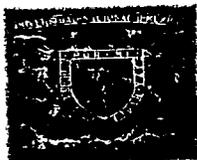


37



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ZARAGOZA**

**“USOS INDUSTRIALES DE LA  
CELULOSA EN POLVO”**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
**INGENIERO QUÍMICO**  
**P R E S E N T A :**  
**GUILLERMO NIEVES BERISTAIN**



2002

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES ZARAGOZA

JEFATURA DE LA CARRERA  
DE INGENIERIA QUIMICA

OFICIO: FESZ/JCIQ/047/02

ASUNTO: Asignación de Jurado

**ALUMNO: NIEVES BERISTAIN GUILLERMO**  
P r e s e n t e.

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado, la jefatura a mi cargo, ha propuesto a los siguientes sinodales:

Presidente:	Q.F.B. José Ponce Guerrero
Vocal:	M. en C. Lucía Cornejo Barrera
Secretario:	M. en C. A. Lourdes Castillo Granada
Suplente:	Q.F.I. Ma. del Carmen Niño de Rivera O.
Suplente:	I.B.Q. Hilda Olvera del Valle

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

A t e n t a m e n t e  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
México, D. F., 14 de Mayo de 2002

EL JEFE DE LA CARRERA

I.Q. ARTURO E. MENDEZ GUTIERREZ

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **DEDICATORIAS**

A Dios por darme la fuerza necesaria para ir resolviendo paso a paso cada obstáculo que el destino me ha impuesto, y por darme la oportunidad de realizar uno de mis grandes sueños.

A mis padres:

A mi papá **RAUL NIEVES REYES**, por educarme y formarme en el hombre responsable y dedicado que soy hoy.

A mi mamá **GUILLERMINA BERISTAIN ROMAN**, por ser esa persona amable y recta, que ha hecho de mí un hombre de bien y honradez.

Papa y mamá para ustedes con mucho amor y cariño.

A mis hermanos:

A **PATRICIA, LETICIA**(memo chiquito) y **RAUL**, por que independientemente de que cada cual lleva un camino diferente, hemos encontrado momentos y lugares que nos han hecho unirmos y encontramos cada vez como una verdadera familia, los quiero mucho.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

A **VERÓNICA ROMAN JIMÉNEZ**, por ser esa mujer capaz de vencer los obstáculos que se le presenten, y por haberme enseñado que la vida esta llena de sorpresas, buenas y malas; pero que al final la bondad, la ternura y la dedicación triunfan sobre todo.

A **VERÓ** con amor y cariño, por que siempre serás el amor de mi vida.

A **SERGIO ALEXIS GARCIA ROMAN**, por despertar nuevamente en mi la ilusión y el carisma de ser niño otra vez.

Sergio, gracias por ser mas que mi amiguito.

A mis compañeros de escuela: **ADRIAN, NAHUM, PETER, JUAN, JAVIER, BROWN, VALENTIN, ALEJANDRO, MELCHOR, ARTURO, ANTONIO AVALOS, JOSE JUAN, ANA LUISA, ADRIANA, BERTA, BETZA, THELMA, LETICIA, IVONNE;** y los que me faltaron; por esos gratos momentos, buenos y malos, que nos llevaron a comprender que donde quiera que nos encontremos siempre estaremos juntos.

A mis compañeros de trabajo:

**AREA DE RECURSOS MATERIALES: CARLOS, LUZ MARIA, GERARDO GARCIA, GERARDO VERA**, por estar siempre cuando más te necesito, **OSCAR, FAUSTINO, PATY, ALBERTO, LUCINDO, ABUELO, GATO VOLADOR, ALEJANDRO Y ALBERTO.**

**AREA DE RECURSOS FINANCIEROS: EDITH AGUILAR, ADITH FUENTES, ELIZABETH, ELIA, ADRIANA Y EVELYN.**

**AREA DE RECURSOS HUMANOS: MARCOS, ROMER, ALINE, JUAN CEVALLOS, VICKY, EUNICE, MIGUEL, SILVIA Y ESTELITA.**

**AREA DE LA COORDINACIÓN: SUSANA Y ABDUL.**

**AREA DE SERVICIOS: SOL, IRMA, BIBIANA, JAVIER VERA, JAVIER AYALA, BERNA, LALO, SR. FRANCISCO.**

**AREA DE PROGRAMATICA: ALEJANDRA.**

**SEBA: LESLIE SOSA LIMON** gracias por ser mas que mi amiga, porque yo te considero como mi hermana incondicional.

**MARU:** gracias por brindarme esos consejos que de alguna manera me sirvieron a crecer y a creer en mi.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

A todos ustedes mi admiración y respeto por compartir un pequeño espacio de su vida conmigo y por mostrarme que todavía existe la amistad incondicional. Y a todos los antes mencionados gracias por ser mis compañeros, y lo más importante gracias por ser mis **BIG BROTHERS**.

A la **M. en C. LUCIA CORNEJO BARRERA**, por su apoyo incondicional y dedicación en la elaboración de este trabajo. Gracias maestra por entenderme.

A la **M en C. A. LOURDES CASTILLO GRANADA**, por la amabilidad y disponibilidad en la corrección de este trabajo, tan valioso para mí. Gracias maestra he aprendido mucho de usted.

Al **Q.F.B. JOSE PONCE GUERRERO**, por su apoyo incondicional en la elaboración de este trabajo.

A la **Q.F.B. MA. Del CARMEN NIÑO de RIVERA O.**, Por su instrumentación en el análisis y corrección de este trabajo.

A la **I.B.Q. HILDA OLVERA del VALLE**, por sus conocimientos aportados y detalles que ayudaron a una buena concepción de este trabajo.

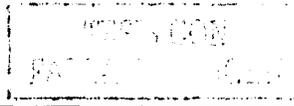
INDICE	PÁGINA
INTRODUCCIÓN	1
1 Antecedentes	3
1.1 Historia	3
1.2 Fuentes y formación de celulosa	4
1.3 Papel	8
2 Descripción de la celulosa	10
3 Obtención de celulosa	13
4 Propiedades físicas de la celulosa	15
4.1 Reacciones específicas para estudiar la celulosa	15
4.2 Pureza de los polisacáridos	16
4.3 Acción de la luz y el calor	17
4.4 Densidad	18
4.5 Calor específico	18
4.6 Propiedades eléctricas	19
5 Propiedades químicas de la celulosa	20
5.1 Enlaces de celulosa	20
5.2 Energía conformacional	21
5.3 Hidrólisis ácida	22
5.4 Microcristal	23
5.5 Tratamiento alcalino	24
5.6 Reacción	26
5.7 Absorción de agua	28
5.8 Acción de los microorganismos sobre la celulosa	30
5.9 Masa y peso molecular	30
5.10 Mecánica	31
5.11 Cristal	31
5.12 Inflamabilidad	31
6 Aplicaciones	33
6.1 Aditivos alimenticios	33
7 Derivados celulósicos	35
7.1 Clasificación y aspectos generales de los derivados de celulosa	35
7.2 Derivados de celulosa en alimentos	37
7.2.1 Proceso de fabricación	37
7.3 Esteres de celulosa	38
7.3.1 Nitrato de celulosa	38
7.3.2 Sulfato de celulosa	39
7.3.3 Acetato de celulosa	39
7.3.4 Acetato propionato de celulosa y el acetato butirato de celulosa	40
7.4 Éteres de celulosa	40
7.4.1 Éteres órgano solubles y termoplásticos	40
7.4.1.1 Etilcelulosa	40
7.4.1.2 Etilhidroxietil celulosa	40
7.4.1.3 Cianoetil celulosa	41
7.4.2 Éteres solubles en agua	41

7.4.2.1 Carboximetil celulosa de sodio (NaCMC)	41
7.4.2.1.1 Origen	41
7.4.2.1.2 Propiedades físicas de la NaCMC	43
7.4.2.1.2.1 Comportamiento reológico	43
7.4.2.1.2.2 Absorción de humedad	45
7.4.2.1.3 Propiedades químicas de la NaCMC	45
7.4.2.1.3.1 Composición química de la NaCMC	45
7.4.2.1.3.2 Dispersión y disolución de la NaCMC	46
7.4.2.1.3.3 Efecto de la temperatura	47
7.4.2.1.3.4 Efecto del PH	48
7.4.2.1.3.5 Estabilidad y preservación	48
7.4.2.1.3.6 Compatibilidad	49
7.4.2.1.3.7 Sales	49
7.4.2.1.3.8 Modelos seleccionados	50
7.4.2.1.4 Estructura	51
7.4.2.1.5 Compatibilidad	51
7.4.2.1.6 Sinergismo	51
7.4.2.1.7 Aplicaciones	52
7.4.2.2 Hidroxipropilmetilcelulosa	53
7.4.2.2.1 Origen	53
7.4.2.2.2 Reacción	53
7.4.2.2.3 Propiedades funcionales	53
7.4.2.2.4 Propiedades fisicoquímicas	54
7.4.2.2.5 Sinergismo	54
7.4.2.2.6 Aplicaciones	55
7.4.2.3 Metilcelulosa	55
7.4.2.3.1 Origen	55
7.4.2.3.2 Estructura	55
7.4.2.3.3 Propiedades funcionales	56
7.4.2.3.4 Propiedades fisicoquímicas	56
7.4.2.3.5 Aplicaciones	56
7.4.2.4 Carboximetilhidroxietil celulosa de sodio	57
7.4.2.5 Hidroxietil celulosa	57
7.4.2.6 Etilhidroxietil celulosa	58
7.4.2.7 Hidroxipropil celulosa	58
7.4.2.8 Varios	59
7.4.3 Éteres celulósicos con características especiales y sus usos en alimentos	59
7.4.3.1 Celulosa microcristalina	59
7.4.3.1.1 Origen	59
7.4.3.1.1.1 Obtención de la celulosa microcristalina	60
7.4.3.1.2 Estructura	63
7.4.3.1.3 Propiedades funcionales	63
7.4.3.1.4 Propiedades fisicoquímicas	63
7.4.3.1.5 Toxicidad	65
7.4.3.1.6 Aplicaciones	65
7.5 Aplicaciones de HPMC, MC, CMC en la industria alimentaria	66

7.5.1 Productos lácteos y sus derivados	66
7.5.1.1 Helados	66
7.5.1.2 Cremas de grasa vegetal	67
7.5.1.3 Sustitutos de crema	67
7.5.1.4 Leches de sabores	67
7.5.2 Productos para hornear y para pastelería	68
7.5.2.1 Rellenos para pay	68
7.5.2.2 Harinas preparadas para pasteles y donas	68
7.5.2.3 Merengues pasteleros	69
7.5.2.4 Aderezos para ensaladas	69
7.5.2.5 Salsas	69
7.5.2.6 Papas ala francesa y papa extruida	69
7.5.2.7 Bebidas de fruta	70
7.5.2.8 Productos dietéticos	70
7.5.2.9 Productos deshidratados	70
7.5.2.10 Petalizado	71
7.5.2.11 Jaleas y compotas	71
7.5.3 Como parte integrante de sistemas de estabilización	71
8 Otros derivados celulósicos	75
8.1 Lignocelulosicos	75
8.2 Celuloide	77
8.3 Rayón y fibras sintéticas	78
8.4 Carecel	78
8.5 Sanacel	79
8.6 Technocel	79
8.7 Celulosa bacteriana o celulosa micro fibrosa	80
9. Usos industriales de la celulosa y/ o derivados	81
9.1 Uso de la celulosa en la recuperación de gluconato de sodio en soluciones por osmosis.	81
9.2 Uso del acetato de celulosa como una membrana en la industria de la comida.	81
9.3 Evaluación de la biomasa de la lignocelulosa de la palma de coco como sustrato para el cultivo.	82
9.4 Características de preparaciones de la celulosa que afectan la simultanea sacarificación y fermentación de celulosa y etanol	82
9.5 Limitaciones y situaciones de producción de celulosa en el uso de acetobacterias de xilenio.	83
9.6 Morfología estructural de la celulosa microcristalina	83
9.7 Caracterización de la carboximetilcelulosa con ayuda de enzimas.	84
9.8 Éteres celulósicos con bajos grados de sustitución.	85
9.9 La celulosa en condiciones homogéneas con un injerto como radical libre, usando un sistema de metacrilato de celulosa de metilo modificado.	85
9.10 Microestructuras que forma soluciones acuosas modificando el derivado de celulosa.	86
9.11 Tratado de celulosa usando las propiedades físicas de los plasticidos.	87

*Índice*

9.12 Recuperación de proteínas de suero usando una membrana celulosa.	87
Conclusiones	89
Bibliografía	90



# PAGINACION DISCONTINUA

## INTRODUCCIÓN

Elaborar un compendio sobre la celulosa en el que se encuentren sus propiedades funcionales más importantes, así como sus principales derivados y sus aplicaciones que se emplean en la industria química.

La celulosa es un homo polisacárido de glucosa que se encuentra en los vegetales constituyendo la pared celular, comercialmente la celulosa se obtiene de la madera y del algodón, esta segunda fuente es la más pura del polisacárido

La gran demanda de la celulosa en el presente siglo se ha debido principalmente a su uso como materia prima para la industria textil, papelera y para la alimentaria.

Debido a la gran utilidad de la celulosa y sus derivados, el estudio estructural de la misma ha sido importante en la ciencia de los polímeros así como de los hidrocoloídes: los hidrocoloídes son sustancias hidrofílicas que en solución se dispersan como coloídes aportando diferentes propiedades, en las que destacan. Aumentar la viscosidad de las soluciones, proporcionar estabilidad a emulsiones y suspensiones ya que actúan como agentes espesantes. Debido a estas propiedades tienen un amplio uso en la industria alimentaria y química.

Los derivados celulósicos son muy resistentes a la acción bacteriana y exhiben buenas propiedades de viscosidad, no contribuyen en el valor nutritivo del alimento, no son metabolizados y son fisiológicamente inertes, por otra parte son productos que no alteran el color, olor y sabor del producto que lo contiene. Existen varios derivados de la celulosa como el nitrato de celulosa y el acetato de celulosa que se aplican para una infinidad de productos como la fabricación de rayón, celofán, plásticos, lacas, películas, explosivos,

TESIS CON  
FALTA DE ORIGEN

fibras de acetato y en la industria alimentaria como espesantes, estabilizantes, aglutinantes, encapsulantes, para mejorar la apariencia, etc. Por todo lo anterior indico que el empleo de la celulosa y sus derivados como materia prima continúa creciendo para el siglo XXI, por el desarrollo de diferentes productos que tendrán una gran ventaja sobre otros ya que es un producto natural renovable y abundante en la naturaleza. La información existente sobre esta sustancia está muy dispersa y es difícil encontrar un documento que reúna todas las características y usos de la celulosa, en la industria química, por lo que se decidió realizar una investigación bibliográfica sobre la celulosa con el fin de obtener un compendio donde se encuentren las propiedades y aplicaciones en la industria química.

## **1 ANTECEDENTES**

### **1.1 HISTORIA**

La gran demanda de celulosa en el presente siglo se ha debido principalmente a su uso como materia prima y como derivado para la industria textil, papelera, y alimentaria.

Otros derivados químicos de importancia han sido el nitrato de celulosa, para la industria militar, así como éteres y ésteres de celulosa para modificar la viscosidad de soluciones acuosas y no acuosas aplicables a todas las ramas industriales, desde la alimentaria hasta la textil.

Sin embargo, la etapa de modificaciones químicas de la celulosa no se ha detenido, ya que desde la mitad del siglo XX se han ido diversificando los derivados, los cuales presentan muchas ventajas con respecto a otros compuestos de uso industrial. La razón es explicable ya que la materia prima (celulosa) se obtiene de varias fuentes naturales, todas ellas renovables.

La otra ventaja es que dada su naturaleza única los derivados se aceptan con facilidad en la industria alimentaria como aditivos, así como en la industria papelera en general.

Todo lo anterior indica que el empleo de la celulosa para el siglo XXI continúe creciendo como materia prima, para derivados de la misma, por lo que es de suma importancia conocer las ventajas y limitaciones de este polímero natural (1).

## 1.2 FUENTES Y FORMACIÓN DE CELULOSA

La celulosa se encuentra en los frutos, hortalizas, cereales, en la madera y algodón y también es producida por microorganismos. En los vegetales constituye la pared celular. Comercialmente la celulosa se obtiene de la madera y del algodón esta segunda fuente es la más pura del polisacárido. También se ha encontrado en semillas germinadas de las plantas, en algas, en muchos hongos, en quistes de algunos protozoarios y en la materia orgánica del suelo.

Dentro de la pared celular, la celulosa se encuentra en agrupaciones submicroscópicas conocidas como micelas que integran el microfibrillo. Así mismo, probablemente se organiza en unidades discretas separadas por un espacio a menudo llenado por lignina. El contenido de celulosa de las plantas superiores nunca es fijo, ya que su concentración aumenta conforme a la edad y tipo de planta. Así, el hidrato de carbono es especialmente abundante en sustancias leñosas, paja, rastrojo y hojas. Los tejidos tiernos, son comúnmente pobres en celulosa, pero su concentración aumenta conforme la planta madura. De esta manera, contienen una concentración promedio de 15 a 45 % la mayoría de las especies cosechadas ordinariamente, siendo el límite inferior típico de las plantas más jóvenes.

Generalmente se acepta la hipótesis de que la celulosa se forma en grandes placas que se encuentran en el citoplasma de las células vivas de los vegetales. En cierto período del desarrollo, estos plástidos o placas rompen la capa externa y entran al citoplasma en forma de pequeñas partículas elipsoidales de 1.1 a 1.5 micras. estas partículas al juntarse forman fibrillas las cuales vienen a constituir las capas secundarias de la pared de la célula.

han existido discusiones acerca de esta hipótesis en pro y en contra. Otra hipótesis dice que la formación de la celulosa se hace en la pared de la célula. de acuerdo con esta teoría la glucosa es la que se combina primero en el citoplasma (2).

Las cadenas de la celulosa se hallan constituyendo micelas, que forman una red cristalina, en la que existen enlaces de hidrógeno.

La celulosa muestra un cierto grado de cristalinidad debido a que las cadenas y micelas se disponen en una dirección paralela al eje de la fibra, dando lugar a una red cristalina con simetría monoclinica. La reacción de esterificación de la celulosa, provoca transformaciones desde el punto de vista químico, que permiten la conservación de su estructura fibrosa (probablemente debido a que los nuevos grupos encuentran el modo de introducirse longitudinalmente entre los intersticios de las cadenas).

Debido a la gran utilidad de la celulosa y sus derivados, su estudio estructural celulosa ha sido importante en la ciencia de los polímeros. En efecto, la celulosa se ha estudiado durante la polimerización de macromoléculas. Las propiedades de éstos se aprovechan para el análisis de la madera, utilizando técnicas instrumentales como: Espectroscopía electrónica de Auger (AES), Espectroscopía Foto Electrónica De Rayos-X (XPS) y Fluorimetría De Rayos-X (FSX), que se usa para el análisis atómico. Además de Espectroscopía Ultravioleta ( UVA), Espectroscopía Infrarroja (IR), Resonancia Magnética Nuclear (NMR), Resonancia Paramagnética Electrónica (EPR), para caracterizar a los componentes de la madera de acuerdo a su estructura, y propiedades poliméricas (3).

## **FUENTES**

### **a) MADERA**

La madera tiene gran uso como material de construcción y en menor grado como

combustible y papel, pero es la fuente más importante para la industria de celulosa. Además del polisacárido contienen otros constituyentes. Si bien la composición dependerá de la fuente, aún así podemos plantear una composición típica para la madera de la siguiente forma.

NOMBRE	%	DEFINICIÓN QUÍMICA
CELULOSA	50	Polisacárido celular de alto peso molecular
HEMICELULOSA	24	Polisacárido de bajo peso molecular
LIGNINA	22.5	No es un polisacárido, pero si es un polímero
MATERIAL DIVERSO	3.5	Resinas, gomas, proteínas y materia inorgánica como Na, K, Ca.

Las hemicelulosas son polisacáridos de menor peso molecular, de la hidrólisis se obtienen varias pentosas, hexosas y ácido úrico. Son insolubles en agua, pero se disuelven en soluciones acuosas de hidróxido de sodio.

La madera contiene además otro polímero que no es un carbohidrato, conocido como lignina, la cual es el soporte estructural y material adhesivo; su función es la de mantener ligadas las fibras de celulosa en las plantas. Constituye cerca del 22.5 al 25% en la madera en varios procesos de degradación. La estructura de la lignina no ha sido establecida en su totalidad, pero este polímero ha encontrado numerosos usos, tales como dispersante, en aceites, en adhesivos, y en limpiadores industriales.

La separación de la alfa celulosa de la madera requiere la destrucción de lignina y la disolución de las hemicelulosas mediante procesos intensivos de digestión con sulfato o

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

bisulfato de sodio. al producto final se le conoce como pasta de madera, que es utilizada en la producción de papel.

#### b) ALGODÓN

Las semillas de algodón cuentan en su cubierta con dos tipos de fibras: Fibras cortas llamadas linteres, que son de una longitud media de 2.3 cm y con un diámetro de 1.020 mm, que se utilizan en la preparación de celulosa química y las fibras más largas o filamentos denominados como algodón de 3 a 5 cm de longitud de diámetro menor que el que se presenta en los linteres y son utilizados principalmente para la elaboración de textiles.

El algodón contiene 90-95% de celulosa mientras que los linteres del 80 al 85%. Para la preparación de celulosas químicas los linteres son procesados de la forma siguiente: a) en una solución acuosa de hidróxido de sodio del 2 al 5% son calentados a 130-180°C de 2-6 horas. En este procedimiento se solubilizan las cáscaras de las semillas y demás contaminantes presentes en los linteres. b) el sobrenadante es retirado y el linter residual es lavado con agua y blanqueado con hipoclorito de calcio, se lava nuevamente y c) es secado a 70°C.

El producto final contiene celulosa al 99% de pureza.

#### C) OTRAS FUENTES

Dentro de esta clasificación se encuentran material del tipo de hojas tropicales, raíces y paja entre otras, las celulosas obtenidas son utilizadas principalmente para la industria textil. El porcentaje de celulosa es aproximadamente del 70 al 90% en las primeras y de 30%

aproximadamente en la paja; a continuación se presentan algunos tipos de fuentes con sus usos (3).

TIPO DE FIBRA	EJEMPLOS	APLICACIÓN
fibras de hojas	henequén o cabuya	hilado y papel
	abacá	hilado y papel
fibras de cuerda	yute	costales, tejido entrelazado
	lino	ropa blanca lino

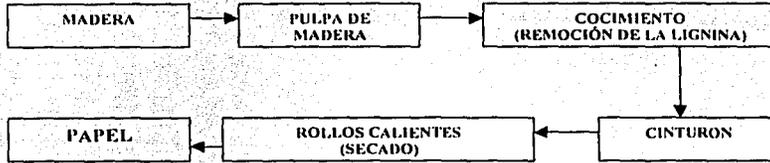
### 1.3 PAPEL

El uso del polímero de celulosa como papel es muy antiguo, se cree que el papel fue inventado por Ts'ai Lun en china en el segundo siglo Antes de Cristo. En la era reciente el primer papel producido en América fue en Pennsylvania, Estados Unidos en 1960 por William Rittenhouse. El llamado papel china fue una mezcla de corteza de árbol y cañamo. En el siglo XVII fue producido a partir de desperdicios o hilachos de tela. El papel en la actualidad es producido a partir de pulpa de madera, que es la celulosa obtenida de madera después de haberle eliminado la lignina con hidróxido de sodio, sulfito de sodio o sulfato de sodio, el papel de impresión se distingue del papel cartón en el hecho que el segundo es el más grueso y el primero es más flexible y más ligero, además de que el cartón puede contener residuos de lignina como contaminante, ya que el proceso de producción del mismo es menos selectivo.

Las pastas usadas en la manufactura del papel varían según la calidad que ha de tener éste; en la fabricación de la pasta de papel llamada también pulpa se emplean métodos mecánicos o químicos o por la combinación de ambos. El papel consta de infinidad de pequeñas fibras de celulosa de las cuales un gran porcentaje están orientadas al azar y el

RECIBO DE VENTA  
FABRICA DE ORIGEN  
MCS 1981

restante de las fibras están alineadas en la dirección en la cual fue producido el papel. El proceso de papel se esquematiza de la siguiente forma: (3).



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **2 DESCRIPCIÓN DE LA CELULOSA**

Es un polímero estructural presente en todo el reino vegetal; esta considerado como el compuesto orgánico más abundante en la naturaleza y ser una fuente de glucosa prácticamente inagotable que se renueva continuamente mediante la fotosíntesis (4).

Es homo polisacárido lineal de unidades de D-glucopiranosas unidas mediante enlaces glucosídico  $\beta(1-4)$ , su peso molecular llega a ser hasta de varios millones y su alta resistencia mecánica y química se debe a que sus cadenas paralelas se alinean sobre su eje longitudinal y establecen un gran número de enlaces de hidrógeno intermoleculares, lo que da origen a micro fibrillas altamente estructuradas. Tiene zonas cristalinas y amorfas. Las primeras se producen cuando las moléculas se enlazan con un alto grado de ordenación, mientras que en las segundas no existe esta ordenación. A pesar de tener muchos hidroxilos libres es muy poco soluble en agua debido a que estos grupos no se hidratan por estar actuando entre sí. Los animales herbívoros, a diferencia de los monogástricos como el hombre, son los únicos capaces de aprovechar la celulosa en su metabolismo pues cuentan con los correspondientes enzimas celulasas en el tracto gastrointestinal; para el organismo humano la celulosa es parte de la fibra dietética y consecuentemente se elimina en las heces sin haber sido aprovechada (5).

La celulosa es insoluble en todos los disolventes comunes y puede ser hidrolizada a residuos de glucosa por la acción de ácidos como el sulfúrico o clorhídrico a una temperatura de más de 125°C; también se han desarrollado métodos enzimáticos aprovechando las celulasas extracelulares que sintetizan ciertos microorganismos. Cuando la celulosa se trata con un álcali y se expone a continuación a los vapores de disulfuro de carbono, se obtiene una solución que puede estirarse en películas e hilarse. El rayón y el

celofán se preparan de celulosa regenerada a partir de tales soluciones. Los acetatos de celulosa se hilan en filamentos delgados con los que se confeccionan tejidos; también son de acetato de celulosa las modernas películas fotográficas; con estos compuestos se elaboran los vidrios inastillables de seguridad y ciertos materiales de moldeo. Los éteres de celulosa se emplean en la elaboración de aparejos para papel, adhesivos, jabones y resinas sintéticas.

Con una mezcla de ácido nítrico y sulfúrico, la celulosa forma una serie de compuestos inflamables y explosivos conocidos como nitratos de celulosa o nitrocelulosa. El algodón de colodión es un nitrato que forma parte de diversos plásticos y lacas; el colodión es un compuesto parecido utilizado en medicina, fotografía y fabricación de cueros sintéticos y lacas. El algodón pólvora es también un nitrato; se emplea como explosivo propulsor en la fabricación de cartuchos (4).

Estructurales	De reserva alimenticia
Forma enlaces de hidrogeno intermoleculares muy fuertes	Pocos enlaces de hidrógeno intermoleculares y débiles
Produce fibras muy rígidas	No producen fibras
Insoluble en agua	Solubles en agua
Enlaces glucosídicos, generalmente BETA	Enlaces glucosídicos, generalmente ALFA
Muy resistentes a enzimas, microorganismos y agentes químicos	Muy atacables por enzimas, microorganismos y agentes químicos
Sus dispersiones son de alta viscosidad	Sus dispersiones no son muy viscosas

TABLA 1 CARACTERISTICAS DE LOS POLISACARIDOS. De acuerdo con su función biológica se ha dividido en dos grandes grupos: los que constituyen la estructura celular y le confieren rigidez a los tejidos (celulosa, pectinas, gomas, etc), y los que representan la reserva energética de animales y vegetales (glucógeno, inulina y almidón); cada grupo tiene propiedades físicas y químicas muy distintas que se muestran en la tabla No. 1 (6).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Las lejías de sosa o de potasa dan con la celulosa una serie de álcali celulosa de gran importancia industrial.

Después de tratar la celulosa natural con soluciones alcalinas y eliminar la base totalmente, mediante lavados repetidos con agua, se obtiene la celulosa mercerizada que es una variedad alotrópica de la celulosa natural, como resultado de un rearrreglo de grupos glucosa.

Dependiendo de la concentración y de las condiciones experimentales los ácidos pueden esterificarla ó bien, alterar en mayor ó menor grado su molécula, dando lugar a productos intermedios muy variados, que pueden ser desde hidrocélulas hasta glucosa.

El ácido clorhídrico en frío, disuelve a la celulosa y la transforma por hidrólisis en glucosa.

El ácido fluorhídrico en frío, solubiliza la celulosa, dejando después de su evaporación a 30°C un residuo soluble en agua, el "Cellane", el cual por hidrólisis da glucosa.

El ácido sulfúrico concentrado y frío la transforma en segundos en un producto que colorea de azul el agua de yodo denominada "amiloide".

Los hipocloritos oxidan la celulosa en oxicelulosa; el ácido azótico en caliente la oxida dando ácido oxálico y en frío produce una serie de ésteres nítricos. La oxidación producida por el ácido nítrico da lugar a las celulosas carboxiladas, cuyas sales alcalinas son muy solubles en agua.

La celulosa puede ser metilada, y producir la metilcelulosa y la carboximetilcelulosa que se obtiene industrialmente por acción del ácido monocloro acético sobre una álcali-celulosa (7).

### **3 OBTENCIÓN DE CELULOSA**

En términos muy generales puede decirse que es posible obtener fibras de celulosa a partir de cualquier vegetal; esto tiene ciertas restricciones dependiendo de la factibilidad y costo para separar los componentes no celulósicos que se encuentran en diferentes proporciones en los vegetales.

La holicelulosa constituye la fracción fibrosa del vegetal, formada esencialmente por carbohidratos. A su vez la holicelulosa está integrada por dos componentes: la celulosa y la hemicelulosa. La primera es un polímero de alto peso molecular de unidades de D-glucosa, unidos por un enlace  $\beta$  (1, 4) -glucosídico forman el disacárido de la celulosa conocido como celobiosa. La fracción hemicelulósica está formada por otros polisacáridos (principalmente pentosas y hexosas) que forman también polímeros entre sí con peso molecular más bajo y propiedades diferentes. La lignina es un polímero de tipo no celulósico al cual se le atribuye la función de cementar las fibras de celulosa. Su estructura química en estado nativo no se conoce ya que solo han podido aislarse derivados de ella (sulfolignina, clorolignina, etc.). La lignina es el principal componente a eliminar durante el proceso de obtención de la celulosa. Por otra parte, la fracción extraíble con disolventes orgánicos (en general una mezcla de etanol-benceno 1:2) está integrada por una gama muy variada de compuestos, que dependiendo del vegetal en cuestión pueden ser grasas, ceras, resinas, taninos, colorantes, etc. La porción insoluble la constituyen depósitos discontinuos en forma de oxalatos de calcio y silicio, principalmente.

La separación de la celulosa se efectúa de diferentes maneras. Dependiendo de la forma y cantidad de energía suministrada, para lograrlo se obtendrán fibras con

características diferentes. En términos generales se suministra energía mecánica, química o una combinación de ambas, dependiendo de lo cual se tendrán procesos mecánicos, semiquímicos y químicos. A su vez, de acuerdo con la naturaleza de los reactivos empleados en los procesos mecánicos la materia prima, usualmente madera húmeda, se tritura con un molino de piedra dando lugar a una mezcla de fibras bastante irregulares. En virtud de que no se efectúa ninguna reacción de hidrólisis el rendimiento es bastante alto (90-96 %); Por otro lado, el consumo de energía es muy elevado. Si la misma madera previamente se somete a un ataque con sosa y luego se deslíbra, la cantidad de energía empleada es menor (proceso semiquímico a la sosa en frío) y se observa que el rendimiento también sufre un ligero descenso, 85-90 %. En otra variante, el ataque químico puede hacerse a temperatura elevada, con lo que el consumo total de energía disminuye aún más y se eleva la calidad de la celulosa porque se propicia el ataque de los componentes no celulósicos del vegetal ( rendimiento 65-80 % ). Actualmente la mayoría de los procesos en vigor son de tipo químico, la celulosa resultante está casi libre de otros compuestos.

## **4 PROPIEDADES FÍSICAS DE LA CELULOSA**

### **4.1 REACCIONES ESPECÍFICAS PARA ESTUDIAR LA CELULOSA**

La celulosa es un carbohidrato que contiene 44.2% de carbono, 49.5% de oxígeno y 6.3% de hidrógeno. La fórmula molecular de la celulosa se expresa como  $(C_6H_{10}O_5)_n$  (donde  $n = 2,3, \dots, j$ ).

La estructura de la celulosa y la uniformidad del enlace glucosídico se estableció por Zechmeister y Toth.

Es notable también la homogeneidad del enlace en la cadena de la celulosa, la cual fue establecida por estudios cinéticos de la hidrólisis ácida de la celulosa, observando una reacción de primer grado para la hidrólisis de celodextrina así como celulosa en ácido sulfúrico al 51%.

Cuando la celulosa I se trata en solución acuosa de etilendiamina seguido por un lavado con agua, se obtiene la celulosa II. La conversión de celulosa I a II es reversible cuando la celulosa I se obtiene como producto natural de la biosíntesis.

La celulosa III se obtiene por tratamiento de la celulosa con amoníaco líquido a  $-80^\circ\text{C}$  y con la consecuente evaporación del amoníaco. El espectro infrarrojo de la celulosa III preparada a partir de celulosa I y celulosa II es diferente, así como la difracción de rayos-X, la celulosa III obtenida a partir de celulosa I y II se denota como III<sub>1</sub> y III<sub>2</sub>, respectivamente.

La celulosa IV se obtiene a partir de la celulosa III por calentamiento en glicerina a  $260^\circ\text{C}$ . Las dos formas de celulosa IV son IV<sub>1</sub> y IV<sub>2</sub>, dependiendo de la celulosa de origen.

La reversibilidad de la conversión de los cuatro polimorfos se ilustra en el esquema siguiente:

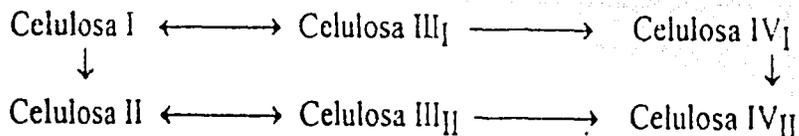


FIGURA I El siguiente esquema ilustra la reversibilidad de la conversión de los cuatro polimorfos.

#### 4.2 PUREZA DE LOS POLISACARIDOS

Los polisacáridos se obtienen de algunos materiales como la madera y el algodón, esta segunda fuente proporciona el polisacárido más puro. Las fibras de algodón son casi celulosa pura; la madera contiene alrededor de un 50% entre las celulosas naturales, el grado de cristalinidad más elevado se encuentra en las que proceden de algodón (aproximadamente el 50%) (7).

La celulosa tal como queda al separarse de las plantas vegetales es un cuerpo opaco, pero cuando se agita por mucho tiempo se aprecia la pérdida en parte de su estructura dando una celulosa mas o menos transparente debido al agua absorbida, y es capaz de endurecer a presión, así mismo otra de sus propiedades es su capilaridad (8).

El análisis de la celulosa dio la siguiente fórmula química:  $C_6 H_{10}O_5$ . Y aparte el químico inglés Hawarth obtuvo la sig. fórmula estructural:

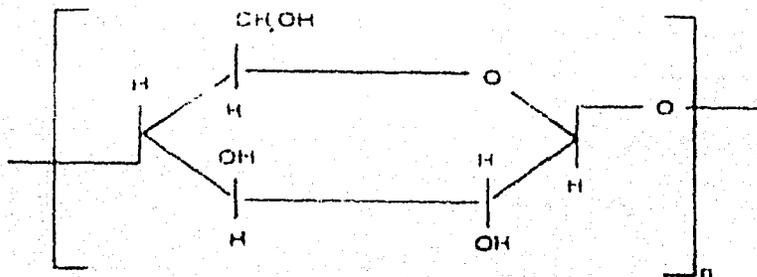


FIGURA No. 2 ESTRUCTURA DE LA CELULOSA

#### 4.3 ACCIÓN DE LA LUZ Y EL CALOR.

La luz puede catalizar ciertas reacciones químicas de la celulosa, se ha demostrado que la luz ultravioleta de 400 A° (longitud de onda) tienen pequeño efecto, en tanto que una longitud de 3000 A° produce degradación de la celulosa, la degradación más efectiva se realiza entre 3000 y 3500 A°. en general hay pérdida en la viscosidad de la celulosa cuando se degrada por la luz ultravioleta en forma similar a la degradación obtenida con los ácidos diluidos.

El calor trae consigo una destilación destructiva de la celulosa dando productos finales como etileno, monóxido de carbono, alcohol metílico, acetona, ácido acético, dióxido de carbono y metano. Con tratamientos menos enérgicos, como son el calentamiento con vapor o aire a 100°C su resistencia a la tensión disminuye.

Aplicaciones prácticas de calor y agua a 150°C, o a temperaturas más bajas, no tienen efecto de importancia, pero de 170 a 260°C la celulosa se descompone dando

TESIS CON  
FALLA EN ORIGEN

productos líquidos y gaseosos. Una mezcla de aire vapor a altas presiones causa la desintegración de la fibra, y se pierde a 200°C, así como a temperaturas más altas de 250°C el material celulósico llega a ser prácticamente amorfo, la influencia de oxígeno sobre la naturaleza del producto llega a ser considerable (9).

#### **4.4 DENSIDAD**

La densidad absoluta de la celulosa microcristalina es de 1.53 u a 1.55 u. varían mucho las propiedades de la celulosa obtenida a partir de fibras naturales, o bien celulosa regenerada. Se ha demostrado que la celulosa no absorbe el helio, un cierto número de medidas de volumen específico se han hecho con helio para celulosa estándar. MASS Y CAMPELL encontraron un volumen específico (densidad de 1.56 u).

La celulosa sumergida en agua se encuentra en un volumen específico de 0.6442 u y 0.644 u. La densidad para pulpa de madera está comprendida entre 1.41 y 1.63 u, para pelos de algodón varía de 0.77 a 1.15 u en cada caso es posible estimar el porcentaje de 32 a 41% (8).

#### **4.5 CALOR ESPECIFICO**

El calor específico de la celulosa pura de algodón es de 0.319 u mientras que para fibras mecánicas de madera es de 0.327 u comparada con 0.319 u para sulfito y 0.323 u para pulpas de sosa.

#### **4.6 PROPIEDADES ELÉCTRICAS**

La conductividad eléctrica de la celulosa depende en gran parte de la fuente de provisión, de la humedad y de su contenido de cenizas. En general los materiales fibrosos son buenos aislantes, así, cuando incrementa su contenido de humedad de un 7 a un 30% la conductividad aumenta de 100 a 1000 veces.

Se reduce la conductividad de papeles usados como aislantes con bajo contenido de cenizas, a alta temperatura de secado y mantenimiento de humedades bajas, los recientes experimentos demostraron que la constante dieléctrica de la celulosa es alrededor de 6.1.

El tamaño y la forma de la partícula del polvo de la celulosa microcristalina es diferente a su materia prima, la alfa celulosa. Las fibras de la alfa celulosa son algunas veces tan largas que pueden medirse por pulgadas. La celulosa microcristalina está constituida por un aglomerado de partículas cristalinas que tienen la forma de pequeños bastones rígidos, de 10 a 50 unidades de largo y de un diámetro de 1 a 10 u.

El tamaño de los aglomerados no pasa de 100 u. El índice de refracción es de 1.55 u. El diagrama de difracción a los rayos X muestra unas líneas aguadas que indican un alto grado de cristalinidad poco común (8).

## **5 PROPIEDADES QUÍMICAS DE LA CELULOSA**

### **5.1 ENLACES DE LA CELULOSA**

La celulosa es un polímero formado por unidades de d-glucosa con enlaces  $\beta$ -1,4 - glucosídicos, a diferencia del almidón (también integrado por unidades de d-glucosa) que presenta enlaces  $\alpha$ -1,4 -glucosídicos. Al igual que la amilosa del almidón, es un homopolisacárido lineal de unidades de D-glucopiranosas, pero con la diferencia de que los monómeros se unen mediante enlaces glucosídicos  $\beta$  (1,4).

Los enlaces glucosídicos que unen los átomos de carbono de la posición 1 de una molécula con el átomo de carbono a la posición 4 de la siguiente forma, la unidad estructural de la celulosa u disacárido denominado celobiosa.

Cada unidad de  $\beta$ -D-glucopiranosas, tiene un grupo hidróxido primario y dos grupos hidroxilo secundarios, tales pueden sufrir esterificación, eterificación, oxidación y otras reacciones como halogenación. Un gran número de derivados de la celulosa se pueden preparar usando estas reacciones (10).

muestra la estructura de la celobiosa, que es un homopolisacárido lineal de unidades de D-glucopiranosas, pero con la diferencia de que los monómeros se unen mediante enlaces glucosídicos beta(1,4) donde sus cadenas paralelas se alinean sobre un eje longitudinal y establecen un gran número de puentes de hidrógeno intermoleculares, lo que da origen a microfibrillas altamente estructuradas.

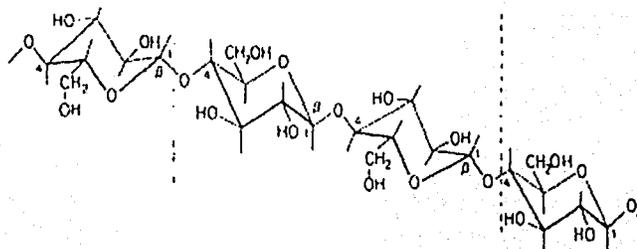


FIGURA 3 CELOBIOSA, UNIDAD REPETITIVA DE LA CELULOSA

## 5.2 ENERGÍA CONFORMACIONAL

Donde se encuentra el enlace atómico se aprovecha el ángulo glucosídico de  $\phi$  y  $\psi$  se presenta en la siguiente figura en la cual el grupo hidroximetilo es el que se encuentra en la posición tg y las tres más probables posiciones rotacionales del grupo hidroximetilo se encuentra en la figura 4. Esta es la región permitida que contiene conformación libre a partir de los átomos enlazados y aquellos enlaces de Hidrógeno que es relativamente pequeño entre  $\phi$  y  $\psi$ . La energía fue calculada en Kcal/mol de residuo.

El estudio de cadenas oligosacáridas, nos permite determinar la energía conformacional de porciones de disacáridos independientes de la longitud de la cadena. Tres pasos diferentes de un modelo de interacción en una porción de disacárido estable de cadenas infinitas establecen un modelo diferente en la naturaleza de los grupos que involucran enlaces de hidrógeno. Considerando al disacárido como una unidad repetitiva la combinación de estos tres modelos son el resultado de la seis diferentes conformaciones de la cadena única de celulosa. El hecho de decir que hay energías conformacionales similares, nos está indicando él porque de la abundancia de estas seis estructuras cuando se empacka la celulosa nativa y procesadas en micro fibras fue largamente determinada por interacciones

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

intermoleculares e intramoleculares entre elementos lejanos de la estructura covalente. Todas las conformaciones meta-estables presentan hélices extendidas. Los cálculos de un doblez agudo ocurren solamente si fue bastante alta la interacción atractiva compensada (1).

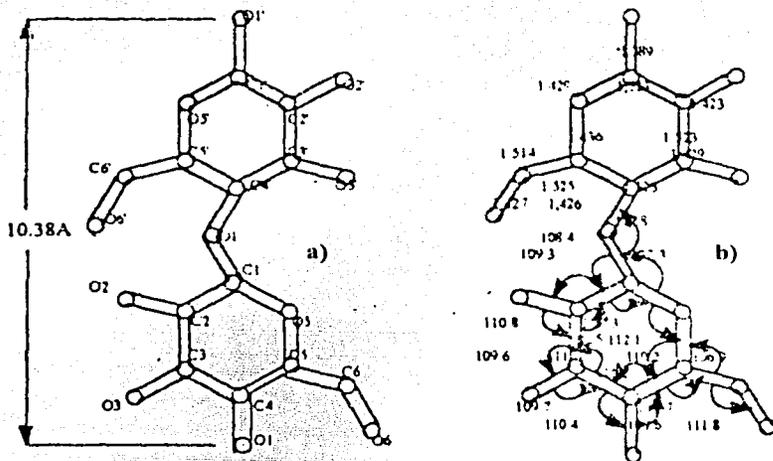


FIGURA 4. Modelo molecular de la cadena de la celulosa, en donde se muestra que en a) es la numeración atómica en la unidad repetitiva de celobiosas; y el b) es la longitud de enlace, ángulo de enlace y ángulo conformacional.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### 5.3 HIDRÓLISIS ÁCIDA

La celulosa puede hidrolizarse en residuos de D-glucosa por la acción de ácidos como el sulfúrico y el clorhídrico a una temperatura de más de 125°C; también se han

desarrollado métodos enzimáticos aprovechando enzimas extracelulares que sintetizan ciertos microorganismos. Puede ser hidrolizante a glucosa. El grado de polimerización es desde 1000 para pulpa de madera hasta 3000 para fibra de algodón y se hidroliza con ácido clorhídrico concentrado al 40% de forma parecida a la degradación del almidón:



Una hidrólisis menos energética produce celobiosa, celotriosa y celotrosa. La celulosa sin embargo, es homogénea y de ellas puede aislarse alfa y beta celulosa (1).

#### 5.4 MICROCRISTAL

TESIS CC  
FALLA DE ORIGEN

La celulosa microcristalina es una forma despolimerizada que se fabrica por medio de una hidrólisis ácida controlada de la celulosa; el ácido ataca las partes amorfas, dejando intactas las zonas cristalinas lo que hace que el producto resultante no sea fibroso y que tenga una alta capacidad de absorción de agua. La celulosa ha sido fabricada en forma microcristalina (7).

Tiene zonas cristalinas y amorfas: las primeras se producen cuando las moléculas se enlazan con un alto grado de ordenación, mientras que en las segundas no existe esta ordenación.

En las micelas se alternan las zonas cristalinas con las zonas amorfas, donde las cadenas, en lugar de ser paralelas al eje de la fibra, están dispuestas de manera mas o menos

desordenadas. Las zonas amorfas se diferencian de las cristalinas por que se hinchan más al entrar en contacto con el agua.

El análisis de la estructura cristalina de compuestos de bajo peso molecular así como grandes cristales se determina usualmente por métodos cristalográficos celulares y posiciones atómicas de celdas por difracción de rayos-X. Sin embargo en el caso de macromoléculas complejas, tal como la celulosa, no es un cristal único, lo que dificulta la determinación de posiciones atómicas a partir de datos de rayos-X además de las aproximaciones hechas por un método espacial de las moléculas de celulosa.

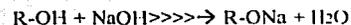
El polimorfismo de la estructura cristalina de la celulosa es bien conocido. La forma nativa de la celulosa se conoce como celulosa I.

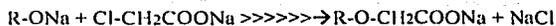
## 5.5 TRATAMIENTO ALCALINO

Generalmente, la celulosa no se usa como aditivo de manera directa: se emplean más bien sus

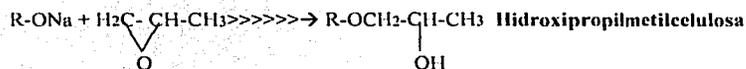
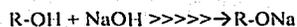
derivados, principalmente la carboximetilcelulosa que se fabrica haciendo reaccionar en un tanque con agitación la celulosa del algodón con hidróxido de sodio y ácido monocloraético; el derivado obtenido se neutraliza y se seca, por una extracción con alcohol-agua, se elimina el exceso de sales (4).

Teóricamente se puede hacer que los tres OH de la glucosa reaccionen con NaOH y lograr un máximo grado de sustitución; sin embargo, los productos comerciales con una sustitución de 0.4-1.2 son los que más se emplean porque tienen una buena solubilidad:





Otros derivados que también se usan son la metilcelulosa y la hidroxipropilmetilcelulosa; la primera se produce haciendo reaccionar la celulosa con sosa y cloruro de metilo, mientras que la segunda se obtiene con sosa y óxido de propileno:



Por cada molécula de beta-D-glucosa la celulosa tiene tres grupos hidroxilo libres en las posiciones 2, 3 y 6; Cuando se trata a temperatura ambiente con una solución de hidróxido de sodio al 18%, se hincha y da lugar a un compuesto llamado álcali celulosa, que contiene una molécula de NaOH por cada unidad de celobiosa (4).

En el caso de los sistemas formados por la celulosa y disoluciones alcalinas hay controversia diciéndose que la adsorción es seguida por una combinación estequiométrica de celulosa y álcali, esto se debe no solamente a los resultados obtenidos por la interpretación sino también en los obtenidos con pruebas experimentales. Las

concentraciones necesarias para el hinchamiento máximo de la fibra a partir de diferentes álcalis es la siguiente:

NaOH 18%

KOH 35%

Ca(OH)<sub>2</sub> 40%

Cuando la celulosa es puesta en pruebas experimentales con soluciones concentradas de álcali, por ejemplo NaOH al 18% a 20°C y después de macerarlo, se lava con agua para obtener así la celulosa II, a partir de una solución acuosa de etilendiamina por el método del viscosímetro, la absorción de los ácidos es máxima a bajas concentraciones, se ha demostrado que los iones de hidrógeno son absorbidos selectivamente por la celulosa como resultado de un intercambio de cationes, este intercambio es poco apreciable en las formas puras, pero en las impuras se es bastante apreciable. Los ácidos diluidos llevados al contacto de la celulosa en las condiciones atmosféricas ordinarias llevan acabo una desintegración gradual de la fibra formando la hidrocélulosa con ácidos concentrados disuelven la celulosa seca formando una solución amarilla pálida que con agua y prolongada ebullición forma glucosa (1).

## 5.6 REACCIÓN

Las reacciones de la celulosa son las propias de los glúcidos. Los grupos aldehído, con excepción de los que se encuentran en los extremos de las cadenas, forman parte de los enlaces glucosídicos y, en consecuencia, hacen que la celulosa no tenga propiedades reductoras apreciables.

La celulosa tiene tres grupos hidroxilo libres por cada unidad de glucosa y son las posiciones donde ocurren las reacciones. Sometiendo una celulosa metilada a hidrólisis el producto final es 2,3,6-trimetilglucosa. Para determinar la posición del enlace glucosídico

En celobiosa, ésta se oxida con agua de bromo y entonces se metila e hidroxila. Los productos finales son 2,3,4,6-tetrametilglucosa y ácido 2,3,5,6-metilglucónico.

Entre las propiedades de mayor interés se encuentran las reacciones que producen derivados formándose soluciones coloidales.

Las propiedades físicas y químicas de los derivados de la celulosa van a depender del tipo de sustituyentes, tal como el grado de sustitución, la uniformidad de sustitución, el grado de polimerización y la distribución del peso molecular.

La naturaleza de los sustituyentes influye en las propiedades físicas y químicas. Por ejemplo, se pueden hacer comparaciones de las propiedades de aminoalquilcelulosa con las propiedades de la carboxialquilcelulosa.

El grado de sustitución (DS) se define como el número promedio de grupos hidroxilo que sustituyen a una unidad de glucosa. El máximo es 3. Las propiedades físicas como solubilidad e hinchazón se verán fuertemente afectadas por el cambio de disolvente (DS). Por esta razón, la solubilidad de la metilcelulosa cambia de acuerdo a los siguientes criterios:

DISOLVENTE	PROPIEDAD QUIMICA	GRADO DE SUSTITUCIÓN (DS)
Solución de NaOH diluida	Soluble	0.4-0.6
Agua	Soluble	1.3-2.6
Disolventes orgánicos	Soluble	2.4-2.7

TABLA 2. Por ejemplo, se pueden hacer comparaciones de las propiedades de aminoalquilcelulosa con las propiedades de la carboxialquilcelulosa

La introducción de sustituyentes hidrófobos hace que la celulosa sea soluble en soluciones alcalinas o agua por la destrucción de las regiones cristalinas, las cuales están formadas por puentes de hidrógeno intra- e inter moleculares entre grupos hidroxilo.

La uniformidad de sustitución está gobernada por la reactividad de los grupos hidroxilo, los cuales van a depender de factores estéricos y estáticos. Los cuales a su vez estarán gobernados por la homogeneidad de la reacción (1).

### 5.7 ABSORCION DE AGUA

La adición de agua a la celulosa y sus derivados es lo que determina el poder de absorción de la misma, también es capaz de absorber muchos líquidos orgánicos e hincharse con algunos de ellos. Con algunos alcoholes absorbidos muestra el mismo tipo

general la histéresis, sustancias con bajo carácter polar se absorben menos frecuentemente y se remueven más fácilmente por medio del calor o del vacío, un secado prolongado a 105°C elimina todo el alcohol absorbido, reteniendo solamente pequeñas porciones de 1.5 a 2 % que no interfieren en los métodos analíticos.

Las moléculas de alcoholes con peso molecular grande no penetran a espacios frecuentemente ocupados por el agua, con hidrocarburos no polares y con benceno la hinchazón es despreciable, pero con los alcoholes y ácidos grasos, el efecto de hinchazón disminuye conforme aumenta el peso molecular, para el hinchamiento es posible reemplazar el agua por acetona o benceno. Sin observar un cambio apreciable en sus dimensiones Kestler aplicó este método usando propano el cual se evaporó después, obteniendo con ello una aerogel de celofán.

La expresión capacidad de retención de agua se emplea generalmente para hacer referencia a la cantidad de agua que una proteína o un hidrato de carbono (macromoléculas en general) puede retener sin que haya liberación de líquido. Dicha capacidad depende de factores intrínsecos (tipo de polímero, peso molecular, linealidad, etc.), y de factores extrínsecos (pH, fuerza iónica, temperatura, presencia de ciertos cationes, etc.)

La retención de agua puede causar la formación de un gel; tal es el caso de los producidos por las carragaeninas y las pectinas. Las macromoléculas actúan entre sí y forman una red tridimensional en la que queda atrapada el agua debido a una fuerte hidratación del polímero. Sin embargo, durante el almacenamiento puede ocurrir que las macromoléculas reaccionen entre sí y pierdan su capacidad de retención de agua; esto ocasiona que las moléculas del agua que ya no se retienen, se desprendan de la matriz del gel y emigren a la superficie. Este fenómeno se conoce como sinéresis, que indica exudación o liberación de agua causada por un reacomodo interno de las macromoléculas (8).

## **5.8 ACCIÓN DE LOS MICROORGANISMOS SOBRE LA CELULOSA**

Se ha encontrado que ciertas clases de bacterias son capaces de fermentar la celulosa, en fermentación aerobia la reacción es principalmente la oxidación, con desprendimiento de CO<sub>2</sub> mientras que en la anaerobia (en ausencia de oxígeno) el proceso de reducción produce metano CH<sub>4</sub>, en ambos casos es probable que se produzca una hidrólisis extensiva. En reciente estudio de la acción de la citoplaga Hutchinsoni se muestra que las dos terceras partes de la celulosa atacadas se transformaban en CO<sub>2</sub> y la tercera parte restante de la celulosa quedaba como oxixelulosa mucilaginoso, un 50% de celulosa descompuesta fue reportado después de ocho días, esto demuestra que la lignina retarda o inhibe el ataque bacterial.

## **5.9 MASA Y PESO MOLECULAR**

Se ha calculado que el peso molecular máximo de la celulosa de diversas procedencias varía de 50,000 a 2,500,000 que es el equivalente de 300 a 15000 residuos de glucosa. Por otro lado, a pesar de su abundancia en la naturaleza, no se encuentra en forma pura, ya que usualmente se presenta en combinación con otros polímeros como lignina, pectina, hemicelulosa, etc. Sobre la base de una producción mundial, se ha calculado que las plantas de la tierra producen 24 ton/año, su peso molecular llega a ser hasta de varios millones, con un peso molecular desde 160 000 a 480 000. La celulosa es un sólido incoloro.

Las propiedades físicas y químicas de la celulosa dependerán, como en todos los polímeros, de su peso molecular y la distribución de éste. El peso molecular (M) se expresa

como grado de polimerización ( $DP = M/162$ ); En donde 162 es el peso molecular de una unidad de glucosa anhidrido. También el peso molecular va a depender de la técnica

Cuando se determina el peso molecular y su distribución es necesario disolver la celulosa.

### **5.10 MECANICA**

Su alta resistencia mecánica y química se debe a que sus cadenas paralelas se alinean sobre un eje longitudinal y establecen un gran número de enlaces de hidrógeno intermoleculares, lo que da origen a micro fibrillas altamente resistentes. Esta estructura explica sus propiedades mecánicas y su resistencia a la ruptura (7).

### **5.11 CRISTAL**

La celulosa existe en tres formas --alfa, beta y gamma--alfa celulosa tiene el grado máximo de polimerización (G.P.), y es el principal constituyente de la pulpa de papel. Las formas beta y gamma tienen un (G.P.) mucho más bajo y son conocidas como hemicelulosa. Los métodos para determinar el contenido alfa de las pulpas son diversos.

### **5.12 INFLAMABILIDAD**

La celulosa es un combustible con un punto de ignición de alrededor de 232°C; en algunas formas inflamables. Las materias celulósicas (desperdicios de papel, algodón y tejidos) aún cuando están húmedas con agua son un peligroso riesgo de incendio. Se ha observado que los incendios han tenido lugar en los almacenes de libros telefónicos. Esto se debe

indudablemente, a que el calor se incrementa en el papel a causa de la actividad microbiana y la auto oxidación sostenida (7).

## 6 APLICACIONES

### 6.1 ADITIVOS ALIMENTICIOS

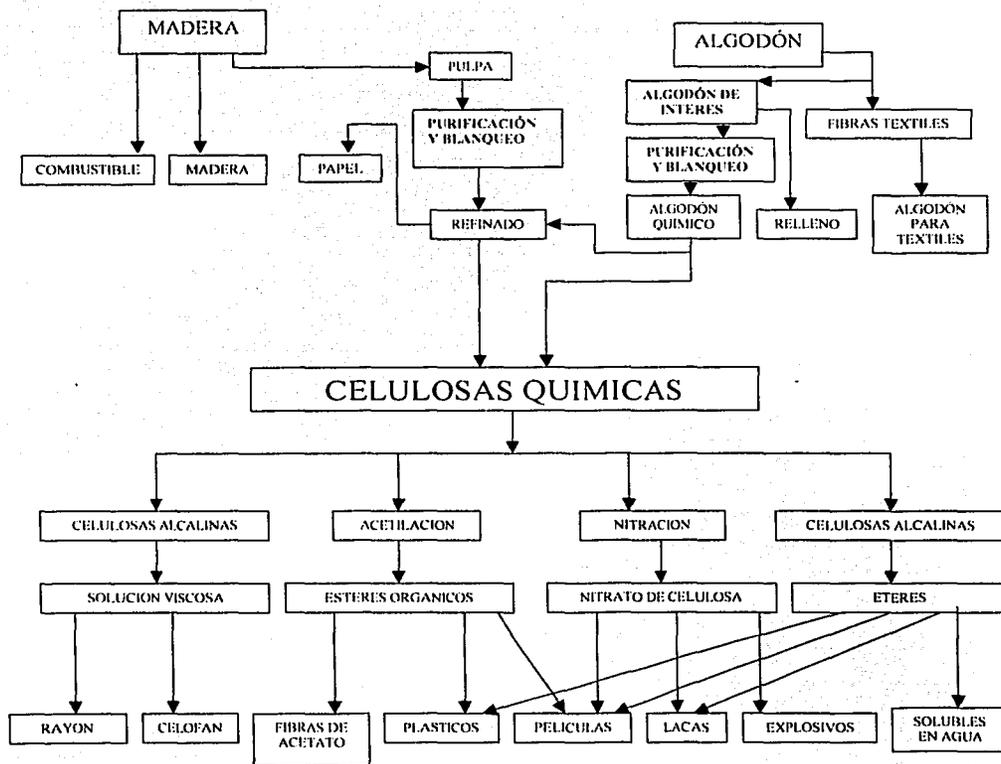
Compuestos que no suelen considerarse alimentos, pero que se añaden a estos para ayudar en su procesamiento o fabricación, o para mejorar la calidad de la conservación, el sabor, color, textura, aspecto o estabilidad, o para comodidad del consumidor. Las vitaminas, minerales y otros nutrientes añadidos para reforzar o enriquecer el alimento, quedan por lo general, excluidos de la definición de aditivos, tales como hierbas, especias, sal, levadura o proteínas hidrolizadas para destacar el sabor.

Los aditivos se pueden extraer de fuentes naturales para sintetizarse en el laboratorio y dar como resultado un compuesto de las mismas características químicas que el producto natural, o bien pueden ser compuestos sintéticos que no existen en forma natural (3).

El hombre consume celulosa en forma de madera, papel, algodón de textiles, rayón, película, lacas y una gran cantidad de otras formas incluyéndolo como combustible. La utilidad de la celulosa depende no solo de las excelentes propiedades físicas y mecánicas de este polímero en sí, sino también en el gran número de derivados que han sido sintetizados, utilizándolo como materia prima. Estos compuestos representan una gran diversidad de aplicaciones dentro de las industrias por ser solubles, propiedad de la que carece la celulosa.

A continuación se presenta en forma esquemática las fuentes, derivados representativos de la celulosa así como algunos usos finales de los mismos (3).

DIAGRAMA 1 CELULOSA: FUENTES, DERIVADOS Y USOS



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 7 DERIVADOS CELULÓSICOS

### 7.1 CLASIFICACION Y ASPECTOS GENERALES DE LOS DERIVADOS DE CELULOSA

La celulosa se encuentra presente en todas las plantas como principal componente estructural de sus paredes celulares. Esta normalmente asociada a varias hemicelulosas y lignina, y el tipo y extensión de estas asociaciones contribuye en gran medida a la textura característica de los alimentos vegetales.

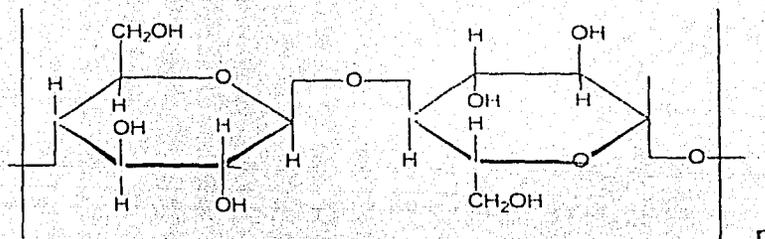


FIGURA 5 ESTRUCTURA MOLECULAR DE LA CELULOSA

La celulosa es un producto difícil de tratar como tal, por su insolubilidad en la mayoría de los principales disolventes. Sin embargo, mediante reacciones químicas pueden producirse derivados celulósicos, que combinan estas propiedades de la celulosa e incrementan su utilidad, y se clasifican como sigue:

#### a) ESTERES DE CELULOSA

##### 1. Inorgánicos

##### a) Nitrato

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

b) Sulfato

2. Orgánicos

a) acetato

b) propionato

c) acetato propionato

d) acetato butirato

b) ETERES DE CELULOSA

1. órgano solubles y termoplásticos

a) etilcelulosa

b) etilhidroxietilcelulosa

c) cianoetilcelulosa

2. solubles en agua

a) carboximetilcelulosa de sodio

b) carboximetilhidroxietilcelulosa de sodio

c) hidroxietilcelulosa

d) metilcelulosa

e) hidroxipropilmetilcelulosa

f) hidroxipropilcelulosa

g) varios

Los derivados celulósicos son muy resistentes a la acción bacteriana y exhiben buenas propiedades de viscosidad. Estos materiales no contribuyen en el valor nutritivo del

alimento, al ingerirse, no son metabolizados y son fisiológicamente inertes, por otra parte son productos que no alteran el color, olor y sabor del alimento que los contiene. Para la industria de los alimentos sirven especialmente los éteres de celulosa hidrosolubles que poseen en la molécula un átomo de oxígeno unido a dos restos hidrocarburos (11).

## 7.2 DERIVADOS DE CELULOSA EN ALIMENTOS

Tres son los derivados de celulosa que encontramos comúnmente en la industria alimentaria, carboximetilcelulosa de sodio, metilcelulosa e hidroxipropilmetilcelulosa.

Estos productos son conocidos como éteres de celulosa solubles en agua o más comúnmente polímeros solubles en agua. Cada uno de ellos reúne características y propiedades que encuentran una aplicación amplia en la industria alimentaria (12).

### 7.2.1 PROCESO DE FABRICACIÓN

La celulosa  $(C_6H_{10}O_5)_n$ , que se emplea para la obtención de derivados solubles en agua, proviene de linteres de algodón o de pulpa de madera. Es un polímero lineal de uniones glucosídicas, cuya unidad repetitiva en la cadena es la anhidro glucosa cada una de las cuales, tiene tres grupos hidroxilo. El promedio de las unidades anhidro glucosa por cadena es de 3,500 a 10,000. esta medida se conoce con el nombre de grado de polimerización. En si la celulosa es una larga cadena lineal en donde encontramos una región cristalina ordenada y otras regiones desordenadas o amorfas. En general un 60 a 70 % de la cadena de la celulosa tiene estructura cristalina y el resto es amorfa. La celulosa como tal, por su

estructura, es difícil de tratar, pues es impenetrable por agentes químicos e insoluble. Sin embargo su región amorfa, es sensible a la humedad y sujeta a ser atacada químicamente. El rompimiento de la región cristalina de la celulosa, la hace mas manejable y esto puede lograrse por la presencia de bases fuertes como el hidróxido de sodio. Los tres grupos hidroxilo de los anillos de anidrogucosa son los responsables de que la celulosa pueda ser modificada originando sus distintos derivados. Existen varios métodos para preparar álcali celulosa. Uno de los mas usados es partiendo de alfa celulosa de algodón o madera que debe recibirse blanqueada, purificada, con un bajo contenido de incrustaciones (ligninas y pentosanas), con no mas del 8.0 % de humedad y generalmente suministrada en rollos.

Esta alfa celulosa se muele o pulveriza y se somete a una solución de sosa grado rayón al 40% en un reactor con condiciones controladas, por lo general a 25°C durante 2 horas.

Se ha encontrado de manera empírica que cada éter de celulosa requiere un tipo diferente y específico de álcali celulosa, ya que la distribución uniforme de hidróxido de sodio a través de las cadenas de la celulosa es determinante en la calidad y uniformidad del derivado a producirse (13).

### **7.3 ESTERES DE CELULOSA**

#### **7.3.1. NITRATO DE CELULOSA**

También llamado nitrocelulosa, es un éster de celulosa, en la cual los grupos hidroxilo de la cadena de celulosa, han sido reemplazados por el radical  $-\text{ONO}_2$ . Físicamente es un sólido blanco fibroso, altamente inflamable, disponible en el mercado, es importante históricamente pues fue el primer derivado de celulosa producido. Su uso en grandes volúmenes comenzó

a raíz de la primera guerra mundial. Sus principales usos son como materia prima en la producción de explosivos, en laqueado y terminado de pintura en la industria automotriz, y en áreas donde su uso es más limitado pero no menos importante como propelentes, plásticos, suela de zapatos, fotografía y piel artificial.

### **7.3.2 SULFATO DE CELULOSA**

Este derivado es obtenido por la reacción de celulosa con ácido clorosulfónico, en presencia de piridina, sus propiedades en solución son muy similares a las de la carboximetil celulosa de sodio. Este producto no está disponible comercialmente.

### **7.3.3 ACETATO DE CELULOSA**

Es el éster celulósico orgánico más importante. Es un producto sólido, blanco, sin olor ni sabor y no tóxico. Es producido mediante celulosa en presencia de anhídrido acético, ácido acético y ácido sulfúrico, en una reacción fuertemente exotérmica. Su importancia en la industria se inició al sustituir a la nitrocelulosa en aplicaciones como recubrimiento de porta aviones, de gran importancia en la primera guerra mundial, y por ser menos inflamable, también sustituyó a la nitrocelulosa en la fabricación de películas fotográficas. El acetato de celulosa fue el primer material termoplástico usado para inyección de moldes. Actualmente su principal aplicación es en textiles, filtros de cigarro, cintas reproductoras y aún en moldes de plástico (1).

### **7.3.4 ACETATO PROPIANATO DE CELULOSA Y EL ACETATO BUTIRATO DE CELULOSA**

No tienen gran interés comercial, ya que los ésteres de estos ácidos grasos son mucho más difíciles de preparar que el acetato de celulosa y sus propiedades dejan mucho que desear comparados con este último. Sin embargo encuentran aplicación en plásticos y lacas.

## **7.4 ETERES DE CELULOSA**

### **7.4.1 ETERES ORGANOSOLUBLES Y TERMOPLÁSTICOS**

#### **7.4.1.1 ETIL CELULOSA**

Compuesto granular, blanco, sin olor ni sabor y no tóxico. Para su producción, álcali celulosa es tratada con cloruro de etilo, obteniéndose el éter correspondiente con grados de sustitución de 2.2 a 2.5. la etil celulosa es un producto compatible con un gran número de resinas y plastificantes. Por su alta resistencia al impacto es utilizada en la laca protectora para pinos de boliche; sus usos de importancia se localizan en la industria de pinturas, acabados de papel, acabados de madera y barnices entre otros. Actualmente es el mejor éter celulósico, insoluble en agua y soluble en solventes orgánicos producido comercialmente por compañías como Dow Chemical y Hercules Powder Company (1).

#### **7.4.1.2 ETIL HIDROXIETIL CELULOSA**

Producido mediante una modificación de etil celulosa por la incorporación de grupos 2-hidroxietyl. Este éter celulósico es soluble en solventes alifáticos, a diferencia de la etil celulosa que es más compatible con compuestos aromáticos. Es un producto que puede

obtenerse granular o en polvo. Sus propiedades como agente dispersante, coloide protector, retenedor de agua, ligante y espesante son aprovechadas para aplicaciones en papel tapiz, materiales de construcción, tabaco y cerámica entre otras.

#### **7.4.1.3 CIANOETIL CELULOSA**

Mediante el 2-cianoetil, obtenido por la reacción de acrilonitrilo con alcoholes y en presencia de NaOH, se lleva a cabo una cianoetilación de la molécula de celulosa produciéndose la cianoetil celulosa. Este compuesto tiene características especiales por su constante dieléctrica y que hace pueda ser utilizado con éxito en la formación de la resina para lámparas electro luminiscente. Este compuesto es soluble satisfactoriamente en solventes como acetona, acrilonitrilo, piridina y dimetilformamida (14).

#### **7.4.2 ETERES SOLUBLES EN AGUA**

##### **7.4.2.1 CARBOXIMETILCELULOSICA DE SODIO**

###### **7.4.2.1.1 ORIGEN**

La carboximetilcelulosa de sodio, es conocida también como NaCMC, glicolato sódico de celulosa y en la industria de alimentos como goma de celulosa, que establece su carácter de pureza. El termino carboximetil celulosa se usa también en la literatura, refiriéndose específicamente a la de sodio, ya que el ácido libre tiene poco interés comercial. El producto crudo, es decir con bajo grado de pureza fue producida en Europa en los años veintes y era empleado como agente espesante en sistemas acuosos y como adhesivo para papel tapiz. Durante la segunda guerra mundial la NaCMC se empleó en Alemania para la

fabricación de detergentes sintéticos como sustituto de gomas naturales. En 1946, se inició la era comercial de este producto por la apertura en U.S.A. de la planta Hércules Powder Co. A la fecha, otros importantes usos han sido encontrados para este material entre ellos en alimentos, lo que ha originado la apertura de diversas plantas productoras en el mundo, incluso en la República Mexicana.

La metil celulosa y la hidroxipropilmetil celulosa, fueron tomando importancia en la industria, en etapas posteriores a la NaCMC, pero actualmente, estos tres derivados forman una importante alternativa en el campo de los aditivos alimentarios (15).

El carboximetil celulosa de sodio, es un polímero aniónico derivado de la celulosa, soluble en agua, que tiene las siguientes funciones y propiedades:

- Se disuelve fácilmente en agua fría o caliente.
- Retiene el agua.
- Actúa como agente resistente a aceites, grasas y disolventes orgánicos.
- Actúa como ligante y coloide protector.
- Regula las propiedades de flujo y actúa como agente de control reológico.
- Es fisiológicamente inerte.

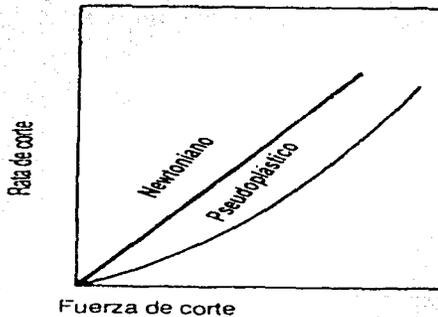
Estas propiedades hacen que sea utilizada en un rango amplio de aplicaciones, en alimentos, industrias farmacéuticas y de cosméticos, de papel, detergentes, textil, tódos de perforación, pinturas, adhesivos, cerámicas, pasta dental, flotación y peletización de minerales e industria del cuero (16).

### 7.4.2.1.2 PROPIEDADES FÍSICAS DE LA NaCMC

#### 7.4.2.1.2.1 COMPORTAMIENTO REOLOGICO

Las soluciones de NaCMC son fluidos newtonianos, es decir, la relación entre la fuerza y la velocidad de corte no es constante.

La grafica de fuerza de corte versus la velocidad de corte (grafica 1) para un fluido newtoniano es una línea recta que pasa por el origen, para un líquido pseudoplástico como la NaCMC es una línea curva.



la grafica No. 1 muestra la velocidad de corte vs. De la fuerza de corte para líquidos newtonianos y pseudoplásticos.

La viscosidad de las soluciones NaCMC cambia al variar la velocidad de corte aplicada a la solución. Al incrementar esta velocidad, la resistencia al flujo (viscosidad), disminuye (gráfica 2).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



la grafica No. 2 muestra la viscosidad aparente vs. velocidad de corte para fluidos newtonianos y pseudoplásticos

Este comportamiento se llama pseudo plasticidad.

Los Polímeros de cadena larga presentan una cantidad considerable de interacciones, estas tienden a desarrollar estructuras en tres dimensiones y exhiben un fenómeno conocido como tixotropía.

La tixotropía es un cambio de viscosidad en el tiempo caracterizado por un incremento de la viscosidad aparente cuando la solución permanece en reposo ( $D=0$ ), al aplicar soluciones tixotrópicas son deseables para ciertos usos de la NaCMC como la suspensión de sólidos. Las soluciones de NaCMC de media y alta viscosidad y DS inferior a 0.7 exhiben generalmente un comportamiento tixotrópico (16).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

#### 7.4.2.1.2.2 ABSORCIÓN DE HUMEDAD

La NaCMC es un producto higroscópico, por lo tanto al contacto con el aire absorbe humedad alterando el porcentaje inicial.

El porcentaje de humedad y la tasa de absorción de la NaCMC dependen de:

- Humedad inicial del producto.
- Humedad relativa del ambiente.
- Temperatura.

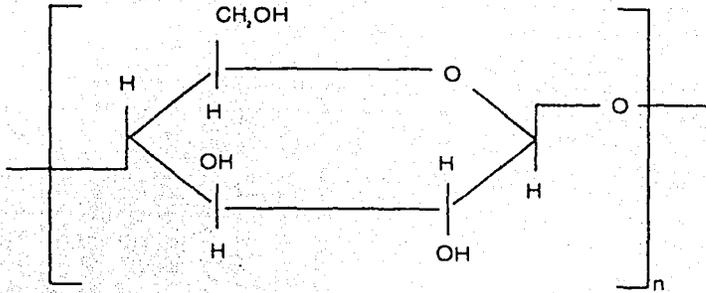
#### 7.4.2.1.3 PROPIEDADES QUÍMICAS DE LA NaCMC

##### 7.4.2.1.3.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA NaCMC

La NaCMC es un polímero aniónico soluble en agua.

Este éter celulósico se produce haciendo reaccionar álcali celulosa con monocloroacetato de sodio bajo estrictas condiciones de proceso. En la reacción se obtienen como subproductos cloruro de sodio y glicolato de sodio, estas sales se remueven obteniéndose la carboximetilcelulosa de sodio altamente purificada.

La estructura de la molécula de celulosa (figura 6) está compuesta por una cadena de unidades repetidas anhidroglucosidas, donde  $n$  representa el número de unidades en la cadena y se conoce como el grado de polimerización de la celulosa (GP). Cada unidad anhidroglucosida contiene tres grupos hidroxilicos. La CMC se obtiene sustituyendo algunos de los hidrógenos de estos hidroxilos por grupos carboximetilicos (16).



La figura No. 6 muestra la estructura de la celulosa y de la cual se puede obtener la CMC, sustituyendo algunos de los hidrógenos de estos hidroxilos por grupos carboximéticos. D.S.= 1.0

#### 7.4.2.1.3.2 DISPERSIÓN Y DISOLUCIÓN DE LA CMC

La NaCMC es soluble en agua fría y caliente, sin embargo, al igual que todos los polímeros solubles en agua, las partículas de NaCMC tienen la tendencia de formar aglomerados y grumos cuando es humectada en agua. Existen factores fisicoquímicos que inciden en la velocidad de disolución de la NaCMC.

Los tipos de NaCMC con mayor tamaño de partícula se dispersan fácilmente en agua, sin embargo requieren de un mayor tiempo de disolución. Esta NaCMC es recomendable cuando no se dispone de un sistema de agitación adecuado.

Para aplicaciones que requieren una disolución rápida es recomendable emplear la NaCMC y el peso molecular inciden también en la velocidad de disolución. A medida que se incrementa la sustitución y/o se disminuye el peso molecular, se consigue una disolución más rápida.

Para obtener una buena solución es necesario considerar dos etapas en la disolución:

1. Dispersar el polvo seco de NaCMC en agua.
2. Disolver las partículas humectadas.

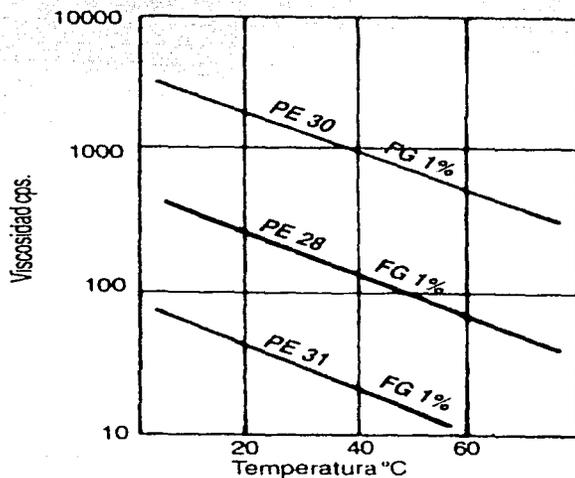
TEXIS CON  
FALLA DE CARGA

Para conseguir una buena dispersión debe adicionarse muy lentamente la NaCMC en el agua y para disolver las partículas humectadas debe contarse con una agitación vigorosa.

#### 7.4.2.1.3.3 EFECTO DE LA TEMPERATURA

A diferencia de otros éteres de la celulosa, como la metilcelulosa que con el calentamiento coagulan, las soluciones de NaCMC no se alteran con éste, solo presenta variaciones de viscosidad; la cual disminuye al aumentar la temperatura.

Bajo condiciones normales el efecto de la temperatura sobre la viscosidad es reversible. La grafica No. 3 muestra el comportamiento y efecto de la temperatura sobre la viscosidad.



INSIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La grafica No. 3 muestra el efecto de la temperatura sobre la viscosidad

#### 7.4.2.1.3.4 EFECTOS DEL PH

La solución de NaCMC mantiene una viscosidad constante y su máxima estabilidad en un rango de pH que va de 6 a 9. por debajo de un pH de 4 hay transformación de la NaCMC en ácido carboximetilcelulósico, el cual flocula dando viscosidades superiores. Por encima de un pH de 10 la viscosidad disminuye notablemente. En medio ácido, el orden de adición de la NaCMC al disolvente es muy importante. Lo correcto es disolverla primero en el solvente y sucesivamente acidificar la solución. En el caso de disolverla directamente en la solución ácida la viscosidad será inferior. La NaCMC por lo tanto puede utilizarse, operando en forma correcta, en soluciones fuertemente ácidas. En medio alcalino la viscosidad será superior en el caso de añadir directamente la NaCMC a la solución alcalina. Los ácidos fuertes hidrolizan la NaCMC.

La descomposición es función del tiempo y de la temperatura y es particularmente rápida con ácidos de efecto oxidante, las cuales actúan como despolimerizantes (16).

#### 7.4.2.1.3.5 ESTABILIDAD Y PRESERVACIÓN

Las soluciones de NaCMC son bastantes resistentes a los ataques microbiológicos, sin embargo no pueden considerarse inmunes.

En condiciones normales, un calentamiento a 80 a 100 °C durante 30 minutos, o 100 °C por minuto es suficiente para destruir los microorganismos y evitar la descomposición.

Cuando las soluciones deben almacenarse por mucho tiempo es aconsejable añadir un preservativo para evitar la descomposición y prevenir la degradación de viscosidad.

Los preservativos mas comúnmente utilizados para usos técnicos son el formaldehído, fluoruro de sodio, fenol y sus derivados y el acetato y nitrato fenilmercurico.

Para la NaCMC empleada en alimentos y cosméticos se puede utilizar benzoato de sodio, éteres oxibenzoicos, ácido sórbico y sus sales de sodio, calcio y magnesio, propionato de sodio y el metil y propil para-hidroxibenzoato.

Bajo ciertas condiciones las soluciones de NaCMC son susceptibles de sufrir degradación química y por consiguiente presentar disminución en su viscosidad. Por lo tanto, para obtener la mejor estabilidad durante el almacenamiento prolongado de las soluciones de NaCMC deben tenerse en cuenta los siguientes factores:

1. Dar protección contra ataques microbiológicos.
2. Mantener el pH de la solución lo más cercano posible a las condiciones neutras
3. Evitar la exposición prolongada a temperaturas elevadas.
4. Evitar el oxígeno y los agentes oxidantes en general.

#### **7.4.2.1.3.6 COMPATIBILIDAD**

La NaCMC es compatible con muchos otros coloides orgánicos como almidones, gelatinas, alginatos, harinas vegetales, éteres y ésteres celulósicos, detergentes tenso activos, gomas, alcohol de polivinilo y en general con la mayoría de los polímeros aniónicos y no iónicos solubles en agua.

#### **7.4.2.1.3.7 SALES**

La compatibilidad de la NaCMC con las sales inorgánicas depende de la capacidad del catión añadido para formar una sal soluble de carboximetilcelulosa. Los cationes monovalentes usualmente interactúan con la NaCMC formando sales solubles.

Los cationes divalentes como el calcio, bario, cobalto, magnesio no forman geles con la NaCMC pero sin embargo se presenta una disminución en la viscosidad y se da la presencia de cierta nubosidad cuando estos cationes son añadidos a las soluciones de NaCMC.

Las sales trivalentes forman precipitados insolubles con la NaCMC. También puede ocurrir la precipitación con cationes de metales pesados.

En general, el efecto de las sales depende de su tipo y concentración, del pH de la solución, del grado de sustitución de la NaCMC y de la manera como se pongan en contacto la sal y la NaCMC.

La NaCMC altamente sustituida presenta una mayor tolerancia a la mayoría de las sales. Esta tolerancia también se puede favorecer disolviendo previamente la NaCMC en agua antes de la adición de la sal (16).

#### **7.4.2.1.3.8 MODELOS SELECCIONADOS**

Los enlaces atómicos que tienen menos de 90 grados fue la primera aplicación para la celulosa. Usando distancias estándares, enlace y ángulos e incorporando a la molécula un hidrógeno intramolecular la longitud de enlace es de 0.275nm y consiste de un modelo para la cadena de celulosa por la repetición de una doble hélice en 1.038nm. El enlace glucosídico tiene un ángulo de 114.8 grados y la torsión del enlace glucosídico es de 23 grados. Este modelo molecular es completamente rígido, excepto para la rotación de la cadena lateral cerca del enlace de la hidroximetilo (1).

## 7.4.2.1.4 ESTRUCTURA

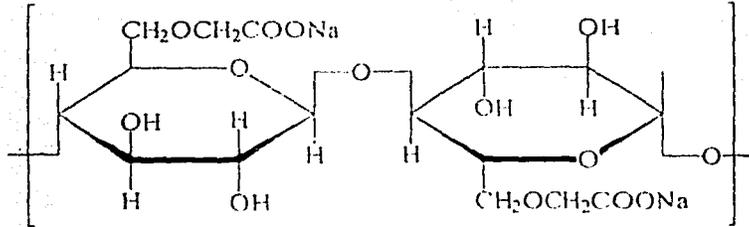


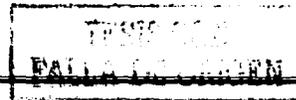
FIGURA 7 ESTRUCTURA MOLECULAR DE LA CARBOXIMETILCELULOZA DE SODIO

## 7.4.2.1.5 COMPATIBILIDAD

La goma de celulosa es compatible con la mayoría de los polímeros solubles en agua en un sin número de concentraciones. En combinación con la goma de algarrobo, guar o hidroxipropilcelulosa en soluciones acuosas presenta un sinergismo importante que aumenta la viscosidad. No presenta sinergismo con gomas de carácter aniónico, sin embargo, si es compatible con ellas.

## 7.4.2.1.6 SINERGISMO

Tiene efecto sinérgico cuando se mezcla con polímeros no iónicos, como hidroxipropilcelulosa o hidroxietilcelulosa, pero en presencia de electrolitos reduce la viscosidad del sinergismo.



Al mezclarse con HPMC o con MC disminuye la viscosidad de los sistemas. La NaCMC también es compatible con almidones presentando un efecto sinérgico entre ambos.

#### 7.4.2.1.7 APLICACIONES

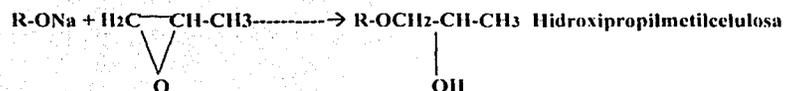
Es el estabilizante por excelencia en helados, nieves y paletas actuando como un agente de control en el crecimiento de cristales, mejorador de la palatabilidad, el cuerpo y la textura final de estos productos. Se utiliza como emulsificante en sustitutos de crema. En alimento para animales es un ligante de agua libre y ayuda a los procesos de extruido en pellets. En alimentos proteínicos retiene el agua y mejora la palatabilidad. En panificación mejora la viscosidad de las masas preparadas, aumenta la retención de humedad y mejora la textura rígida de los productos finales. En productos cárnicos actúa como ligante de los jugos naturales de la carne, proporciona palatabilidad a las grasas y como agente de textura. En bebidas carbonatadas, no carbonatadas, con jugo o sin jugo es un agente de suspensión, modifica la viscosidad de las soluciones, da palatabilidad y cuerpo, estabiliza la proteína en bebidas acidificantes y mantiene la Carbonatación por más tiempo. En postres, merengues, rellenos, pudines y glasses es un agente que controla la formación de cristales de azúcar, mejora la textura e inhibe la sinéresis. Se utiliza ampliamente en productos bajos en calorías proporcionando las características de cuerpo y texturas faltantes, además de una sensación parecida a la que da la grasa. En jarabes, forma soluciones claras permitiendo mantener las características esenciales de estos productos. El nivel recomendado varía de 0.25 a 0.75 % (5).

## 7.4.2.2 HIDROXIPROPILMETILCELULOSA

### 7.4.2.2.1 ORIGEN

Es un sólido blanco que fue fabricado por primera vez en U.S.A. y posteriormente en Gran Bretaña, Japón, la Unión Soviética y México. En este caso el agente eterificante es óxido de propileno. Se elabora por tratamiento de un álcali de celulosa con óxido de propileno a elevadas temperaturas y presiones.

### 7.4.2.2.2 REACCION



### 7.4.2.2.3 PROPIEDADES FUNCIONALES

Espesante

Emulsificante

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

#### **7.4.2.2.4 PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS**

- **SOLUBILIDAD**

Es un compuesto no iónico, soluble en agua, celulosa y éter. Es soluble en agua por debajo de 40°C (pero insoluble a temperaturas de 40-45°C). Es más soluble en disolventes orgánicos y presenta alta tolerancia a las sales.

- **VISCOSIDAD**

Cuando se combina con polímeros aniónicos como carboximetilcelulosa y alginato de sodio, resulta un incremento sinérgico en la viscosidad, debido a los elevados pesos moleculares de los polímeros.

Cuando se combina con polímeros no iónicos como goma guar y celulosa microcristalina resulta una disminución de la viscosidad disminuye con el calentamiento.

#### **CONDICIONES DE GELIFICACION**

No gelifica (la gelificación puede ocurrir cuando hay cationes trivalentes).

#### **7.4.2.2.5 SINERGISMO**

Al mezclarse con MC o con CMC disminuye la viscosidad de los sistemas alimenticios.

### 7.4.2.2.6 APLICACIONES

Se aplica en la producción de materiales refractarios, papel, adhesivos, pinturas, medicamentos y alimentos (12).

### 7.4.2.3 METILCELULOSA

#### 7.4.2.3.1 ORIGEN

Este derivado es de importancia en alimentos. Se trata de un polvo blanco, sin olor ni sabor como los otros derivados. Sus usos están basados en su solubilidad en agua fría. Se prepara generalmente a partir de álcali celulosa de linteres de algodón o madera sometida a una eterificación con cloruro de metilo.

#### 7.4.2.3.2 ESTRUCTURA

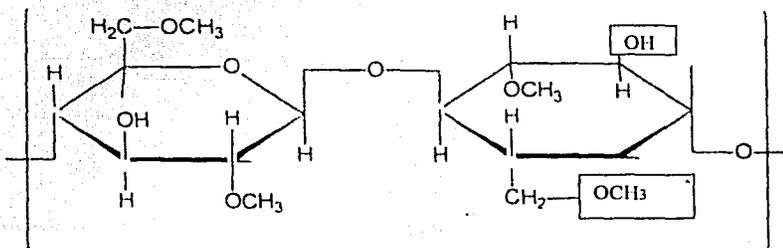


FIGURA 9 ESTRUCTURA MOLECULAR DE LA METILCELULOSA

#### 7.4.2.3.3 PROPIEDADES FUNCIONALES

Espesante

#### 7.4.2.3.4 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

- **SOLUBILIDAD**

Es un hidrocolide soluble en agua fría

- **FORMACIÓN DE GELES**

Forma geles con calentamiento y adición de sales.

- **COMPATIBILIDAD**

Es compatible con soluciones con metales pesados.

- **SINERGISMO**

Con CMC y con HPMC disminuyen la viscosidad de los sistemas.

#### 7.4.2.3.5 APLICACIONES

Este material se prepara generalmente a partir de álcali celulosa, de linteres de algodón o madera sometida a una eterificación con cloruro de metilo. En curtiduría, cerámica, farmacia, construcción, resinas y cosméticos tiene importante participación (3).

#### 7.4.2.4 CARBOXIMETIL HIDROXIETIL CELULOSA DE SODIO

Una de las limitantes principales de la CMC, es su precipitación en presencia de sales inorgánicas en solución, sobre todas aquellas con las que no es compatible como aluminio y fierro. Este comportamiento iónico que es indeseable para algunas aplicaciones, puede ser eliminado en gran medida, sustituyendo parte de los grupos carboximetilos de la CMC por grupos hidroxietilo, obteniéndose CMHEC que conserva propiedades de la CMC pero es menos sensible a la precipitación por la presencia de sales o medios ácidos, sobre todo aquel producto cuyo contenido de grupos carboximetilo es menor. Este derivado se usa en pulido de metales y detergentes líquidos entre los más importantes.

#### 7.4.2.5 HIDROXIETIL CELULOSA

Este hidroxialquil derivado, es un polvo blanco, sin olor ni sabor. Disponible comercialmente en dos tipos; uno insoluble en agua y soluble en soluciones de NaOH al 7% y otro totalmente soluble en agua, el cual tiene mayor importancia industrialmente. El álcali celulosa reaccionando con oxido de etileno en presencia de acetona o alcohol isopropílico para evitar la solubilización del producto, nos origina la hidroxietilcelulosa. La HEC es un producto no iónico soluble en agua, y sus propiedades difieren de otros derivados no iónicos por ser soluble tanto en agua fría como caliente y ser más resistente a la precipitación aún en presencia de sales inorgánicas en solución. Sus propiedades espesantes encuentran aplicación en cosméticos y pinturas, su propiedad de formar una película insoluble en agua caliente o fría es empleada como membrana

protectora en empaques y producción de papel. Otros usos se localizan en detergentes, tintas, cerámica y retardantes de cemento, acabado de pieles, adhesivos, etc.

#### **7.4.2.6 ETIL HIDROXIETIL CELULOSA**

Se puede decir que es una etil celulosa mejorada por la introducción de grupos hidroxietil, ya que estos incrementan la solubilidad en agua y aumenta la temperatura de gelación. Con una sustitución elevada en la celulosa de estos grupos, se obtienen derivados solubles a más altas temperaturas y como otros derivados solubles en agua no iónicos son resistentes a la precipitación en soluciones con pequeñas cantidades de metales pesados y a medios ácidos. La EHEC se produce tratando el álcali celulosa con una mezcla de cloruro de etilo y óxido de etileno. Por la alta reactividad del óxido de etileno, se completa más rápidamente la hidroxietilación que la etilación. Algunas de sus aplicaciones se localizan en la emulsión de pinturas como espesante, adhesivo de papel tapiz y como aglutinante de fundentes.

#### **7.4.2.7 HIDROXIPROPIL CELULOSA**

Como los demás éteres celulósicos, es un sólido blanco que comercialmente está disponible en forma granular. Es del tipo no iónico, por lo que su comportamiento es similar a los de esta familia. El grupo hidroxipropil lo hace ser soluble en agua y solventes orgánicos. Sus usos están dirigidos a la industria farmacéutica, cosméticos, removedores, construcción, adhesivos y polimerización entre otros. Actualmente en el mercado existen productos con baja sustitución de hidroxipropil, que lo hace menos

soluble en solventes orgánicos, lo que le imparte propiedades de desintegración que son bien aprovechados en la preparación de tabletas y grageas farmacéuticas.

#### 7.4.2.8 VARIOS

Otros éteres de celulosa solubles en agua, cuyo uso es, muy específico y no tan extenso como los anteriores son, metil etil celulosa, hidroxietil metil celulosa, etil metil celulosa, hidroxibutil celulosa, bencil celulosa y fenil celulosa (1).

### 7.4.3 ETERES CELULOSICOS CON CARACTERÍSTICAS ESPECIALES Y SUS USOS EN ALIMENTOS

#### 7.4.3.1 CELULOSA MICROCRISTALINA

##### 7.4.3.1.1 ORIGEN

Desarrollos recientes en la tecnología de la celulosa, han permitido la preparación de productos de alfa celulosa pura, con propiedades hidrofílicas y con aplicación en alimentos. Uno de ellos es la alfa celulosa microcristalina y cuyo nombre comercial internacional es AVICEL.

Mientras que la alfa celulosa, normalmente encontrada en plantas naturales es un material fibroso, que no absorbe agua y es prácticamente inerte, el AVICEL, es una alfa celulosa hidrolizada, no fibrosa y con capacidad de absorber agua. Este producto es preparado con tratamiento ácido. La alfa celulosa en presencia de ácido clorhídrico, es convertida en dos componentes, una fracción soluble en ácido y otra que no lo es. La fracción cristalina insoluble es lavada y separada, y es llamada celulosa microcristalina.

Se encuentra disponible en el mercado en dos formas: Spray dried celulosa y Avicel PH. Es un polvo blanco fino bajo en cenizas y metales insolubles en agua y se dispersa en forma de coloide.

#### 7.4.3.1.1.1 OBTENCIÓN DE LA CELULOSA MICROCRISTALINA

La materia prima para la obtención de los productos celulósicos es la planta leñosa. Es posible aislar la fracción cristalina de la celulosa por hidrólisis controlada con ácidos minerales.

La alfa celulosa se obtiene de la planta leñosa por medio de maceración, convirtiéndose en pulpa. De alfa celulosa se pueden derivar tres tipos de productos, éstos son: celulosa soluble, celulosa fibrosa y celulosa microcristalina.

La celulosa soluble y sus derivados se obtienen por reacciones químicas y sus funciones útiles dependen de su solubilidad.

La celulosa fibrosa resulta de la desintegración mecánica, por medio de la cual se reducen las fibras largas a pequeñas, tiene pocas propiedades de flujo y se usa como relleno o como carga para compuestos resinosos.

Comúnmente hay tiempos de una a hora y media, aunque convenientemente se estudia el desarrollo experimental de la hidrólisis para la materia prima de que se dispone, deduciendo sobre ella el tiempo adecuado para conseguir la descomposición de la fracción amorfa.

El producto de la hidrólisis comprende la fracción cristalina libre de la envoltura fibrosa, pero no exenta de ella. Para conseguir la separación completa y homogeneizar el tamaño de las partículas cristalinas se dispersa en agua y de esta forma se somete a una

molienda fina en un molino coloidal. La dispersión obtenida puede utilizarse directamente con distintos fines (12).

El grado de polimerización es de 200-300 unidades si el producto de partida es la celulosa nativa y 25-60 unidades en el caso de celulosa regenerada. El proceso de secado por congelación produce un polvo muy fino. La producción industrial se lleva a cabo mediante secado por aspersión ("Spray Drying").

El producto resultante presenta una orientación cristalina menos estricta que al principio, con un patrón estructural totalmente nuevo y diferente de la celulosa original. El producto obtenido es esponjoso, fuertemente capilar, es una "harina" de celulosa microcristalina denominada comercialmente "Avicel".

Numerosas referencias hacen mención a diversas aplicaciones de la celulosa microcristalina en la fabricación de comprimidos.

En septiembre de 1962, O.A. BATTISTA Y P.A. SMITH, dieron a conocer el gran poder absorbente de la celulosa microcristalina y la aplicación de esta propiedad en la preparación de polvo no adherente y compresible a partir de productos viscosos y líquidos, como son ciertas vitaminas, aceites esenciales y antibióticos.

La capacidad de absorción de la celulosa microcristalina se explica por un fenómeno de capilaridad, el cual se ve favorecido por la porosidad de su superficie.

Investigaciones llevadas a cabo, demuestran que la celulosa microcristalina presenta propiedades satisfactorias de flujo, originadas por su tamaño de partícula extremadamente pequeño y la distribución uniforme en el tamaño de las mismas. Esto implica una uniformidad en el peso de los comprimidos obtenidos, aún en los casos en que se emplean en su elaboración altas velocidades de compresión.

La celulosa microcristalina ha sido clasificada como un lubricante, por que empleada en grandes cantidades favorece el flujo del granulado en la tolva y dentro de la matriz, impidiendo la adherencia del mismo a los punzones y a la matriz. Sin embargo, no puede considerarse como un lubricante propiamente dicho pues cuando se reduce la concentración a un punto en el cual otros constituyentes presentan una superficie de contacto considerable, se hace necesaria la adición de un lubricante verdadero. En los casos en que se emplean ingredientes activos ó diluyentes cristalinos, se puede reducir considerablemente la concentración de la celulosa microcristalina .

El avicel es un derivado celulósico que es insoluble; es distinta a las celulosas fibrosas, por que está exenta de fibras, tiene mayor pureza y posee buenas propiedades de flujo. La propiedad que posee el Avicel - de formar partículas esféricas uniformes, cuando se agita con agua en un mezclador, ofrece una aportación importante para la granulación en húmedo, ya que del mismo modo se pueden preparar gránulos que contengan el principio activo de celulosa microcristalina.

La celulosa microcristalina posee la propiedad de formar comprimidos extremadamente duros, con buenas propiedades de friabilidad una de las mayores ventajas que presenta la celulosa microcristalina es la de actuar como un "aglutinante en seco", de modo que se pueden efectuar compresiones directas con mezclas cuyo contenido en principio activo no pasa del 15%.

Más aún, se han reportado resultados satisfactorios con sustancias de manejo difícil como son la aspirina, multivitamínicos y aminoácidos.

Al formarse el comprimido existe muy poca deformación elástica en los microcristales de la celulosa microcristalina, como una consecuencia de su extrema facilidad de compresión, originada a su vez por su naturaleza cristalina.

“Un comprimido de celulosa microcristalina debe considerarse como una fibra especial de celulosa en la cual, los cristales se colocan de forma compacta a modo de formar puentes de hidrógeno entre ellos”.

La mejor estabilidad de los comprimidos que contienen celulosa microcristalina se explica también por el alto grado de pureza del producto y el bajo nivel de contaminantes metálicos presentes (7).

#### **7.4.3.1.2 ESTRUCTURA**

La molécula tiene carga neutra y se compone de unidades de D-glucosa.

#### **7.4.3.1.3 PROPIEDADES FUNCIONALES**

Microencapsulante

Antiapelmazante

Estabilizante

Espesante

Gelificante

Enturbiante

#### **7.4.3.1.4 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS**

- **SOLUBILIDAD**

En ácidos

- **INSOLUBILIDAD**

Agua

Disolventes orgánicos

Ácidos diluidos

Aceites

- **DISPERSIONES**

La dificultad de dispersión de este material, por el exceso de energía requerida, y la detección de sabores secundarios en alimentos que lo hacen organolepticamente inaceptable limita su aplicación en alimentos en general. Sin embargo, se encontró que la adición de CMC a la alfa celulosa antes del secado final del producto, le imparte propiedades propias de la CMC, por lo que ya puede ser hidratado y dispersado con un esfuerzo mecánico mucho menor y quedando eliminado su marcado sabor. Las dispersiones de celulosa microcristalina se pueden proteger con goma Santana. El Avicel se dispersa en agua formando coloides y geles opacos.

La mezcla de alfa celulosa microcristalina con CMC, puede encontrarse en el mercado bajo estas especificaciones:

Composición: 92% celulosa microcristalina y 8% carboximetil celulosa de sodio.

Forma física: polvo blanco higroscópico

Tamaño de partícula: pasa el 97% en malla 325.

Humedad: menos del 4% al envasar.

Cenizas: 1.5%.

Metales pesados: menos de 10 ppm

Densidad: 29lb/ft

Solubilidad: insoluble en agua y solventes orgánicos. Se dispersa en agua formando Coloides y geles opacos.

#### 7.4.3.1.5 TOXICIDAD

Se considera como una sustancia GRAS.

#### 7.4.3.1.6 APLICACIONES

Se aplica como estabilizante en coberturas batidas y emulsiones, postres congelados, alimentos secos mezclados, salsas, productos en latados, aderezos para ensaladas y en panificación. El avicel en su forma seca o como gel puede ser incorporado como un agente de volumen en gran variedad de alimentos. Tambien actua como formador de película y fijador de color en alimentos grasos con colorantes solubles en agua y de origen vegetal y como agente opalescente para bebidas en polvo (17,18).

La fibra de bambú y La fibra del trigo así como el polvo celuloso es aplicado como agente texturizador, portador y ayuda al flujo como agente líquido y sus

Aplicaciones:

Pan, Salchichas, productos de carne, extrudates , lechería y productos del momento, Productos para helados, Pasta (19).

## **7.5 APLICACIONES DE HPMC, MC, CMC EN LA INDUSTRIA**

### **ALIMENTARIA**

La aplicación de derivados de celulosa como aditivos en alimentos, aumenta día a día, en función del desarrollo permanente de la tecnología alimentaria. En general, estos derivados poseen algunas ventajas sobre las gomas naturales, tales como: especificaciones y propiedades uniformes, precios estables, disponibilidad limitada, que no está sujeta a malas cosechas y baja demanda de oxígeno entre las más importantes.

Estos éteres se pueden encontrar en la generalidad de los distintos sectores alimenticios.

He aquí una recopilación de las aplicaciones más comunes (15).

### **7.5.1 PRODUCTOS LACTEOS Y SUS DERIVADOS**

#### **7.5.1.1 HELADOS**

Sin duda el empleo como aditivo más importante de la CMC en la industria alimentaria se encuentra en los helados. Sus características de espesante y estabilizante, son aprovechadas para impartir al helado cuerpo, textura, disminución en la formación de cristales, resistencia a cambios térmicos, derretimiento lento y auxiliar del emulsivo. CMC en concentraciones del 0.1 al 0.5% son suficientes para observar los beneficios. Es común encontrarse con mezclas de CMC-Carragenina, CMC-Carragenina-harina de algarrobo, CMC-gelatina-carragenina, cuyas propiedades se complementan. El contenido de sólidos y grasa del helado es un factor importante para determinar las concentraciones adecuadas en la mezcla. Por ejemplo un helado con 10% grasa butírica,

12% suero de leche, 13% azúcar, 0.15 de monoestearato de glicerilo como emulsivo, es generalmente bien estabilizado con una concentración del 0.35% de CMC O 0.5% de hidroxipropilmetil celulosa.

#### **7.5.1.2 CREMAS DE GRASA VEGETAL**

El empleo de grasa vegetal en sustitución de grasa butírica, produce un producto con un cuerpo deficiente. la aplicación de CMC como espesante mejora notablemente su cuerpo y textura y ayuda a la estabilización de las fases grasa-agua, evitando separación de estas en su traslado o almacén.

#### **7.5.1.3 SUSTITUTOS DE CREMA**

También conocidos como blanqueador de café, es un producto de un contenido bajo en grasa, generalmente vegetal, cuya concentración no excede el 10%, azúcar 1%, sólidos no de leche 12%, emulsivo, sabor y color, y agua hasta en un 80%. Productos con estas características requieren de un agente espesante que le imparta cuerpo y textura y ayude a estabilizar y emulsificar la mezcla. El uso de CMC o CMC-carragenina, son los aditivos mas empleados para los fines señalados.

#### **7.5.1.4 LECHEs DE SABORES**

Leches sabor chocolate o fresa requieren CMC o una mezcla de CMC-carragenina, para suspender los sólidos y evitar la separación del producto, principalmente si este es producido por el método HTST (High Temperature, Short Time). En bebidas ácidas de

leche y yoghurts, la CMC, se emplea para conservar una distribución uniforme de la caseína en el producto, ya que la CMC inhibe la precipitación de la caseína en su rango isoelectrico, por los pH ácidos con los que se trabajan 3.6 a 5.6.

## **7.5.2 PRODUCTOS PARA HORNEAR Y PARA PASTELERIA**

### **7.5.2.1 RELLENOS PARA PAY**

El almidón es el espesante primordial para estos productos, sin embargo, la adición de CMC, HPMC, imparten al producto excelente estabilidad a la temperatura y pH, y evitan la sinéresis. La propiedad gelante de la HPMC, reduce el sobre conocimiento y la migración de agua dentro de la pasta. El enmascaramiento del sabor por el contenido de almidón es eliminado. El gel formado por las altas temperaturas de cocimiento desaparece al enfriamiento.

### **7.5.2.2 HARINAS PREPARADAS PARA PASTELES Y DONAS**

La retención de humedad y propiedad aglutinante, se emplean en la elaboración de harinas preparadas, donde se observa una textura superior, fácil amasado, aumento en la vida de almacén, e incluso puede observarse un incremento en el volumen de los pasteles.

### **7.5.2.3 MERENGUES PASTELEROS**

Productos que generalmente se fabrican a base de dextrosas y almidón de maíz, se ven mejorados, por la adición de metil celulosa, o mezclas de CMC y agar. El reemplazo de clara de huevo, estabilidad de la espuma, firmeza de textura, son básicamente beneficios conseguidos gracias a la adición de derivados celulósicos.

### **7.5.2.4 ADEREZOS PARA ENSALADAS**

Existen gran variedad de aderezos, y la gran mayoría de ellos son fabricados a base de aceite vegetal, vinagre, mostaza, saborizantes y otros ingredientes. La adición de metil celulosa o CMC imparte estabilidad a la emulsión, excelente viscosidad, así como uniformidad en la textura.

### **7.5.2.5 SALSAS**

Por su alto contenido de sólidos estos productos, requieren aditivos que permitan suspenderlos y lograr un producto homogéneo. Pequeñas cantidades de metil celulosa o CMC, solos o en mezcla con goma de xanato, resuelven satisfactoriamente el problema.

### **7.5.2.6 PAPAS A LA FRANCESA Y PAPA EXTRUIDA**

Si introducimos las papas antes de freír a una solución al 1.0% de HPMC, se conseguirá la formación de una película, que al momento del freído originara una estructura de gel por el calentamiento, esto hará que la absorción del aceite se reduzca hasta en un

20.0%, si se trata de productos extruidos a base de papa, la metil celulosa, funje como lubricante y enlazante. lo que se refleja en una mejor extrusión y un producto uniforme.

#### **7.5.2.7 BEBIDAS DE FRUTA**

La CMC es el estabilizante de mayor uso en bebidas de fruta, ya sea con pulpa o sin ella. El suspender los sólidos y dar una textura adecuada al producto, lo resuelve la adición de este derivado.

#### **7.5.2.8 PRODUCTOS DIETETICOS**

La habilidad de la CMC, HPMC y MC, para hincharse y aumentar varias veces su volumen es usada en productos dietéticos, sustituyendo el azúcar. La sensación de plenitud experimentada, con la ingestión de estos productos a concentraciones adecuadas, es también aprovechable con fines dietéticos.

#### **7.5.2.9 PRODUCTOS DESHIDRATADOS**

Productos como jugos, vegetales, huevo, verduras, leche, etc., que sé someterán a una deshidratación, son tratados con la adición de CMC, HPMC y MC, para obtener un secado más eficiente, una más fácil reconstitución, una textura y cuerpo mas agradables.

#### **7.5.2.10 PETALIZADO**

El petalizado de alimentos balanceado para animales, recurre al uso de la MC y CMC, como lubricante y reduciendo aglutinante, para reducir el desmoramiento del producto, reduciendo las mermas.

#### **7.5.2.11 JALEAS Y COMPOTAS**

La HPMC, es empleado en estas conservas como sustituto parcial de pectina, es observable a su vez una mejora en el brillo y estabilidad.

#### **7.5.3 COMO PARTE INTEGRANTE DE SISTEMAS DE ESTABILIZACIÓN**

Tanto la CMC, como la HPMC y MC, pueden mezclarse con gomas naturales como la carragenina, gelatina, etc., para el diseño de estabilizantes, empleados para usos diversos incluyendo los anteriores mencionados.

Existen algunos usos más especializados de estos derivados de celulosa, de los cuales pueden mencionarse ejemplos, como la aplicación en el grageado de gomas de mascar de la CMC, para obtener uniformidad en el color y la utilización como desmoldante de la metil celulosa en empaques para látex (15).

En el cuadro No. 1 Se muestra un resumen de las aplicaciones y las concentraciones más usuales en alimentos.

**CUADRO No. 1 PRINCIPALES APLICACIONES DE CMC, MC, HPMC, EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA**

PRODUCTO	PORCENTAJES			FUNCION Y BENEFICIO
	CMC	MC	HPMC	
Helados	01-0.5		0.5-0.9	Espesante, evita formación de cristales.
Cremas vegetales	1.0-3.0			Espesante, estabilización.
Blanqueadores para café	0.2-0.6			Estabilización, espesante, evita separación
Leches de sabores	0.3-0.5			Estabilización, suspensión de sólidos.
Harinas pasteleras	0.5-2.0	0.5-1.0	0.5-1.0	Mejora rendimiento, batido y vida de anaquel
Donas	0.1-0.3		0.3-0.5	Retiene humedad, aumenta vida de anaquel.
Merengues	2.0-3.0		1.0-1.5	Estabilizante, mejora volumen.
Rellenos de pays	0.3-0.5		0.3-0.5	Espesante, evita separación
Aderezos para ensaladas	0.5-0.8	0.3-0.5		Espesante, mejora apariencia, emulsivo
Salsas	0.5-1.0	1.0-1.5		Espesante, estabilizante, evita separación.
Papas a la francesa			1.0	Mayor absorción de aceite, control de color.
Papas extruidas		0.5-1.0	0.5-1.0	Ayuda a la extrucción, lubricante, uniformidad.
Prod. Dietéticos	0.4-0.9	0.7-1.0	0.7-1.0	Imparte cuerpo y textura, sustituye azúcar.
Prod. Deshidratados	0.5-1.0	0.5-1.0	0.5-1.5	Espesante, distribución del sabor, mejor reconstitución, ayuda al secado.
Conserva y enlatados	0.1-0.3			Evita separación, uniformidad de color y olor.
Bebidas con pulpa	0.3-0.6			Estabilizante, suspensión de pulpa.
Bebidas sin pulpa	0.1-0.3		0.08-0.2	Espesante, textura
Palets	0.5-2.0	0.3-1.5		Aglutinante, enlazante, menos desperdicio.
Alimento para mascotas	0.2-0.4		0.1-0.5	Textura, retención de humedad, mejor apariencia.
Jaleas y compotas			0.5-0.8	Sustituye pectina, mejora brillo, evita separación.
Pudines	0.3-0.5			Previene separación, mejora textura.
Sistemas de estabilización	0.2-0.8	0.2-0.8	0.2-0.8	Mezclas sinérgicas con gomas naturales, otros derivados celulósicos y almidones, diseños especiales
Saborizantes	0.2-0.5			Encapsulante, menor transmisión de oxígeno.

TESIS CO  
FALLA DE ORIGEN

CUADRO No. 2 ESPECIFICACIONES TÍPICAS DE CMC, HPMC Y MC

PROPIEDAD	CMC	HPMC	MC
Forma física	Polvo y granular	Polvo	Polvo
Olor	No	No	No
Color	Blanco-crema	Blanco	Blanco
Grado de sustitución	0.38 a 1.20	1.2 a 1.90	1.6 a 1.90
Viscosidad en agua (cps)	25 (1) a 6,000 (2)	40 a 60,000	15 a 8,000
°T carbonización (°C)	252	290	300
°T gelación (°C)	-----	60 a 65 (2)	45 a 60 (2)
PH	6 a 13 (2)	4 a 8 (2)	6 a 8 (2)
% materia activa	60.0 a 99.5	96 a 99.5	96 a 99.5
% humedad	8.0 máximo	5.0 máximo	5.0 máximo
% metoxilos	-----	19.0 a 30.0	27.5 a 31.5
% hidroxipropilos	-----	4.0 a 12.0	-----
Estructura iónica	Iónico	No iónico	No iónico
Compatibilidad con: Sales	Precipita con metales pesados	Buena	Limitada
Compuestos orgánicos	Pobre	Excelente	Buena
Resistencia enzimas	Deficiente	Excelente	Excelente
Grado de polimerización	400 a 3,200	70 a 750	70 a 750
Peso molecular promedio en miles	90 a 700	13 a 140	13 a 140
Mallas (pasa el 98%)	40 (3)	40	40

- (1) solución al 1% a 20°C  
 (2) solución al 2% a 20°C  
 (3) para la forma pulverizada

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

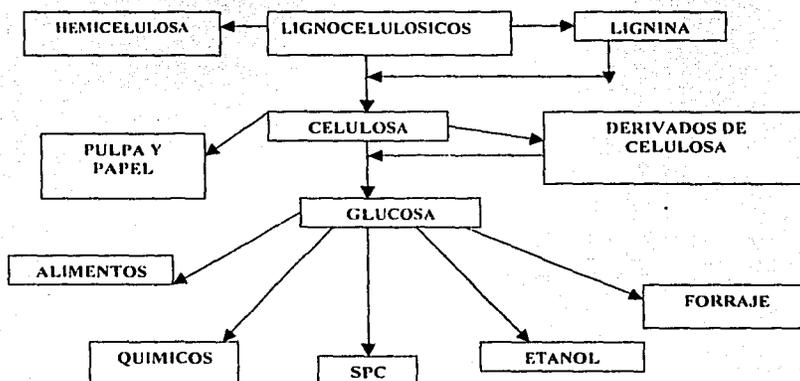
CUADRO No. 3 CAMPOS DE APLICACIÓN DE LOS DISTINTOS ETÉRES DE CELULOSA

AREA	MC	EC	HEC	HPC	CMC	EHEC	HBMC	HEMC	HIPMC	CMHEC
Alimentos	X				X				X	
Farmacia	X	X	X	X	X	X			X	X
Cosméticos	X	X	X	X	X	X			X	X
Petróleo	X		X		X	X			X	
Textil		X	X		X					
Papel					X					
Pintura	X		X			X		X	X	
Removedores	X				X	X	X		X	
Construcción	X			X	X	X			X	
Electrodos				X	X					
Cerámica					X					
Detergentes							X			X
Adhesivos	X	X	X	X		X			X	
Litografía									X	
Polymerización	X		X	X					X	X
Binders			X							
Recubrimientos				X	X					
Artículos Desechables		X		X						
Encapsulación				X	X					
Tintas		X		X	X					
Lacas		X								
Acabos de Madera		X								
Acabados de Papel		X								
Barnices		X								
Plásticos		X								
Películas		X			X					
Aislantes Eléctricos					X					
Desmoldantes					X					
Tabaco					X				X	

## 8 OTROS DERIVADOS CELULÓSICOS

### 8.1 LIGNOCELULÓSICOS

Se ha elaborado un diseño biológico y bioquímico aproximado que contribuye a las aplicaciones de bio-reactores de hongos para una conversión eficiente de sus materiales lignocelulósicos útiles, como las descritas en la figura siguiente:



En años recientes, el interés generalizado se enfoca sobre la conversión micro biológica y enzimática de materiales lignocelulósicos tales como leños producidos por silvícultores que no utilizan la astilla de la madera dura, cáscara de arroz, bagazo de la caña de azúcar para forraje y alimento de ganado. (13).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

En los procesos de obtención de pasta de celulosa a partir de madera, se producen diversos tipos de residuos, entre los que se encuentran las lejías negras diluidas, que constituyen un grave problema para el ambiente, debido a varias causas:

- a) Elevado volumen de las lejías negras recuperables.
- b) Color negro apreciable.
- c) Formación de espumas.
- d) DBO5 Elevado.
- e) Olor Intenso y desagradable.

Generalmente, la obtención de un producto deseable y vendible suele implicar la generación simultánea de un subproducto. Los subproductos son bienes cuya obtención es inevitable cuando se desea conseguir el producto principal y los residuos son las pequeñas porciones de materias primas, productos intermedios o elaborados que, dispersos en un sólido, en el agua, o en el aire, su concentración sea tan baja que no permite su recuperación dentro de unos márgenes económicos aceptables (13).

En ciertos cultivos agrícolas también se da esta clasificación, como se expone en la siguiente tabla:

CULTIVO	PRODUCTO	SUBPRODUCTO	RESIDUO
CEREAL	GRANO	PAJA	GRANOS DISPERSOS EN LA PAJA
ALGODÓN	FIBRA	LINTERS	FIBRAS PERDIDAS EN EL DESMONTADO
CAÑA DE AZÚCAR	AZÚCAR	BAGAZO	VINAZAS EN AGUAS RESIDUALES

Centramos estas materias primas ( paja, linters, bagazo), pues aunque existen otras plantas anuales ( lino, esparto, yute, ramío, etc. ) utilizables, estas no son subproductos agrícolas, sino producto principal.

Antiguamente la pasta celulósica se obtenía a partir de plantas de crecimiento anual, pero con el aumento de la demanda de papel y la producción masiva, se trasladó dicha industria a depender prácticamente de la madera (12).

Entre los recursos químico-energéticos renovables cabe destacar los derivados de la biomasa y, dentro de este grupo, adquieren una particular importancia, por su constitución y disponibilidad los residuos lignocelulósicos(1.4). Dichos residuos presentan, junto a sus posibilidades de aprovechamiento con fines energéticos, interesantes aplicaciones potenciales como materia prima en general (16).

## 8.2 CELULOIDE

Celuloide es originalmente el nombre comercial, y hoy el nombre común de un plástico sintético producto de la mezcla de nitrato de celulosa, o piroxilina, con pigmentos y agentes de relleno en una disolución de alcanfor y alcohol, ha sido reemplazado por otros

materiales en numerosas aplicaciones, como es el caso de las cintas cinematográficas. El celuloide se utiliza para fabricar peines, cepillos y botones (7).

### **8.3 RAYON Y FIBRAS SINTETICAS**

Las primeras fibras sintéticas se desarrollaron a finales del siglo XIX basándose en la celulosa natural, y se dieron a conocer con el nombre de rayón. Como la celulosa no es sintética, el rayón se ha denominado fibra regenerada. La celulosa natural que aparece en formas que carecen de utilidad textil, como la fibra de madera, se trata químicamente para convertirla en compuestos que pueden licuarse. Más tarde, se da forma de filamento a estos líquidos, dentro de un ambiente que los convierte de nuevo en celulosa pura en estado sólido, y así se forma el rayón. Los acetatos y triacetatos, que si son sintéticos, se desarrollaron poco después que el rayón. Se trata de plásticos obtenidos a partir de la celulosa a través de un proceso similar al del rayón. En este caso se altera químicamente la celulosa para formar ésteres (4).

### **8.4 CARECEL**

CARECEL es un polvo insoluble que puede ser usado como estabilizador y agente espesor, agente de gel; Con propiedades ligeramente abrasivas. (19).

Aplicaciones:

- agua / aceite -emulsiones
- Cremas
- Polvos
- Pastas de dientes

### 8.5 SANACEL

SANACEL es una disolución rápida, que se utiliza también como relleno, y que se ha demostrado con éxito en la industria farmacéutica. SANACEL se fabrica de acuerdo con las últimas normas. Las propiedades ofrecen muchas posibilidades de aplicación. (19).

Aplicaciones:

- Productos comprimidos
- Polvos

### 8.6 TECHNOCEL

Es una fibra aditiva que se aplica ecológicamente a materiales crudos legítimos en la industria química.

Los materiales de la construcción ecológicos se han vuelto cada vez más popular gracias a un ambiente funcional de dos funciones principales a las que pueden asignarse estos productos a las construcciones desde el punto de vista biológico y pueden procesarse productos con fibras de celulosa perfectamente resistentes a condiciones de clima extremos.

-Aplicación (adhesivos, yesos, llenando compuestos, pinturas, etc.)

-Usos (los adhesivos del azulejo, capas de la textura, que la emulsión pinta, etc.)

Las fibras de celulosa son un reemplazo saludable y ecológico para construir asbesto que se establecen en aplicaciones químicas y tienen una aplicación normal. La celulosa proporciona el producto final con propiedades comparables como era anteriormente obtenido por la aplicación de fibras de amianto que son entre tanto consideradas sumamente arriesgado.

Las fibras de TECHNOCEL son principalmente usadas en pinturas de la emulsión para obtener numerosas propiedades en los productos finales que ayudan a obtener resultados buenos al procesar las pinturas, estas fibras son usadas principalmente en pinturas de emulsión y las pinturas especiales. (19)

Aplicaciones:

- Mineral que une yesos
- Relleno de aislante
- Texturizador en las capas decorativas

#### **8.7 CELULOSA BACTERIANA O CELULOSA MICROFIBROSA**

Se ha sugerido que una celulosa alimentaria, producida por fermentación microbiana, mejora la funcionalidad a niveles de uso inferiores a los de otros ingredientes a partir de celulosa. Esta celulosa se puede utilizar como espesante, estabilizante y ligante en muchos productos alimenticios, entre los que se encuentran aquellos con bajo contenido en grasas o sin grasas. La celulosa micro fibrosa parece tener importantes aplicaciones en diversos preparados alimentarios en los que es necesario conseguir un bajo nivel de uso, la inalterabilidad del sabor, la estabilización de una espuma y la estabilidad ante diferentes pHs, temperaturas y condiciones de congelación. Entre los usos potenciales de la fibra se podrían incluir la elaboración de salsas y jugos preparados; Sorbetes y helados; nata y productos lácteos fermentados; batidos para recubrimientos y postres; y productos lácteos congelados (11).

## **9 USOS INDUSTRIALES DE LACELULOSA Y/O DERIVADOS**

### **9.1 USO DEL ACETATO DE CELULOSA EN LA RECUPERACIÓN DE GLUCONATO DE SODIO**

Se usa el acetato de celulosa como una membrana para la recuperación de gluconato de sodio usando un modelo de soluciones acuosas y una segunda generación de membranas compuestas, los cuales son del tipo de escalera de caracol herida. Donde el calcio, el fierro, el magnesio, el manganeso, y gluconatos de sodio y el D-glucono-d-lactone se aplican en la industria farmacéutica, en la industria de alimentos y en la industria química debido a su baja toxicidad a y a su habilidad para formar complejos agua-solubles con ciertos iones metálicos (e.g.,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ), sobre todo en presencia de  $5\pm 10\%$  de hidróxido de sodio. Además de que el gluconato de sodio es usado principalmente como agente del tering (e.g., lavando de botella, limpiando de metal que aparezca, así como en el levantamiento rojizo) y en el retardo de mezclas de cemento (20).

### **9.2 ACETATO DE CELULOSA COMO UNA MEMBRANA EN LA INDUSTRIA DE COMIDA.**

También el acetato de celulosa se usa como una membrana polimérica y en pruebas de selectividad muestra ser la estructura más conveniente para establecer una capa de una membrana sola. La capa de acetato de celulosa y la tecnología Biosensorial son en la industria de comida un nuevo tipo rápido de supervisar y medir el dispositivo que acelera, la sensibilidad, la estabilidad, y la facilidad de uso que exceden, para poder desarrollar una enzima en un electrodo linealmente extendido para ser usado en la industria de comida y para determinar el volumen de glucosa (21).

### **9.3 EVALUACIÓN DE LA BIOMASA DE LA LIGNOCELULOSA DE LA PALMA DE COCO COMO SUBSTRATO PARA EL CULTIVO**

El estudio de hongos a través de la degradación enzimática entre el rendimiento del hongo y el volumen de la celulosa, explica que la proporción de la lignina revela que la celulosa y el volumen del sustrato es un factor importante para el desarrollo del cuerpo de fruta y de Materiales orgánicos celulósicos, por lo que la celulosa puede ser un sustrato bueno para el cultivo de hongos. Donde el sustrato ampliamente usado para el cultivo del hongo es la celulosa. Y por lo tanto los hongos logran la degradación enzimática de lignocelulosa elaborando enzimas como: b-glucósidos, xilenos y óxidos de polifenol (22,23).

### **9.4 CARACTERÍSTICAS DE PREPARACIONES DE LA CELULOSA QUE AFECTAN LA SIMULTÁNEA SACARIFICACIÓN Y FERMENTACIÓN DE CELULOSA Y ETANOL**

En la sacarificación simultánea y la fermentación del proceso para la conversión de lignocelulosa para obtener celobiosa fermentada se usan materiales como el etanol, donde el sustrato es hidrolizado usando celulosa y los azúcares resultantes fermentan simultáneamente con el etanol por una levadura y la tensión bacteriana. Esto da más rápidamente la tasa global de la producción del etanol que la hidrólisis que separa de la fermentación, debido a la inhibición compleja disminuida de la celulosa por sus productos: azúcar, glucosa y celobiosa. Este estudio resalta la necesidad de ser consciente en la posibilidad de inhibición microbiana que se efectúa en las preparaciones de la celulosa comercial (24).

### **9.5 LIMITACIONES Y SITUACIONES DE PRODUCCIÓN DE CELULOSA EN EL USO DE ACETATO BACTERIANO**

La Celulosa microbiana, conocida como nata de coco, se usa en el endulzado como postre, como un ingrediente en productos de comida y cosméticos, y como un aditivo en la fabricación de tela, papeles de alta calidad, y materiales de membrana. Se produce a la superficie del agua de coco y otros medios convenientes por una gran bacteria, como es el Acetobacteriano de xilenio. Donde, los substratos tienen que ser transportados completamente por difusión, y cuando las fuentes del carbono generalmente son viables, el suministro del oxígeno es considerado como el factor limitado para el crecimiento y la producción de celulosa. Es más, se reducirán proporciones de difusión gradualmente debido a la formación de celulosa a la superficie. En un rango de pH de 3.0 a 6.0 en la proporción de producción de celulosa (25).

### **9.6 MORFOLOGÍA ESTRUCTURAL DE LA CELULOSA MICROCRISTALINA**

El uso de celulosa, como un polímero natural, como una matriz y como un portador para los compuestos biológicamente activos (BAC) es extensamente conocido. Se ha usado celulosa empolvada principalmente como un relleno para las varias drogas en el forro de lápidas y granos. Es más, la celulosa empolvada llamada también como celulosa microcristalina (MCC), el cual es acostumbrado como un regulador fisiológico apacible en la administración del peroral a los pacientes con las enfermedades gastrointestinales, aterosclerosis y algunos tipos de enfermedades del sistema nerviosas. En muchos casos, se ha observado que aunque este labrador está inerte, la exhibición de drogas asociadas prolonga la actividad, como un factor favorable importante en la aplicación de MCC.

Es esencial que el MCC sea usado para estos propósitos sin una modificación adicional, y su morfología de polvo y una única forma a la gel del forro como las dispersiones en agua y los solventes orgánicos y hacerlo posible aplicarlo a formulaciones que son impropios para celulosa de fibra (26).

### **9.7 CARACTERIZACION DE LA CARBOXIMETIL.CELULOSA CON AYUDA DE ENZIMAS**

La Carboximetilcelulosa (CMC) es técnicamente el éter más importante de la celulosa; se usa ampliamente en detergentes, en la exploración del aceite, en la comida, en el papel y en la industria textil. La característica de factorización más informativo de la CMC es el grado de sustitución (DS). Puede obtenerse valiosa información adicional en el conocimiento del polisacárido como en la distribución del sustituyente dentro de las unidades de la glucosa anhidrida y de la distribución de su cadena larga de la celulosa.

Un método para el análisis detallado del CMC se ha desarrollado que incluye una separación de la preparación enzimática fragmentada a la conversión de uno de los fragmentos por el hidrólisis ácida y un paso del análisis de cromatografía final por intercambio del anión. Debido al hecho que la acción del endogluconante se restringe en regiones menos sustituidas, esta enzima constituye una herramienta específica para el sustituto característico en la cadena larga del polímero (27).

### 9.8 ETERES CELULOSICOS CON BAAJOS GRADOS DE SUBSTITUCIÓN

La Celulosa modificada puede emplearse para mejorar las propiedades de materiales poliméricos, en recientes años la fibra de celulosa se ha probado ampliamente como relleno en compuestos - termoplásticos, donde los substitutos de álcali de cadena larga pueden mejorar celulosas libres y tener compatibilidad con la matriz es más, tales substituyentes pueden provocar cambios marcados en las propiedades físicas de la celulosa, incluso a bajos grados de substitución (DS), el éter substituyó que las celulosas son de interés especial debido a su buena estabilidad, en ácido de álcali y pueden emplearse éteres del álcali celuloso con éxito como rellenos en la cadena del hidrocarburo que actúa recíprocamente bien con la matriz, sobre todo en el caso del poliolefeinas (28).

### 9.9 LA CELULOSA EN CONDICIONES HOMOGÉNEAS CON UN INJERTO RADICAL LIBRE EN UN SISTEMA DE METACRILATO DE CELULOSA.

El injerto homogéneo de metacrilato de metilo (MMA) es un apto modificador de celulosa (CEMA) y fue logrado por un proceso llamado: el del paso a tres temperaturas diferentes (TP) en el rango 40-70°C. uniendo rendimiento (GP%) y uniendo eficacia (GE%) que se determina relacionando las condiciones de síntesis. El papel de varios parámetros de la reacción en GP% y GE%, a saber, la temperatura de la reacción, el tiempo y el grado de substitución (DS) de la celulosa. Donde la Celulosa (CE) es un proceso apuntado a introducir algunas ramas de polímeros sintéticos en la cadena de polisacáridos para conferir la propiedad adicional específica a la propia celulosa, que destruye sus características intrínsecas. En cambio, el injerto hacia CE todavía es basado en una reacción heterogénea en el estado de agregación y la estructura física de la celulosa que juega un

papel importante, ya que el injerto procede a través de la formación radical en la celulosa donde el polímero es un monómero insaturado. Obviamente, en estas condiciones el sistema es químicamente bastante complejo, las temperaturas de polimerización son cronometradas como parámetros de las reacciones pertinentes (29).

#### **9.10 MICROESTRUCTURAS QUE FORMAN SOLUCIONES ACUOSAS MODIFICANDO EL DERIVADO DE CELULOSA.**

La asociación entre los polímeros y surfactantes en soluciones acuosas ha atraído mucho interés durante las últimas dos décadas y el tema de la che se ha repasado recientemente. El estudio de estos sistemas es importante desde un punto de vista aplicado, debido a los numerosos usos de estas sustancias en una gama amplia de campos industriales, y de un punto de vista fundamental por obtener un conocimiento detallado sobre las estructuras formando mecanismos que operan en la asociación de polímeros surfactantes. Nonionic frecuentemente se usan derivados celulosos y surfactantes, y hoy se combinan como ingredientes normales en un número de las formulaciones farmacéuticas, cosméticos y productos de comida (30)

Las técnicas de sonda de fluorescencia han demostrado ser una valiosa herramienta por obtener información de la micro estructura. El modelo generalmente aceptado para describir la complejacion de polímeros surfactantes involucra una adsorción cooperativa de las moléculas de surfactante, el polímero forma micelas mixtos o racimos a lo largo del espinazo del polímero. Se han usado sondas fluorescentes en laboratorio para la determinación de che, la concentración del surfactante es crítica y la adsorción del

polímero empieza el medio número de agregación de los complejos de surfactantes de polímero ( $N_p$ ) y la micro polaridad y micro viscosidad dentro de estos complejos (31).

#### **9.11 TRATADO DE CELULOSA USANDO LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS ÉTERES CELULÓSICOS.**

La celulosa es el componente estructural principal de la planta y la fuente más abundante de hidrato de carbono. La celulosa puede ser tratada como la modificación química apropiada de los filmes de éter celulósico producido (32).

El último, siendo transparente y flexible; modera la fuerza que tenga al engrasar para la resistencia y la migración gorda que actúa como barrera moderada a una humedad del oxígeno de Celulosa de Metilo, MC, y se prefiere usar previamente a la celulosa microcristalina, MCC, el último de la mezcla contra el almidón, permanecen en el forro de micro partículas. En Cambio MC da una dispersión más homogénea contra el almidón y tiene un hidro más bajo, y es así un componente prometedor por mejorar la actuación de la pobre barrera de humedad del almidón (33).

#### **9.12 RECUPERACIÓN DE PROTEINAS DE SUERO USANDO UNA MEMBRANA CELULOSICA**

Pueden agruparse la separación y purificación de biomateriales en tres métodos: (i) el primer método se basó en la precipitación específica como precipitación del etanol y fraccionación de sal, (ii) el segundo método se basó en el equilibrio de la partición como destilación y extracto, y (iii) el tercer método se basó en la diferencia de la proporción de traslado de masa como cromatografía. El método de precipitación de etanol siempre ha

sido uno de las fracciones industriales más importante de proteínas de suero. En laboratorios, el electro filtración de gel, e intercambio de ion en una columna de cromatografía está también disponible para la separación y purificación de proteínas (7).

Hay afinidades específicas que pueden distinguir entre los biomateriales. La afinidad puede ser clasificada en dos tipos: (i) afinidad del bioespecífico que es la especificidad más alta como interacción entre el antígeno y anticuerpo, y (ii) el grupo afinidad de la fisicoquímica específica que atrae una serie de materiales que tienen los mismos grupos funcionales o las mitades estructurales. Estas afinidades incluyen interacción electrostática, interacción hidrófoba, y/o hidrógeno unido. Recientemente, la separación de afinidad como afinidad de cromatografía, se usó celulosa como una matriz de membrana de afinidad, y el ácido del tanico se adoptó como un ligante para las proteínas de suero. Ocurriendo la celulosa que naturalmente es más bien biocompatible, y el ácido del tanico es barato y se ha usado como una proteína que precipita a ese agente durante mucho tiempo. Por otro lado, la albúmina y globulina son los componentes mayores de proteínas de suero, y ellos juegan papeles importantes en el cuerpo humano. Por lo que puede esperarse que, dos tipos de membranas de afinidad celulosicas porosas se modifiquen con ácido del tanico, el AHC COOH y el AHC. Y puede esperarse que estas membranas de afinidad celulosica modificadas con ácido del tannico sean aplicables para la separación de proteínas de suero (34).

## CONCLUSIONES

La celulosa es una sustancia que tiene gran importancia por ser un recurso natural renovable.

Las fuentes más importantes de la celulosa son la madera y el algodón.

A partir de la celulosa se obtienen diferentes derivados; tales como la celulosa alcalina acetilada, la obtenida por nitración y las alcalinas solubles en agua.

Las celulosas alcalinas, acetiladas y por nitración son aplicadas a la industria química, para obtener: rayón, celofán, plásticos, películas, lacas y explosivos.

Los principales derivados de celulosa solubles en agua en forma de éteres aplicados en alimentos son la metilcelulosa, carboximetilcelulosa y la hidroxipropilmetilcelulosa.

Un derivado de la celulosa en forma de éter celulósico es la celulosa microcristalina cuyo nombre comercial internacional es AVICEL, el cual tiene la capacidad de absorber agua, el cual es aplicado en alimentos y en formulaciones farmacéuticas.

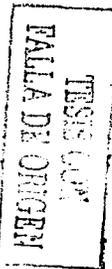
Las principales aplicaciones de los derivados de la celulosa solubles en agua en alimentos es para aportar diferentes propiedades funcionales como: Espesante, estabilizante, emulsificante, aglutinante, encapsulantes mejorando la textura y distribución de sabor y color.

## BIBLIOGRAFÍA

1. BRAVO S. V. (1997), CARACTERIZACIÓN DE LA CELULOSA EN EL PAPEL RECICLADO, TESIS LICENCIATURA, F.Q., UNAM. 56-64; 78-92.
2. AGUILAR C. MA. E., (1996) PLANTA DESTILADORA DE PAPEL, UNAM FES ZARAGOZA; 4to; 14-23.
3. REYNA G.S. (1997), DETERMINACIÓN DEL PESO MOLECULAR EN CELULOSA IRRADIADA CON RAYOS GAMMA, TESIS LICENCIATURA, F.Q., UNAM.
4. ZAVALA L. (1984), ANÁLISIS Y ESTRATEGIAS A SEGUIR SOBRE LA SITUACIÓN DE LAS INDUSTRIAS DE LA CELULOSA Y DEL PAPEL EN MÉXICO, UNAM FACULTAD DE QUÍMICA, INGENIERO QUÍMICO; 36-43.
5. ESTELA T. (1986), AISLAMIENTO Y SELECCIÓN DE HONGOS QUE DEGRADAN CELULOSA DE LA PAJA DE MAÍZ, UNAM, FACULTAD DE QUÍMICA QFB; 257: 75-86.
6. FREDERICK W.J., (1980), NEW PROCESS ALTERNATIVES IN THE FOREST PRODUCTS INDUSTRIES, AICHE SYMPOSIUM SERIES 76, NO.200; 365-371.
7. GEORGE T. (1995), MANUAL DE PROCESOS QUÍMICOS EN LA INDUSTRIA 5Ta EDICIÓN, EDITORIAL MC. GRAW HILL, MÉXICO; 715-716.
8. AGUIRRE B. E., (1999) ANÁLISIS, SELECCIÓN Y DISEÑO DE EQUIPO DE SEPARACIÓN MECÁNICA EN LA PRODUCCIÓN DE CELULOSA, UNAM FACULTAD DE QUÍMICA (3), 92-155.
9. ACUÑA G.G. (1992), ANÁLISIS, SELECCIÓN Y DISEÑO DE EQUIPO DE SEPARACIÓN MECÁNICA EN LA PRODUCCIÓN DE CELULOSA, UNAM FES ZARAGOZA. (155); 5to; 18-25.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

10. CARRERA M. R. (1992). INGENIERÍA Y ESTIMACIÓN DE LA INVERSIÓN PARA LA AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE CELULOSA, 21-92-01, UNAM FES ZARAGOZA: 3-37.
11. VEGA M. (2002). APLICACIONES ALIMENTARIAS DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS EN POLISACARIDOS REVISTA IPTS REPORT, VOL.20, 2002, NJ. EE.UU.; 1-11.
12. DOMINGUEZ R. (1971). LA CELULOSA MICROCRISTALINA EN LA ELABORACIÓN DE COMPRIMIDOS FARMACÉUTICOS. TESIS QFB FACULTAD DE QUIMICA; 1-30
13. FLORES R. (1996). ESTUDIO SOBRE LA DEGRADACIÓN FISCOQUIMICA Y BIOLÓGICA DE LA CELULOSA. TESIS. UNAM No. 133
14. BROWNING, B. L., (1976). CHEMISTRY OF WOOD WILEY-INTERSCIENCE, NEW YORK, 114-118
15. DURA P. (1986). EL USO DE DERIVADOS DE CELULOSA COMO ADITIVOS EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA. TESIS LICENCIATURA, F.Q., UNAM; 86-96.
16. CASTAÑEDA G. (2000) DICCIONARIO DE ESPECIALIDADES PARA LA INDUSTRIA ALIMENTARIA; 9: 287-291.
17. PAZ T. (1983), OBTENCIÓN DE CELULOSA BLANCA A PARTIR DE PAPEL Y CARTÓN KRAFT; UNAM FACULTAD DE QUIMICA. I.Q., S/N; 65-72.
18. GESSNER G. HAWLEY. 1975, DICCIONARIO DE QUÍMICA Y DE PRODUCTOS QUÍMICOS, EDITORIAL OMEGA, BARCELONA; 185-186.
19. FIBRE TECHNOLOGY BY CELULOSE; WEB: WWW.CFF.DE MAIL: CFF@CFF.DE, 2002.
20. LO PRESTI S. (2000), RECOVERY OF SODIUM GLUCONATE FROM MOD SOLUTIONS BY REVERSE OSMOSIS, JOURNAL OF FOOD ENGINEERING, 44: 109-117.
21. BURCAK A. (2000), GLOW-DISCHARGE-TREATED CELLULOSE ACETATE (CA) MEMBRANE FOR A HIGH LINEARITY SINGLE-LAYER GLUCOSE



- ELECTRODE IN THE FOOD INDUSTRY, FOOD RESEARCH INTERNATIONAL; 33: 107-112.
22. THOMAS G.V. (1998). EVALUATIONS OF LIGNOCELLULOSIC BIOMASS FROM COCONUT PALM AS SUBSTRATE FOR CULTIVATION OF PLEUROTUS SAJOR-CAJU (FR) SINGER. WORLD JOURNAL OF MICROBIOLOGY & BIOTECHNOLOGY, 14; 879-882.
23. BUDHONO A. (1999). KINETIC ASPECTS OF BACTERIAL CELLULOSE FORMATION IN NATA-DE-COCO CULTURE SYSTEM. CARBOHYDRATE POLYMERS; 40; 137-143.
24. GOLIAS H. (2000). CHARACTERISTICS OF CELLULASE PREPARATIONS AFFECTING THE SIMULTANEOUS SACCHARIFICATION AND FERMENTATION OF CELLULOSE TO ETANOL. BIOTECHNOLOGY LETTERS, 22; 617-621.
25. PETER G. (2000). LOCATION AND LIMITATION OF CELLULOSE PRODUCTION BY ACETOBACTER XYLINUM ESTABLISHED FROM OXYGEN PROFILES. JOURNAL BIOSCIENCE AND ENGINEERING, 89: 414-419.
26. KOTELNIKOVA N.E. (1999). THE EFFECT OF QUATERNARY AMMONIUM BASE ADSORBATES ON THE MOLECULAR AND MORPHOLOGICAL STRUCTURE OF MICROCRYSTALLINE CELLULOSE. CARBOHYDRATE POLYMERS, 38; 239-246.
27. HORNER S. ENZYME-AIDED CHARACTERISATION OF CARBOXYMETHYLCELLULOSE. CARBOHYDRATE POLYMERS, 40; 1-7.
28. TORRI G. (1999). NOVEL CELLULOSIC ETHERS UIT LOW DEGREES OF SUBSTITUTION-II. MAGIC ANGLE SPINNING NMR STUDY. CARBOHYDRATE POLYMERS; 40; 125-135.
29. BIANCHI E. (2000). FREE RADICAL GRAFTING ONTO CELLULOSE IN HOMOGENEOUS CONDITIONS. CARBOHYDRATE POLYMERS, 41; 47-53.
30. HEUX L. (1999). STRUCTURAL ASPECTS IN ULTRATHIN CELLULOSE MICROFIBRILS FOLLOWED BY CP-MAS NMR. CARBOHYDRATE POLYMERS: 40; 115-124.

31. EVERTSSON H. (1999). MICROSTRUCTURES FORMED IN AQUEOUS SOLUTIONS OF A HYDROPHOBICALLY MODIFIED NONIONIC CELLULOSE DERIVATIVE AND SODIUM DODECYL SULFATE. CARBOHYDRATE POLYMERS, 40; 293-298.

32. KIRK-OTHMER, 1978. ENCICLOPEDIA OF CHEMICAL TECHNOLOGY THIRD EDICIÓN VOL. 5, PUBLICACIÓN A WILEY-INTERSCENCIA PRINTED IN USA; 114-117.

33. IOANNIS A. (1999). PHYSICAL PROPERTIES OF POLYOL-PLASTICIZED EDIBLE BLENDS MADE OF METHYL CELLULOSE AND SOLUBLE STARCH. CARBOHYDRATE POLYMERS, 38; 47-58.

34. KUBOTA N. (1999). RECOVERY OF SERUM PROTEINS USING CELLULOSIC AFFINITY MEMBRANES MODIFIED WITH TANNIC ACID. CARBOHYDRATE POLYMERS, 40; 107-113.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN