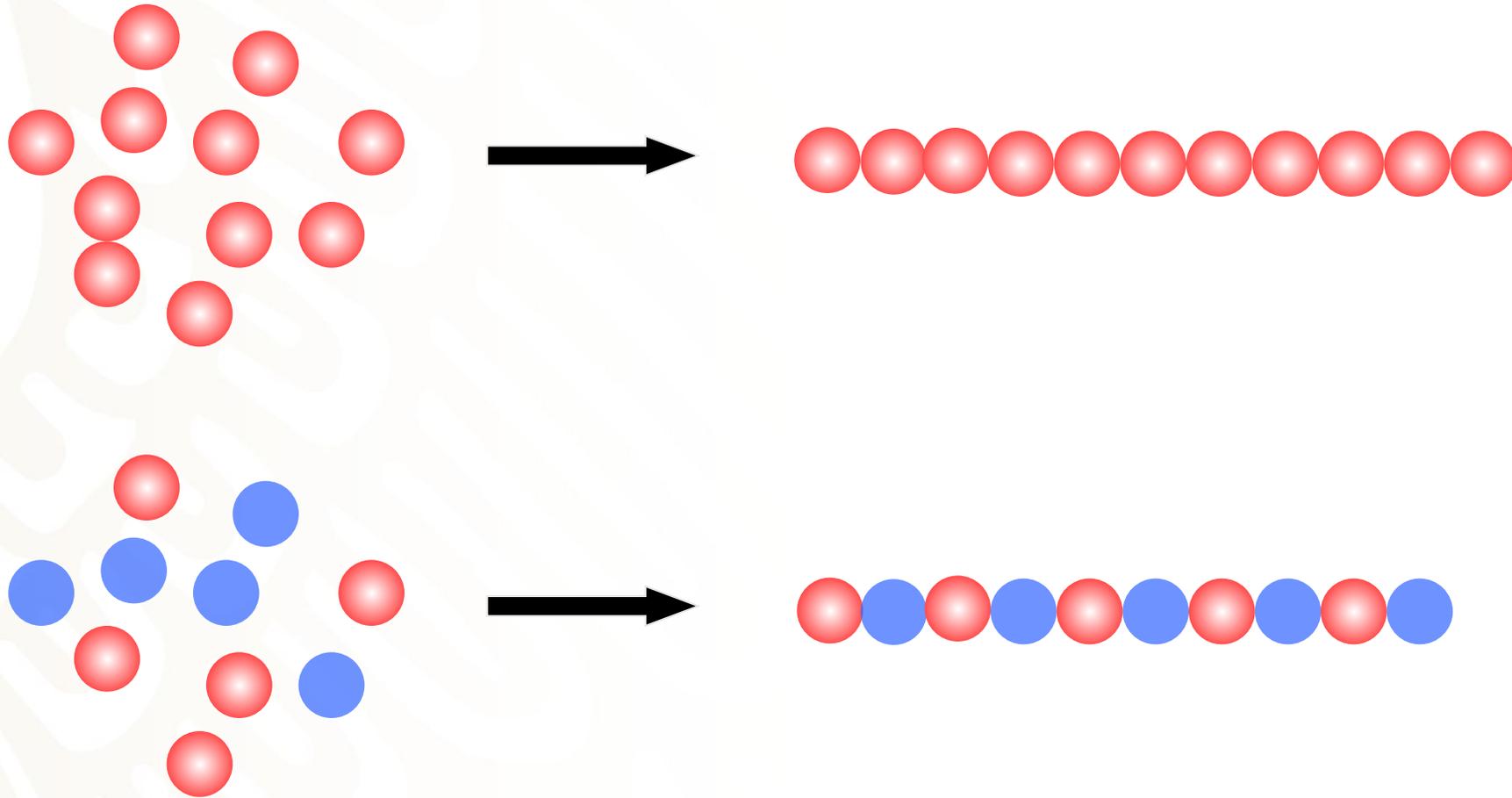
Una parte



Muchas partes



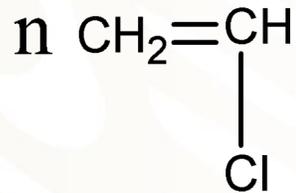
Polimerización: reacción química a través de la cual se obtiene un polímero



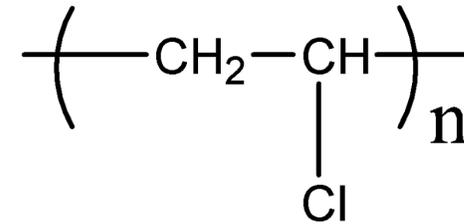
Homopolímero y Copolímero

Homopolímero: Si en la formación de la macromolécula durante la polimerización ha intervenido solamente un tipo de monómero.

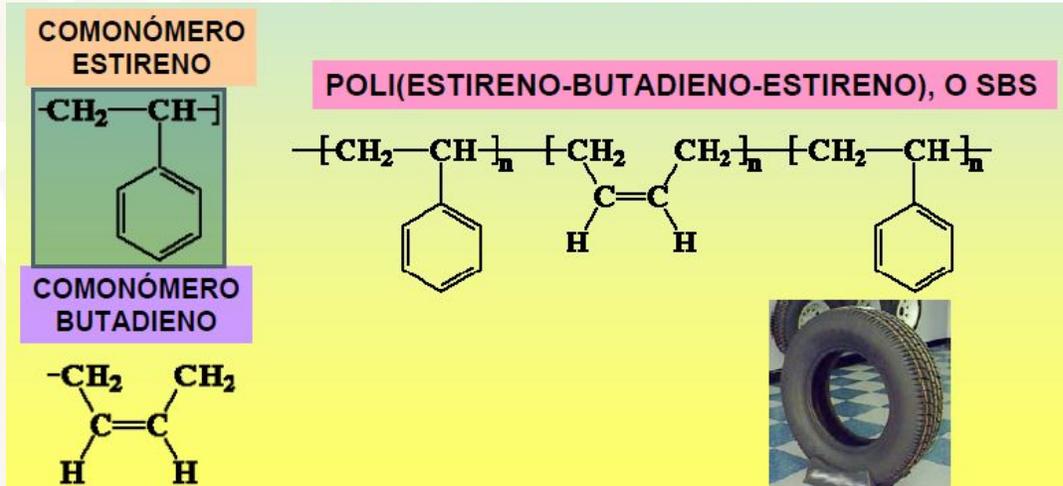
Cloruro de vinilo



Policloruro de vinilo

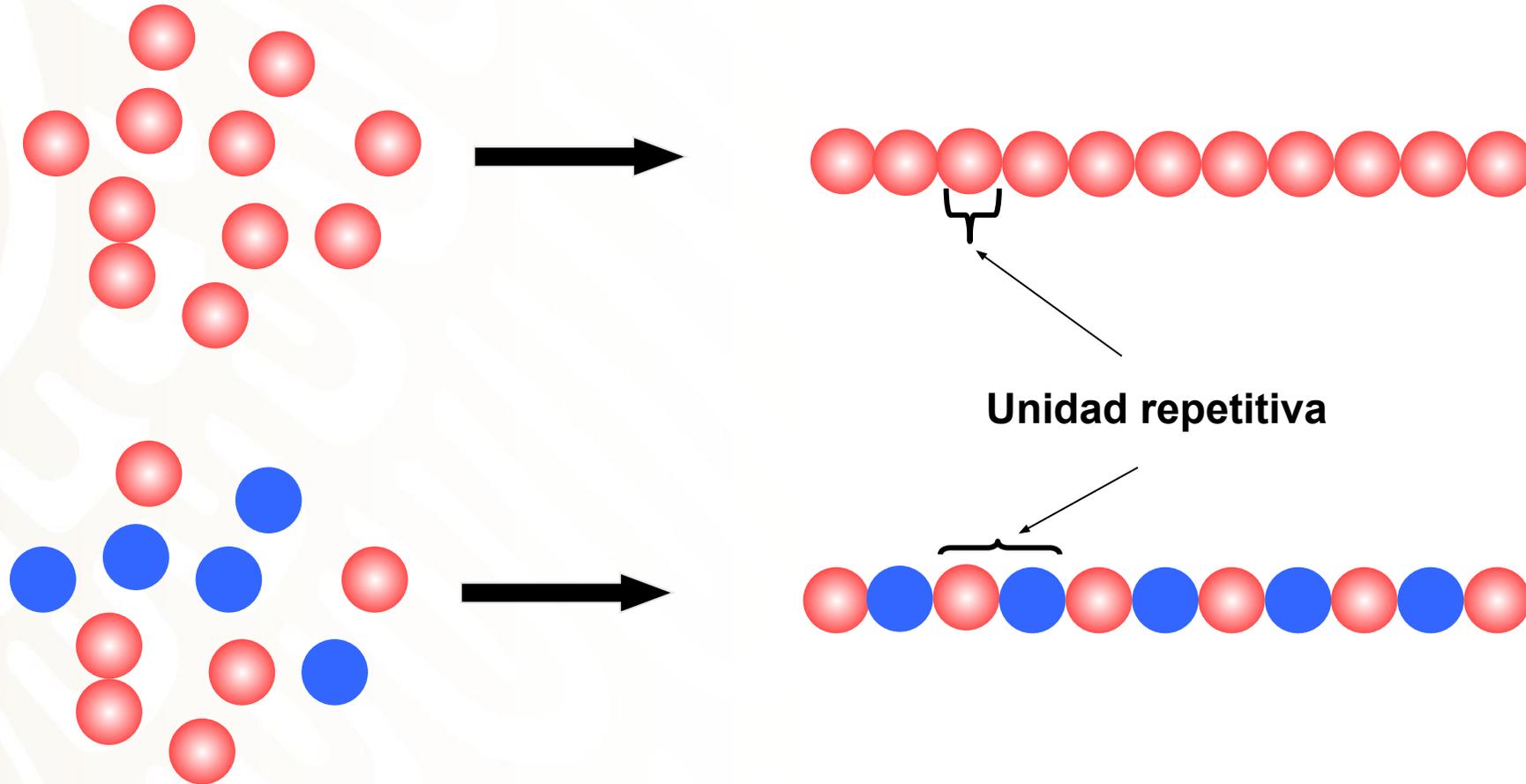


Copolímero: Si en la formación de la macromolécula durante la polimerización han intervenido dos monómeros en la formación de la macromolécula. El polímero se denomina **terpolímero** si han intervenido tres monómeros. Las unidades estructurales se llaman **comonómeros**.

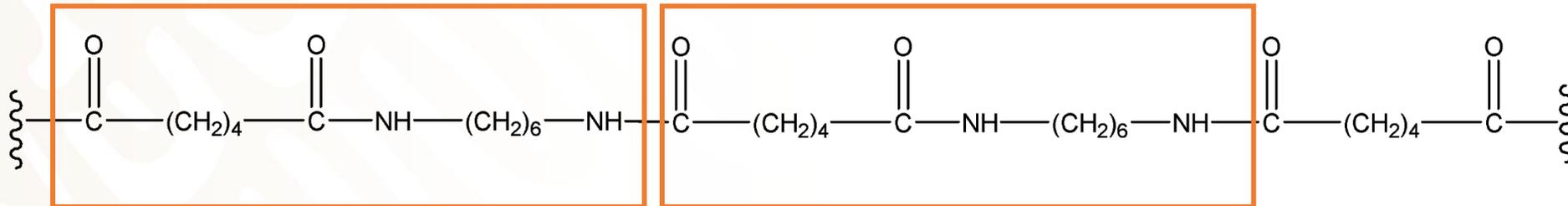
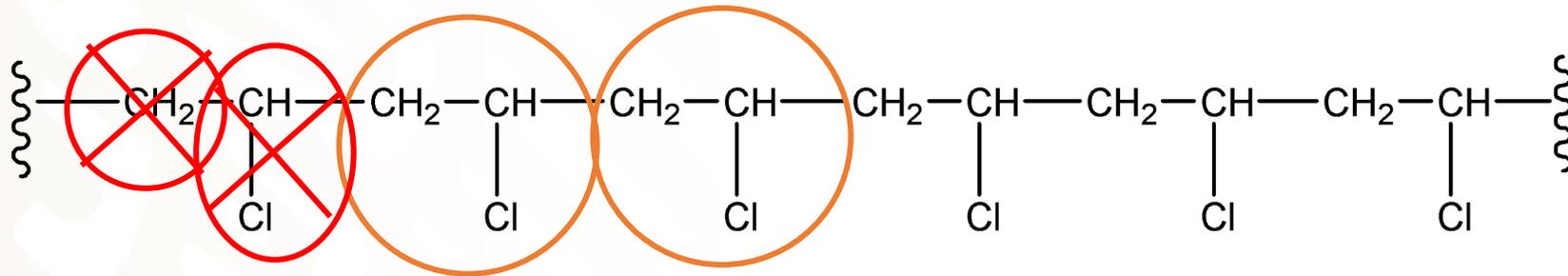


El poliestireno es un plástico duro y resistente y le da al SBS su durabilidad. El polibutadieno es un material parecido al caucho y le confiere al SBS características similares al caucho (elasticidad, resistencia, impermeabilidad, adhesividad).

Unidad repetitiva o unidad monomérica

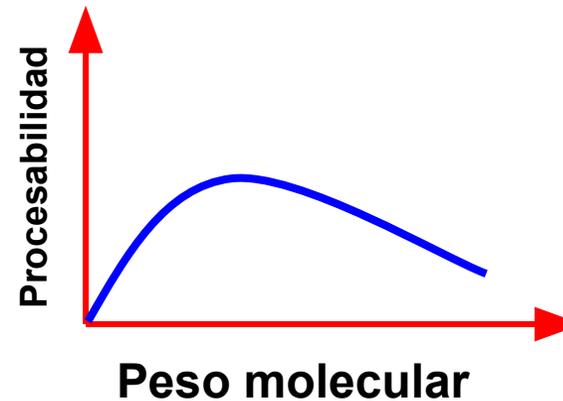
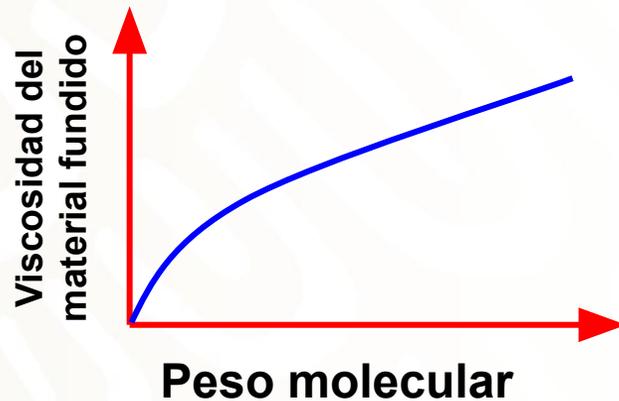
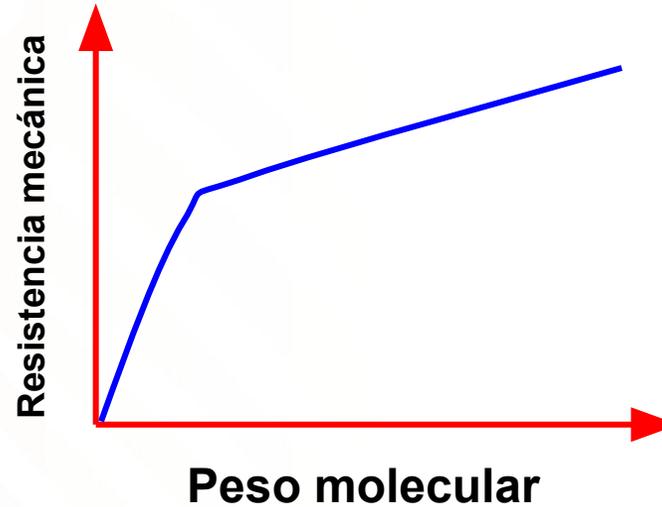


Unidad constitutiva repetitiva



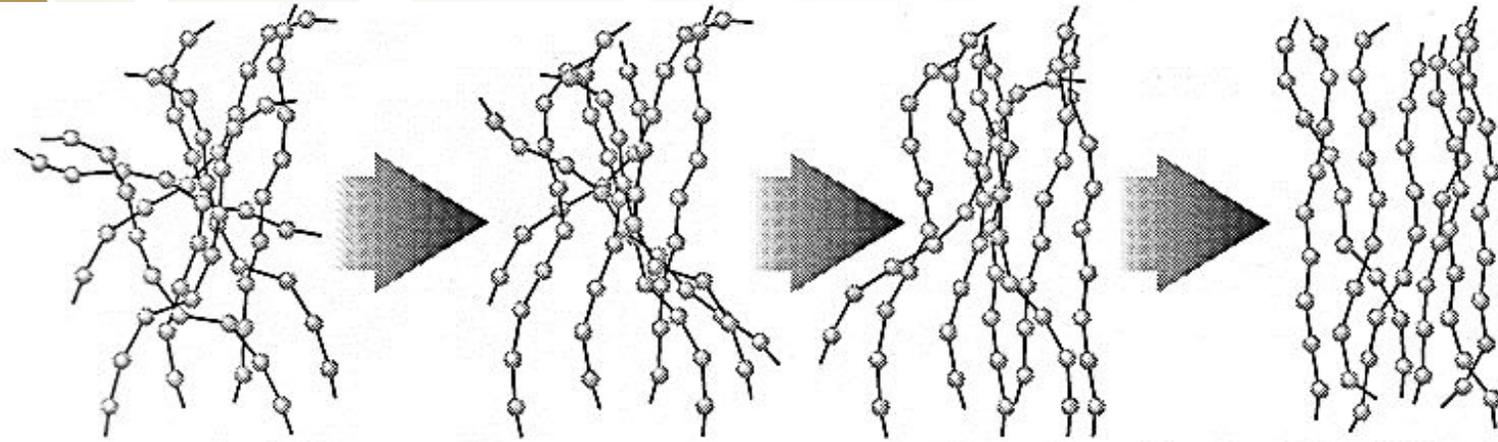
Efecto del peso molecular

Las propiedades de un polímero como densidad, punto de fusión o temperatura de transición vítrea se ven afectados por una variación en el peso molecular

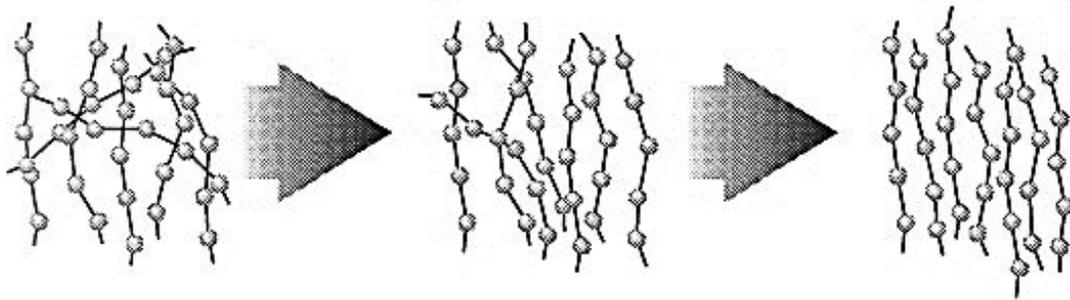


Efecto del peso molecular

Alto PM



Bajo PM



Jugando con espagueti

Clasificación general

Polímeros

Por su origen

Naturales

Regenerados

Sintéticos

Por su comportamiento térmico

Termoplásticos

Termofijos

Por su relación producción/precio

Commodity

De ingeniería

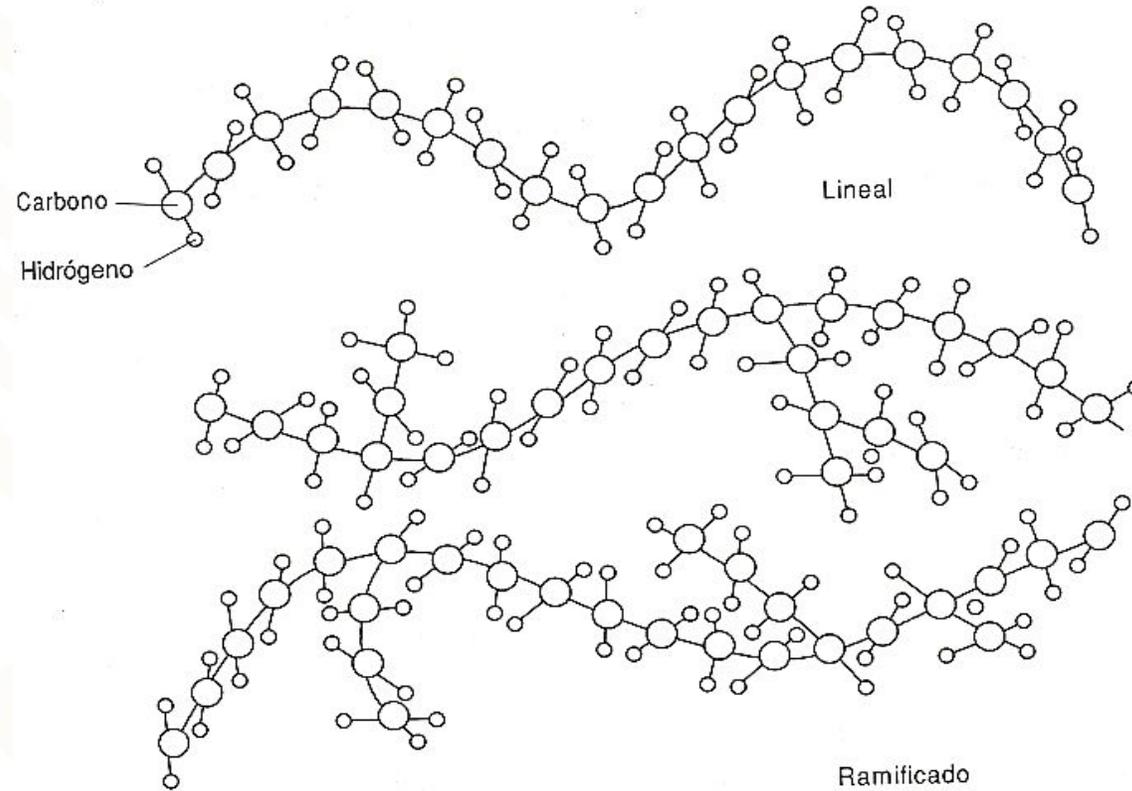
De especialidad

Por su mecanismo de polimerización

De adición

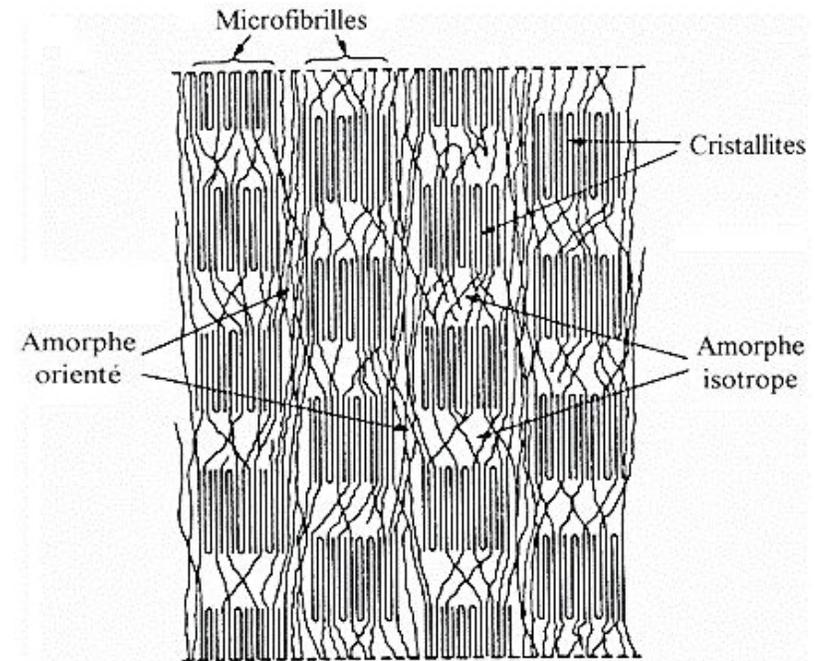
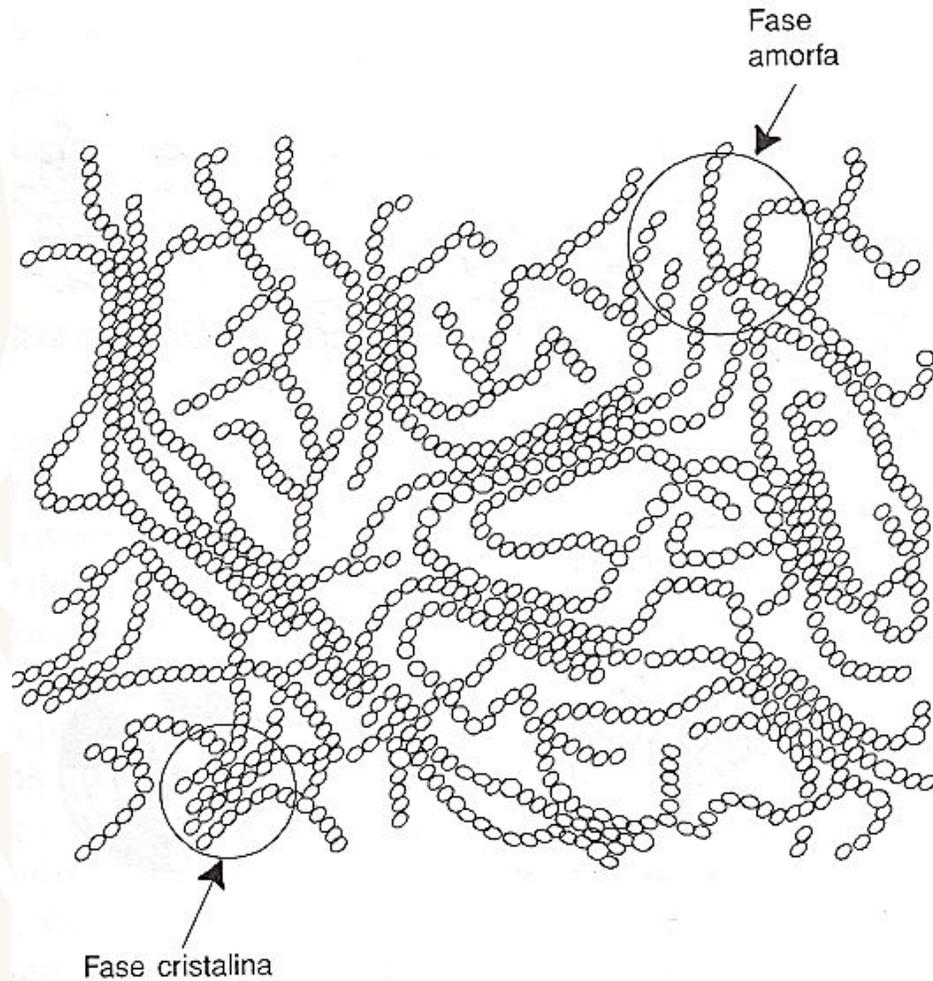
De condensación

Efecto de la estructura química en la morfología



Estructuras lineal y ramificada de un polímero

Estructura amorfa-cristalina de un polímero



Orientación macromolecular de HMPE y PE regular

High modulus polyethylene



Orientation > 95%
Crystallinity < 85%

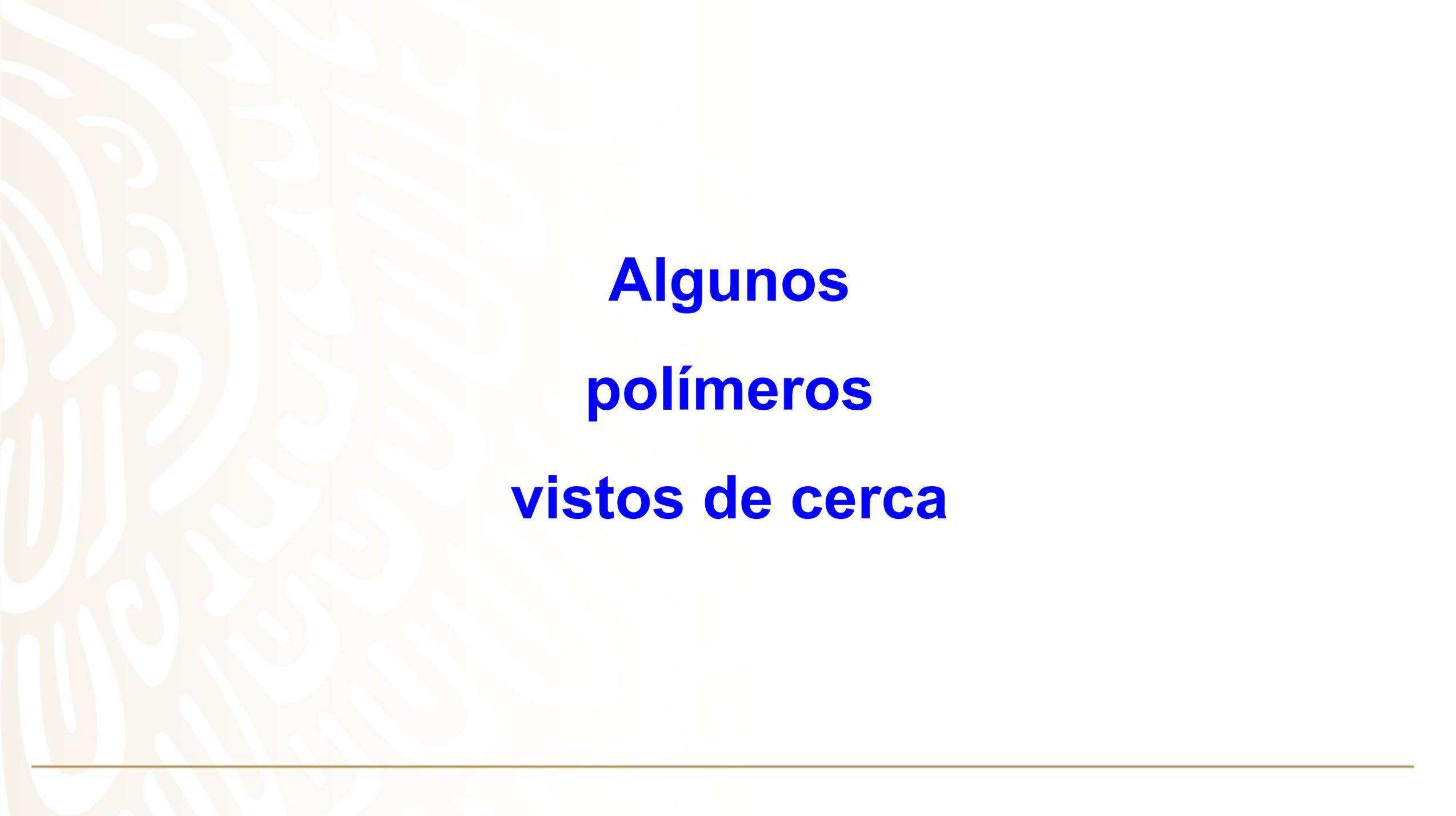
Regular polyethylene



Low orientation
Crystallinity < 60%

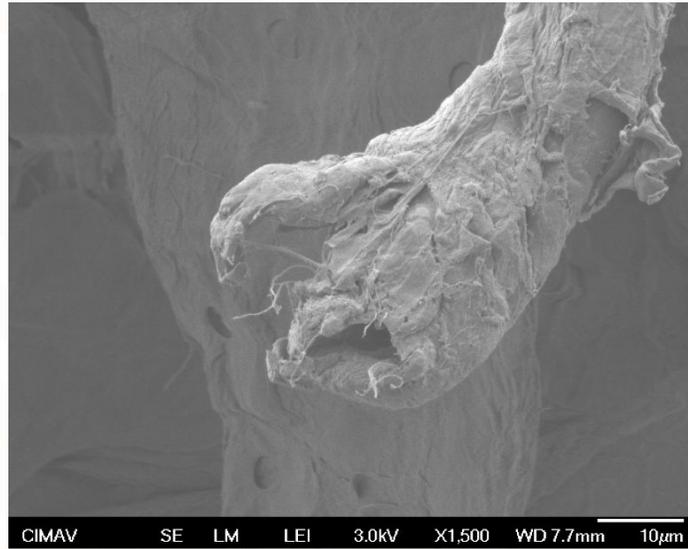
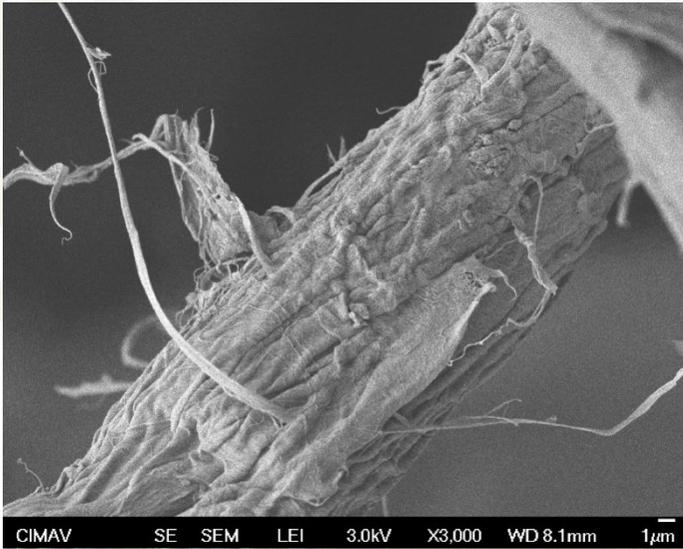
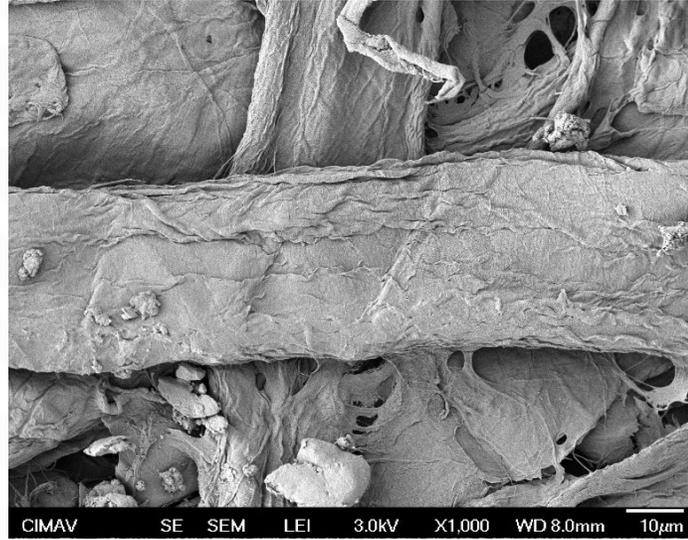
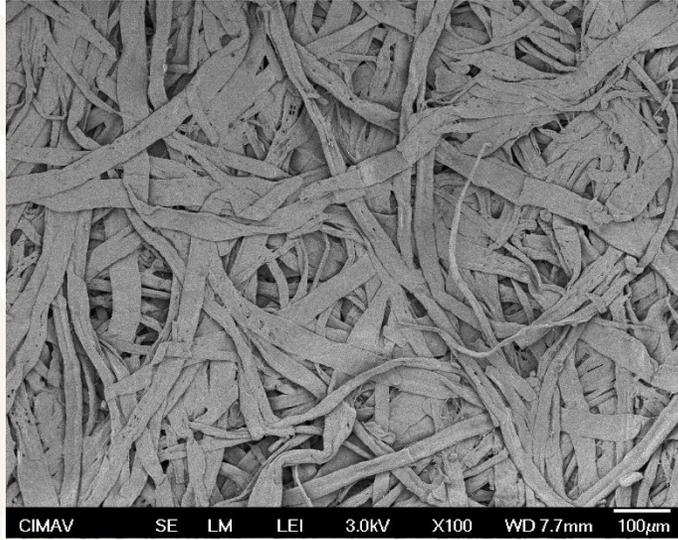
Influencia de la cristalinidad en propiedades físicas

| PROPIEDADES | CRISTALINOS | AMORFOS |
|---------------------------------------|------------------------------|--|
| Densidad (para un mismo material) | Aumenta con la cristalinidad | Menor que la del material cristalino |
| Dureza | Mayor | Menor |
| Fusión o reblandecimiento | Punto de fusión definido | Se reblandecen en un intervalo de temperaturas |
| Rigidez | Mayor | Menor |
| Encogimiento /Contracción | Mayor | Menor |
| Permeabilidad a gases y disolventes | Menor | Mayor |
| Temperatura de deformación bajo carga | Mayor | Menor |
| Resistencia al impacto | Menor | Mayor |



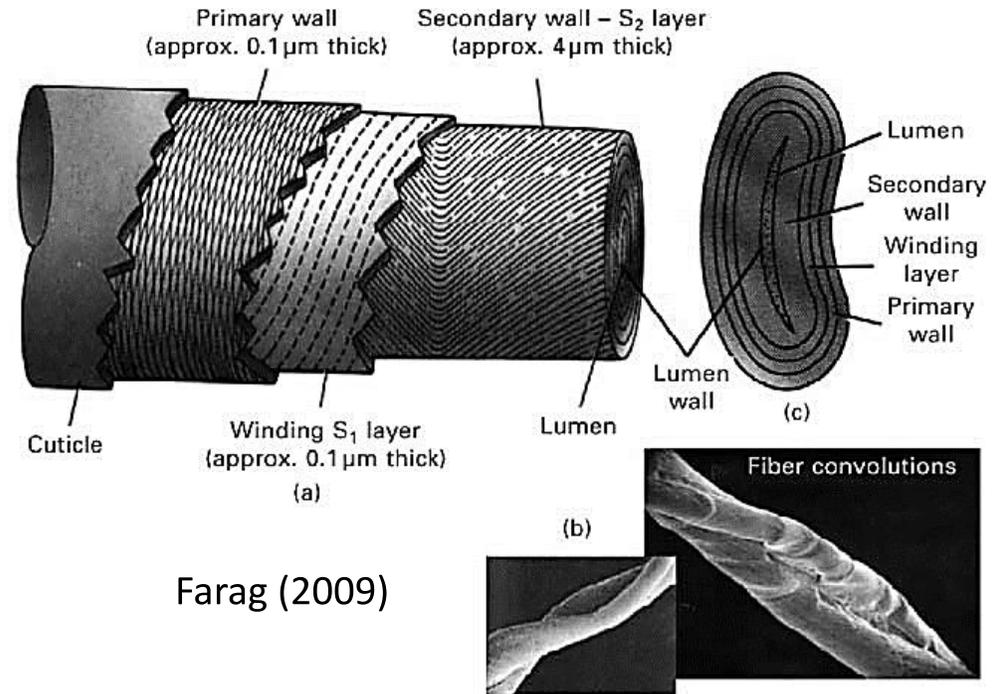
**Algunos
polímeros
vistos de cerca**

Celulosa



Herrera (2010)

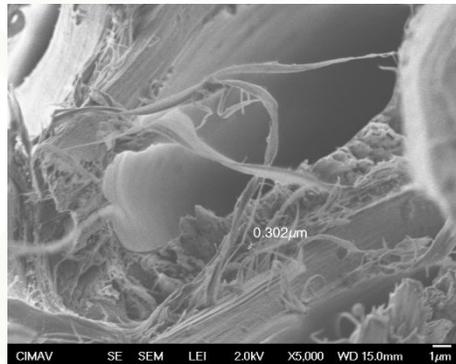
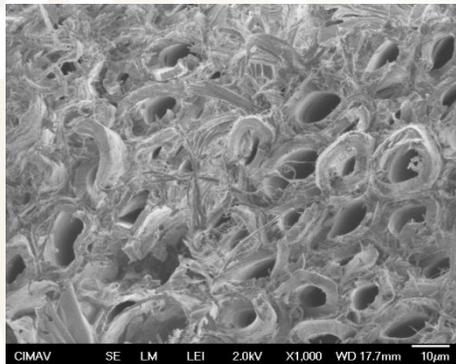
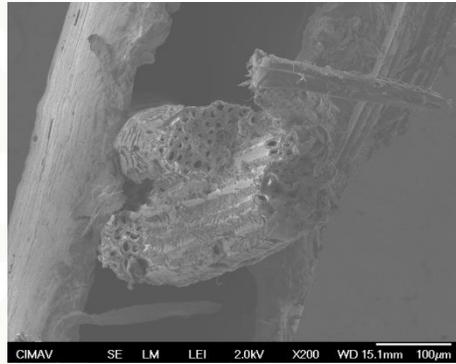
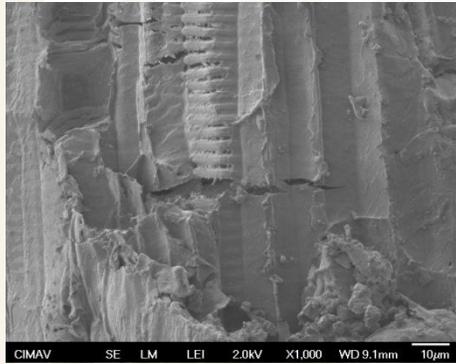
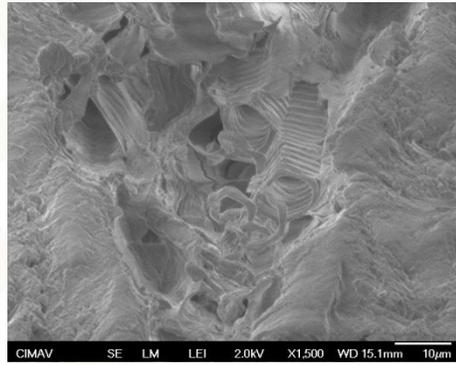
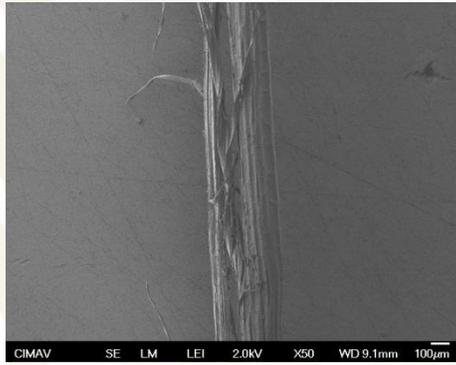
Algodón



Farag (2009)

Polímeros naturales

Henequén

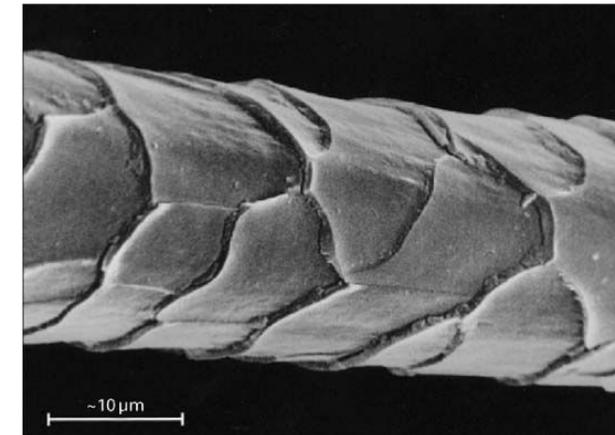
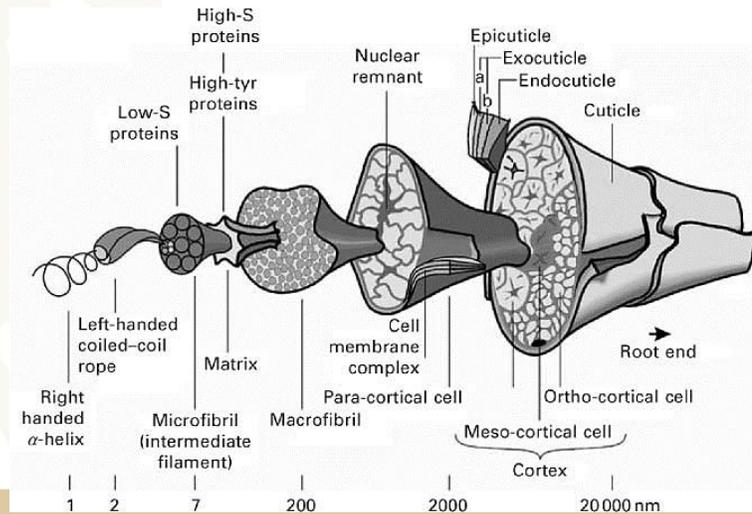
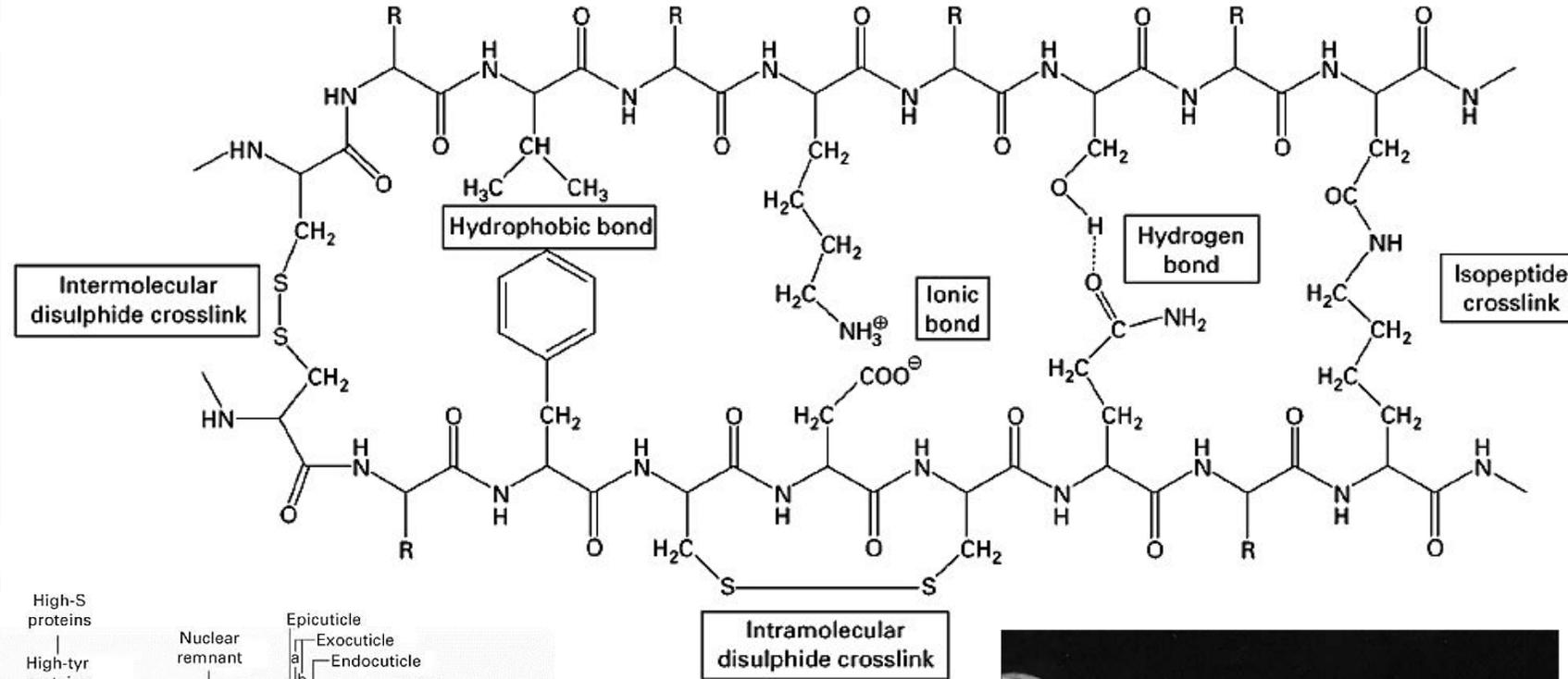


Henequén = Sisal en inglés



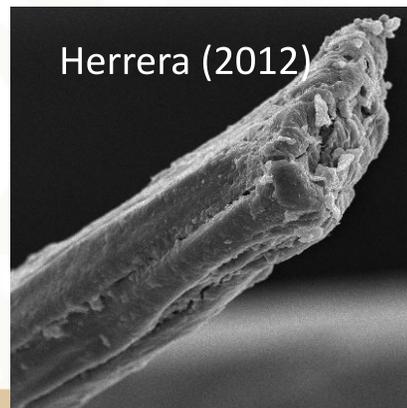
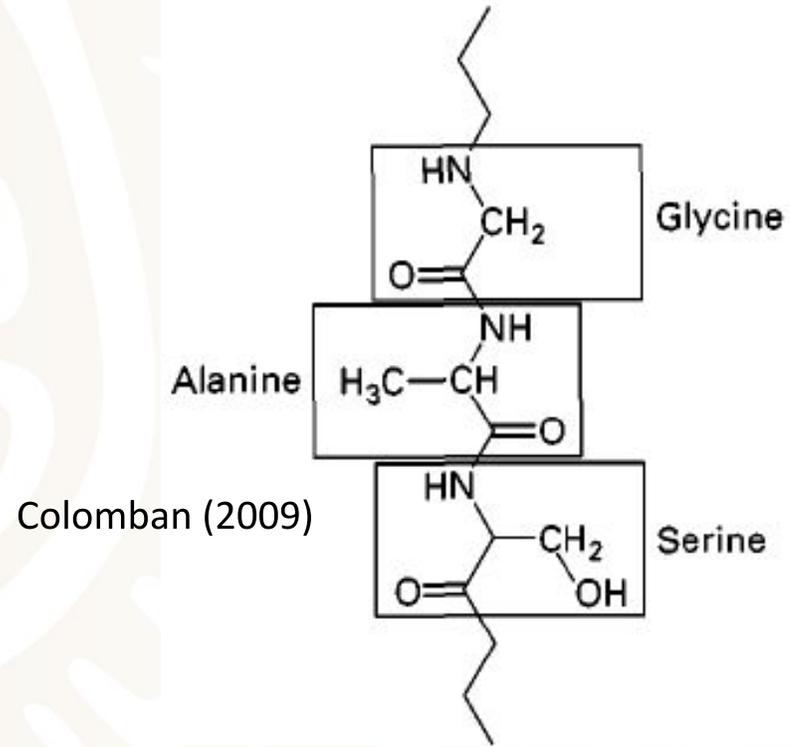
Herrera (2011)

Lana

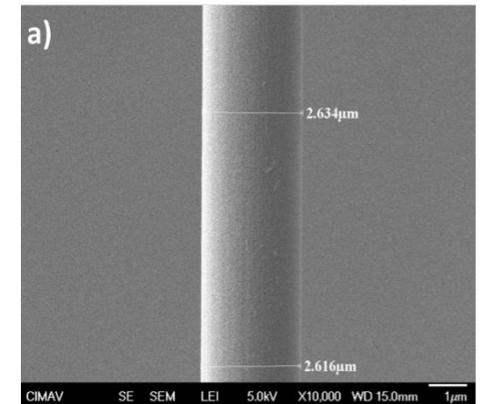
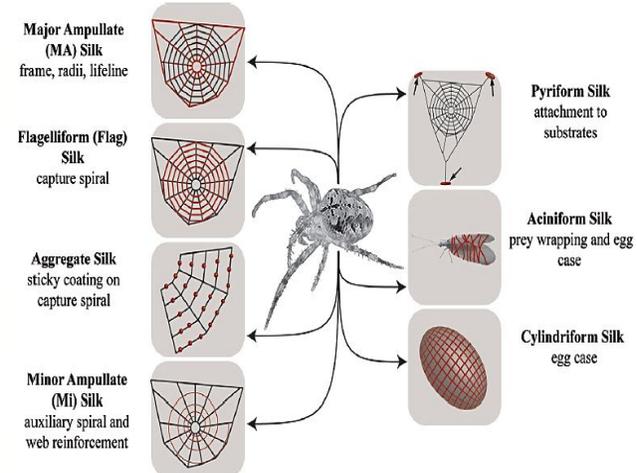
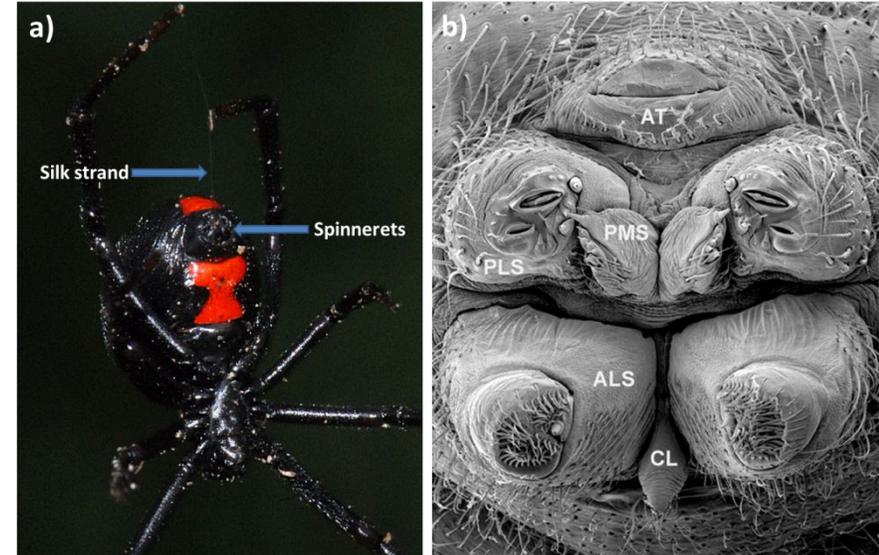


Huson (2009)

Seda de Bombyx Mori



Seda de Viuda Negra



Herrera (2013)

Standard Terminology for Abbreviated Terms Relating to Plastics¹

This standard is issued under the fixed designation D 1600; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope *

1.1 The purpose of this terminology is to provide uniform contractions of terms relating to plastics. Abbreviated terminology has evolved through widespread common usage. This compilation has been prepared to avoid both the occurrence of more than one abbreviated term for a given plastics term and multiple meanings for abbreviated terms.

1.2 The scope of these abbreviated terms includes plastics terms pertaining to composition and relating to type or kind according to mode of preparation or principle distinguishing characteristics. Also included are abbreviated terms for terms relating to copolymers, blends and alloys of plastics, and additives such as plasticizers, fillers, etc.

NOTE 1—A code relating to the composition of rubbers is given in Practice D 1418.

1.3 No attempt is made here to systematize formally a shorthand terminology for polymers. Terminology, including nomenclature, codes, symbols, and formula designations for use in scientific literature in the field of natural and synthetic polymers, are being studied and standardized by the International Union of Pure and Applied Chemistry.²

1.4 These abbreviated terms are by no means all-inclusive of plastics terminology. They represent, in general, those terms that have come into established use. Since it is recognized that abbreviated terms serve no useful purpose unless they are generally accepted and used, no attempt has been made to establish a rigorous code for devising standard abbreviated terms. This would result in awkward departures from established usage of existing and accepted abbreviated terms and lead to cumbersome combinations in the future, which would not be likely to receive widespread acceptance. The abbreviated terms now in use have grown naturally out of the need for convenient, readily comprehended shorthand for long chemical names. This process can be expected to continue along the natural lines of least resistance and will serve as a basis for further standardization as the need arises. A general guide for the preparation of abbreviated terms appears desirable, how-

ever, to facilitate more organized and uniform standardization in the future. An appendix is attached, which suggests a uniform way to prepare abbreviated terms.

1.5 Note that the uppercase letter F should be used to designate phosphate and that other elements may also be designated F.

1.6 An abbreviated term (FR) and code numbers are provided to identify classes of materials used as flame retardants added to plastics. The system is provided for use in situations where marking of plastics products is desired.

NOTE 2—Many of the abbreviated terms, codes, numbers, and symbols in ISO 1043 parts 1 through 3 and in ISO/DIS 1043-4 are the same as the corresponding item in ASTM D 1600. D 1600 includes a number of abbreviated terms that are not in ISO 1043.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

D 883 Terminology Relating to Plastics³
D 1418 Practice for Rubber and Rubber Latices—Nomenclature⁴
D 1972 Practice for Generic Marking of Plastics Products⁵

2.2 ISO Standards:

ISO 472:1988 Plastics—Vocabulary⁵
ISO 1043-1:1996 Plastics—Symbols—Part 1: Basic Polymers and Their Special Characteristics⁵
ISO 1043-2:1988 Plastics—Symbols—Part 2: Fillers and Reinforcing Materials⁵
ISO 1043-3:1988 Plastics—Symbols—Part 3: Plasticizers⁵
ISO/DIS 1043-4:1996 Plastics—Symbols and Abbreviated Terms—Part 4: Flame Retardants⁵
ISO 11469:1992 Plastics—Generic Identification and Marking of Plastics Products⁵

3. Terminology

3.1 Definitions:

3.1.1 For definitions of general terms, see Terminology D 883.

3.2 Definitions of Terms Specific to This Standard:

3.2.1 *flame retardant, FR, n*—a substance that markedly retards the propagation of a flame. (See ISO 472.)

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol. 08.01.

⁴ Annual Book of ASTM Standards, Vol. 09.01.

⁵ Available from American National Standards Institute, 11 W. 42nd St., 13th Floor, New York, NY 10036.

3.2.1.1 *Discussion*—Flame retardants may be incorporated in plastics as additives (external flame retardant) or as chemical groups in the base polymer by use of reactive intermediates in the polymerization process (internal flame retardant). The code numbers in this standard are restricted to external flame retardants.

4. Terms and Abbreviated Terms

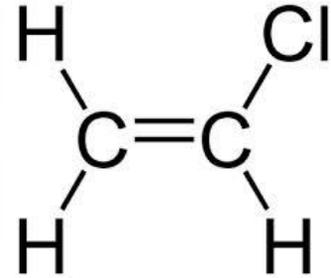
4.1 Plastics and Resins.⁶

| Term | Abbreviated Term | Term | Abbreviated Term |
|--|------------------|--|------------------|
| Acrylonitrile/butadiene plastics | AB | Nylon (see also polyamide) | PA |
| Acrylonitrile-butadiene-acrylate plastics | ABA | Perfluoro(alkoxy alkane) | PFA |
| Acrylonitrile-butadiene-styrene plastics | ABS | Perfluoro(ethylene-propylene) copolymer | FEP |
| Acrylonitrile-chlorinated polyethylene-styrene plastics | ACPESS | Perfluoromethoxy resin | MFA |
| Acrylonitrile-ethylene-styrene plastics | AES | Phenol-formaldehyde resin | PF |
| Acrylonitrile-methyl acrylate-acrylonitrile-butadiene rubber | AMAB | Phenol-natural resin | FFF |
| Acrylonitrile-methyl methacrylate plastics | AMMA | Poly(acrylic acid) | PAA |
| Acrylonitrile-styrene-acrylate plastics | ASA | Poly(allyl diglycol carbonate) | PADC |
| Acrylonitrile/ethylene-propylene-diene/styrene | AEPPMS | Poly(aryl ether ketone) | PAEK |
| Aromatic polyester | ARP | Poly(butyl acrylate) | PBA |
| | | Poly(butylene terephthalate) | PBT |
| | | Poly(cyclohexylenedimethylene cyclohexandicarboxylate), glycoland acid comonomer | PCCE |
| Carboxymethyl cellulose | CMC | Poly(cyclohexylenedimethylene terephthalate) | PCT |
| Casein | CS | Poly(cyclohexylenedimethylene terephthalate), acid comonomer | PCTA |
| Casein-formaldehyde resin | CSF | Poly(cyclohexylenedimethylene terephthalate), glycol | PCTG |
| Cellulose acetate | CA | Poly(diaryl phthalate) | PDAP |
| Cellulose acetate-butylate | CAB | Poly(ester urethane) | FAUR |
| Cellulose acetate propionate | CAP | Poly(ether block amide) | PESA |
| Cellulose formaldehyde | CEF | Poly(ether sulfone) | PES |
| Cellulose nitrate | CN | Poly(ether urethane) | PEUR |
| Cellulose plastics, general | CE | Poly(ethylene oxide) | PEOX |
| Cellulose propionate | CP | Poly(ethylene terephthalate) | PET |
| Cellulose triacetate | CTA | Poly(ethylene terephthalate) glycol comonomer | PETG |
| Chlorinated poly(vinyl chloride) | CPVC | Poly(methyl methacrylate) | PMMA |
| Chlorinated polyethylene | CPE | Poly(methyl methacrylamide) | PMMI |
| Cresol-formaldehyde resin | CF | Poly(methyl- ω -chloroacrylate) | PMCA |
| | | Poly(phenyl sulfone) | PPSU |
| Epoxy, epoxide | EP | Poly(phenylene ether) (or Poly(phenylene oxide), a deprecated term) | PPE |
| Ethyl cellulose | EC | Poly(phenylene sulfide) | PPS |
| Ethylene-chlorotrifluoroethylene copolymer | E-CTFE | Poly(phenylene sulfone) | PPSU |
| Ethylene-ethyl acrylate plastics | EEA | Poly(propylene oxide) | PPOX |
| Ethylene-methacrylic acid plastics | EMA | Poly(vinyl acetate) | PVAC |
| Ethylene-propylene polymer | EPM | Poly(vinyl alcohol) | PVOH |
| Ethylene-propylene-diene plastics | EPD | Poly(vinyl butyral) | PVB |
| Ethylene-tetrafluoroethylene copolymer | ETFE | Poly(vinyl carbazole) | PVK |
| Ethylene-vinyl acetate plastics | EVA | Poly(vinyl chloride) | PVC |
| Ethylene-vinyl alcohol copolymer | EVOH | Poly(vinyl chloride-acetate) | PVCA |
| | | Poly(vinyl fluoride) | PVF |
| Fluorocarbon perfluoromethoxy | MFA | Poly(vinyl formal) | PVFM |
| Furan formaldehyde resin | FF | Poly(vinyl pyrrolidone) | PVP |
| | | Poly(vinylidene chloride) | PVDC |
| High density polyethylene plastics | HDPE | Poly(vinylidene fluoride) | PVDF |
| High impact-resistant polystyrene | HIPS | Poly(ϵ -caprolactone) | PCL |
| | | Poly-4-methylpentene-1 | PMP |
| Impact resistant polystyrene | IPS | Poly- α -methylstyrene | PMS |
| | | Poly- <i>p</i> -oxybenzoate | POB |
| Linear low density polyethylene plastics | LLDPE | Polyacrylonitrile | PAN |
| Linear medium density polyethylene plastics | LMDPE | Polyamide (nylon) | PA |
| Liquid crystal polymer | LCP | Polyamide 11 | PA11 |
| Low density polyethylene plastics | LDPE | Polyamide 12 | PA12 |
| | | Polyamide 1212 | PA1212 |
| Medium density polyethylene plastics | MDPE | Polyamide 46 | PA46 |
| Melamine-formaldehyde resin | MF | Polyamide 6 | PA6 |
| Melamine/phenol-formaldehyde resin | MPF | Polyamide 610 | PA610 |
| Methacrylate-butadiene-styrene plastics | MBS | Polyamide 612 | PA612 |
| Methyl cellulose | MC | Polyamide 66 | PA66 |
| Methyl methacrylate-acrylonitrile-butadiene-styrene resin | MMABS | Polyamide 69 | PA69 |
| | | Polyamide-imide | PAI |
| | | Polyarylate | PAR |
| | | Polyaryl amide | PARA |
| | | Polyarylether | PAE |
| | | Polyarylsulfone | PASU |
| | | Polybutadiene-acrylonitrile | PBAN |
| | | Polybutadiene-styrene | PBS |
| | | Polybutene-1 | PB |
| | | Polycarbonate | PC |
| | | Polychlorotrifluoroethylene | PCTFE |
| | | Polyester alkylid (or polyacrylate) | PAK |
| | | Polyetheretherketone | PEEK |
| | | Polyetheretherketoneketone | PEEKK |
| | | Polyetherketoneetherketoneketone | PEEKKK |

⁶ To prevent any confusion with or misuse of the registered trademark, PET* Milk, the guidelines of 8.1 shall be followed.

*A Summary of Changes section appears at the end of this standard.

Policloruro de vinilo



Polietileno

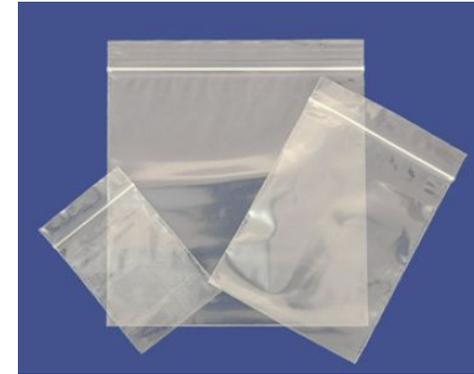
De alta densidad (HDPE)

200,000 - 500,000 uma



De baja densidad (LDPE)

< 200,000 uma



De ultra alto peso molecular (UHMWPE)

3 - 6 millones uma



Dyneema Spectra



Polipropileno



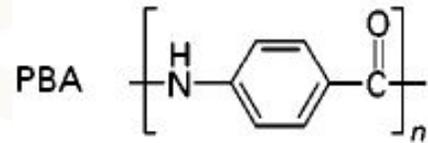
De alta densidad



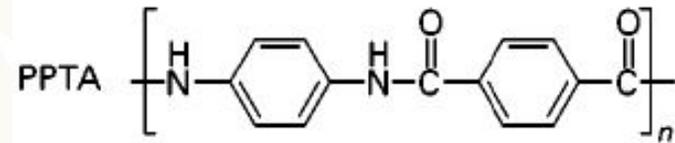
De baja densidad



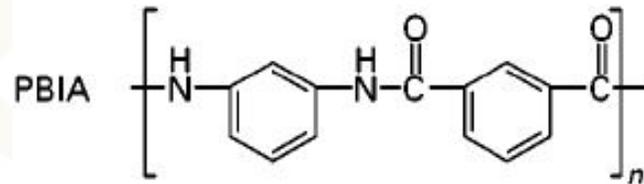
Poliamidas aromáticas más importantes



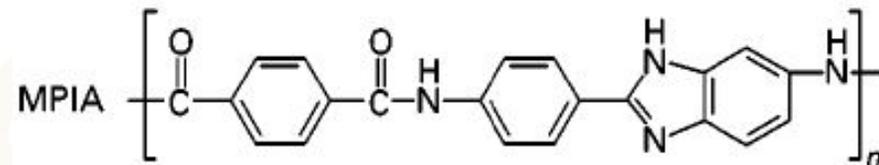
Poly(1,4-benzamide)



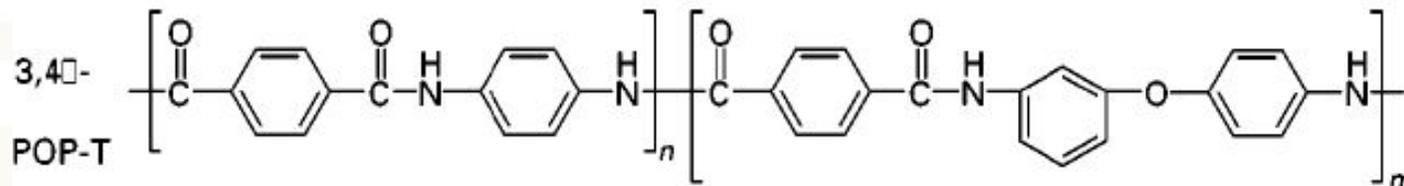
Poly-p-phenylene terephthalamide



Poly-p-phenylene-benzimidazole-terephthalamid

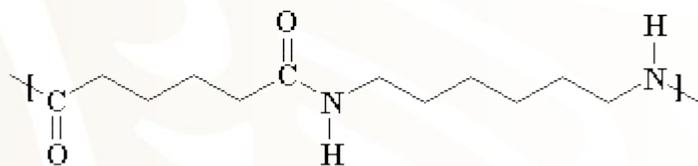


Poly-m-phenylene isophthalamide

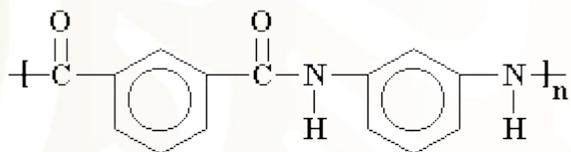


Copoly-p-phenylene/3,4'-oxydiphenylene ether terephthalamide

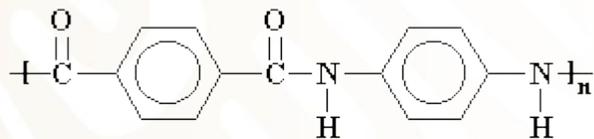
Poliamidas aromáticas



nylon 6,6



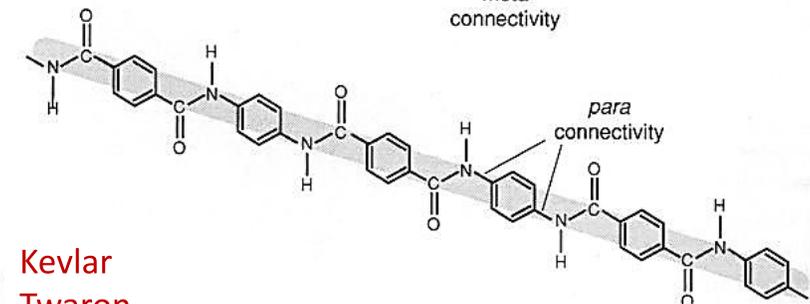
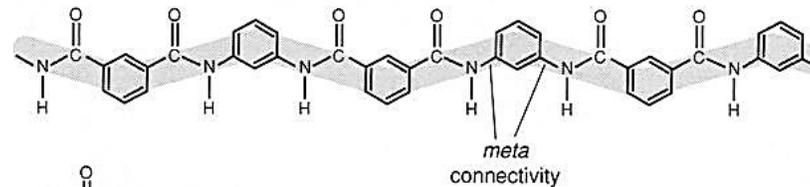
Poly-m-phenylene terephthalamide (PMTA)



Poly-p-phenylene terephthalamide (PPTA)



Nomex

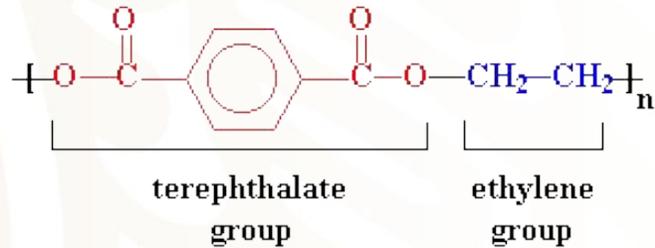


Kevlar
Twaron



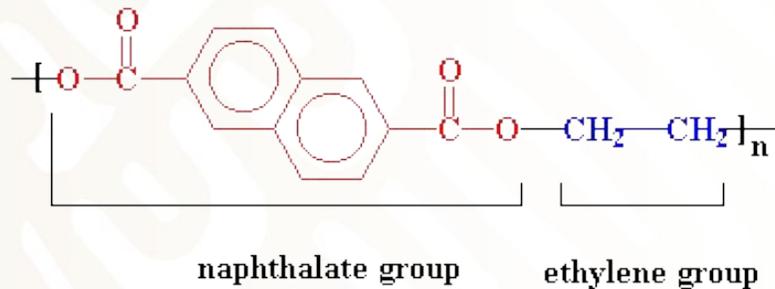
Poliésteres

PET

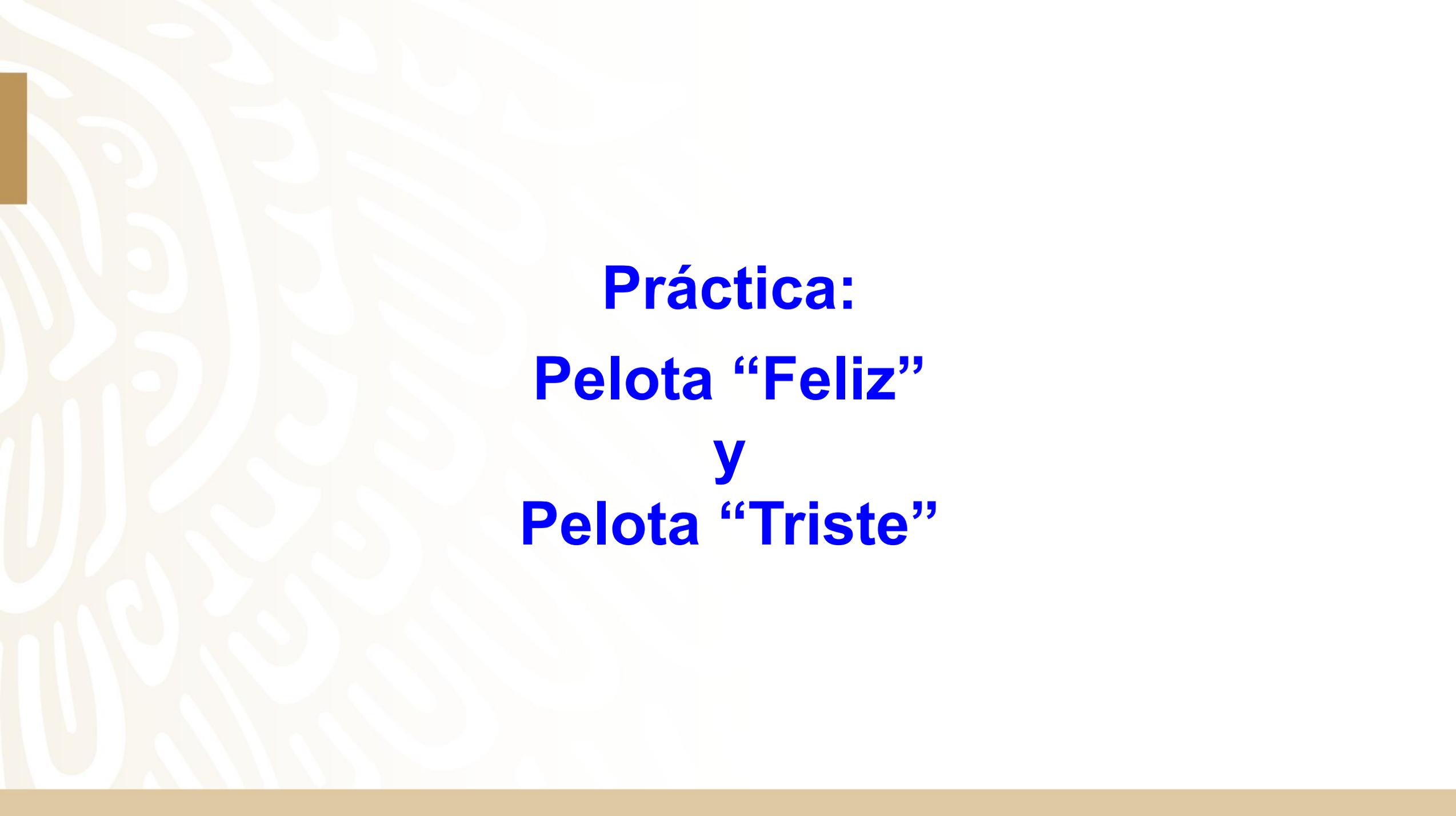


¿Retornables?
¿Esterilizables?

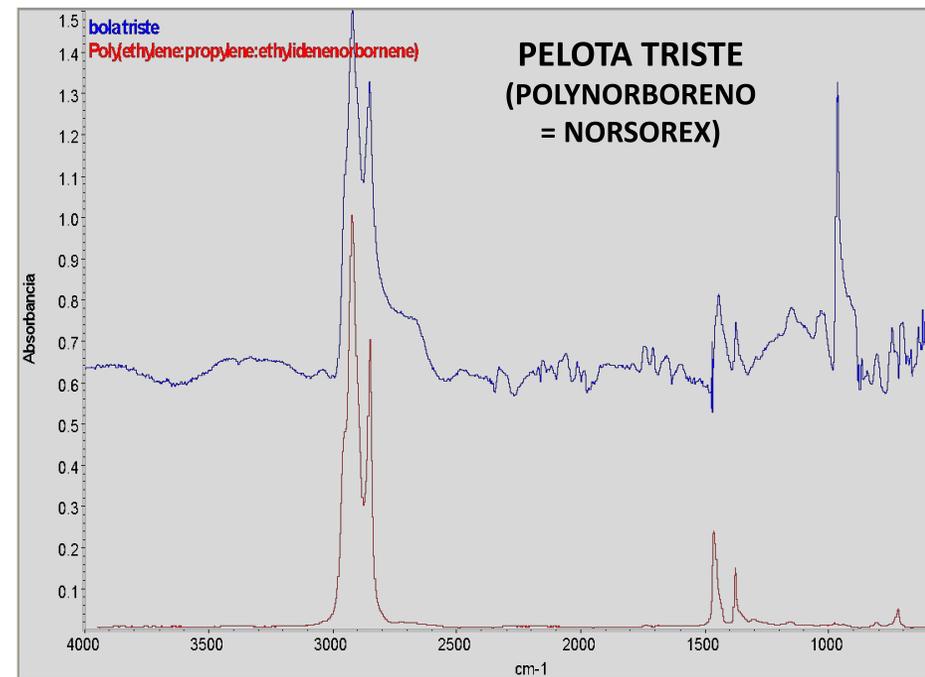
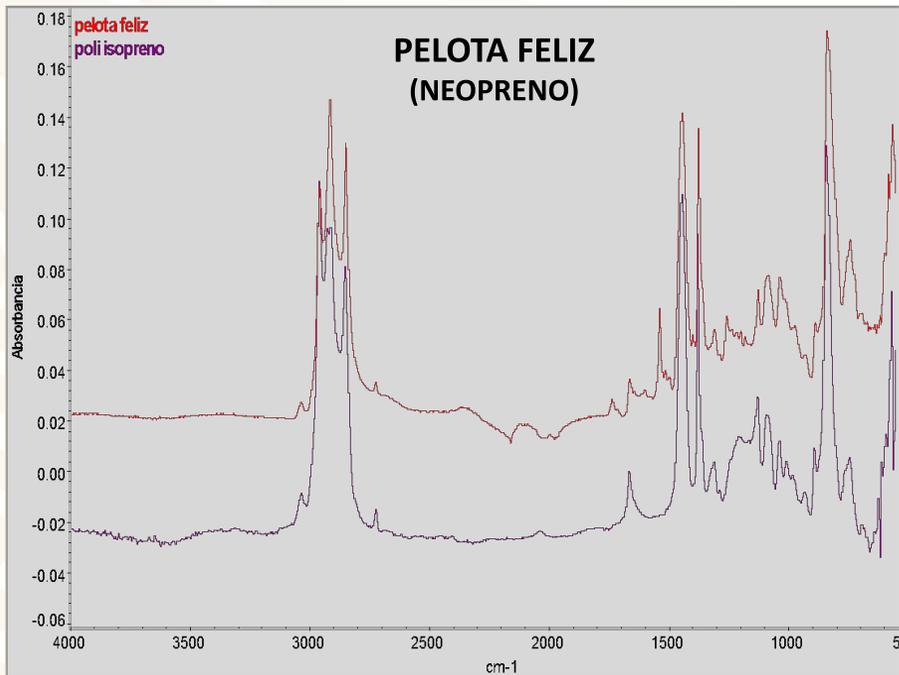
PEN



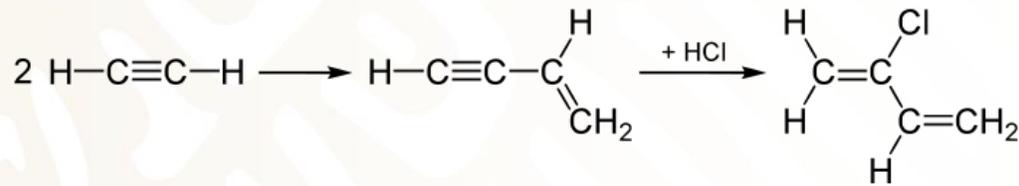
| Propiedad | PEN | PET |
|--|-------|-------|
| Temperatura de transición vítrea (°C) | 122 | 80 |
| Temperatura de uso mecánico continuo (°C) | 160 | 105 |
| Módulo de Young (MPa) | 5,200 | 3,900 |
| Resistencia a la tracción (MPa) | 60 | 45 |
| Permeabilidad al O ₂ (cm ³ .mm/m ² .dia.atm) | 0.6 | 2.4 |
| Permeabilidad al CO ₂ (cm ³ .mm/m ² .dia.atm) | 2.4 | 12.2 |
| Transmisión de vapor de agua (g.mm/m ² .dia.atm) | 0.2 | 0.7 |
| Resistencia a la hidrólisis (h) | 200 | 50 |
| Resistencia a la radiación (Mgy) | 11 | 2 |
| Absorbancia a la luz UV a 360 nm (%) | 17 | 1 |
| Densidad (g/cm ³) | 1.36 | 1.34 |
| Punto de fusión (°C) | 269 | 250 |
| Contracción húmeda a 100°C (%) | 1 | 5 |
| Contracción seca a 150°C (%) | 0.6 | 1.3 |
| Extracción de oligómero (mg/m ²) | 0.8 | 20 |
| Retención de tenacidad 45 min a 150°C (%) | 99 | 45 |



**Práctica:
Pelota “Feliz”
y
Pelota “Triste”**

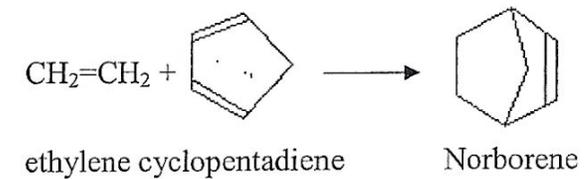


Cloropreno = Neopreno

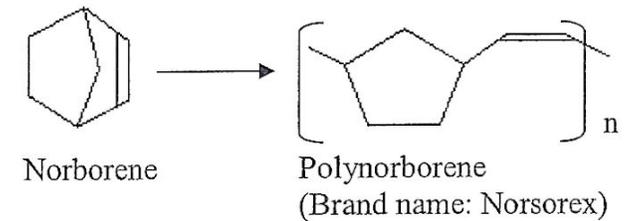


| | PELOTA FELIZ | PELOTA TRISTE |
|------|--------------|---------------|
| MASA | 7.69 g | 10.38 g |

Diels-Alder reaction



Ring-opening polymerization



Propiedades físicas

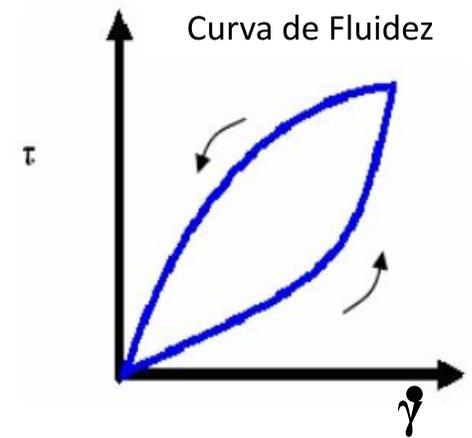
Histéresis: Es una medida del retraso de la tendencia natural del hule a regresar a su forma original después de haber sufrido una deformación. Este retraso es causado por fuerzas de fricción internas que resultan de la estructura molecular del hule.

La bola triste exhibe la histéresis más grande

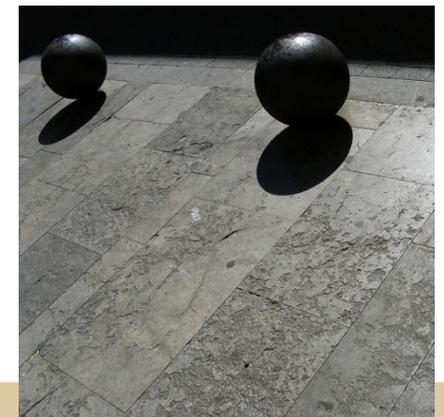
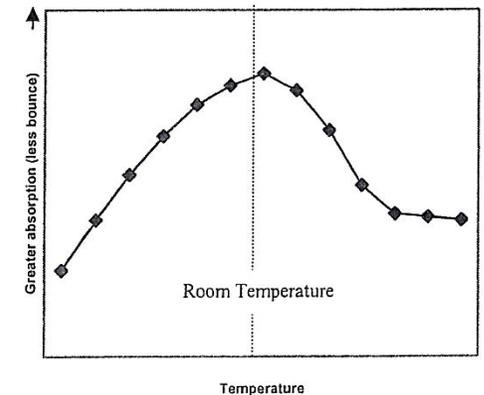
Tasa de Restitución: La bola con baja histéresis (bola feliz) muestra un retorno más rápido a su forma original, lo que resulta en su mayor rebote (tiene un alto coeficiente de restitución). Paradójicamente, a medida que las bolas se enfrían por debajo de la temperatura ambiente, el rebote de la bola feliz disminuye un poco, mientras que el de la bola triste incrementa.

Coefficiente de Fricción: La estructura molecular de los dos tipos de hule también es responsable de cualidades discrepantes en la fricción superficial de las bolas.

La bola feliz exhibe una menor fricción superficial y rueda más rápido que la bola triste.



Energy absorption of Nosorex versus temperature





REOMETRÍA

ROTACIONAL

Técnicas de análisis de Polímeros

Reología

- Del griego ρεῖν(rheos) = fluir
- Heráclito: panta rei (todo fluye)
- *...cualquier cosa fluye si se espera lo suficiente.*
- Ciencia que estudia la deformación y el flujo de los materiales cuando son sometidos a un esfuerzo.
- Estudio de las relaciones de esfuerzo-deformación.

Viscosidad

Se define como la resistencia al flujo. Relación entre el esfuerzo de corte aplicado y la velocidad de corte adoptada por el fluido

$$\eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}}$$

Viscosity = Shear stress / Shear rate

SI Unit for shear viscosity

1 Pa·s = 1000 mPa·s
Pascal-seconds milli-Pascal-seconds

Another common unit for shear viscosity

1 P = 100 cP
Poise centiPoise

1 cP = 1 mPa·s
centi-Poise milli-Pascal-second



Caída de bolas



Rotacional

Un material se comportará como un *líquido* o como un *sólido*, dependiendo:

- Del tiempo de duración de los procesos de deformación.
- De las condiciones de esfuerzo a las que se someta.

Ejemplo: vidrio de una iglesia antigua

Líquidos

Reología

Sólidos



viscosos

viscoelásticos

elásticos

**LÍQUIDO
IDEAL**



**SE DEFORMA
IRREVERSIBLEMENTE: FLUYE**

LEY DE NEWTON

**SÓLIDO
IDEAL**

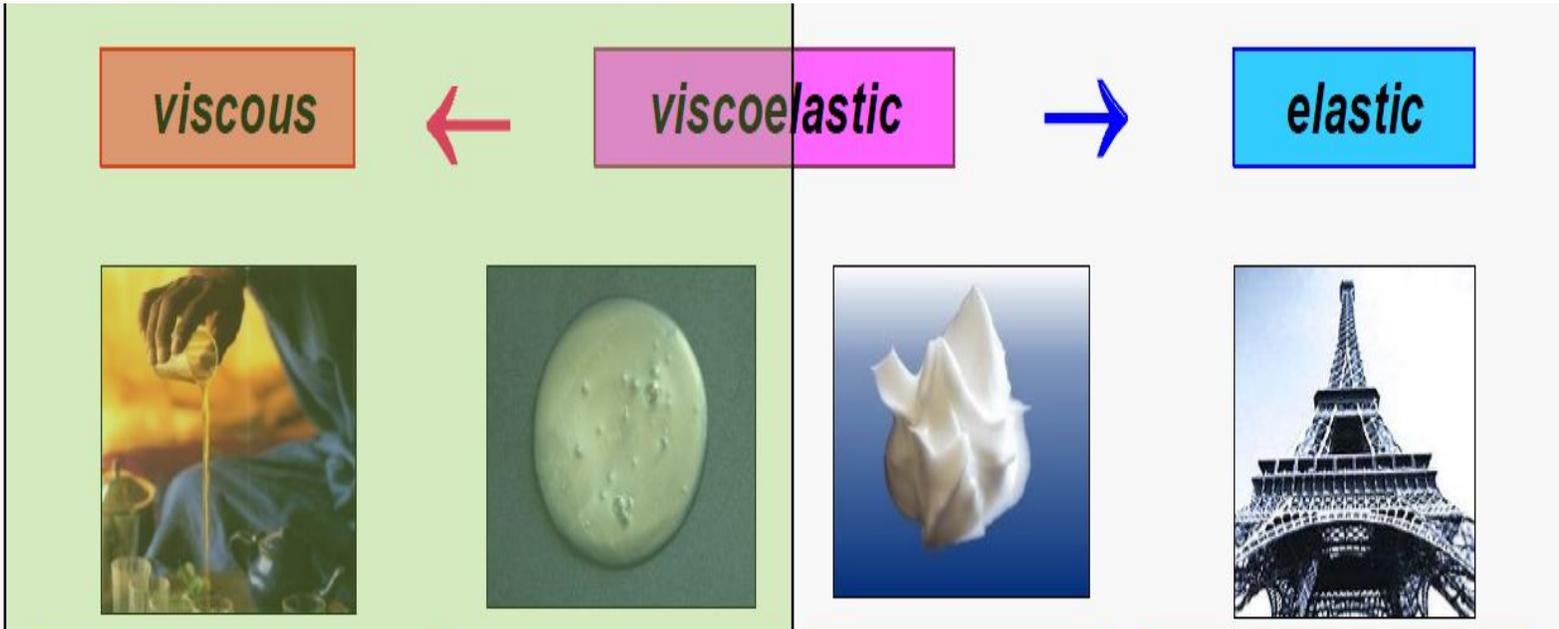


**SE DEFORMA
ELÁSTICAMENTE**

LEY DE HOOKE

VISCOELÁSTICOS

A diagram showing the relationship between ideal liquid, ideal solid, and viscoelastic materials. At the top, 'LÍQUIDO IDEAL' (red) and 'SÓLIDO IDEAL' (blue) are connected by a horizontal line with a central dip. Below this line, 'VISCOELÁSTICOS' (blue) is centered. Two vertical arrows point downwards from the 'LÍQUIDO IDEAL' and 'SÓLIDO IDEAL' text to their respective descriptions: 'SE DEFORMA IRREVERSIBLEMENTE: FLUYE' (black) and 'LEY DE NEWTON' (red) on the left; and 'SE DEFORMA ELÁSTICAMENTE' (black) and 'LEY DE HOOKE' (blue) on the right.



Líquidos viscosos ideales
 agua,
 Aceites

Ley de Newton

Líquidos viscoelásticos
 pegamentos,
 shampoos

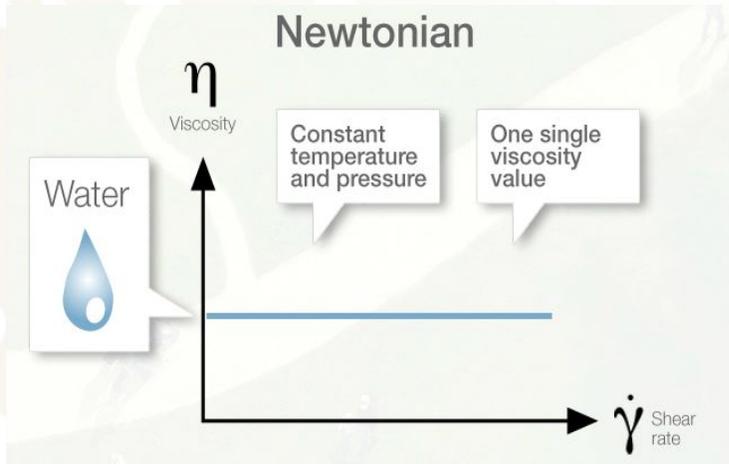
Sólidos
 Viscoelásticos
 pastas,
 geles, hules

Sólidos elásticos
 ideales
 piedras,
 acero

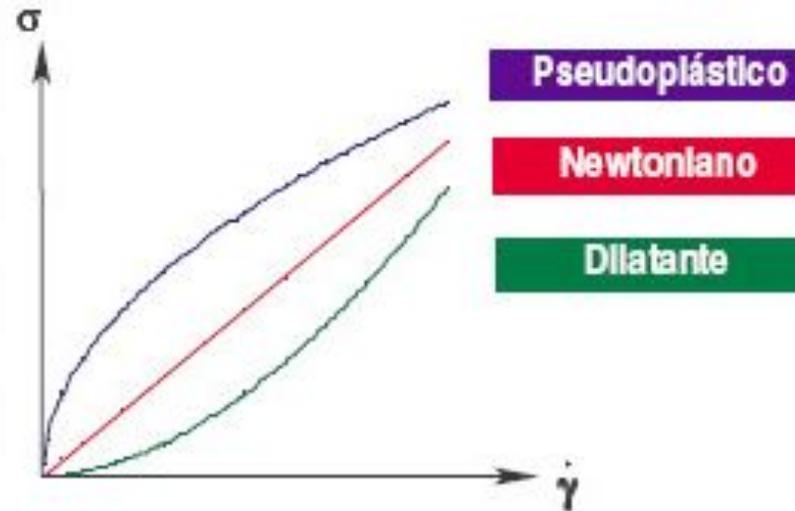
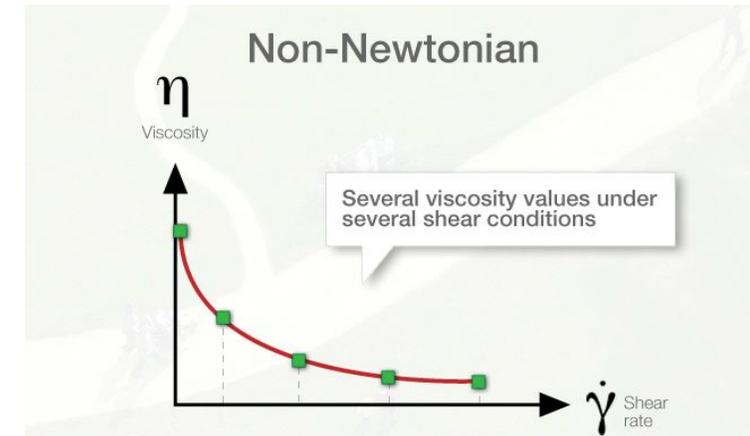
Ley de Hooke

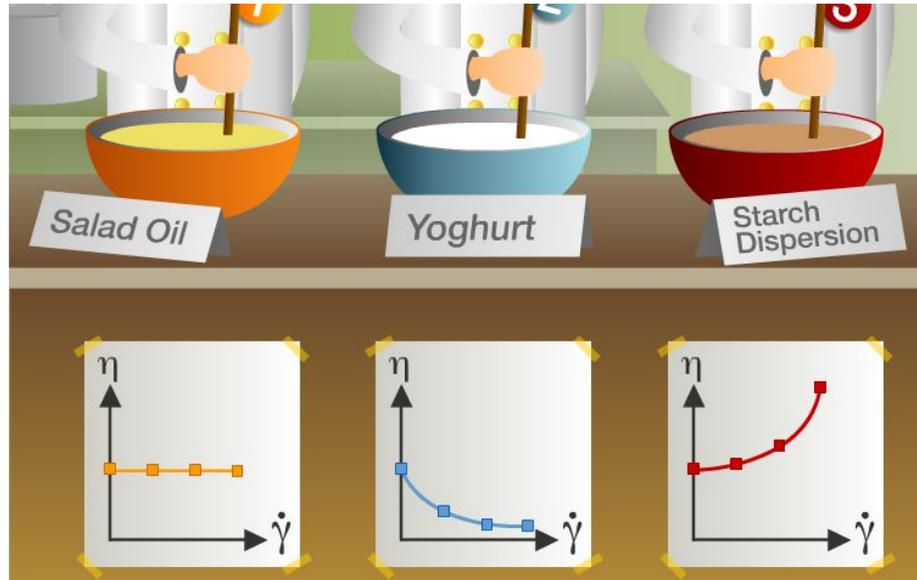
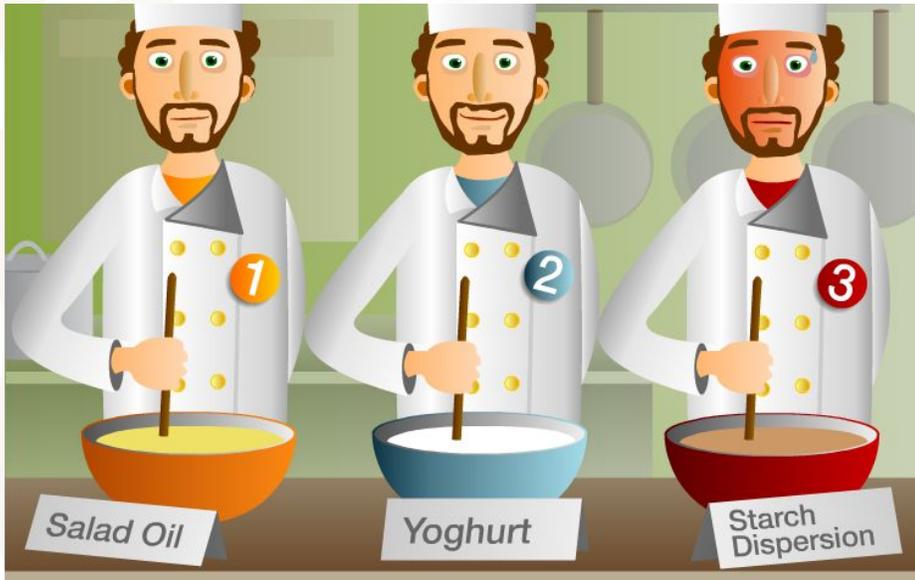
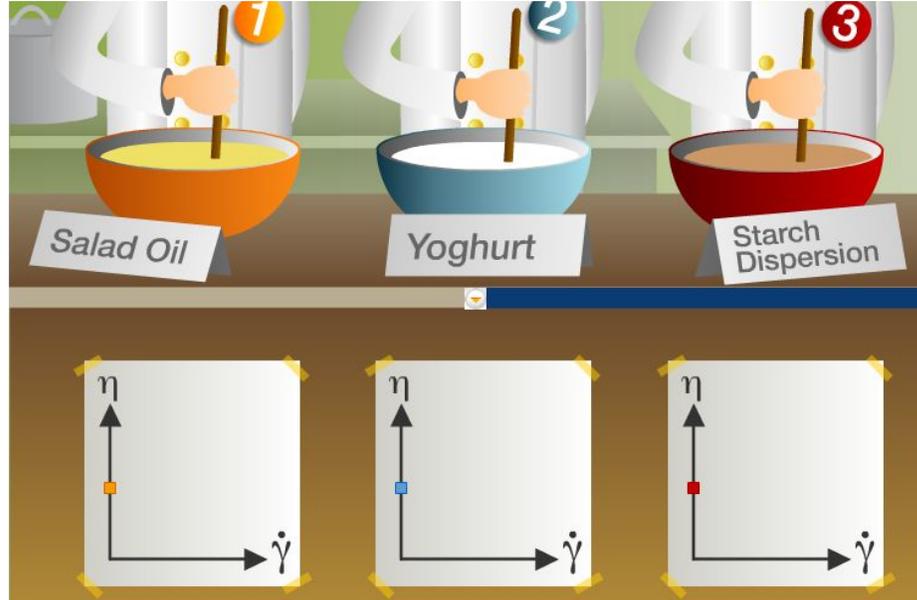
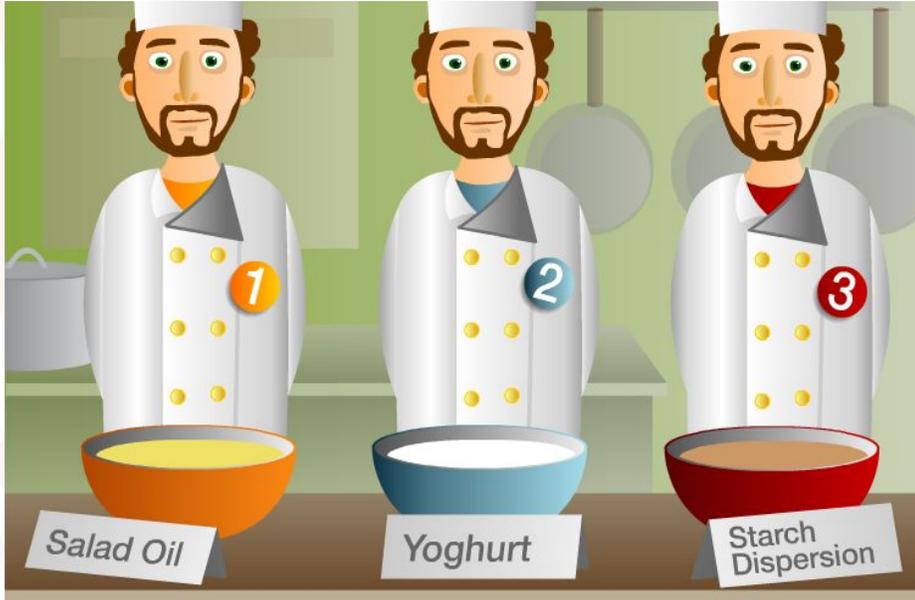
Tipos de fluidos

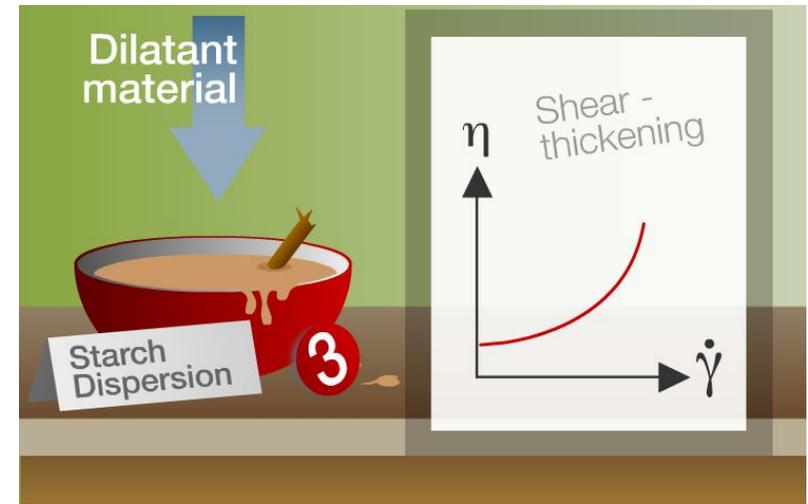
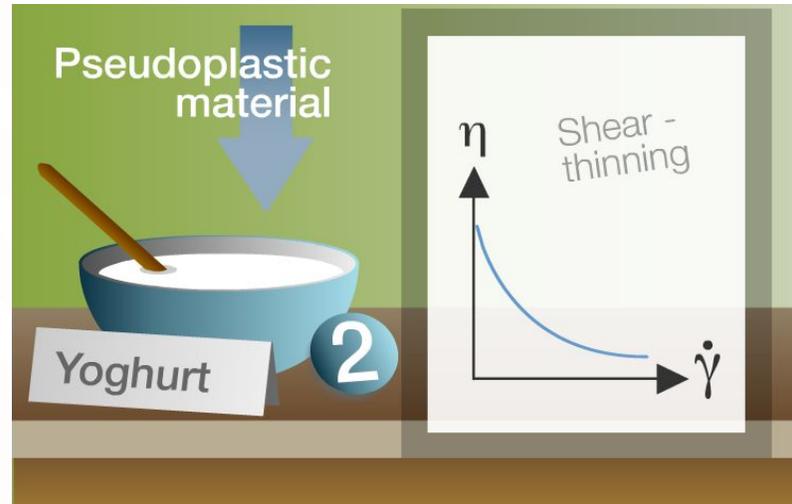
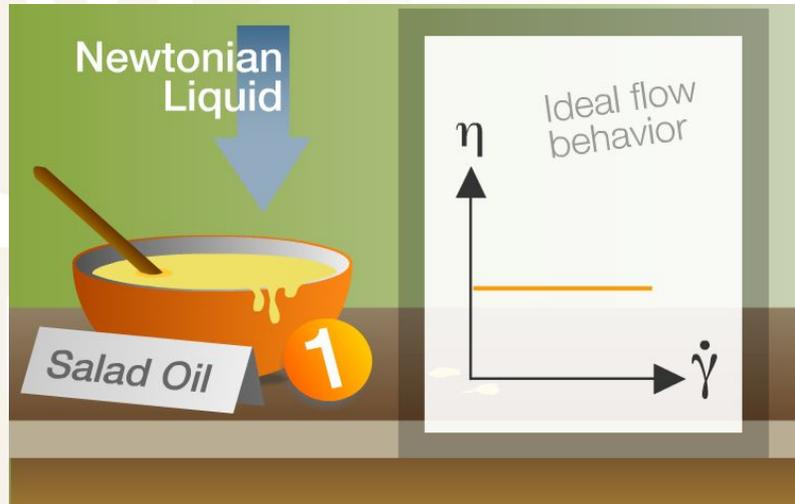
Viscosidad constante:



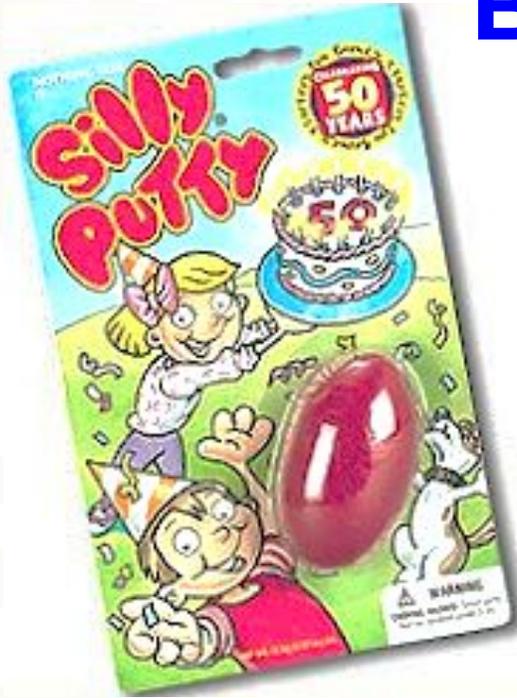
Viscosidad variable:







Boligoma

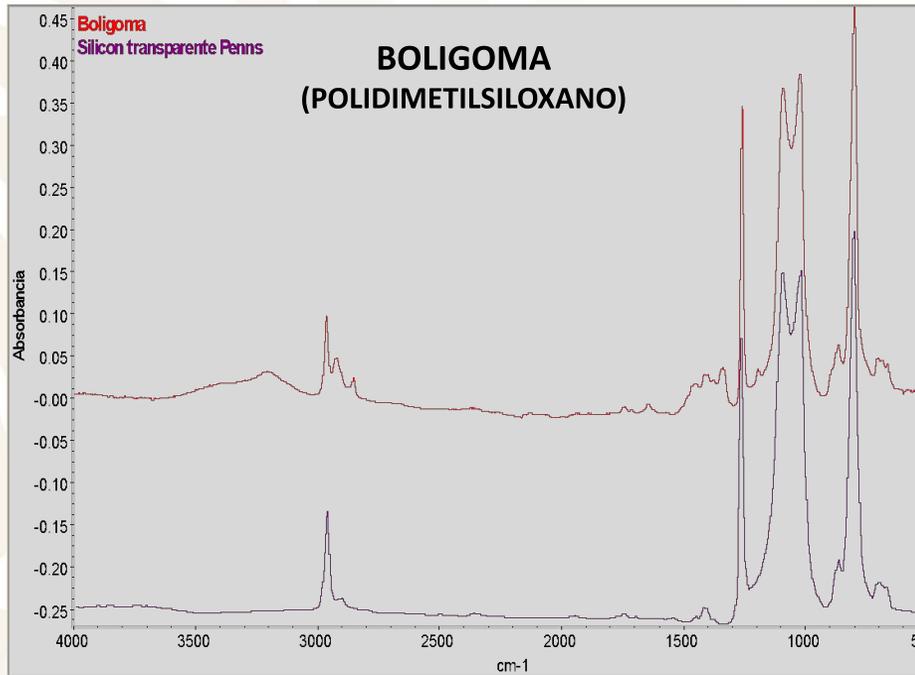


- **Se rompe**
- **Rebota**
- **Fluye como un líquido**

Influencia de la velocidad de deformación

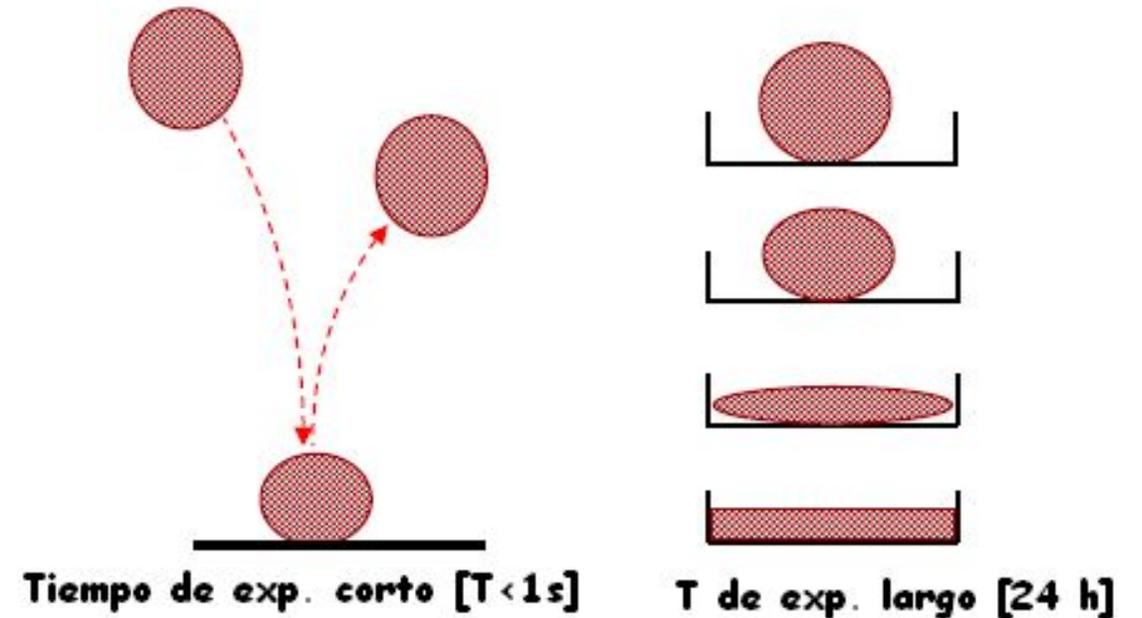
La velocidad a la que se deforma un material es importante desde una perspectiva de propiedades mecánicas.

Muchos materiales considerados dúctiles se comportan como sólidos frágiles cuando las velocidades de deformación son altas.



Contiene una silicona líquida **viscoelástica** (un tipo de **fluido no newtoniano**) que le hace actuar como un líquido viscoso en un período largo, pero como un sólido elástico durante un período de tiempo corto.

Efecto del tiempo:



Rompiendo la tapa de una pluma



Preparación de un sólido-líquido



Almidón

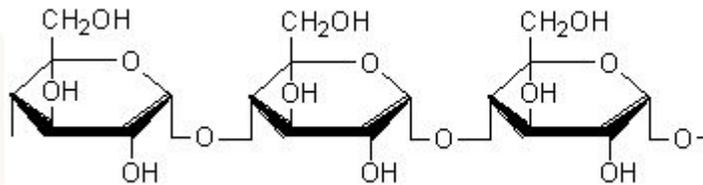
+



Agua



Sólido-líquido



Video 2-JM HERRERA R

Preparación de un sólido-líquido

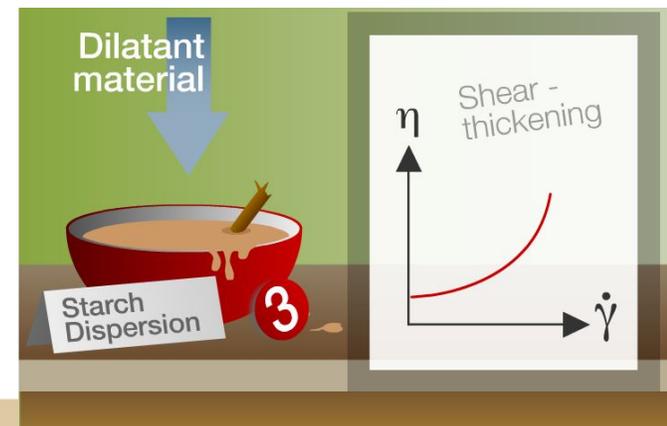
Muchos sólidos se aguan o derriten cuando se calientan (con las manos, en la boca, al exponerlos al sol) y se endurecen al enfriarlos.



¡Con el sólido-líquido ocurre lo contrario!



Este tipo de fluido se denomina **dilatante**: se vuelve más viscoso cuando se agita o comprime.



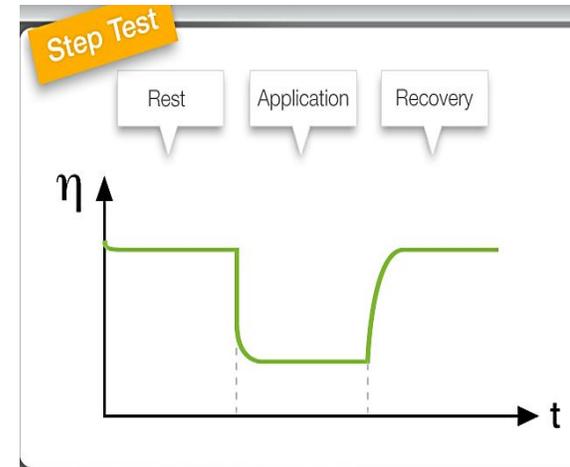
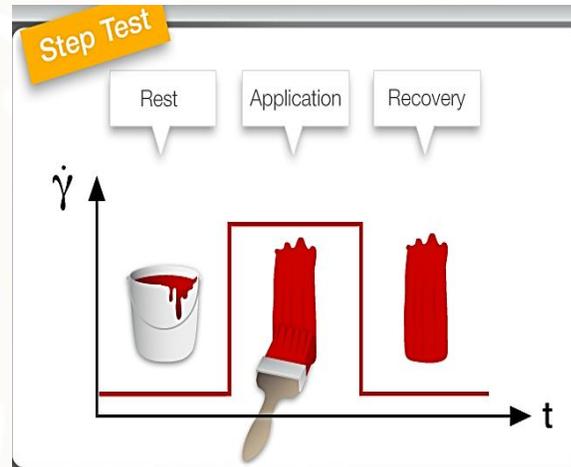
Preparación de un sólido-líquido

Cuando la maizena permanece en reposo, sus gránulos están cubiertos por el agua. La tensión de la superficie del agua impide que ésta salga totalmente por los espacios que existen entre los gránulos. El colchón de agua ofrece buena lubricación y permite que los gránulos se desplacen libremente. Pero si el movimiento es abrupto, el agua sale de entre los gránulos y la fricción entre ellos aumenta considerablemente.

(compárese con el fenómeno que ocurre con la arena en la playa)

Las moléculas de la maizena están conformadas en largas cadenas llamadas polímeros que se estiran cuando la mezcla se contrae. También es posible que se enreden de modo tal que no puedan deslizarse fácilmente entre sí. Sería lógico que las cadenas estiradas fuesen más resistentes al movimiento, al igual que la resistencia que ofrece una banda elástica tensa o un resorte espiral bajo tensión.

Fluidos tixotrópicos



Thixotropy in Action

Thixotropic materials

- ▶ Solid at rest
- ▶ Liquefy when sheared
- ▶ Recover

Comportamiento viscoelástico dependiente del tiempo



Different Behavior of two Ketchup Samples

fast
structure recovery



good stability

slow
structure recovery



*bad stability –
but a good levelling*

La catsup y la tixotropía

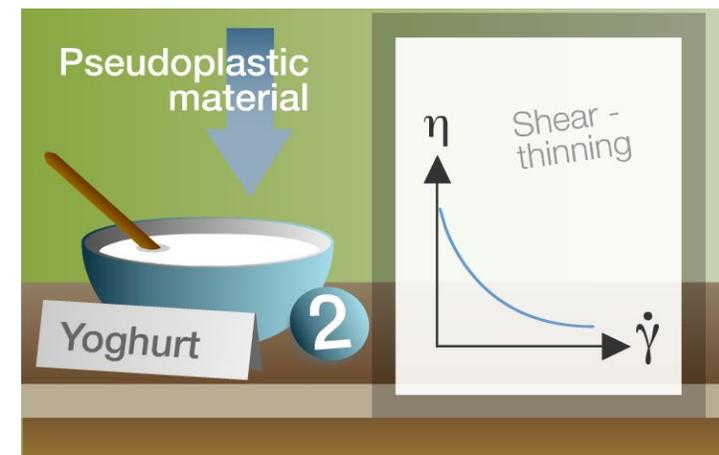
La catsup que ha permanecido en reposo es más espeso, es decir, más viscoso que la catsup que fue agitada o batida. Se dice que al menos parte de esta tixotropía se debe a los tomates macerados. La parte sólida del tomate debe formar microfibras suspendidas al ser triturado. Al permanecer en reposo, las fibras suspendidas entran en contacto y se pegan, formando un gel o estructura tridimensional en todo el fluido que adquiere mayor resistencia a medida que pasan las horas. Esta estructura se rompe al agitarse, lo que disminuye la viscosidad.

No sería sorprendente si la catsup además tuviese un espesante como la goma de xántano. Ésta se disuelve en el agua y forma un gel tixotrópico.

Las moléculas poliméricas rígidas forman una estructura después de cierto tiempo. Es también posible que se formen algunos geles como consecuencia de la pectina, si las pepitas del tomate tuvieran esta sustancia. La pectina es un polímero soluble que tiene la capacidad de formar geles reticulados con azúcar.

Ingredientes:

Tomates, azúcares, vinagre de alcohol de caña, sal yodada, espesante y especias.



¡GRACIAS!



GOBIERNO DE
MÉXICO

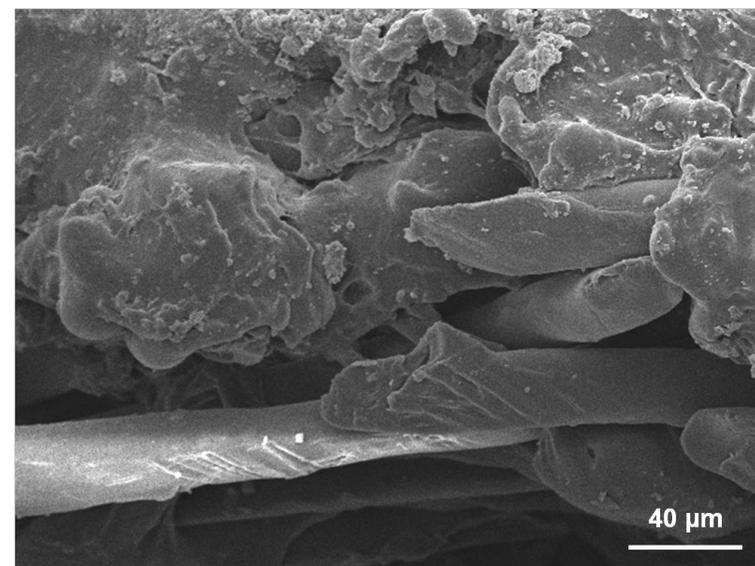
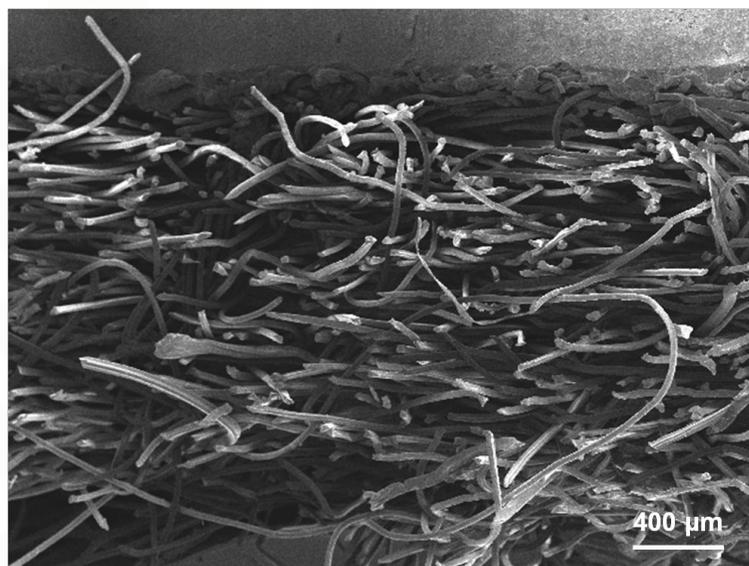
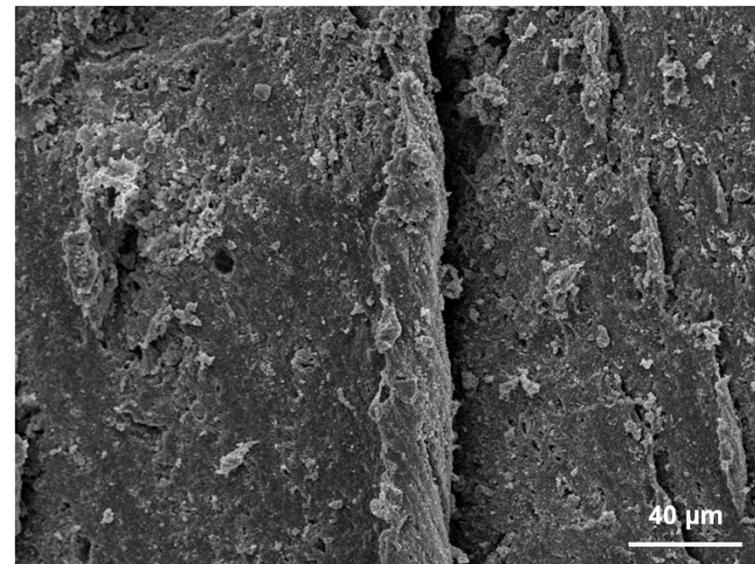
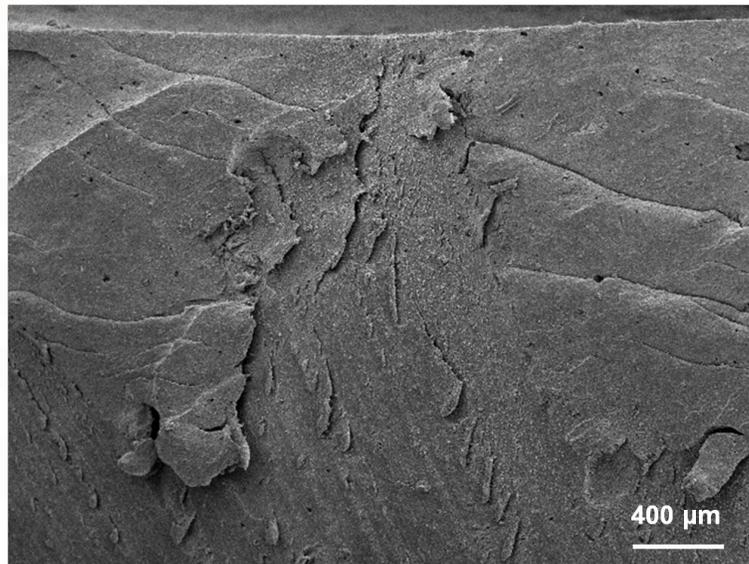


CONACYT
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología



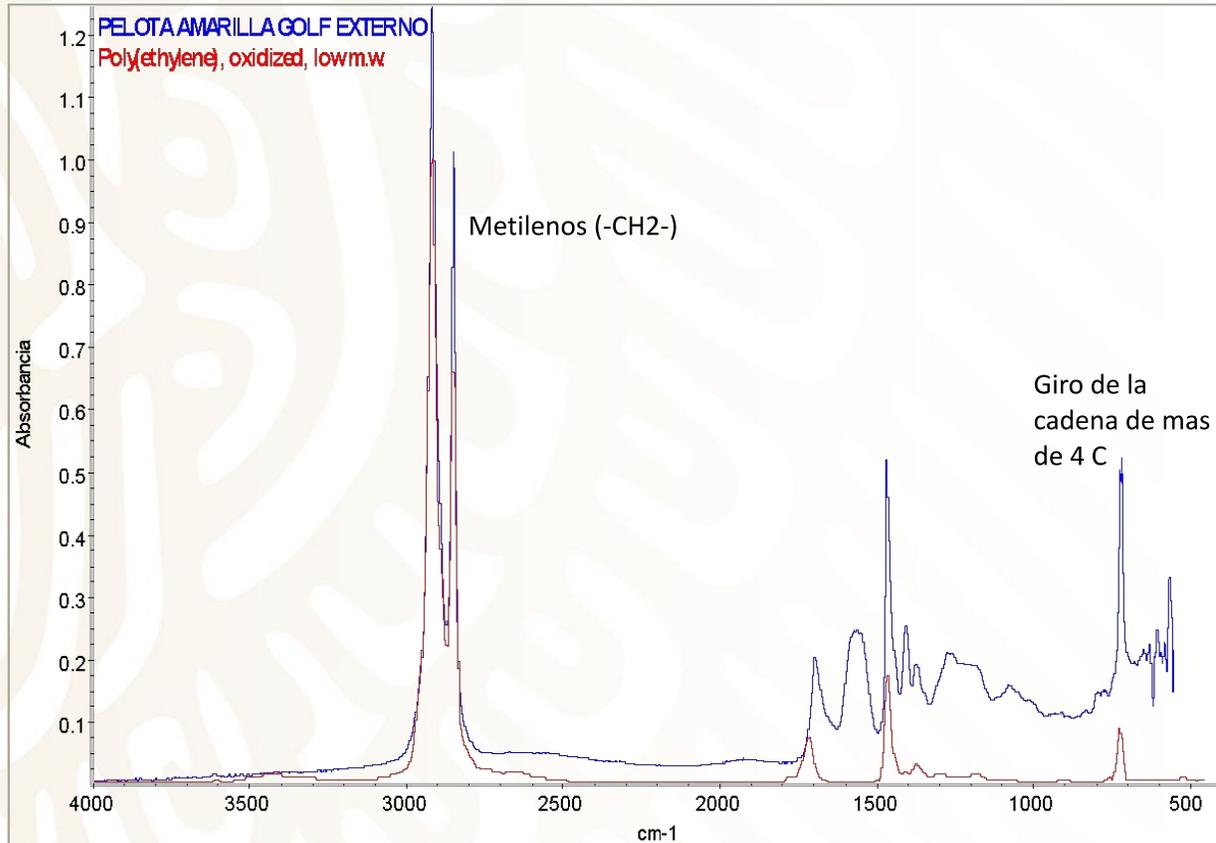
Análisis de material deportivo

Pelota de tenis



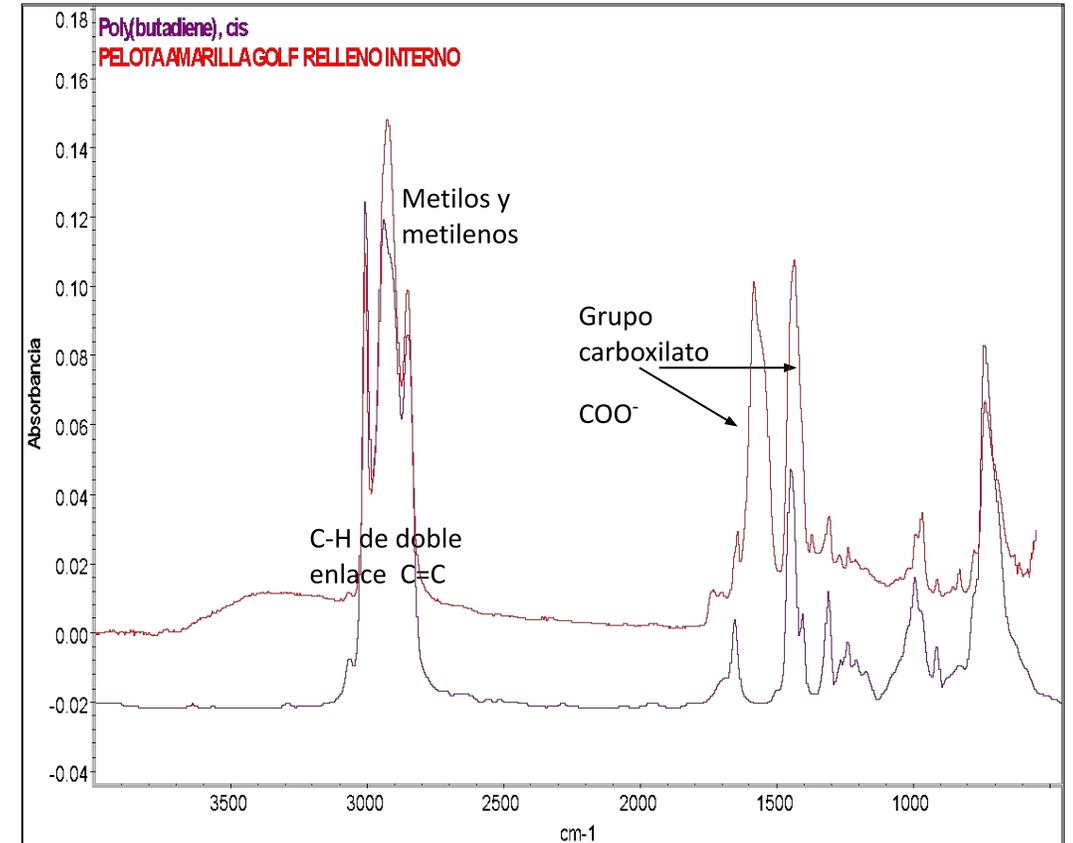
Pelota de tenis

Parte externa



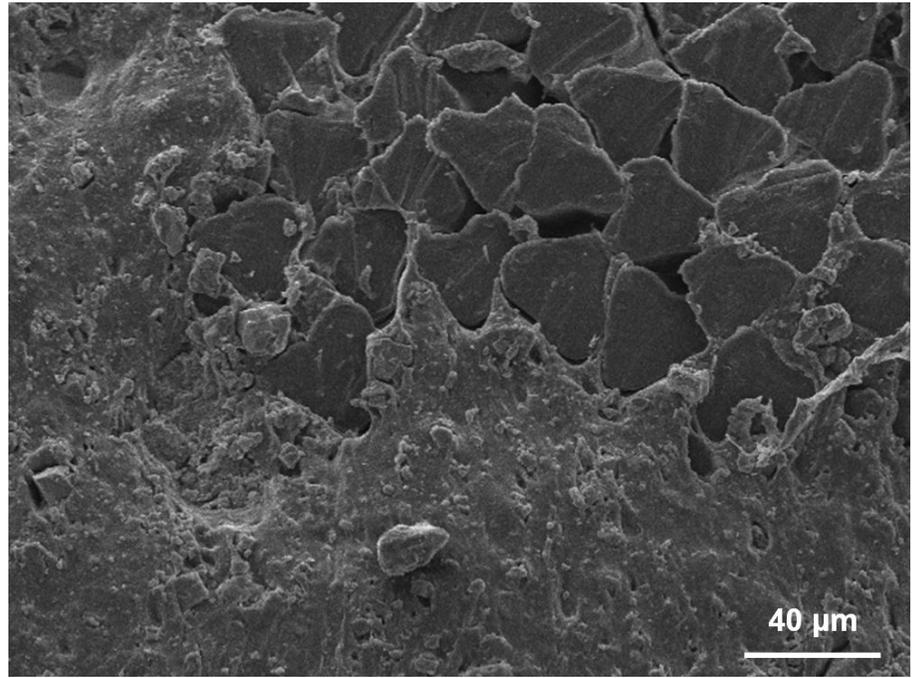
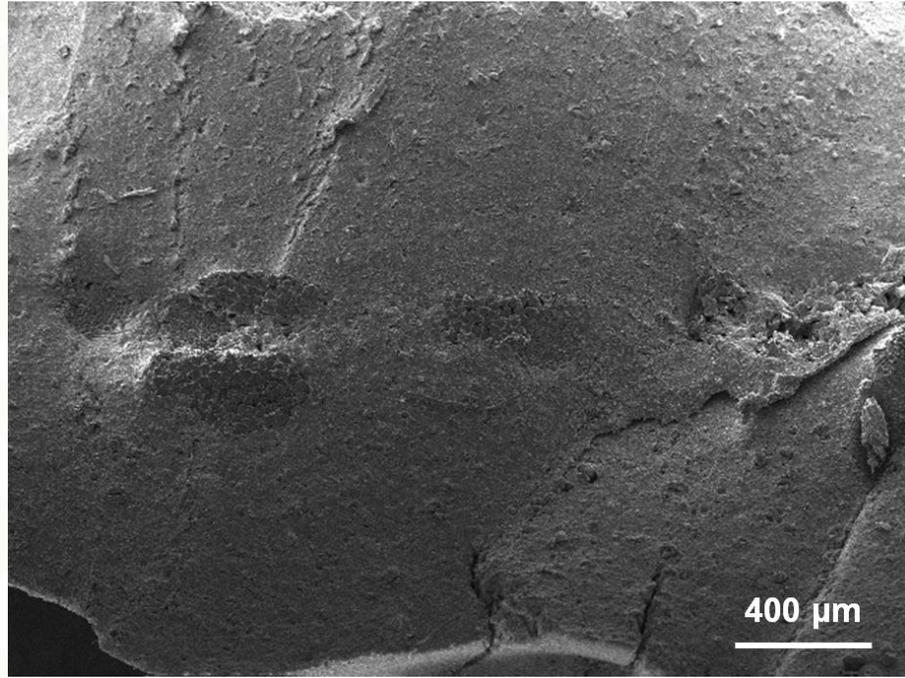
La parte externa de la pelota de golf es de polietileno.

Parte interna

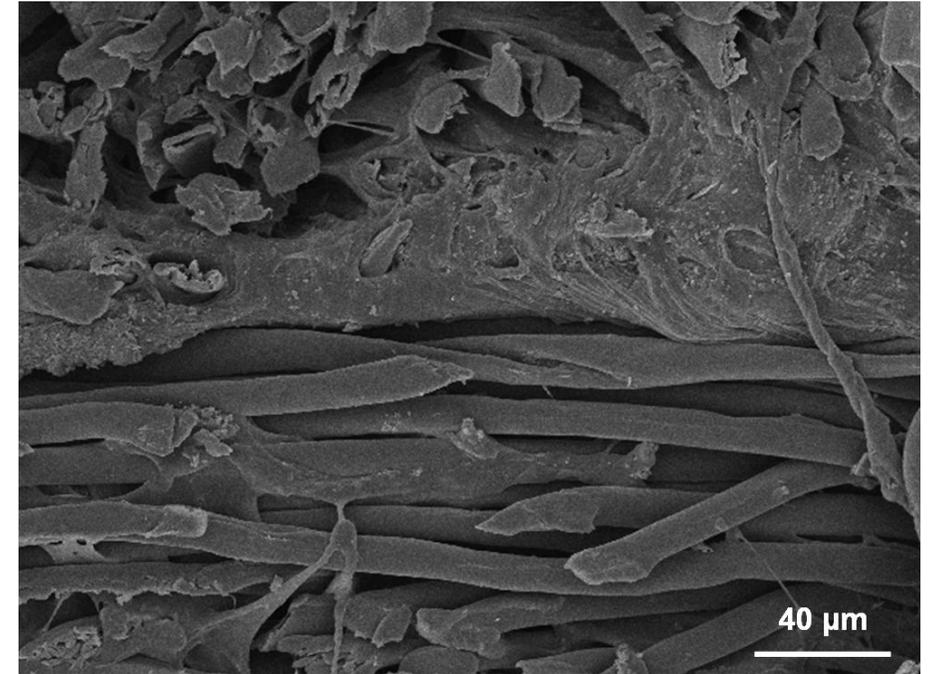
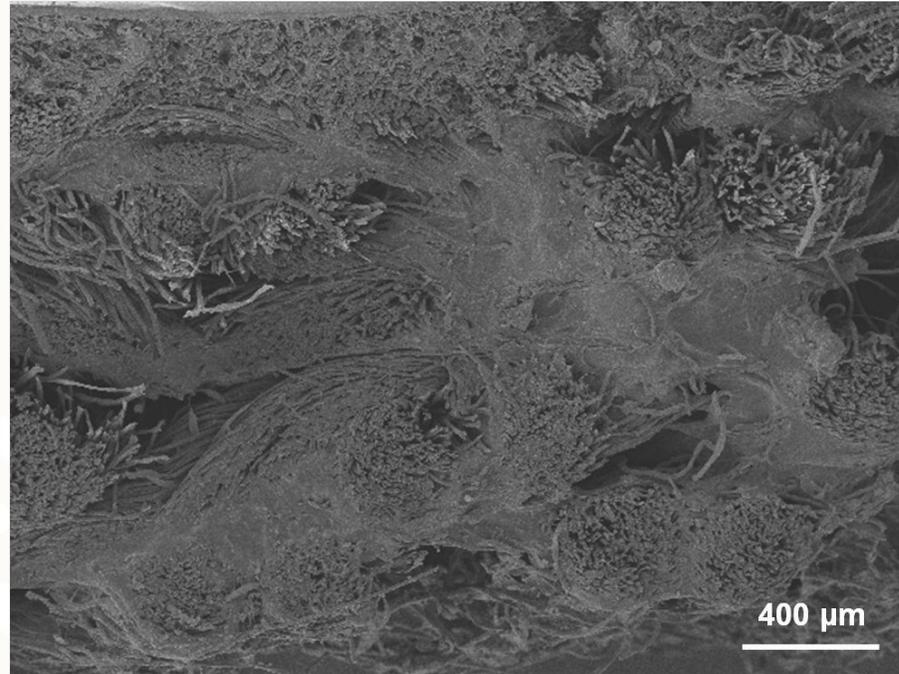


Relleno de pelota de golf de poli butadieno, el relleno pudiera tener además una sal de ácido carboxílico.

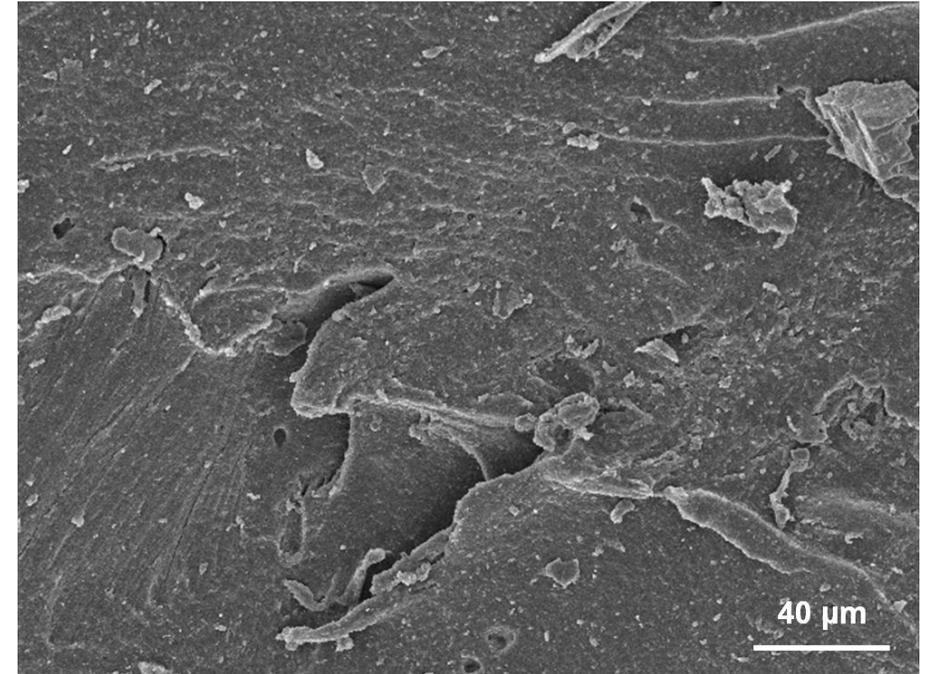
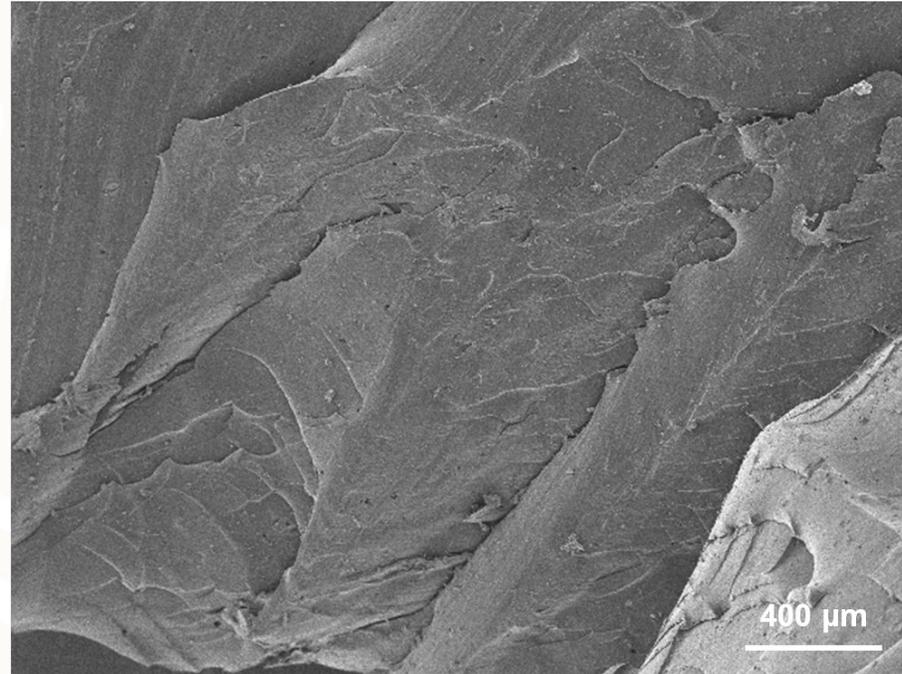
Pelota de basquetbol



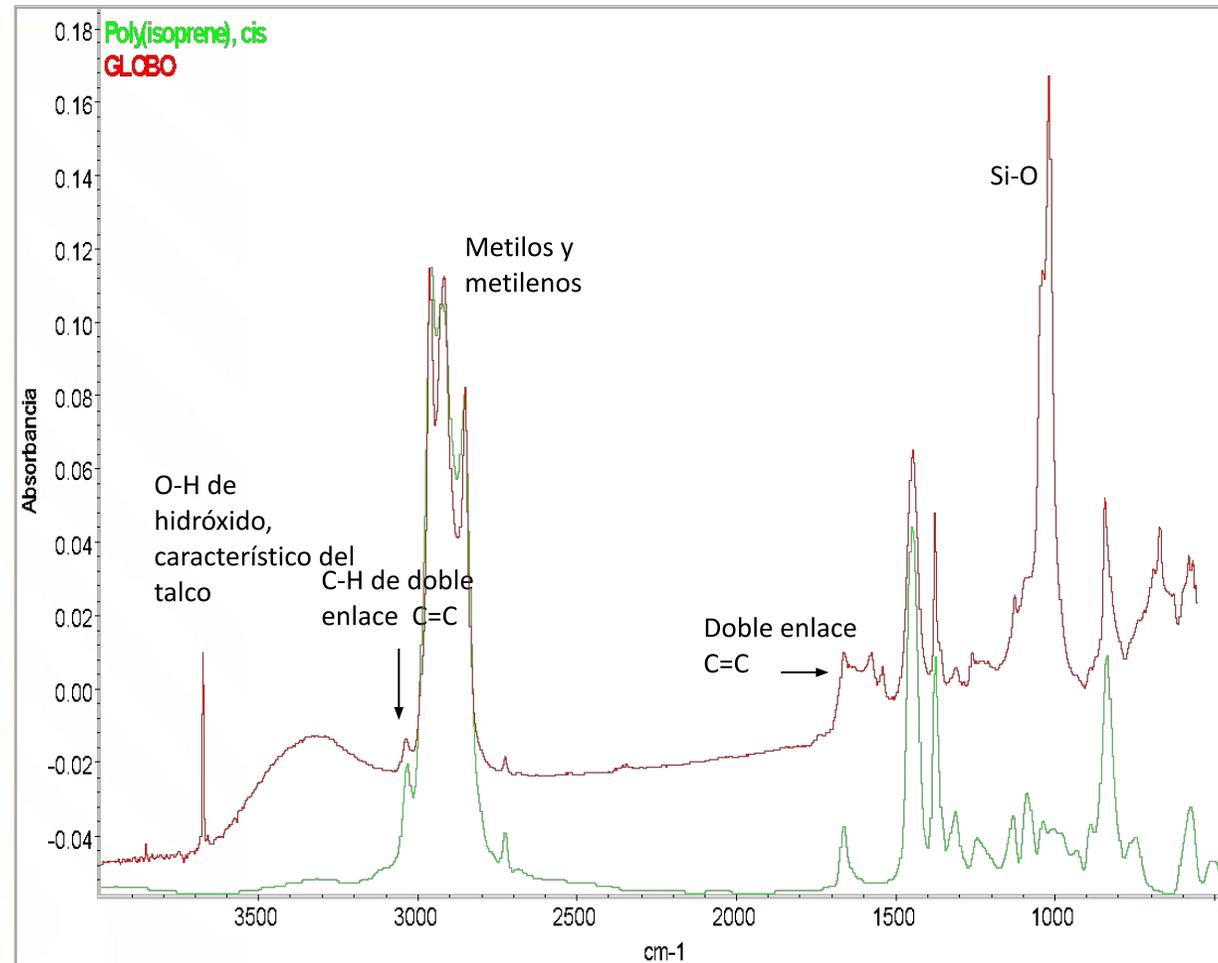
Pelota de futbol



Pelota de raquetbol

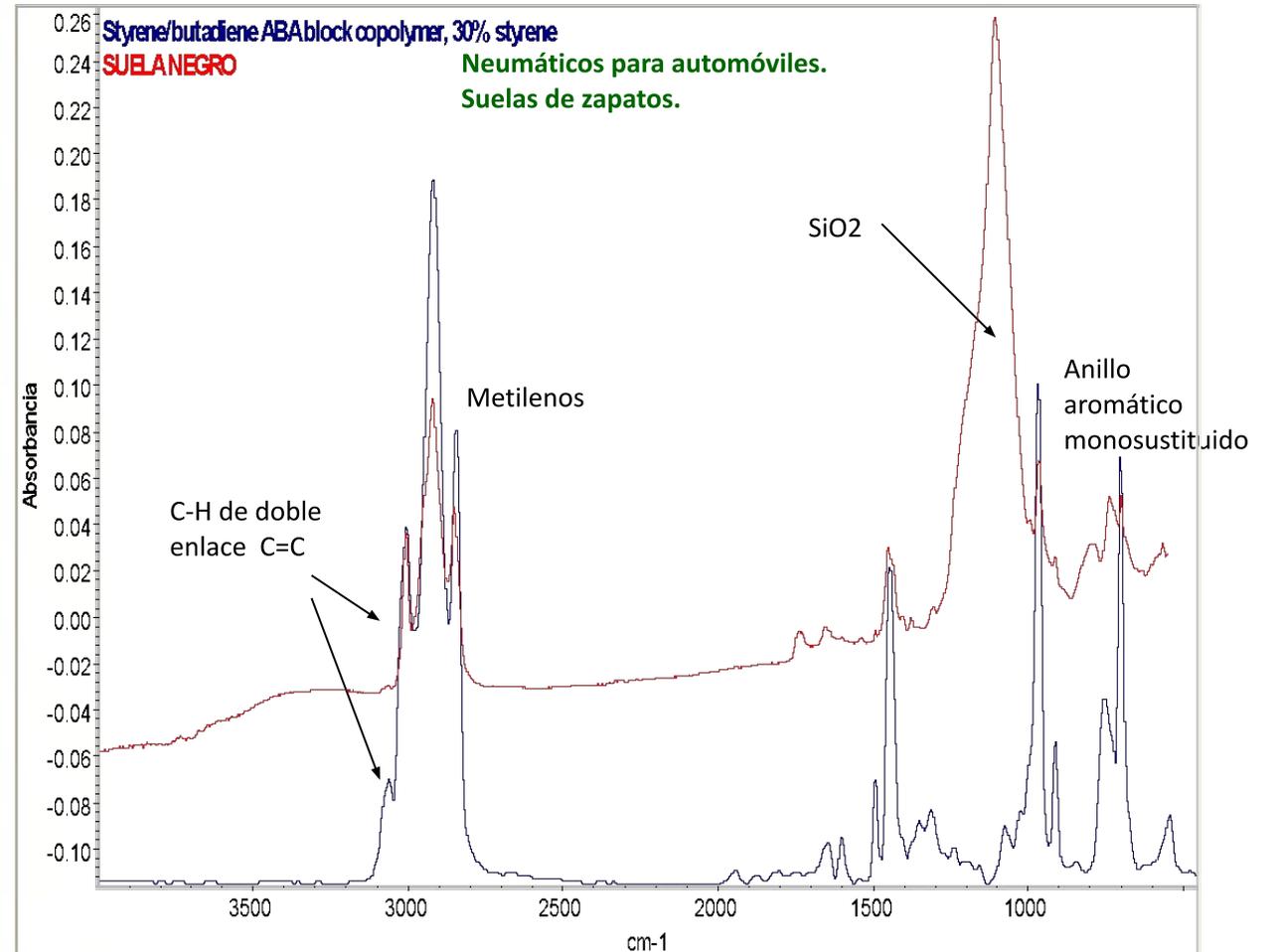
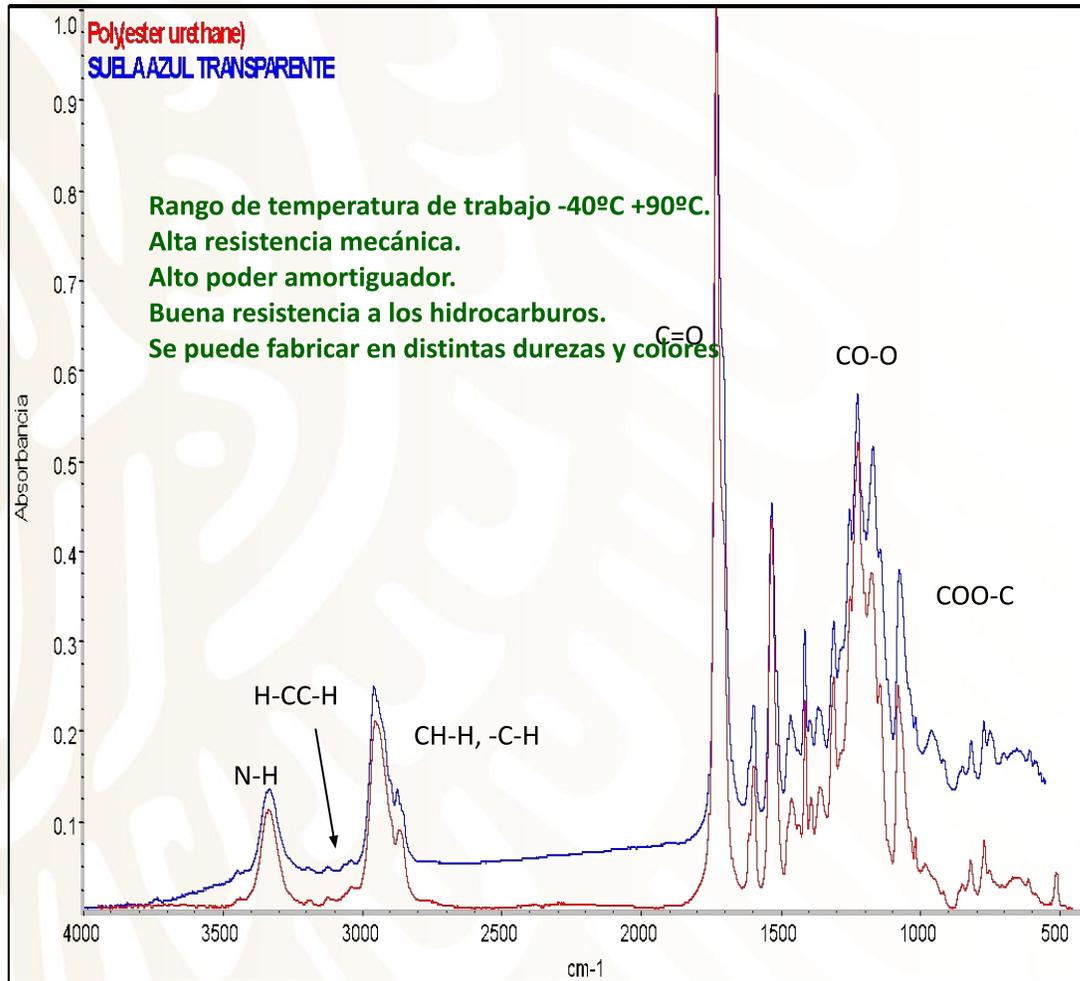


Globo



Globo de poliisopreno, la superficie del globo está cubierta de talco.

Suelas de zapato deportivo



Puede corresponder a un copolímero de estireno butadieno con alta carga de sílice.