



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ZARAGOZA**

**TÍTULO**

---

**MANUAL ELECTRÓNICO DE OLIGOSACÁRIDOS  
EN LOS ALIMENTOS.**

**TESIS**

**PARA OBTENER EL GRADO DE  
QUÍMICO FARMACÉUTICO BIÓLOGO**

**SUSTENTANTE**

**TANIA MONTIEL AMADOR**

**DIRECTOR**

**M. en C. FLORES GALINDO ALEJANDRO**

**ASESOR**

**QFB. HERNÁNDEZ ISAÁS MARCELA**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

# ÍNDICE.

---

I.	RESUMEN.....	7
II.	INTRODUCCIÓN.....	8
III.	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	9
	A. BROMATOLOGÍA.....	9
	B. NUTRIENTES.....	9
	C. CARBOHIDRATOS .....	12
	1. MONOSACÁRIDOS.....	12
	2. DISACÁRIDOS.....	12
	3. OLIGOSACÁRIDOS.....	13
	4. POLISACÁRIDOS .....	13
	5. FUENTES .....	14
	D. APRENDIZAJE Y NUEVA TAXONOMÍA DE BLOOM PARA LA ERA DIGITAL .....	14
	1. TAXONOMÍA DE BLOOM.....	15
	2. SUB CATEGORÍAS DE LA TAXONOMÍA REVISADA DE BLOOM.....	16
	a) HABILIDADES DE PENSAMIENTO DE ORDEN INFERIOR (LOTS).....	17
	b) HABILIDADES DE PENSAMIENTO DE ORDEN SUPERIOR (HOTS) .....	17
IV.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	25
V.	OBJETIVOS .....	26
	A. GENERAL.....	26
	B. PARTICULARES.....	26
VI.	HIPÓTESIS.....	27
VII.	MATERIAL Y MÉTODO .....	28
	A. MATERIAL.....	28
	B. MÉTODO.....	28

1.	ESQUEMA GENERAL DEL TRABAJO.....	28
2.	REQUERIMIENTOS GENERALES DE LA INFORMACIÓN Y LOS FORMATOS FINALES.....	30
VIII.	RESULTADOS.....	32
A.	BÚSQUEDA BIBLIOGRÁFICA.....	32
1.	GENERALIDADES (CARBOHIDRATOS).....	32
a)	DEFINICIÓN .....	32
b)	ORIGEN DE LOS CARBOHIDRATOS .....	33
(1)	Formación de carbohidratos .....	33
c)	CLASIFICACIÓN .....	34
d)	CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	34
(1)	Isomerismo óptico .....	34
(2)	Actividad óptica .....	34
(3)	Brillantes .....	35
(4)	Gelatinización.....	35
(5)	Hidrofilia (higroscopicidad).....	35
(6)	Dorado no enzimático .....	35
(7)	Caramelización.....	36
e)	FUNCIONES.....	36
f)	FUENTES.....	36
2.	MONOSACÁRIDOS, DISACÁRIDOS Y POLISACÁRIDOS.....	38
a)	MONOSACÁRIDOS .....	38
(1)	Definición.....	38
(2)	Características generales .....	39
(a)	Mutarrotación.....	39
(b)	Enolización .....	39
(c)	Oxidación-reducción.....	40
(d)	Propiedades organolépticas.....	40

(e)	Solubilidad .....	41
(3)	Ejemplos y sus aplicaciones .....	42
(a)	Glucosa .....	42
(b)	Fructosa .....	43
(c)	Galactosa .....	44
b)	DISACÁRIDOS .....	44
(1)	Definición .....	44
(2)	Características generales .....	45
(a)	Solubilidad .....	45
(b)	Oxidación-reducción .....	45
(3)	Ejemplos y sus aplicaciones .....	45
(a)	Maltosa .....	45
(b)	Lactosa .....	46
(c)	Sacarosa .....	47
c)	POLISACÁRIDOS .....	48
(1)	Definición .....	48
(2)	Características generales .....	48
(a)	Gelificación .....	48
(b)	Texturas .....	48
(c)	Retrogradación .....	48
(3)	Ejemplos y sus aplicaciones .....	49
(a)	Almidón .....	49
(b)	Glucógeno .....	50
(c)	Gomas .....	50
(i)	Gomas extraídas de plantas marinas .....	50
(ii)	Gomas obtenidas por procesos microbiológicos .....	51
(iii)	Exudados de árboles .....	52

	(iv) Extracto de semillas.....	53
	(v) Modificación química.....	53
3.	OLIGOSACÁRIDOS.....	55
	a) DEFINICIÓN .....	55
	b) CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	55
	(1) Origen.....	55
	(2) Nomenclatura .....	55
	c) PROPIEDADES .....	56
	(1) Rotación molecular .....	56
	(2) Reactividad frente ácidos y álcalis .....	57
	d) EJEMPLOS.....	57
	(1) Trisacáridos .....	57
	(2) Tetrasacáridos.....	60
	(3) Oligosacáridos superiores .....	60
	(a) Dextrinas de Schardinger .....	62
	(b) Inulina .....	63
	(i) Propiedades .....	63
	(ii) Análisis de Inulina.....	64
	(c) Fructo-oligosacáridos (FOS o oligofructosas).....	65
	(i) Propiedades .....	65
	(ii) Análisis de FOS.....	65
	e) FUENTES.....	66
	(1) Fuentes de inulina.....	66
	(2) Fuentes de FOS .....	67
	f) APLICACIONES E INCONVENIENTES DE LOS OLIGOSACÁRIDOS .....	67
	(1) Aplicaciones .....	67
	(2) Inconvenientes.....	69

g)	Normatividad .....	69
4.	PROCESOS DE ASIMILACIÓN .....	70
a)	INGESTIÓN .....	71
b)	DIGESTIÓN .....	71
c)	ABSORCIÓN .....	72
5.	REACCIONES DE IDENTIFICACIÓN .....	74
a)	OXIDACIÓN .....	74
	(1) Determinación de grupos reductores .....	74
	(2) Reacción de Fehling .....	74
	(3) Reacción de Benedict .....	74
	(4) Reacción de Tollens .....	75
	(5) Oxidación de carbonilos .....	75
	(a) Reacción con ácido nítrico .....	75
	(b) Reacción de Agua-Bromo .....	75
	(c) Reacción con ácido peryódico .....	76
	(6) Síntesis de Killiani-Fischer .....	76
b)	HIDRÓLISIS .....	77
	(1) Hidrólisis de glicósidos .....	77
	(2) Formación de hexosas y pentosas .....	77
c)	REDUCCIÓN .....	78
	(1) Hidrogenación catalítica (paladio/níquel/H <sub>2</sub> ) .....	78
	(2) Borhidruro de sodio .....	78
	(3) Reducción de Ruff .....	78
6.	ANEXOS .....	80
a)	ANEXO 1: CARBOHIDRATOS DE INTERÉS ALIMENTICIO .....	80
b)	ANEXO 2: ESQUEMAS DE LAS FAMILIAS DE LAS CETOSAS Y LAS ALDOSAS .....	81

c)	ANEXO 3: REALIZACIÓN DE FÓRMULAS DE PROYECCIÓN DE CARBOHIDRATOS .....	83
d)	ANEXO 4: PREPARACIÓN DE REACTIVOS.....	86
B.	ELABORACIÓN DEL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN Y REGISTRO DE ARCHIVOS .....	87
C.	GENERACIÓN DE CLAVES. ....	88
D.	ELABORACIÓN DE LOS CUESTIONARIOS ELECTRÓNICOS.....	90
1.	UNIDAD I: GENERALIDADES. ....	90
a)	AUTOEVALUACIÓN.....	90
b)	DOCUMENTO ENTREGABLE.....	91
2.	UNIDAD II: MONOSACÁRIDOS, DISACÁRIDOS Y POLISACÁRIDOS.....	92
a)	AUTOEVALUACIÓN.....	92
b)	DOCUMENTO ENTREGABLE. ....	94
3.	UNIDAD III: OLIGOSACÁRIDOS. ....	95
a)	AUTOEVALUACIÓN.....	95
b)	DOCUMENTO ENTREGABLE. ....	97
4.	UNIDAD IV: PROCESO DE ASIMILACIÓN.....	98
a)	AUTOEVALUACIÓN.....	98
b)	DOCUMENTO ENTREGABLE. ....	100
5.	UNIDAD V: REACCIONES DE IDENTIFICACIÓN.....	101
a)	AUTOEVALUACIÓN.....	101
b)	DOCUMENTO ENTREGABLE. ....	103
E.	ELABORACIÓN DE AUTOEVALUACIONES Y ENTREGABLES (FORMATOS FINALES) .....	105
F.	ELABORACIÓN DE LAS INTERFACES .....	108
G.	DISEÑO DE PORTADA Y CARÁTULA DEL CD. ....	110
IX.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	113
X.	CONCLUSIONES .....	115



XI. PROPUESTAS Y RECOMENDACIONES .....	116
XII. NORMATIVIDAD .....	117
XIII. BIBLIOGRAFÍA GENERAL .....	117
XIV. ÍNDICE DE TABLAS .....	119

## **I. RESUMEN.**

---

En la carrera de Química Farmacéutico Biológica que se imparte en la FES Zaragoza (UNAM), el Plan de Estudios incluye en el séptimo semestre el Módulo de Bromatología (integrado por una parte teórica y una práctica), el cual se enfoca en el estudio de los alimentos, los nutrientes que contienen y sus aplicaciones en el tratamiento de enfermedades. En el temario se incluye el estudio de los carbohidratos, pero en el mismo no se especifican los temas que se deben de incluir. Es por ello, y debido a que la información sobre los *oligosacáridos* era mínima, que los docentes y los alumnos optaban por solo mencionar la existencia de estos carbohidratos y orientar las clases hacia los monosacáridos, disacáridos y los polisacáridos.

Para remediar este vacío académico, se decidió desarrollar un material de consulta en formato electrónico, el cual presenta información significativa, relevante, verídica y estructurada, la cuál puede ser empleada por los alumnos y docentes. A esto se le suman cuestionarios que permiten evaluar los progresos de los alumnos en el aprendizaje de esta unidad, esto con la finalidad de mejorar la comprensión de esta unidad y servir de base para el desarrollo de materiales similares en esta u otras materias.

El material desarrollado lleva por nombre *MANUAL ELECTRÓNICO DE OLIGOSACÁRIDOS EN ALIMENTOS*, este manual se integra a la colección de manuales electrónicos del Módulo de Bromatología, siendo el tercero de dicha colección. El diseño de la apariencia del disco lo hace agradable a la vista y único, debido a que no solo leyendo los títulos se conoce su contenido, sino también las imágenes hacen una referencia clara del contenido del disco para ser identificado con facilidad.

En este informe se anexa un ejemplar del Manual Electrónico en formato CD-ROM.

## II. INTRODUCCIÓN.

---

Los carbohidratos son uno de los compuestos alimentarios de mayor importancia, no solo por su gran cantidad de fuentes naturales y procesadas, sino también por ser la fuente de energía más básica que emplea el hombre. Es por esto que se requiere conocer sus funciones, fuentes, interacciones y aplicaciones para la elaboración de alimentos de mejor calidad. Un ejemplo de esto es el uso de sustancias *prebióticas (oligosacáridos)*, las cuáles ayudan a las personas con un peristaltismo lento a regularizar su movimiento peristáltico, mientras que en personas con un movimiento normal los ayuda a mantener sana su flora intestinal, de estos también conocidos como Alimentos Nutracéuticos.

Dentro del Módulo de Bromatología en la sección teórica, se instruye a los alumnos en el conocimiento de la química de los alimentos, con el fin de enfocar estos conocimientos en la elaboración de productos destinados a controlar, coadyuvar y/o prevenir enfermedades o los síntomas de las mismas, las cuáles no interfieran con los tratamientos alopáticos, ya que de nada sirve el tratar una enfermedad con medicamentos si no se tiene un cambio en las costumbres alimenticias.

En la actualidad, el módulo al igual que en el resto de la carrera, se enfrenta a un grave problema, los medios electrónicos (como el internet) han comenzado a desfasar a los medios impresos (libros) ya que para un alumno es más fácil y práctico, emplear una computadora y en el internet buscar la información que requiere, sin importarle la fuente de donde esta provenga, y mucho menos rectificar su veracidad. Esto generado principalmente por que entre los alumnos, son pocos los que realizan sus búsquedas en bases de datos, bibliotecas electrónicas o publicaciones universitarias o de difusión en formatos electrónicos. Por lo general recurren a los buscadores y emplean la primera información que hallan.

Para contrarrestar esté problema, se esta implementando el desarrollo de materiales electrónicos, los cuáles permita tener una fuente de información verídica y confiable. Es por esto que se plantea el desarrollo de un manual electrónico sobre los oligosacáridos en los alimentos, ya que en él se incluirán las generalidades de los carbohidratos y sus funciones, pero haciendo énfasis en lo oligosacáridos, los cuáles son un grupo de compuestos que han comenzado a tener una amplia difusión en la industria alimentaria. Además de incluir cuestionarios que tendrán la función de servir como evaluaciones para el alumno.

### **III. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.**

---

#### **A. BROMATOLOGÍA**

Desde el punto de vista etimológico, la palabra bromatología se deriva del griego *βροματος* “alimentos” y *λογος* “estudio o ciencia” y significa Ciencia de los alimentos. El estudio científico de los alimentos se han llevado acabo desde la época de Hipócrates (siglo V antes de Cristo), pero sus fundamentos inician con los trabajos de Lavoisier y adquiere un auténtico auge a raíz de los descubrimientos de Pasteur, momento considerado como el arranque de la Bromatología en cuanto Ciencia, que ha continuado su desarrollo hasta la época actual.<sup>1</sup>

#### **B. NUTRIENTES**

Los nutrientes son sustancias químicas que contienen los alimentos y que el organismo utiliza para la formación de nuevos tejidos durante el crecimiento, para reemplazar los tejidos que se desgastan o destruyen, para la reproducción y como fuente de energía para llenar las necesidades calóricas del organismo. Se clasifican en 5 grupos:

- Carbohidratos (60-65% de la ingesta)<sup>1</sup>
- Lípidos o grasas (20-25%)
- Proteínas (12-15%)
- Vitaminas
- Minerales

Estos nutrientes junto con el agua y la fibra, deben de integrar la dieta diaria, ya que un desequilibrio en el consumo de alguno de estos grupos, producirá en primera instancia una alteración y de no corregirse generará una serie de alteraciones metabólicas que pudieran provocar alguna enfermedad o trastorno metabólico.

Los nutrientes se pueden presentar de forma individual (como en el caso de la sacarosa) o como parte de un alimento (la papa contiene almidón, vitaminas, minerales, proteínas y ácidos grasos poliinsaturados). Considerando estas características, se genero lo que hoy conocemos como la pirámide nutricional (FIGURA 1), la cuál muestra los tipos de alimentos así como la proporción que se debe de ingerir para tener una buena salud.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Bourges H. Pautas para la Orientación Alimentaria en México (adaptación), ILSI de México 2004



FIGURA 1. Pirámide nutrimental.

El Instituto Nacional de Nutrición clasifica a los alimentos en cuatro grupos:

- I. **Granos, leguminosas y sus derivados.** (consumo en cantidad suficiente) Los cereales integrales son mejores porque sus cubiertas tienen nutrimentos, además de que mejoran el funcionamiento del intestino y disminuyen la frecuencia de cáncer.
- II. **Verduras y Frutas.** (por lo menos dos raciones en cada comida) Contienen vitaminas, nutrimentos inorgánicos (minerales), antioxidantes (vitaminas A y C) y fibra; muchas de ellas ayudan a disminuir los niveles de colesterol y protegen de la aparición de ciertos tipos de cánceres.
- III. **Productos animales.** (tres raciones al día) La carne, la leche y sus derivados y el huevo tienen principalmente proteínas, hierro, calcio y vitaminas. En el caso de los adultos se debe de consumir los que contengan menos grasa, porque contienen grasas saturadas que son perjudiciales.
- IV. **Grasas y azúcares.** Son importantes, pero su consumo máximo debe de corresponder del 25 al 30% de las calorías y solo el 110% de grasas saturadas.<sup>2</sup>

De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-043-SSA2-2005 separa a los alimentos en tres grupos (FIGURA 2):



FIGURA 2. Esta es la representación gráfica de la alimentación en México.

### I. *Verduras y frutas*

Ejemplo de verduras: acelgas, verdolagas, quelites, espinacas, flor de calabaza, huauzontles, nopales, brócoli, coliflor, calabaza, chayote, chícharo, tomate, jitomate, hongos, betabel, chile poblano, zanahoria, aguacate, pepino, lechuga entre otras.

Ejemplo de frutas: guayaba, papaya, melón, toronja, lima, naranja, mandarina, plátano, zapote, ciruela, pera, manzana, fresa, chicozapote, mango, mamey, chabacano, uvas, entre otras.

### II. *Cereales y tubérculos*

Ejemplo de cereales: maíz, trigo, avena, centeno, cebada, amaranto, arroz y sus productos derivados como: tortillas y productos de nixtamal, cereales industrializados, pan y panes integrales, galletas y pastas.

Ejemplo de tubérculos: papa, camote y yuca.

### III. *Leguminosas y alimentos de origen animal.*

Ejemplo de leguminosas: frijol, haba, lenteja, garbanzo, arveja, alubia y soya.

Ejemplo de alimentos de origen animal: leche, queso, yogurt, huevo, pescado, mariscos, pollo, carnes rojas y vísceras.<sup>I</sup>

De acuerdo a la NOM-051-SCFI-1994, la ingesta diaria recomendada (IDR) solo hace referencia al contenido de proteínas, vitaminas y minerales. Siendo del 75 g la IDR para proteínas.<sup>II</sup>

## C. CARBOHIDRATOS

Los carbohidratos, hidratos de carbono, azúcares, glucósidos, glicósidos o CHO's son nutrientes constituidos por carbono, hidrógeno y oxígeno; pueden presentarse bajo la forma de polisacáridos (almidones), disacáridos o monosacáridos, que se desdoblán en el tracto digestivo (mediante la acción de la amilasa salival y pancreática) hasta formar glucosa que es la fuente de energía por excelencia. Los carbohidratos (también llamados hidratos de carbono), proporciona el calor y energía necesarios para realizar las actividades corporales.<sup>2</sup> De acuerdo al número de monómeros que los conforman se clasifican en:

### 1. MONOSACÁRIDOS

Los monosacáridos son azúcares sencillos formados por cadenas de tres, cuatro, cinco, seis o siete carbonos, presentan un grupo funcional aldehído (aldosa) o grupo funcional cetónico (cetosa).<sup>3</sup>

De entre todos los monosacáridos son tres los principales: **la Glucosa** (FIGURA 3a) es la fuente de energía esencial mediante la cuál el organismo humano trabaja. Se encuentra en la sangre en mayor proporción y en cantidades siempre constantes (en condiciones normales es del 0.8 al 0.1%); **la Fructosa** (FIGURA 3b) se encuentra generalmente asociada a la glucosa en las frutas y también es un constituyente importante de la miel y **la Galactosa** (FIGURA 3c) se encuentra unida a la glucosa formando un disacárido llamado lactosa o azúcar de la leche.<sup>4</sup>

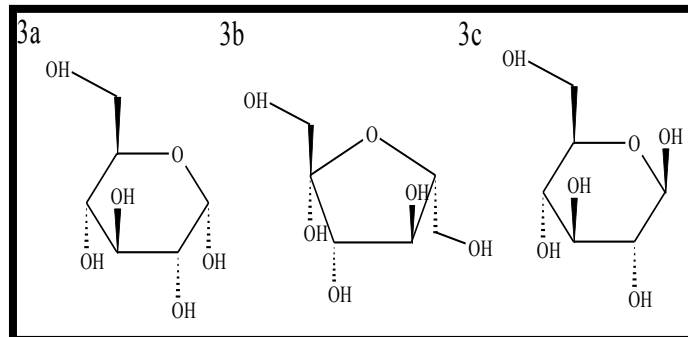


FIGURA 3. Estructura de algunos monosacáridos. (3a. Glucosa, 3b. Fructosa, 3c. Galactosa)

### 2. DISACÁRIDOS

Se encuentran integrados por dos monosacáridos que se unen mediante enlaces cetales o hemiacetales. Entre los disacáridos de mayor importancia para el hombre se encuentran **la maltosa** (FIGURA 4a), que es la unión de dos glucosas y se obtiene a partir de la hidrólisis del almidón por la enzima amilasa; **la lactosa** (FIGURA 4b), que se encuentra presente en la leche, integrada por D-glucosa y D-galactosa la cuál se hidroliza por la lactasa intestinal y finalmente, **la sacarosa** (FIGURA 4c), la cuál es el azúcar comercial. Por la hidrólisis de la sacarosa se obtiene una molécula de glucosa y otra de fructosa.<sup>5</sup>

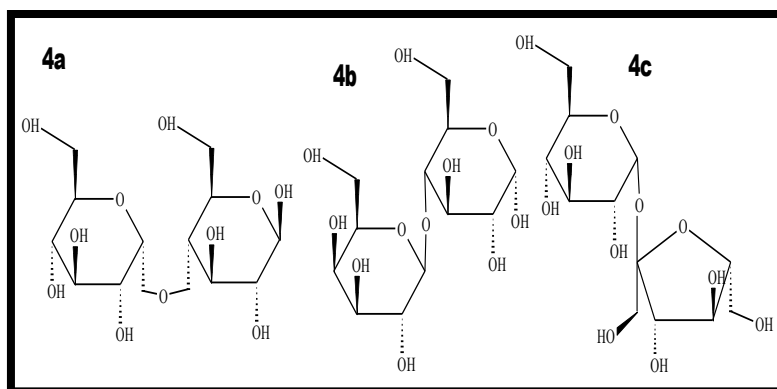


FIGURA 4. Estructura de algunos disacáridos. (4a. Maltosa, 4b. Lactosa, 4c. Sacarosa)

### 3. OLIGOSACÁRIDOS

Los azúcares combinados que presentan de tres a diez unidades de monosacáridos, reciben el nombre de oligosacáridos (*oligo*= *pocos*). Estas unidades pueden ser iguales o diferentes. Solo algunos oligosacáridos presentan un sabor amargo. La intensidad del sabor dulce disminuye, en general, conforme aumenta la longitud de la cadena. Los oligosacáridos son solubles en agua. Los oligosacáridos se subdividen en trisacáridos, tetrasacáridos y oligosacáridos superiores. De estos el trisacárido más conocido es la *Rafinosa* (FIGURA 5), se encuentra en el jugo de la remolacha azucarera y en la cascara de las semillas de algodón. Se presenta en forma de trazas en el azúcar de remolacha cristalizada que se expende en el comercio. La rafinosa, al hidrolizarse da cantidades equimolares de D-Glucosa, D- Fructosa y D-Galactosa.<sup>6</sup>

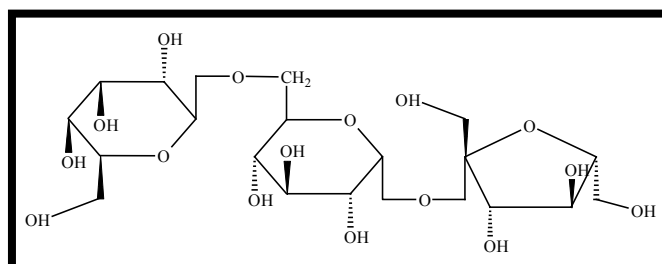


FIGURA 5. Estructura de la Rafinosa, la molécula de la D-Galactosa se encuentra invertida para la formación del enlace  $1\alpha \rightarrow 6\beta$ .

### 4. POLISACÁRIDOS

Los polisacáridos son la unión de más de veinte monosacáridos, se pueden clasificar a su vez por su función ya sea estructural o en forma de energía almacenada. Al grupo de polisacáridos de reserva energética pertenecen el almidón, integrado por la amilosa (FIGURA 6a) y la amilopectina (FIGURA 6b), y el glucógeno. Entre los polisacáridos estructurales se encuentra la celulosa (FIGURA 6c) y las gomas naturales (goma guar, goma acacia, etc.).<sup>5</sup>



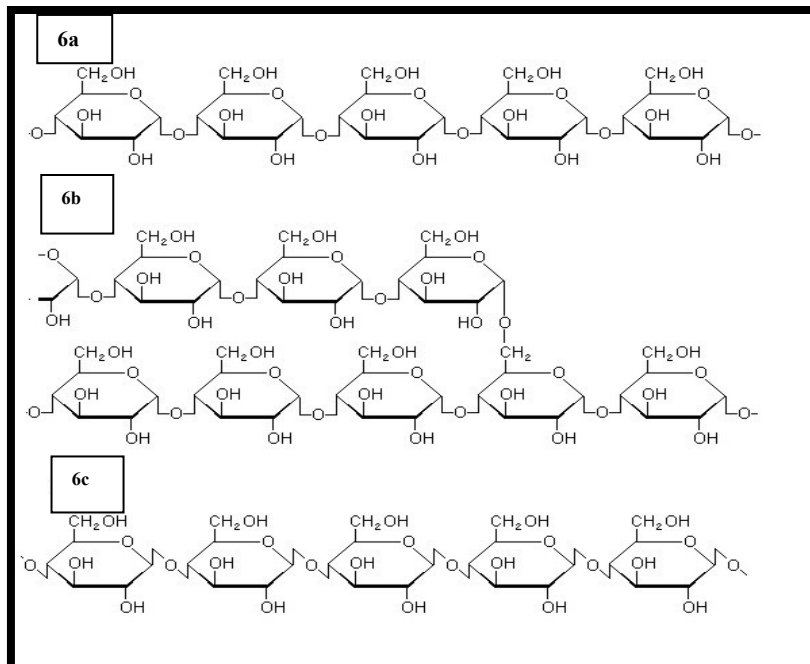


FIGURA 6. Fórmula estructural de algunos polisacáridos (6a. amilosa, 6b. amilopectina. 6c. celulosa)

## 5. FUENTES

Abundan en el pan, la tortilla, las pastas, los cereales, las leguminosas, los dulces, las frutas, harinas vegetales, galletas, pasteles, sémola de trigo, leche, queso, mantequilla, carnes de diversos orígenes (en éste caso su contenido es muy inferior, ya que va del 0.1-1.0%) (FIGURA 7).<sup>2,3</sup>



FIGURA 7. Fuentes de Carbohidratos

## D. APRENDIZAJE Y NUEVA TAXONOMÍA DE BLOOM PARA LA ERA DIGITAL

El aprendizaje es el proceso mediante el cuál se obtiene nuevos conocimientos, habilidades o actitudes, a través de experiencias vividas que producen algún cambio en nuestro modo de ser o de actuar. Entre las formas que se adquiere éste aprendizaje esta la enseñanza, la cuál es la organización de la actividad cognitiva de los escolares, que implica la apropiación de la información por estos.

La Pirámide del Aprendizaje (FIGURA 8) muestra de forma visual los diferentes valores de retención de los alumnos a partir de las técnicas y estrategias de enseñanza, si a un alumno se le enseña únicamente con lecturas y exposiciones su capacidad para recordar la información y comprenderla es mínima, en cambio si se le muestran ejercicios prácticos que lo incentiven a tener una actitud activa hacia el aprendizaje, su capacidad para recordar lo que ha estudiado mejora considerablemente. Esto se puede sintetizar como: “El contenido o el concepto entregado sin ningún contexto u otra actividad de apoyo tienen una capacidad de retención muy baja”.<sup>7</sup>

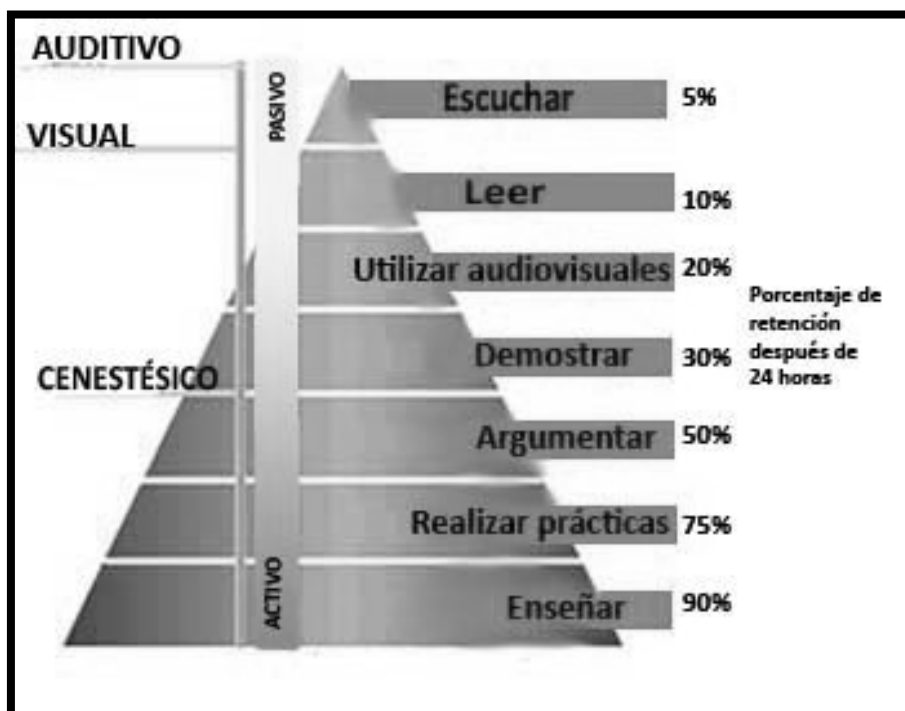


FIGURA 8. Pirámide del Aprendizaje.

Actualmente y debido a los grandes avances informáticos que se están dando, la enseñanza cuenta con un mayor número de herramientas en las cuáles apoyarse, debido a esto, los criterios de enseñanza deben de ser modificados ejemplo de esto, es el de Bloom, uno de los más empleados a nivel mundial para la enseñanza y su evaluación. En 1956 el psicólogo educativo Benjamin Bloom desarrollo una taxonomía de Objetivos Educativos, esta herramienta se convirtió en pieza clave para la estructuración y comprensión del proceso de aprendizaje.<sup>7</sup>

## 1. TAXONOMÍA DE BLOOM.

En esta taxonomía se categoriza y ordena las habilidades del pensamiento y sus objetivos, sigue un orden ascendente, partiendo de las Habilidades del Pensamiento de Orden Inferior (LOTS, por sus siglas en ingles) y va hacia Habilidades del Pensamiento de Orden Superior (HOTS, por sus siglas en ingles). Bloom describe cada categoría como un sustantivo (FIGURA 9).<sup>7</sup>



FIGURA 9. Taxonomía original de Benjamin Bloom.

En 2001, Lorin Anderson, revisó la Taxonomía de su maestro y publicó la Taxonomía Revisada de Bloom. Uno de los aspectos clave de esta revisión es el uso de verbos en lugar de sustantivos para cada categoría y el otro, el cambio de la secuencia de éstas dentro de la taxonomía. A continuación se presentan en orden ascendente, de inferior a superior (FIGURA 10).<sup>7</sup>

## 2. SUB CATEGORÍAS DE LA TAXONOMÍA REVISADA DE BLOOM.

Cada una de las categorías o elementos taxonómicos tiene un número de verbos clave, asociados a ella.<sup>7</sup>

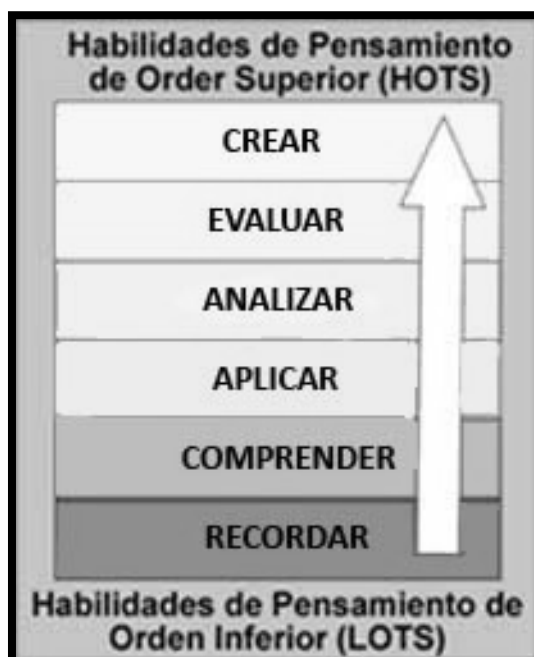


FIGURA 10. Taxonomía Revisada de Bloom.

a) HABILIDADES DE PENSAMIENTO DE ORDEN INFERIOR (LOTS)

- **Recordar.** Reconocer, listar, describir, identificar, recuperar, denominar, localizar, encontrar.
- **Entender.** Interpretar, resumir, inferir, parafrasear, clasificar, comparar, explicar, ejemplificar.
- **Aplicar.** Implementar, desempeñar, usar, ejecutar.
- **Analizar.** Comparar, organizar, reconstruir, atribuir, delinear, encontrar, estructurar, integrar.
- **Evaluar.** Revisar, formular hipótesis, criticar, experimentar, juzgar, probar, detectar, monitorear.
- **Crear.** Diseñar, construir, planear, producir, idear, trazar, elaborar.<sup>7</sup>

b) HABILIDADES DE PENSAMIENTO DE ORDEN SUPERIOR (HOTS)

Otro elemento a destacar es que Anderson y Krathwohl consideraron la **creatividad** como superior a la evaluación dentro del dominio cognitivo.

Los verbos anteriores describen muchas de las actividades, acciones, procesos y objetivos que llevamos a cabo en nuestras prácticas diarias de aula. Pero no atienden los nuevos objetivos, procesos y acciones que, debido a la emergencia e integración de las TIC (Tecnologías de la Información y las Comunicación), hacen presencia tanto en nuestras vidas y en las de los estudiantes, como en las clases.

Debido a esto, el 1 de Octubre de 2009, Andrew Churches (codirector del área de Estudios de Informática del Kristin School de Auckland, Nueva Zelanda) publicó en Eduteka, la Taxonomía de Bloom para la era Digital (FIGURA 11).<sup>7</sup>

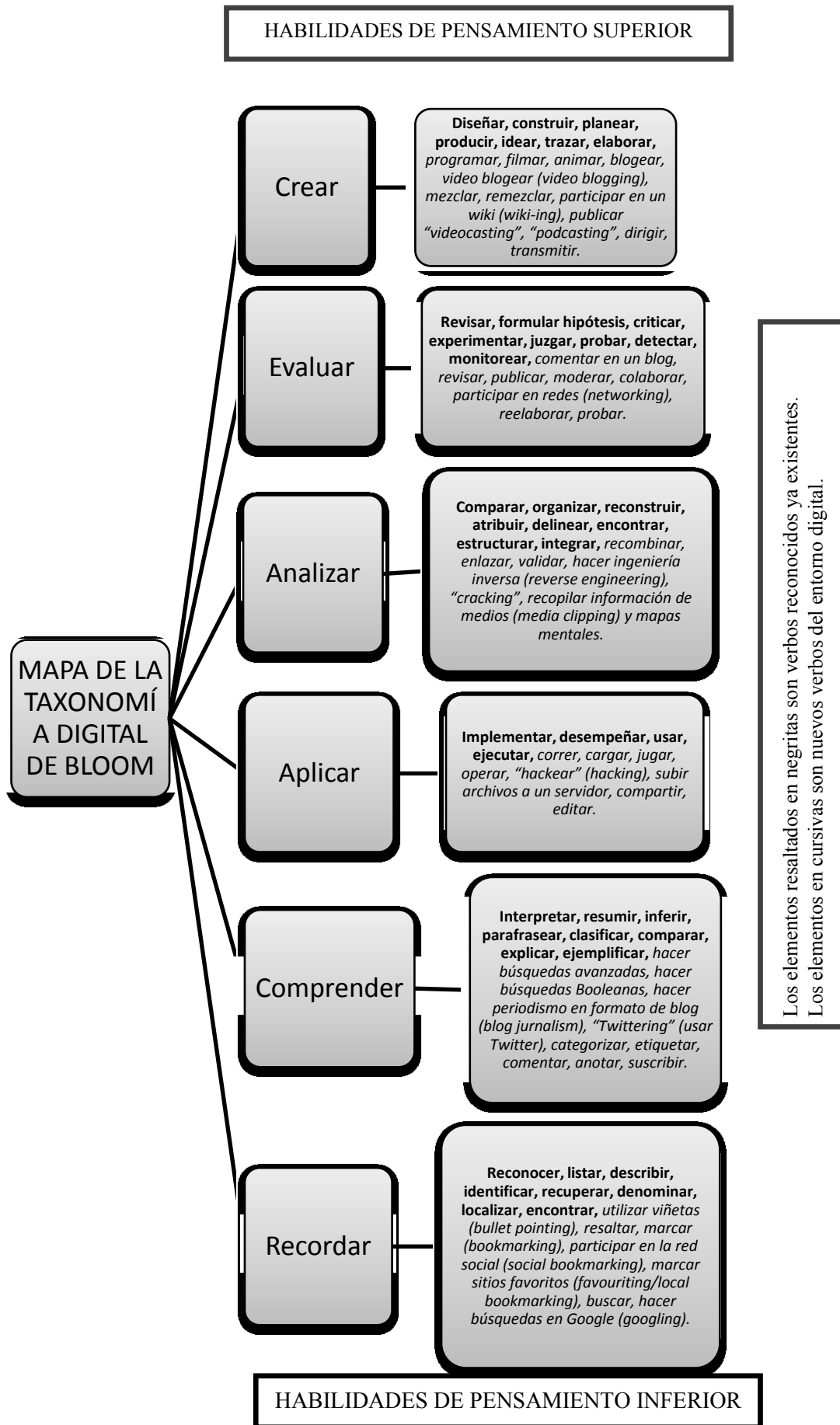


FIGURA 11. Mapa de la Taxonomía de Bloom para la era digital.

Así como en la Taxonomía Revisada, esta nueva Taxonomía cuenta con verbos y los grupos de herramientas digitales de las cuáles se puede auxiliar cada categoría.

- **RECORDAR.** Es el más bajo de los niveles de la taxonomía, pero esto no quiere decir que recordar tiene que ocurrir como una actividad independiente, se debe de reforzar si se aplica en actividades de orden superior.

### Verbos Clave

Reconocer, listar, describir, identificar, recuperar, denominar, localizar, encontrar, utilizar viñetas (bullet pointing), resaltar, marcar (bookmarking), participar en la red social (social bookmarking), marcar sitios favoritos (favouriting/local bookmarking), buscar, hacer búsquedas en Google (googling).

### Actividades Digitales

- **Recitar/Narrar/Relatar.** [Procesador de Texto, Mapa mental, tarjetas para memorizar (flash cards), herramientas de presentación].
  - **Examen/Prueba.** [Herramientas en línea, Procesador de Texto (local – Word, Staroffice, Open Officeo / en línea – Google Documents, Zoho Documents, Thinkfree, etc.), Hojas índice]
  - **Tarjetas para memorizar (Flashcards).** [Moodle, Hot Potatoes, Objetos de aprendizaje con estándar Scorm]
  - **Hecho/Dato.** [Procesador de Texto (viñetas y listados), Mapas mentales, Internet, foros de discusión, correo electrónico]
  - **Hoja de trabajo/libro.** [Procesador de Texto, Mapa mental, Web, Actividades en las que se llenan espacios en blanco]
  - **Etiqueta.** [Procesador de Texto, herramientas gráficas]
  - **Lista.** [Procesador de Texto (viñetas y listados), Mapas mentales, Publicación en la Web (página personal en la web, diario usando blog)]
  - **Reproducción.** [Procesador de Texto – dictar y tomar notas, publicar en la Web una página personal, diario en blog, herramientas gráficas, sala de conversación, correo electrónico, foros de discusión]
  - **Marcar.** [Navegadores de Internet que utilizan marcadores y favoritos, herramientas Web 2.0 como del.icio.us]
  - **Redes sociales.** [Facebook, Myspaces, bebo, Twitter, diigo, Digg.com]
  - **Buscadores básicos.** [Motores de búsqueda (google, excite, ask, yahoo, metracrawler etc.), catálogo de biblioteca, Clearinghouses].<sup>7</sup>
- **COMPRENDER.** Es establecer relaciones y construir significado a partir de diferentes tipos de funciones, sean estas escritas o gráficas.

### Verbos Clave

Interpretar, resumir, inferir, parafrasear, clasificar, comparar, explicar, ejemplificar, hacer búsquedas avanzadas, hacer búsquedas Booleanas, hacer periodismo en formato de blog (blog jurnalism), “Twittering” (usar Twitter), categorizar, etiquetar, comentar, anotar, suscribir.

### Actividades Digitales para Comprender

- **Resumir.** [Procesador de Texto, Mapas Conceptuales, publicar en la Web, Autopublicaciones simples (Desktop Publishing - DTP) (diarios en blogs y paginas sencillas de construcción colaborativa de documentos), Wiki]
  - **Recolectar.** [Procesador de Texto, Mapa mental, publicar en la Web, diarios en blogs y paginas sencillas de construcción colaborativa de documentos, Wiki]
  - **Explicar.** [Procesador de Texto, Mapas Conceptuales, publicar en la Web, Autopublicaciones simples (Desktop Publishing - DTP) (diarios en blog y paginas sencillas de construcción colaborativa de documentos), Wiki]
  - **Mostrar y contar.** [Procesador de Texto, presentaciones en línea o locales, gráficas, herramientas de audio (grabador de sonidos de Audacity y herramientas de podcasting), herramientas de video, Mapa mental]
  - **Listar.** [Procesador de Texto, Mapas Conceptuales]
  - **Etiquetar.** [Procesador de Texto, Mapas Conceptuales, Gráficas, herramientas en línea (Ajaxdraw)]
  - **Bosquejar.** [Procesador de Texto, Mapa mental]
  - **Hacer Búsquedas avanzadas y Booleanas.** [Funciones avanzadas de búsqueda (Google, etc.)]
  - **Alimentar un diario en Blog.** [Bloglines, Blogger, WordPress, etc.]
  - **Publicar a diario.** [Blogging, Myspaces, Bebo, Facebook, Bloglines, Blogger, Ning, Twitter]
  - **Categorizar y etiquetar.** [Delicious, etc.]
  - **Etiquetar, registrar comentarios.** [Noticeboards, Foros de discusión, Discusiones en cadena, Lectores de archivos PDF, Blogs, Firefox, Zotero]
  - **Suscribir.** [Agregadores (lectores) RSS ej. Bloglines, Google Reader, etc., extensiones de Firefox].<sup>7</sup>
- **APLICAR.** Llevar a cabo un procedimiento durante el desarrollo de una representación o de una implementación. Aplicar se relaciona y se refiere a situaciones donde material ya estudiado se usa en el desarrollo de productos tales como modelos, presentaciones, entrevistas y simulaciones.

### Verbos Clave

Implementar, desempeñar, usar, ejecutar, correr, cargar, jugar, operar, “hackear” (hacking), subir archivos a un servidor, compartir, editar.

### Actividades Digitales para Aplicar

- **Ilustrar.** [Corel, Inkscape, GIMP, Paint, Herramientas en línea, Herramientas para crear dibujos animados (basados en personajes de la vida real), narraciones digitales históricas, dibujos animados con hipermedios]
- **Simular.** [Distribución en planta (floor map), herramientas gráficas, Sketchup de Google, Software Crocodile que simula experimentos de ciencias, Global conflict – Palestina]
- **Esculpir o Demostrar.** [Presentaciones, gráficas, captura de pantalla, conferencias usando audio y video]

- **Presentar.** [Office Impress, Autopublicaciones simples (Desktop Publishing - DTP), Presentador Multimedia, presentación en Google Docs, presentación en Zoho, Skype, Tablero interactivo para colaboración utilizando herramientas virtuales, conferencias usando audio y video]
- **Entrevistar.** [Procesador de Texto, Mapas mentales, (mind mapper), podcast, vodcast, Grabar sonido con Audacity, colaborar utilizando herramientas electrónicas, Skype]
- **Ejecutar.** [Podcast, vodcast, películas, conferencias usando audio y video, Voz sobre protocolo IP (VoIP), grabar audio y/o voz, Presentación con un presentador multimedia (PowerPoint), colaborar utilizando herramientas electrónicas]
- **Editar.** [Herramientas de sonido y video, editar un Wiki, Autopublicaciones simples (Desktop Publishing - DTP). Desarrollar de manera compartida un documento]
- **Jugar.** [Videojuegos de rol multijugador en línea (MMORPG), simulaciones como Global Conflicts (Conflictos Globales) – Palestina].<sup>7</sup>
- **ANALIZAR.** Descomponer en partes conceptuales y determinar cómo se relacionan entre sí con una estructura completa y con un propósito determinado. Las acciones mentales de este proceso incluyen diferenciar, organizar y atribuir, así como la capacidad para establecer diferencias entre componentes.

### Verbos Clave

Comparar, organizar, reconstruir, atribuir, delinear, encontrar, estructurar, integrar, recombinar, enlazar, validar, hacer ingeniería inversa (reverse engineering), “cracking”, recopilar información de medios (media clipping) y mapas mentales.

### Actividades Digitales para Analizar

- **Encuestar.** [Herramientas basadas en la Web (survey monkey, encuestas y votos embebidos, herramientas para redes sociales, etc.), Procesador de Texto, Hoja de Cálculo, correo electrónico, Foros de discusión, Teléfonos celulares y mensajes de texto]
- **Usar Bases de Datos.** [Relacionales; Bases de Datos que utilizan MySQL y Microsoft Access, Bases de datos planas que utilizan Hoja de Cálculo, Wiki, Sistemas de Información Geográfica o GIS (Map Maker, Google Earth, Google Maps, Flickr, Arcview/Explorer)]
- **Resumir.** [Procesador de texto, publicar en la Web]
- **Elaborar mapas que establecen relaciones.** [Mapas Conceptuales, Diagramas Causa Efecto, Análisis mediante métodos de planeación estratégica (DOFA), Grafico de Máximo, Mínimo e Implicaciones (PMI), Diagramas de Venn, método de las 6 Preguntas (qué, quién, cuándo, dónde, cómo, por qué) – Inspiration, Kidspiration, Smart Ideas, Cmap Tools, Mindmapper, herramientas en línea como “Freemind”].
- **Informar.** [Procesador de texto, Autopublicaciones simples (Desktop Publishing - DTP), Hoja de Cálculo, herramientas de Presentación, publicar páginas Web o entradas en Blogs]



- **Graficar.** [Hoja de Cálculo, digitalizadores, herramientas de graficación en línea]
  - **Usar Hoja de Cálculo.** [Calc, Microsoft Excel, herramientas en línea para Hojas de cálculo]
  - **Hacer Listas de verificación.** [Procesador de texto, Herramientas para encuestar, Encuestas en línea, Hojas de cálculo]
  - **Graficar.** [Hojas de cálculo, digitalizadores, herramientas en línea para Mapas mentales].<sup>7</sup>
- **EVALUAR:** Hacer juicios en base a criterios y estándares utilizando la comprobación y la crítica.

### Verbos Clave

Revisar, formular hipótesis, criticar, experimentar, juzgar, probar, detectar, monitorear, comentar en un blog, revisar, publicar, moderar, colaborar, participar en redes (networking), reelaborar, probar.

### Actividades Digitales para Evaluar

- **Debatir.** [Procesador de Texto, grabar sonido, podcasting o vodcasting, Mapas Conceptuales (Inspiration, Free mind), Salas de conversación, Mensajería Instantánea (IM), Correo electrónico, Páneles de discusión, Conferencias por video y telefónicas (Skype, IM), Herramientas de colaboración (Elluminate, etc.)]
- **Participar en Paneles.** [Procesador de Texto, salas de conversación, Mensajería Instantánea (IM), Correo electrónico, Paneles de discusión, conferencias por video y telefónicas, Herramientas de colaboración (Elluminate, etc.)]
- **Informar.** [Usar el Procesador de Texto o publicación en la Web (Reportar, publicar entradas en un blog, publicar entradas en un Wiki, publicar en una página Web, Autopublicaciones simples (Desktop Publishing - DTP), Presentaciones, Cámara digital)]
- **Evaluar.** [Usar el Procesador de Texto o publicación en la Web (publicar entradas en un blog, publicar entradas en un Wiki, publicar en una página Web, Autopublicaciones simples (Desktop Publishing - DTP), Presentación con Mapas Mentales, Cámara digital)]
- **Investigar.** [Modelos para resolver problemas de información (CMI), Internet, Herramientas en línea, Cámara digital, Procesador de Texto, Sistemas de Información Geográfica (GIS: Google Earth, Google Map, Flickr, Arcview/Explorer)]
- **Opinar.** [Procesador de texto etc.]
- **Concluir.** [Procesador de Texto, Autopublicaciones simples (Desktop Publishing - DTP), Presentaciones multimedia].
- **Persuadir.** [Procesador de Texto, grabar sonido, reason!able (software para argumentar), presentaciones apoyadas con mapas conceptuales]

- **Comentar, moderar, revisar, publicar.** [Paneles de discusión, Foros, Blog, Wikis, Twitter, discusiones en cadena (threaded discussions), Tableros de anuncios, salas de conversación]
  - **Colaborar.** [Paneles de discusión, Foros, Blog, Wikis, Twitter, discusiones en cadena, Tableros de anuncios, salas de conversación, video conferencias, Mensajería Instantánea, mensajes de texto y multimedia (en teléfonos celulares/móviles), mensajes en video, audio conferencias].
  - **Trabajar en redes.** [Herramientas para redes sociales de trabajo en la Web, conferencias en audio y video, cadenas de correos electrónicos, telecomunicaciones, Mensajería Instantánea, clases en vivo y virtuales (Illuminate, etc.)].<sup>7</sup>
- **CREAR.** Juntar los elementos para formar un todo coherente y funcional; generar, planear o producir para reorganizar elementos en un nuevo patrón o estructura.

### Verbos Clave

Diseñar, construir, planear, producir, idear, trazar, elaborar, programar, filmar, animar, blogear, video blogear (video blogging), mezclar, remezclar, participar en un wiki (wiki-ing), publicar “videocasting”, “podcasting”, dirigir, transmitir.

### Actividades Digitales para Crear

- **Producir Películas.** [Movie Maker, Pinnacle Studio, Premier de Adobe, Herramientas en línea (eyespot.com, pinnacleshare.com, cuts.com, Animoto.com, dvolver.com)].
- **Presentar.** [Herramientas de presentación (Powerpoint, Impress, herramienta Zoho para presentación, Photostory, presentador de Google). Herramientas para crear tiras cómicas (Comic life, hypercomic, herramientas en línea)].
- **Narrar Historias.** [Usar el Procesador de Texto o publicar en la Web (Mixbooks, etc.), Autopublicaciones simples (Desktop Publishing - DTP), Presentación, podcasting, photostory, voicethread, Herramientas para crear comics (Comic life, Kit para construir cuentos históricos), Animaciones (dvolver.com)].
- **Programar.** [Visual Studio.net (version libre Express), Lego Mindstorms & Robolab, Scratch, Alice, Game Maker]
- **Proyectar.** [Procesador de Texto, Diagramas Gantt y PERT, (Openproj para Gantt, Pert y rutas críticas, calendarios, diagramas de flujo (Inspiration, Freemind, C-Map Tools, Smart Ideas), Mapas Conceptuales].
- **Blogging y video blogging.** [Servicios de publicación de Blogs, Blogger, Wordpress, Edublogs, Classroom blogmiestér, Bloglines]
- **Vodcast, podcast, videocasting, casting en pantalla.** [Voicethread, Servicios de publicación de blogs, Skype, herramientas para clase y para colaboración (Illuminate, live classroom, etc.)].
- **Planear.** [Inspiration, Cmap tools, Free mind, Procesador de Texto, Calendarios]
- **Usar nuevos juegos.** [Gamemaker, RPGmaker]

- **Moldear.** [Sketchup, Blender, Maya3d PLE, Autocad]
- **Cantar.** [Final Notepad, Procesador de Texto, Grabar sonido, Audacity, Podcasting, Grabar narración en las presentaciones (photostory 3, powerpoint, impress), Herramientas en línea].
- **Usar Productos para medios.** [Autopublicaciones (Desktop Publishing - DTP), Movie Maker, Corel, GIMP, Paint.net, Tuxpaint, Alice, Flash, Podcasting].
- **Elaborar Publicidad.** [Autopublicaciones (Desktop Publishing -DTP), Corel Draw, GIMP, Paint.net, Tuxpaint, Movie Maker, Alice, Flash, Podcasting]
- **Dibujar.** [Corel Draw, Paint, GIMP, Paint.net, Tuxpaint, Herramientas en Línea (Picnick, Ajax Write)].<sup>7</sup>

Mediante este nuevo tipo de Taxonomía se pueden clasificar y seleccionar las diferentes herramientas que se proporcionan, para poder mejorar la enseñanza, y con esto, el aprendizaje.

## **IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Actualmente en el Plan de Estudios de la carrera Química Farmacéutico Biológica que se imparte en la FES Zaragoza presenta un esquema general de los temas que se deben de impartir en el módulo de bromatología; esto unido a que la información referente a los oligosacáridos es insuficiente, ya que en los libros y revistas se menciona la existencia de estos, pero en lo relativo a cuáles son y las funciones que desempeñan en la dieta o sus aplicaciones industriales se encuentran muy limitadas. Aunado a esto, los estudiantes recurren con mayor frecuencia a los trabajos que se encuentran en formatos electrónicos, los cuáles obtienen de internet, donde la veracidad de dicha información es dudosa. Por este motivo se elaborará un manual en formato electrónico para cubrir los requerimientos teóricos sobre los carbohidratos, centrándose en los oligosacáridos.

## **V. OBJETIVOS**

---

### **A. GENERAL.**

Elaborar un manual en formato electrónico el cuál proporcione al alumno una herramienta con la información general referente a los carbohidratos, enfatizando en los oligosacáridos sus propiedades, funciones y fuentes; permitiendo al docente evaluar el aprendizaje de esta unidad.

### **B. PARTICULARES.**

- Desarrollar una búsqueda de información referente a los oligosacáridos y sus aplicaciones.
- Describir las propiedades generales de los carbohidratos, sus reacciones de identificación y el proceso mediante el cuál se asimilan por el organismo.
- Diseñar materiales de evaluación y autoevaluación en formato electrónico.
- Desarrollar el libro en software de dominio común.

## **VI. HIPÓTESIS**

---

Con el desarrollo de un manual electrónico de fácil acceso, con la información de mayor relevancia sobre los carbohidratos, especialmente en los oligosacáridos, y generando los medios de evaluación del mismo, proporcionara a los alumnos una fuente con información confiable y a los docentes un instrumento para realizar la evaluación de la unidad de carbohidratos.

## VII. MATERIAL Y MÉTODO

---

### A. MATERIAL.

-Computadora de escritorio AMD Sempron(tm) Processor 3200+2.27 GHz, 256 MB RAM

-Sistema operativo Windows XP Professional versión 2002.

-Paqueterías.

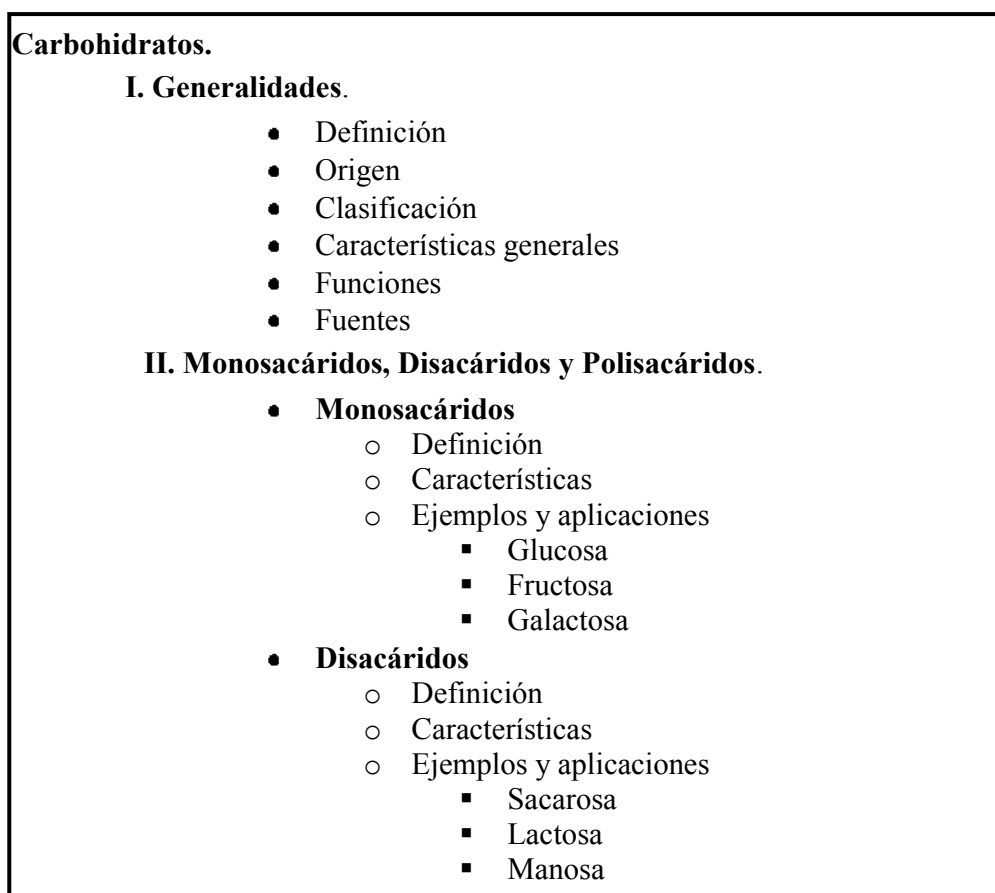
- Microsoft Word 2007
- Microsoft PowerPoint 2007
- Microsoft Excel 2007
- Photoshop CS con image ready
- ChemWindows3 versión 2005
- Merck Index on CD-ROM versión 12:3

-Referencias Bibliográficas y Hemerográficas.

### B. MÉTODO.

#### 1. ESQUEMA GENERAL DEL TRABAJO.

La unidad de Carbohidratos se integrara por seis subunidades, de acuerdo al siguiente esquema:



ESQUEMA 1. Organización temática del manual.

- **Polisacáridos**
  - Definición
  - Características
  - Ejemplos y aplicaciones
    - Almidón
    - Glucógeno
    - Gomas

### **III. Oligosacáridos**

- Definición
- Características
- Ejemplos
  - Trisacáridos
  - Tetrasacáridos
  - Oligosacáridos superiores
  - Fructo-oligosacáridos
- Fuentes
- Aplicaciones
- Inconvenientes

### **IV. Proceso de asimilación**

- Ingestión
- Digestión
- Absorción

### **V. Reacciones de identificación**

- Oxidación
- Reducción
- Hidrólisis

**ESQUEMA I. Organización temática del manual (Continuación).**

Al finalizar cada subunidad, se incluirá un cuestionario que podrá ser impreso y servirá como evaluación del alumno en clase. Al terminar un grupo de subtemas (entre 3 y 5) se tendrá una opción de autoevaluación para ser realizada por el alumno en casa y así permitir que el conozca su nivel de conocimientos. Al término de la unidad se incluirá una prueba tipo examen que los docentes podrán emplear y/o modificar para la evaluación de esta unidad.



## 2. REQUERIMIENTOS GENERALES DE LA INFORMACIÓN Y LOS FORMATOS FINALES.

Los criterios para la selección de la información así como de los formatos finales se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla 1. Criterios de selección y formatos de la información.**

Parámetro	Características
<b>Información de Carbohidratos</b>	Referencias bibliográficas y hemerográficas no anteriores a 1990
<b>Información de Mecanismos de Reacción</b>	Referencias bibliográficas y hemerográficas no anteriores a 1985
<b>Información sobre la enseñanza y su evaluación</b>	Referencias bibliográficas y hemerográficas no anteriores a 1998
<b>Formato de cuestionarios por subunidad</b>	<p>Se elaboraran cuestionarios de preguntas abiertas, crucigramas o sopas de letras, en formato Word 2007. El cuál no podrá sufrir modificaciones por el alumno. El diseño de la hoja será el siguiente esquema:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Encabezado:</b> El alumno escribe su nombre y grupo. Escudo de la Universidad en la esquina superior izquierda.</li> <li>• <b>Cuerpo:</b> Se observara titulo del cuestionario, el cuestionario y las observaciones pertinentes.</li> <li>• <b>Pie de página:</b> Se observara la fecha en que se ejecuta el programa, así como la hora del computador.</li> </ul>
<b>Formato de cuestionarios por subtemas</b>	<p>Se elaboraran cuestionarios con preguntas de opción múltiple, verdadero o falso o relación de columnas, en formato Excel 2007. El cuál no podrá sufrir modificaciones por el alumno. Se dará una evaluación al final del cuestionario así como una recomendación.</p> <p>En la esquina superior izquierda se encontrara el escudo de la UNAM.</p>
<b>Elaboración de la evaluación final</b>	<p>Se elaboraran un grupo de preguntas tipo Examen, las cuáles serán la unión de todas las preguntas utilizadas como autoevaluaciones, preguntas abiertas y dos opciones de crucigramas y uno de sopa de letras. Se generara como un archivo oculto al cuál solo se puede acceder desde la</p>

---

presentación inicial y para su acceso se empleara una clave de acceso. Esta se registrara en una bitácora, en la cuál se registrarán todas las claves de acceso para los diferentes manuales electrónicos.

**Formato de la información**

Se dividirá la información de acuerdo a su extensión y contenido, abarcando no menos de 3 y no más de 5 subtemas. Estos serán presentados en formato PDF, para permitir su impresión. Además se incluirá un hipervínculo al final de cada documento, el cuál se enlazara con el menú de subtemas.

**Formato de la interfaz por subtemas**

Se realizara una presentación en PowerPoint 2007, en la cuál se mostraran los esquemas correspondientes a los subtemas con hipervínculos a sus documentos de PDF. Además de incluir las entradas a las autoevaluaciones y evaluaciones de cada sección. También se incluirá un botón que permita regresar al menú de subunidades.

**Formato general de la interfaz principal**

Se realizaran dos presentaciones en PowerPoint 2007. La primera mostrara la portada principal. En esta se encontrara el botón oculto para extraer la propuesta de examen. En la segunda se mostrara el esquema por subunidad del libro con hipervínculos a los subtemas.

---

## VIII. RESULTADOS

---

### A. BÚSQUEDA BIBLIOGRÁFICA

Después de la recopilación de la información y su selección, se capturaron los textos organizándose según el esquema general de trabajo; dando como resultado la siguiente información.

#### 1. GENERALIDADES (CARBOHIDRATOS)

##### a) DEFINICIÓN

*Desde el punto de vista químico* Son polihidroxialdehídos y cetonas o sustancias que se hidrolizan para formar polihidroxialdehídos y cetonas. Los carbohidratos más simples, aquellos que no pueden hidrolizarse a carbohidratos más pequeños, se llaman monosacáridos. En una base molecular los carbohidratos que se hidrolizan para formar dos moléculas de monosacárido se llaman disacáridos; aquellos que producen tres moléculas de monosacárido son trisacáridos y así sucesivamente. Los carbohidratos que se hidrolizan para formar de 2 a 10 moléculas de monosacáridos se llaman algunas veces oligosacáridos. Los carbohidratos que forman un gran número de moléculas de monosacáridos (>10) se conocen como polisacáridos.<sup>8</sup>

*Desde el punto de vista bioquímico*, Grupo de compuestos cuyo rango de pesos moleculares oscila desde menos de 100 g/mol hasta más de un millón g/mol. Casi todos ellos contienen grupos derivados de las funciones aldehído o cetona. Los compuestos más pequeños que contienen de tres a nueve átomos de carbono, poseyendo al menos un grupo derivado de la función carbonílica, se conoce como monosacáridos. Los compuestos superiores se forman por condensación de los más pequeños a través de uniones acetal<sup>a</sup>, oscilando su rango desde los dímeros (Disacáridos), los compuestos que poseen de tres a diez unidades de monosacáridos (Oligosacáridos), hasta los polímeros que contienen muchos miles de unidades de monosacáridos (Polisacáridos).<sup>6</sup>

*Desde el punto de vista fisiológico*, Nutrientes<sup>b</sup> constituidos por carbono, hidrógeno y oxígeno; pueden presentarse bajo la forma de polisacáridos (almidones), disacáridos o monosacáridos, que se desdoblán en el tracto digestivo hasta formar glucosa que es la fuente de energía por excelencia. Los carbohidratos (también llamados hidratos de carbono), proporciona el calor y energía necesarios para realizar las actividades corporales.<sup>2</sup>

---

<sup>a</sup> Resultado de la reacción de un hemiacetal (producto de la reacción de un grupo aldehído con un alcohol) con un alcohol en presencia de catalizadores ácidos.

<sup>b</sup> Higashida define a los nutrientes como “sustancias químicas que contienen los alimentos y que el organismo utiliza para la formación de nuevos tejidos durante el crecimiento, para reemplazar los tejidos que se desgastan o destruyen, para la reproducción y como fuente de energía para llenar las necesidades calóricas del organismo”.

Desde el punto de vista bromatológico, el término carbohidrato expresa una composición elemental de  $C_x (H_2O)_y$  que contiene carbono, hidrógeno y oxígeno, estos últimos en una proporción similar a la del agua. Constituyen alrededor del 80% del aporte calórico de la humanidad, siendo el ingrediente mayoritario de los alimentos el almidón, que provee del 75-80% del aporte energético total. Un gramo de carbohidrato aporta 4 Kcal a la dieta. Un monosacárido puede unirse a otro para dar lugar a un disacárido, o a otros en cadenas de monosacáridos para producir, trisacáridos, tetrasacáridos o mayores polímeros con cadenas que pueden llegar hasta varios miles de unidades.<sup>9</sup>

Unificando las definiciones anteriores, se puede decir que un carbohidrato, glucósido, hidrato de carbono o azúcares se refiere a los compuestos químicos formado por carbono, hidrógeno y oxígeno, con fórmula molecular  $C_x (H_2O)_y$  formando unidades esenciales para la vida. Estas unidades constituyen el 80% del aporte energético en el ser humano y el mayor aporte se obtiene del almidón.

A cada unidad individual de estos, recibe el nombre de monosacáridos, a la unión de dos monosacáridos se les llama disacáridos, a la unión de tres a veinte monosacáridos se les conoce como oligosacáridos, y la unión de más de veinte unidades se les denomina polisacáridos. Las uniones entre los monosacáridos se dan por medio de la formación de acetales, a partir de los grupos funcionales aldehído y cetona.

## b) ORIGEN DE LOS CARBOHIDRATOS

### (1) Formación de carbohidratos

Los carbohidratos son sintetizados por las plantas gracias a la función clorofílica. Con la ayuda de la energía solar, los vegetales verdes toman el anhídrido carbónico de la atmósfera y el agua del suelo, produciendo carbohidratos según la siguiente reacción (FIGURA 12):

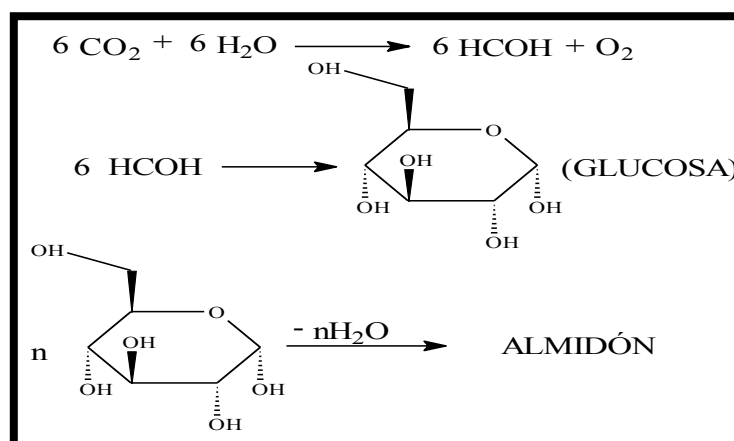


FIGURA 1. Reacción de formación de los carbohidratos

En los vegetales con clorofila, la energía solar separa el carbono del oxígeno en el anhídrido carbónico ( $\text{CO}_2$ ) tomando de la atmósfera. El carbono es entonces combinado con el agua tomada de la tierra para la formar carbohidratos. Como vemos, el C presente en

el CO<sub>2</sub> de forma inorgánica, es transformado en carbono orgánico presente en glucosa, almidón, etc. Durante estas reacciones se produce un desprendimiento de oxígeno.<sup>3</sup>

### c) CLASIFICACIÓN

Los carbohidratos o glucósidos, como también se les suele llamar por estar en este grupo las sustancias dulces por todos conocidas como glucosa y sacarosa, tiene uno o varios grupos alcohólicos (-OH) y un grupo aldehído (-CHO) o cetónico (-CO-) por lo que se les considera como:

- Polihidroxialdehídos (varios grupos alcohólicos y un aldehído)
- Polihidroxicetonas (varios grupos alcohólicos y un cetónico)

Según el número de carbonos que tengan se puede establecer esta otra:

- Monosacáridos
- Disacáridos
- Oligosacáridos
- Polisacáridos.<sup>3</sup>

De estas dos clasificaciones se utilizara la segunda en este trabajo, enfatizando en los oligosacáridos. En el **ANEXO 1** se muestran los principales carbohidratos de interés bromatológico.

### d) CARACTERÍSTICAS GENERALES

#### (1) Isomerismo óptico

Este es el tipo de isomerismo<sup>c</sup> que se encuentra con frecuencia en los carbohidratos; se observa cuando una molécula presenta uno o más centros quirales o asimétricos. Cuando cuatro grupos distintos están unidos a esos enlaces, se dice que el átomo de carbono del centro de la molécula es un centro quiral (o un átomo de carbono quiral).

Estos grupos pueden disponerse de dos maneras distintas en el espacio, de modo que se forman dos compuestos distintos. Se dice que dichas moléculas quirales poseen “sentido de las manos” y son por lo tanto especulares; si una molécula se coloca ante un espejo, la imagen en este corresponde a la otra molécula. Estos isómeros especulares constituyen un par enantiomérico; se dice que un miembro del par es el enantiómero del otro.<sup>5</sup>

#### (2) Actividad óptica

Casi todas las propiedades de los dos miembros de un par enantiomérico son idénticas: tienen el mismo punto de ebullición, el mismo punto de fusión, la misma solubilidad en varios solventes. Asimismo, presentan actividad óptica; en esta propiedad,

---

<sup>c</sup> En este caso se hace referencia a la estereoisomeria que es la característica de los compuestos de poseer la misma formula molecular y la misma formula estructural, pero con diferente configuración, es decir, disposición de los átomos en el espacio.

difieren en forma importante. Un miembro del par hace rotar la luz polarizada<sup>d</sup> en dirección de las manecillas del reloj y se dice por lo tanto que es *dextrorrotatorio* o *dextrógiro*. Su enantiómero rotará el plano de la luz polarizada al mismo grado, pero en dirección opuesta al movimiento de las manecillas del reloj. Se dice entonces que esté isómero es *levorrotatorio* o *levógiro*.<sup>5</sup>

A los compuestos dextrógiros, en su nombre se les antepone la letra **D**, mientras que, a los compuestos levógiros, se les antepone una **L**. La letra debe encontrarse siempre en mayúsculas.

### (3) Brillantes

El alto índice de refracción de las soluciones de azúcar concentradas es el responsable del aspecto “brillante” de los jarabes, las gelatinas, las jaleas y las frutas secas.<sup>10</sup>

### (4) Gelatinización

Los gránulos de almidón son insolubles en agua fría, pero pueden absorber agua de manera reversible; es decir, pueden hincharse ligeramente con el agua y volver luego al tamaño original al secarse. Sin embargo cuando se calientan en agua aproximadamente 62°-70°C, los gránulos de almidón sufren el proceso denominado gelatinización.

La gelatinización es el proceso en el cual los gránulos de almidón pierden su birrefringencia granular y aumenta la claridad en la suspensión. La pasta de almidón que se forma se compone de gránulos hinchados que ocupan un mayor espacio y dan a la pasta sus características de alta viscosidad.<sup>10</sup>

### (5) Hidrofilia (higroscopicidad)

La higroscopicidad es la capacidad de diversos compuestos para atraer el agua. En los carbohidratos se le denomina hidrofilia y se debe a la presencia de los numerosos grupos hidroxilo que interaccionan con las moléculas de agua mediante la formación de enlaces de hidrógeno, que conduce a la solubilización de los azúcares.<sup>11</sup>

### (6) Dorado no enzimático

Cuando se calienta una solución de glucosa con el aminoácido glicina se observa la producción de una coloración dorada. La reacción entre el grupo amino, ya sea del aminoácido libre o un grupo amino proyectado de una proteína, y el grupo carbonilo de un azúcar reductor, como la glucosa, se conoce como reacción de Maillard. La reacción es muy compleja y no está completamente entendida, pero resulta finalmente en la formación de polímeros no caracterizados de pigmentación café. Los alimentos que contienen aminoácidos libres y azúcares son particularmente susceptibles y se reduce su valor nutritivo en términos de disponibilidad de aminoácidos esenciales. Sin embargo, el color dorado puede incrementar la apariencia atractiva de alimentos como pasteles y pudines y puede estimularse activamente su formación, por ejemplo, barnizando con huevo productos horneados.<sup>4</sup>

---

<sup>d</sup> La luz polarizada es un vector, resultado de la suma de dos o más vectores eléctricos (que giran en direcciones opuestas), que varía en amplitud y dirección en un plano. Es decir, cuando los vectores de los rayos oscilan en un solo plano se habla de luz polarizada.<sup>12</sup>

Medidas para evitar la reacción de Millard en los casos en que no se desea son la disminución del pH, el empleo de temperaturas lo mas bajas posible y usar azúcares no reductores y la adición de sulfitos.<sup>13</sup>

### (7) Caramelización

Es el proceso por el cuál se obtiene el color café y el sabor característico producido cuando los carbohidratos secos son calentados a muy altas temperaturas. Pero si no se controla el proceso, se puede llegar a un color oscuro.<sup>14</sup>

La reacción es favorecida por pequeñas cantidades de ácidos y ciertas sales. La termólisis inicial o suave provoca los cambios anoméricos, alteraciones del tamaño del anillo y ruptura de los enlaces glucosídicos. En la mayor parte de los casos, la termólisis provoca deshidrataciones con formación de anillos anhidros, como la levoglucosenona (FIGURA 13), o la introducción de dobles enlaces en los anillos. Los dobles enlaces conjugados absorben la luz y poseen por tanto, color.<sup>9</sup>

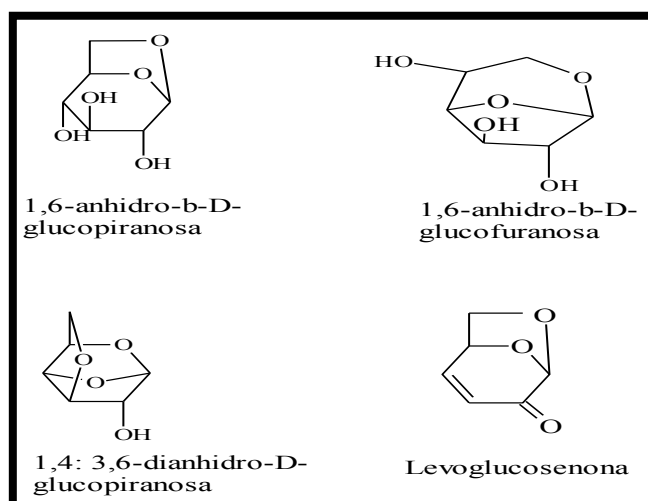


FIGURA 2. Productos de la degradación térmica de D-glucosa o sus polímeros.

### e) FUNCIONES

Madrid enuncia el siguiente listado de funciones dentro del organismo:

- Son el fácil combustible energético que necesitan los animales para desarrollar sus movimientos (un gramo proporciona 4 Kcal de energía).
- Contribuyen a un eficaz metabolismo de las grasas que los necesitan, para quemarse.
- Son antiacidósicos, es decir, su presencia en el organismo evita la producción de ácidos grasos.
- La flora microbiana sintetizadora de diversas vitaminas necesita de los carbohidratos para su crecimiento y desarrollo.
- En el caso de la galactosa, forma parte de del cerebro, como glúcido estructural.<sup>3</sup>

### f) FUENTES

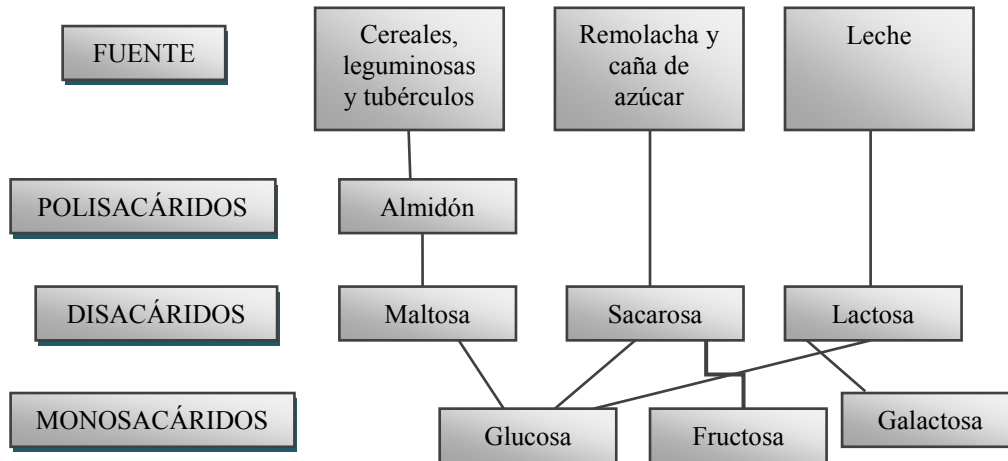
Abundan en el pan, la tortilla, las pastas, los cereales, las leguminosas, los dulces y las frutas<sup>2</sup>, harinas vegetales, galletas, pasteles, sémola de trigo, leche, queso, mantequilla,

carnes de diversos orígenes (en este caso su contenido es muy inferior, ya que va del 0.1-1.0%) (FIGURA 14).<sup>3</sup>



**FIGURA 3. Fuentes ricas en carbohidratos.**

En el siguiente esquema se presenta un ejemplo de los carbohidratos alimentarios y algunas de las fuentes que los contienen (Esquema 2).<sup>1</sup>



**ESQUEMA 1. Como se puede observar, existe más de una fuente para la glucosa.**



## 2. MONOSACÁRIDOS, DISACÁRIDOS Y POLISACÁRIDOS.

### a) MONOSACÁRIDOS

#### (1) Definición

Los monosacáridos son azúcares sencillos formados por cadenas de tres, cuatro, cinco, seis o siete carbonos, presentan un grupo funcional aldehído (aldosa) o grupo funcional cetónico (cetosa). Según el número de carbonos se les denomina biosas (2), triosas (3), tetrasas (4), pentosas (5), hexosas (6) y heptosas (7), y según lleven el grupo aldehído o cetónico serán:

Aldobiosa	Cetobiosa
Aldotriosa	Cetotriosa
Aldotetrosa	Cetotetrosa
Aldopentosa	Cetopentosa
Aldohexosa	Cetohexosa
Aldoheptosa	Cetoheptosa <sup>3</sup>

Otra nomenclatura indica que se nombra el número de carbonos que componente a la molécula seguido del sufijo *-osa* si se trata de una aldosa y el sufijo *-ulosas* si se trata de una cetosa.

En la tabla 2, se muestran ejemplos de aldosas y cetosas, así como su nombre y fuente en la que se presenta.<sup>13</sup>

**Tabla 1. Fuentes de aldosas y cetosas**

Tipo	Número de carbono s	Nombre	Fuente
<b>Cetosa</b>	6	D-Fructosa	Plantas, miel, frutos
<b>Cetosa</b>	6	D-Sicosa	Residuos de melosas fermentadas
<b>Cetosa</b>	7	D-Mano-2-heptulosa	Aguacate
<b>Cetosa</b>	8	D-Glicero-Dmano-2-octulosa	Aguacate
<b>Cetosa</b>	9	D-Eritro-L-gluco-2-nonulosa	Aguacate
<b>Aldosa</b>	5	L-Arabinosa	Exudados de vegetales, hemicelulosas, pectinas, glicósidos
<b>Aldosa</b>	5	D-Xilosa	Xilano, exudados de vegetales, hemicelulosas, pectinas, glicósidos
<b>Aldosa</b>	5	D-Ribosa	Ácidos ribonucleicos

<b>Aldosa</b>	5	2-Dexosi-D-ribosa	Ácidos desoxirribonucleicos
<b>Aldosa</b>	5	D-Apiosa (C- hidroximetil-D-glicero- tetrosa)	Perejil, semillas de apio
<b>Aldosa</b>	6	D-Galactosa	Lactosa, Oligosacáridos y polisacáridos.
<b>Aldosa</b>	6	D-Glucosa	Muy frecuente en animales y vegetales
<b>Aldosa</b>	6	D-Manosa	Frecuentemente en polisacáridos
<b>Aldosa</b>	6	L-Fucosa (6-doxi-L- galactosa)	Leche humana, fuco, exudados vegetales, mucosas vegetales

En el **ANEXO 2**, se presentan dos esquemas en donde se pueden observar las familias de las D-aldosas y las D-cetosas con tres a seis átomos de carbono.

En el **ANEXO 3**, se presenta la forma de transformar una estructura de cadena lineal a una estructura cíclica.

## (2) Características generales

### (a) *Mutarrotación*

Principalmente, se utilizan dos formas de representar la estructura de los carbohidratos, la forma de cadena abierta o representación de Fischer (esté modelo de representación fue introducida por el químico orgánico alemán Emil Fischer) y la forma cíclica de hemiacetales o representación de Haworth (W. N. Haworth, químico inglés quien demostró que las aldohexosas y otros azúcares reaccionan internamente para formar hemiacetales cíclicos). Mediante esté modelo, se explica el fenómeno de la *Mutarrotación*, el cuál es el proceso de interconversión de las formas  $\alpha$  y  $\beta$ .

Esté fenómeno se aprecia por el cambio el ángulo en el que se desvía la luz polarizada; el ejemplo más claro de esté fenómeno es la D-glucosa, en la cuál el anómero  $\alpha$  presenta un ángulo de desviación de  $+112.2^\circ$  (es decir, desvía el plano de la luz a la derecha en un ángulo de  $112.2^\circ$ ), mientras que su anómero  $\beta$  presenta el ángulo de desviación a los  $+18.7^\circ$  (es decir, desvía el plano de la luz a la derecha en un ángulo de  $112.2^\circ$ ). Pero en presencia de agua y después de un lapso de tiempo variable, las moléculas se abre (forman nuevamente la estructura de cadena) y cambian su orientación por la de su opuesto (el anómero  $\alpha$  se transforma en el  $\beta$  y viceversa), hasta alcanzar el equilibrio donde el 62% es  $\beta$ -D-glucosa, el 37% es  $\alpha$ -D-glucosa, el 0.002% se encuentra en forma de cadena y el resto se encuentra en forma cambiante entre las tres fases. La desviación de la luz polarizada de esta mezcla es de  $+52^\circ$ .<sup>5</sup>

### (b) *Enolización*

Cuando la glucosa se expone a álcalis diluidos por varias horas, la mezcla resultante contiene tanto fructosa como manosa. Si cualquiera de estos azúcares se trata con álcalis

diluidos, la mezcla de equilibrio contendrá el otro azúcar así como glucosa. Esta reacción conocida como la transformación de Lobry de Bruyn-von Ekenstein, se debe a la Enolización de estos azúcares en presencia de álcali. La Enolización es el proceso en el cuál se transponen hidrógenos de un hidroxilo a un grupo carbonilo adyacente.<sup>5</sup>

(c) *Oxidación-reducción*

Los carbohidratos pueden clasificarse ya sea como azúcares reductores o no reductores. Los azúcares reductores, que son los más comunes, tiene la capacidad de funcionar como agentes reductores debido a que están presentes en su molécula grupos aldehído libres o potencialmente libres como en las formas hemiacetálicas cíclicas. Este grupo aldehído es fácilmente oxidado a ácido carboxílico en pH neutro por enzimas y agentes oxidantes moderados. Esta propiedad se utiliza para detectar y cuantificar monosacáridos, especialmente glucosa, en fluidos biológicos como la sangre y la orina. Los grupos aldehídos y cetonas de los monosacáridos pueden reducirse por medios enzimáticos (como hidrógeno o NaBH<sub>4</sub>) o con enzimas para producir los alcoholes de azúcar correspondientes.<sup>5</sup>

(d) *Propiedades organolépticas*

Los monosacáridos y oligosacáridos, poseen con pocas excepciones, sabor dulce. La β- D-manosa, por ejemplo, es dulce-amarga y algunos oligosacáridos son solo amargos. Los azúcares se diferencian entre si desde el punto de vista de la calidad como de la intensidad del sabor dulce. La sacarosa destaca de entre los demás por su sabor especialmente agradable, aún a altas concentraciones. La percepción del sabor se encuentra en relación directa con la afinidad de la molécula por el rector del sabor, y a la concentración mínima de azúcar con la cuál es posible percibir el sabor dulce, se le conoce como umbral de reconocimiento.<sup>13</sup> En la tabla 3 se observan los valores para los umbrales de reconocimiento y percepción para algunos azúcares.

**Tabla 2. Umbrales gustativos de algunos azúcares en agua.**

Compuesto	Umbral de reconocimiento ( <i>recognition threshold</i> )		Umbral de detección ( <i>detection threshold</i> )	
	<i>mol/L</i>	%	<i>mol/L</i>	%
<b>Fructosa</b>	0.052	0.94	0.02	0.24
<b>Glucosa</b>	0.090	1.63	0.065	1.17
<b>Lactosa</b>	0.116	4.19	0.072	2.60
<b>Maltosa</b>	0.080	2.89	0.038	1.36
<b>Sacarosa</b>	0.024	0.81	0.011	0.36

Para la comparación del poder edulcorante de los azúcares se utiliza a la sacarosa como sustancia de referencia, a esta se le asigna el valor de 100. En la tabla 4, se muestra el poder edulcorante de diferentes azúcares.

**Tabla 3. Poder edulcorante<sup>e</sup> de algunos azúcares y polialcoholes<sup>f</sup> en relación con la sacarosa.**

<b>Compuesto</b>	<b>Poder edulcorante relativo</b>	<b>Compuesto</b>	<b>Poder edulcorante relativo</b>
<b>Sacarosa</b>	100	<b>D-Manitol</b>	69
<b>Dulcitol</b>	41	<b>D-Manosa</b>	59
<b>D-Fructosa</b>	114	<b>Rafinosa</b>	22
<b>D-Galactosa</b>	63	<b>D-Ramnosa</b>	33
<b>D-Glucosa</b>	69	<b>D-Glucitol</b>	51
<b>Azúcar invertido</b>	95	<b>Xilitol</b>	102
<b>Lactosa</b>	39	<b>D-Xilosa</b>	67
<b>Maltosa</b>	46		

La calidad y la intensidad de un compuesto dependen no solo de su estructura, sino también de otros parámetros, como la temperatura, pH y la posible presencia simultánea de otros compuestos, sean dulces o no. En el caso de la temperatura, a mayor temperatura menor sabor edulcorante. En el pH la percepción del sabor dulce se basa en la existencia de un sistema donador/aceptor de protones (sistema AH/B), el cuál puede unirse a un grupo hidrófobo X, el cuál entra a su vez en relación con algún sistema complementario del receptor del sabor. Existe al mismo tiempo una interrelación entre el contenido de azúcar de una solución y la apreciación de sustancias aromáticas simultáneamente presentes. Incluso el color de una disolución puede influir en el juicio sobre su sabor.<sup>13</sup>

*(e) Solubilidad*

La solubilidad de los monosacáridos y oligosacáridos en agua es buena. Los monosacáridos son muy poco solubles en etanol e insolubles en otros disolventes orgánicos como éter, cloroformo o benzol.<sup>13</sup>

**(3) Ejemplos y sus aplicaciones**

*(a) Glucosa*

La glucosa, también conocida como dextrosa o azúcar de la uva, es el monosacárido más importante, ya que además de encontrarse en diversas fuentes naturales (FIGURA 15), es la fuente de energía esencial mediante la cuál el organismo humano trabaja. Se encuentra en la sangre en mayor proporción y en cantidades siempre constantes

<sup>e</sup> Disolución acuosa al 10%.

<sup>f</sup> Un polialcohol es el resultado de la reducción de un monosacárido. Ejemplos de esto son el Dulcitol el cuál proviene de la D-galactosa y el D-Glucitol (sorbitol) obtenido de la D-glucosa

(en condiciones normales es del 0.8 al 1 mg/dL); es la unidad básica en la elaboración del glucógeno.<sup>4</sup>



FIGURA 4. La glucosa es el 54.53% de los azúcares totales de la granada.

**Propiedades.-** De fórmula condensada:  $C_6H_{12}O_6$ , es una hexosa que se puede presentar en solución en forma de cadena abierta o en forma cíclica de piranosa (FIGURA 16). En solución gira la luz polarizada a la derecha; su forma anhidra presenta una rotación óptica (a una concentración del 10%) de  $+112.2^\circ$  en la forma  $\alpha$ , de  $+18.7^\circ$  en la forma  $\beta$  y un equilibrio en  $+52.7^\circ$ . Se encuentra en forma cristalina, el punto de fusión de la forma  $\alpha$  es de  $146^\circ C$  y la forma  $\beta$   $148-155^\circ C$ . Muy soluble en agua, medianamente soluble en etanol caliente, soluble en ácido acético glacial y piridina.<sup>15</sup>

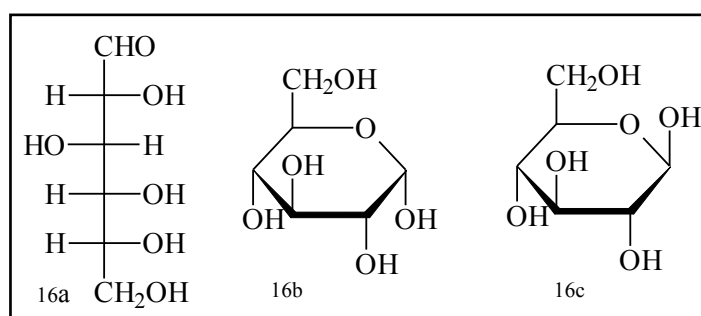


FIGURA 5. Estructura de la glucosa. 16a. Forma de cadena abierta. 16b. Forma  $\alpha$ . 16c. Forma  $\beta$ .

Industrialmente, la glucosa se obtiene en la hidrólisis del almidón de maíz. La producción se inicia con la limpieza y el blanqueo del grano de maíz mediante dióxido de azufre ( $SO_2$ ), cuyo efecto se traduce en elotes blancos y un producto transparente ideal para elaborar jarabe de maíz para bebé. La cantidad de  $SO_2$  debe de ser controlada, ya que concentraciones de 25 ppm de  $SO_2$ , producen diarrea en los niños. Al grano se le separa del germen que sirve para hacer aceite y se muele hasta obtener fécula, con la que se hace una suspensión. En reactores de acero inoxidable se somete a hidrólisis con ácido clorhídrico o sulfúrico al 2% a temperatura de entre  $90$  y  $100^\circ C$  hasta obtener el grado de conversión deseado medido como dextrosa equivalente (DE). El producto obtenido en la mayoría de los casos es de 42 De, amenos que se quiera un mayor grado de conversión. Una vez obtenido el grado de conversión medido analíticamente, se neutraliza con sosa caustica hasta obtener una lectura potenciométrica del pH en 4.5. Finalmente el liquido se pasa por un filtro prensa con carbón activado para hacerlo muy brillante y transparente, y se somete a evaporación hasta obtener la densidad deseada.<sup>16</sup>

Su aplicación más importante es como agente edulcorante en la elaboración de alimentos. También se emplea en curtidos y tintes, y en medicina para el tratamiento de la deshidratación y alimentación intravenosa.<sup>4</sup>

(b) *Fructosa*

La fructosa, levulosa o azúcar de las frutas, tiene la misma forma química que la glucosa, pero es un isómero. La fructosa se encuentra generalmente asociada a la glucosa en las frutas (FIGURA 17) y también es un constituyente importante de la miel. Es más dulce que la glucosa y por esta razón algunos jarabes se convierten, enzimáticamente, para que sean más dulces.<sup>4</sup>

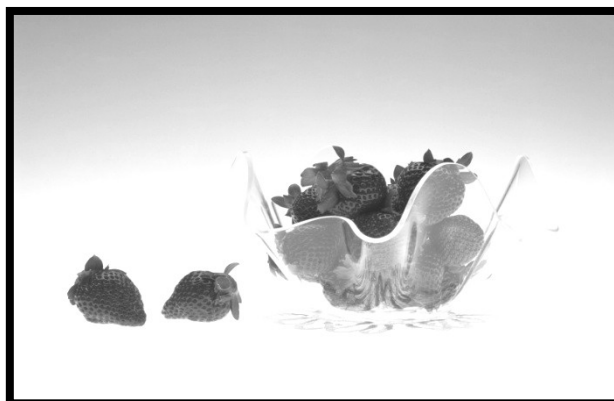


FIGURA 6. De los carbohidratos totales de las fresas, el 50% es fructosa.

**Propiedades.-** Peso molecular 180.16 g/mol, fórmula condensada:  $C_6H_{12}O_6$ , es una hexosa que se puede presentar en solución en forma de cadena abierta o en forma cíclica de furanosa (FIGURA 18). En solución gira la luz polarizada a la derecha; se conocen la forma  $\alpha$  y  $\beta$ , siendo la más importante en la alimentación la forma  $\beta$ , la cuál presenta prismas bifenoidales u ortorrómbicos, en agua o etanol, rotación óptica de  $-132^\circ$  y presenta el equilibrio a los  $-92^\circ$ . Punto de descomposición a los  $103-105^\circ C$ . Soluble en agua, solubles en piridina y soluble en etanol caliente.<sup>15</sup>

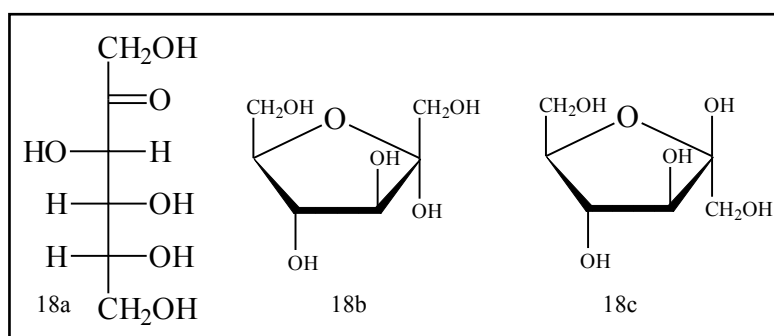


FIGURA 7. Estructura de la fructosa. 18a. Forma de cadena abierta. 18b. Forma  $\alpha$ . 18c. Forma  $\beta$ .

Se utiliza en refrescos, confitería, también como sustituto de azúcar en dietas para no diabéticos para disminuir calorías y en alimentación intravenosa.<sup>16</sup>

(c) *Galactosa*

Es otro isómero de la glucosa. Se encuentra asociado a la glucosa formando la lactosa o azúcar de la leche (FIGURA 19). Algunas personas no pueden digerir la galactosa a causa de una deficiencia en la producción normal de la enzima *uridil transferasa de la galactosa 1 fosfato* (la cuál es la enzima capaz de transformar la galactosa en glucosa para ser asimilada por la célula) que produce galactosemia, una enfermedad cuyos síntomas consisten en la aparición de cataratas, mal funcionamiento del hígado o de

los riñones, además de ocasionar daños cerebrales, ya que forma parte de la estructura cerebral.<sup>16</sup>



FIGURA 8. Los yogurts líquidos contienen 1.85 g de galactosa.

**Propiedades.**-Peso molecular 180.16 g/mol, fórmula condensada:  $C_6H_{12}O_6$ , es una hexosa que se puede presentar en solución en forma de cadena abierta o en forma cíclica de piranosa (FIGURA 20). En solución gira la luz polarizada a la derecha; la forma  $\alpha$  presenta prismas en agua o etanol, rotación óptica de  $+150.7^\circ$ , punto de fusión  $167^\circ C$ . La forma  $\beta$  son cristales en agua, rotación óptica de  $+52.8^\circ$  y el equilibrio entre las dos formas se alcanza en  $+80.2^\circ$ . Punto de fusión a los  $167^\circ C$  Ambas formas son solubles en agua, muy solubles en agua caliente, solubles en piridina y poco solubles en etanol.<sup>15</sup>

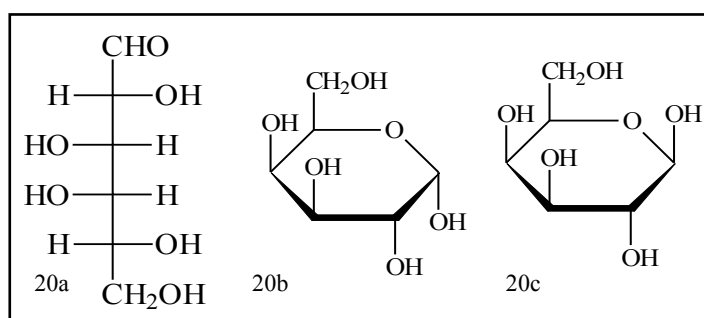


FIGURA 9. Estructura de la galactosa. 20a. Forma de cadena abierta. 20b. Forma  $\alpha$ . 20c. Forma  $\beta$ .

## b) DISACÁRIDOS

### (1) Definición

Son azúcares dobles formados por dos monosacáridos. Cuando se hidrolizan se obtienen sus monosacáridos constituyentes. Desde el punto de vista de la tecnología alimentaria, los disacáridos más importantes son uniones de glucosa: la sacarosa, la maltosa y la lactosa.<sup>16</sup>

### (2) Características generales

#### (a) Solubilidad

Tienen una menor capacidad de disolución que los monosacáridos y en solución se aumenta la cristalización.<sup>16</sup>

(b) Oxidación-reducción

Los disacáridos se han dividido de acuerdo a su poder reductor, así tenemos que si dos monosacáridos se unen por sus carbonos anoméricos, se forman azúcares no reductores, y si los dos monosacáridos se unen solo por el carbón anomérico de uno de ellos, entonces es un azúcar reductor. Ejemplos de azúcares reductores son la lactosa y la maltosa, y de azúcares no reductores la sacarosa.<sup>17</sup>

(3) Ejemplos y sus aplicaciones

(a) Maltosa

Formado por dos moléculas glucosas, presenta el fenómeno de mutarrotación ya que existe en su forma  $\alpha$  y  $\beta$ . La maltosa es un azúcar reductor que es hidrolizado por la enzima maltasa y por ácidos, que se encuentra jarabes e hidrolizados de almidón y en la cebada (FIGURA 21). La maltosa es el menos higroscópico de los maltosacáridos; no está dulce como la glucosa, es fermentable, soluble y no cristaliza fácilmente.<sup>17</sup>



FIGURA 10. La pastas para espagueti contiene 1.8 g de maltosa.

**Propiedades.-** Peso molecular 342.30 g/mol, fórmula condensada:  $C_{12}H_{22}O_{11}$  (FIGURA 22). En solución gira la luz polarizada a la derecha; rotación óptica de  $+111.7^\circ$  y presenta el equilibrio a los  $-92^\circ C$ . Punto de fusión  $102-103^\circ C$ . Punto de descomposición a los  $103-105^\circ C$ . Soluble en agua, ligeramente soluble en etanol, prácticamente insoluble en éter.<sup>15</sup>

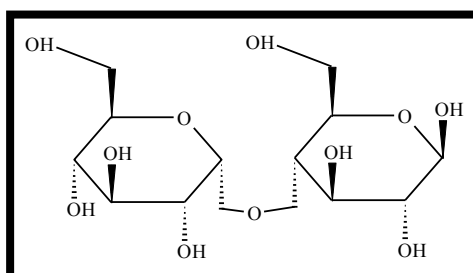


FIGURA 11. Estructura molecular de la maltosa

(b) Lactosa

Este disacárido se encuentra en la leche de los mamíferos (FIGURA 23) y está constituido por una molécula de galactosa y una de glucosa unidas por un enlace glucosídico  $\alpha$  ( $1 \rightarrow 4$ ). El carbón anomérico de la glucosa está libre, lo cual hace a la lactosa un azúcar reductor. Existe forma  $\alpha$  y  $\beta$ , por lo tanto presenta mutarrotación. Es el azúcar menos soluble y dulce. Algunas personas en el mundo no toleran la lactosa debido fundamentalmente a la ausencia de la enzima b-D-galactosidasa, llamada lactasa del jugo intestinal del sistema digestivo. La lactosa se utiliza en la industria de los alimentos por su



poder adsorbente como agente base para retener sabores artificiales, aromas y colores y, al igual que la maltosa se emplea en la panificación ya que fácilmente interacciona con proteínas para producir pigmentos a través de las reacciones de Maillard.<sup>17</sup>



FIGURA 12. La leche pasteurizada de vaca contiene 5 g de lactosa, la cuál es todo el azúcar que contiene.

**Propiedades.-** Peso molecular 342.30 g/mol, formula condensada:  $C_{12}H_{22}O_{11}$ , (FIGURA 24). En solución gira la luz polarizada a la derecha; se conocen la forma  $\alpha$  y  $\beta$ , siendo la mas importante en la alimentación la forma  $\alpha$ , la cuál presenta cristales esfenoidales monoclinicos en agua, rotación óptica de  $+92.6^\circ$ . Punto de fusión a los 201-202 °C. Un gramo se disuelve en 5 mL de agua fría, en 2.6 mL de agua caliente, ligeramente soluble en sol. de alcohol. Insoluble en cloroformo y éter.<sup>15</sup>

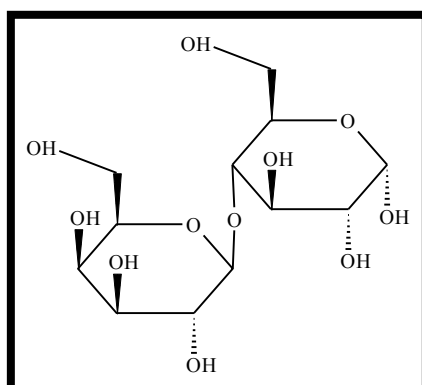


FIGURA 13. Estructura molecular de la lactosa.

Un derivado artificial es la *lactulosa* (FIGURA 25) ( $\beta$ -galactosil-fructosa) disacáridos reductor, con poder edulcorante superior a la lactosa, de la cuál se obtiene mediante tratamiento térmico alcalino, que isomeriza a la glucosa en fructosa. No se absorbe en el intestino delgado y su digestión a nivel colon tiene lugar a un bajo rendimiento energético. Hoy en día se esta incluyendo en leches infantiles porque se le supone un papel de nutriente para el *Lactobacillus bifidus*.<sup>1</sup>

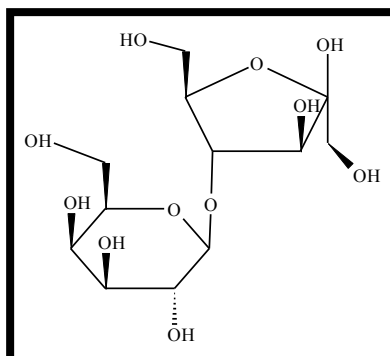


FIGURA 14. Estructura molecular de la lactulosa

**Propiedades.-** Peso molecular 342.30 g/mol, fórmula condensada:  $C_{12}H_{22}O_{11}$ , es más dulce que la lactosa pero no tan dulce como la sacarosa. Presenta cristales hexagonales planos en metanol Presenta mutarrotación después de 24 h a  $+51.4^\circ$ . Soluble en agua a  $30^\circ C$ : 76.4% (p/p), a  $60^\circ C$ : 81% y a  $90^\circ C$ :  $>86\%$ . Punto de fusión  $169.0^\circ C$ . Al hidrolizarse produce galactosa y fructosa.<sup>15</sup>

(c) *Sacarosa*

La cuál es el azúcar comercial (FIGURA 26), esta formada por la unión de una molécula de glucosa y una de fructosa a través de un enlace glucosídico  $\beta$  (1 $\rightarrow$ 2), y se encuentra en la remolacha azucarera y la caña de azúcar y en general, en muchos frutos y raíces. Debido a que la glucosa y la fructosa están unidas a través de sus respectivos carbonos anoméricos, la sacarosa es un azúcar no reductor ya que no tiene ningún carbonilo libre reactivo. La sacarosa se hidroliza en presencia de ácidos diluidos y de enzimas llamadas invertasas, para dar una mezcla equimolar de glucosa y fructosa que se conoce con el nombre de azúcar invertido. Debido al mayor poder edulcorante de la fructosa, el azúcar invertido es más dulce que la sacarosa, propiedad que se aprovecha en la manufactura de productos de la industria de la confitería y similares.<sup>17</sup>

La sacarosa es el azúcar más ampliamente empleado en la industria de la alimentación para endulzar y cocinar, la mitad de la azúcar consumida, aproximadamente, se añade a los alimentos por el consumidor y la otra mitad por los fabricantes durante el procesamiento (por ejemplo, algunos enlatados, cereales y confitería).<sup>4</sup>

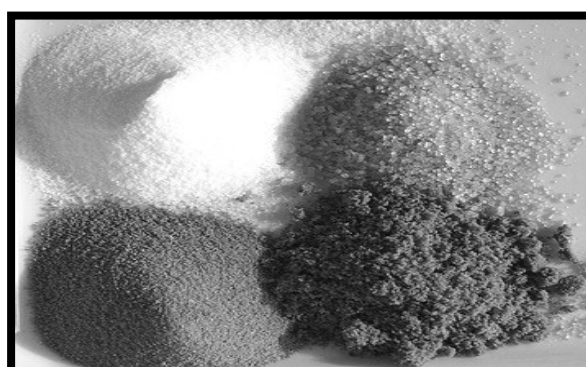


FIGURA 15. Diferentes presentaciones del azúcar comercial (Mientras más oscura sea, menor tratamiento tiene).

**Propiedades.-** Peso molecular 342.30 g/mol, fórmula condensada:  $C_{12}H_{22}O_{11}$  (FIGURA 27), finamente dividida es higroscópica. En solución gira la luz polarizada a la derecha; rotación óptica de  $+66.47^\circ$ , Descompone de  $160-180^\circ$ , en este rango se presenta la

caramelización. Un gramo de sacarosa disuelve en 0.5 mL de agua fría, en 0.2 mL de agua caliente, en 170 mL de alcohol y es moderadamente soluble en glicerina y piridina.<sup>15</sup>

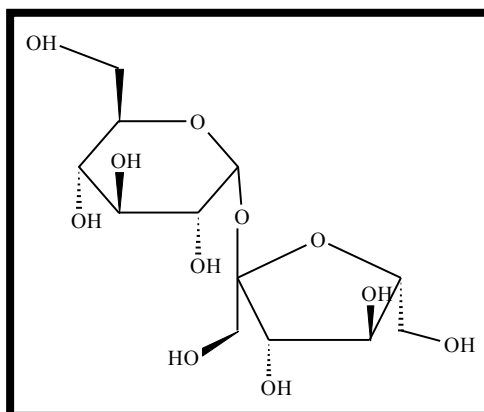


FIGURA 16. Estructura de la Sacarosa.

### c) POLISACÁRIDOS

#### (1) Definición

Los polisacáridos son azúcares formados por más de veinte moléculas de monosacáridos, y estos monómeros pueden llegar a los miles. Los polisacáridos se pueden clasificar a su vez por su función ya sea estructural o en forma de energía almacenada, además de su utilidad para la tecnología de alimentos.<sup>1</sup>

#### (2) Características generales

##### (a) *Gelificación*

Los gránulos de almidón son insolubles en agua fría, pero pueden absorber agua de manera reversible; es decir, pueden hincharse ligeramente con el agua y volver luego al tamaño original al secarse. Sin embargo cuando se calientan en agua aproximadamente 62°-70°C, los gránulos de almidón sufren el proceso denominado gelificación.

La gelificación es el proceso en el cuál los gránulos de almidón pierden su birrefringencia granular y aumenta la claridad en la suspensión. La pasta de almidón que se forma se compone de gránulos hinchados que ocupan un mayor espacio y dan a la pasta sus características de alta viscosidad.<sup>10</sup>

##### (b) *Texturas*

Los polisacáridos presentan funciones estabilizantes: modificadores de la cristalización del hielo, estabilización de suspensiones, emulsiones y espumas, poder de retención de agua, poder suavizante, etc.<sup>1</sup>

##### (c) *Retrogradación*

Cuando una solución diluida de almidón (<5%) se enfría se produce el proceso de retrogradación, el cuál consiste en la formación de un precipitado insoluble resultado de la reordenación de las cadenas lineales de amilosa, mediante nuevos enlaces de hidrógeno. La estructura ramificada de la amilopectina le obliga a una mayor lentitud en sus asociaciones. Este lento proceso de cristalización es el responsable del envejecimiento del pan.<sup>1</sup>

### (3) Ejemplos y sus aplicaciones

#### (a) Almidón

El almidón es el carbohidrato de reserva de las plantas superiores y se encuentra en los gránulos de cereales y legumbre, así como en tubérculos, raíces y bulbos. Se obtiene a partir de cereales y papas, que lo contienen en abundancia. Aparece siempre en forma de gránulos, con zonas concéntricas y alternativamente claras y oscuras; aunque sus estructuras, formas y tamaños varían de acuerdo a la especie vegetal que lo sintetiza. Son moléculas de peso molecular elevado.<sup>1</sup>

Se integra por **la amilosa** (FIGURA 28a) (polisacárido lineal de glucosa unida por enlaces  $\alpha(1-4)$ ; su peso molecular varía de unos miles hasta 150,000 g/mol) y **la amilopectina** (FIGURA 28b) (polisacárido ramificado de cadenas cortas (de aproximadamente 30 unidades) de unidades de glucosa unidas por enlaces  $\alpha(1-4)$  que a su vez se unen entre sí por enlaces  $\alpha(1-6)$ ; su peso molecular varía ampliamente y puede ser de 500,000 o más), las cuáles se presentan al ser hidrolizados por la  $\alpha$ -amilasa.<sup>5</sup>

La amilosa representa alrededor del 25% del almidón total, suele tener una gran tendencia a gelificar en caliente y precipitar cuando enfría, como resultado de la retrogradación, en cambio la amilopectina, al tener una estructura ramificada suele dar soluciones más viscosas, pero no es capaz de formar las redes moleculares propias de los geles.<sup>1</sup>

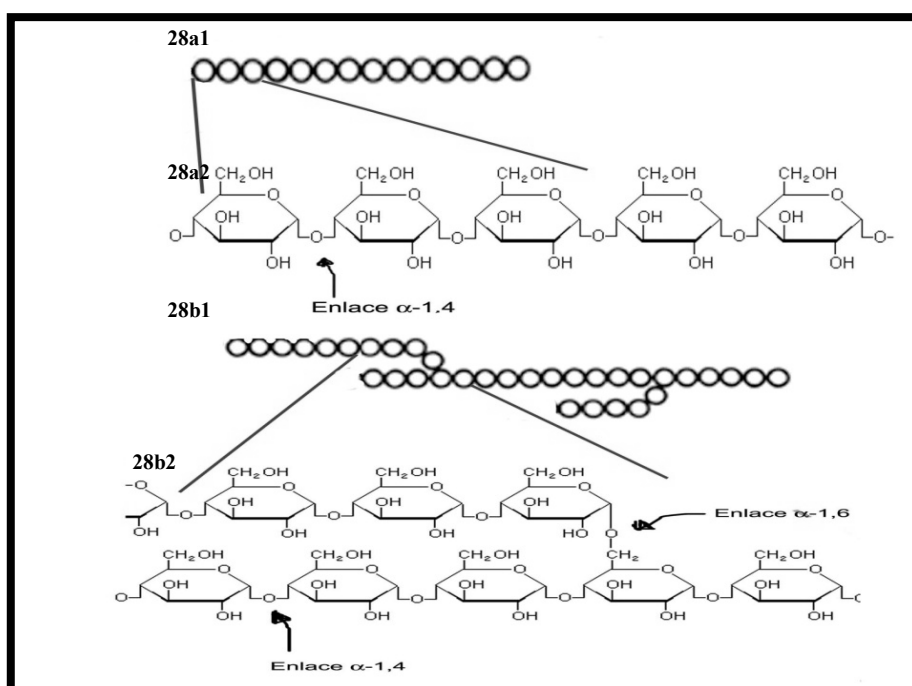


FIGURA 17. Estructura del almidón. (28a1. Estructura de la Amilosa, 28a2. Acercamiento a la estructura de la Amilosa, 28b1. Estructura de la Amilopectina, 28b2. Acercamiento a la estructura de la Amilopectina)

Los almidones carecen del poder edulcorante de los azúcares. Pese a esto resultan muy adecuados como espesantes y aglutinantes para la elaboración de sopas, salsas, alimentos infantiles, mayonesas, productos de panadería, y en caso de la amilosa sola, se

emplea para el recubrimiento de algunos productos: dátiles, higos, papas fritas, y en el caso de la amilopectina se le utiliza como agente espesante, estabilizante y de adhesión.<sup>1</sup>

#### (4) Glucógeno

**El glucógeno** (FIGURA 29a y 29b) es el principal polisacárido de reserva de las células animales, y constituye el equivalente del almidón de las células vegetales. El glucógeno abunda principalmente en el hígado, donde puede llegar a constituir el 10% del peso húmedo. Se asemeja a la amilopectina, con enlaces  $\alpha(1-4)$ ; sin embargo es más ramificado y su molécula es más compacta que la de la amilopectina; las ramificaciones aparecen cada 8 a 12 unidades de glucosa.<sup>18</sup> En la práctica, carece de importancia para la industria alimentaria.<sup>1</sup>

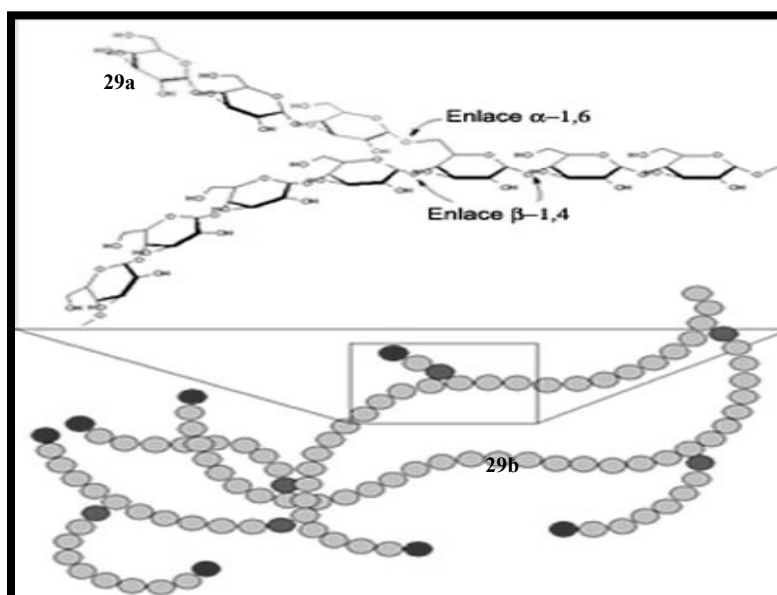


FIGURA 18. Estructura del glucógeno. (29a. Acercamiento a la estructura del glucógeno, 29b. Se observa la estructura molecular ramificada del glucógeno.)

#### (5) Gomas

Una goma puede ser definida en sentido amplio, como cualquier polisacárido soluble en agua, que puede ser extraído a partir de vegetales terrestres o marinos, o de microorganismos, que poseen la capacidad, en solución, de incrementar la viscosidad y/o de formar geles.<sup>19</sup>

Las gomas alimenticias son obtenidas a partir de una variedad de fuentes: exudados y semillas de plantas terrestres, algas, productos de la biosíntesis de microorganismos, y la modificación química de polisacáridos naturales.

##### (a) Gomas extraídas de plantas marinas

Los polisacáridos de origen marino son polímeros aniónicos, que se obtienen de dos grupos diferentes de algas: rojas y marrones, recolectadas en diferentes partes del mundo. Se integran por: los alginatos, la goma agar y la goma carragena.<sup>1</sup>

**Alginatos.-** Son descritos como compuestos que incluyen una variedad de productos constituidos por los ácidos D-manurónico y L-gulurónico; y que son extraídos de algas marrones conocidas como *Phaeophyceae*, siendo que las más importantes para la producción comercial de los alginatos incluye *Macrocystis pyrifera*, *Laminaria*

*hyperborea*, *Laminaria digitata* y *Ascophyllum nodosum*, que son encontradas en el mundo entero. No todos los alginatos gelifican, pero son bien conocidos por su capacidad para producir geles irreversibles en agua fría, en la presencia de iones calcio. Esta propiedad de gelificar en el agua fría diferencia a los alginatos de las gomas derivadas de las algas rojas. Muchos alginatos son usados, frecuentemente, como espesantes, estabilizantes de emulsiones, gelificantes, inhibidores de sinéresis<sup>g</sup>.<sup>20</sup>

**Agar-agar.**- Es obtenida a partir de algas rojas de la clase *Rhodophyceae*, siendo las más importantes la *Gelidium cartilagineum*, *Gracilaria confervoides* y *Pteroclaia capillacea*. Considerada como uno de los agentes gelificantes más importantes, esta goma constituida de galactosa y anhidrogalaactosa parcialmente estérificada con ácido sulfúrico, produce una gelificación perceptible en concentraciones tan bajas como 0.04%. No es soluble en agua fría pero se disuelve completamente en agua caliente, y la gelificación se inicia en la faja de 35 a 40°C, resultando un gel fuerte, claro y termorreversible que sólo se liquidifica si la temperatura llega a 85°C (FIGURA 30). Sus propiedades gelificantes, la resistencia térmica de sus geles y la marcada diferencia entre sus temperaturas de gelificación y de fusión, son las razones fundamentales a la hora de escogerla, aunque su uso en la industria americana de alimentos, por ejemplo, no es muy importante en términos cuantitativos. Su uso en niveles del orden de 0.12% mejora la suavidad de helados y su uso en la fabricación del queso mejora la textura y calidad de los cortes.<sup>20</sup>

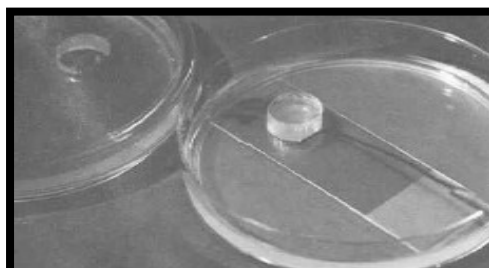


FIGURA 19. El agar-agar es la sustancia base de muchos medios de cultivo.

**Carragenatos.**- Es un polímero sulfatado, constituido de unidades de galactosa y anhidrogalaactosa, extraída de algas rojas donde destaca la *Chondrus crispus*, también conocida como "musgo irlandés" indica que el extracto del "musgo irlandés", es usado hace casi 600 años en la elaboración de alimentos, remedios y fertilizantes, en el municipio de Carrageen que da origen al nombre de esta goma. Otras importantes fuentes de carragenana son la *Eucheuma spp.* y *Gigartina spp.*, que se encuentran en África Oriental, Filipinas y Japón. Existen tres grupos principales de goma carragenana, que se diferencian por su contenido y distribución de los grupos de ésteres sulfatados: iota, kappa y lambda. La carragenana es usada como gelificante, espesante, estabilizante, y emulsionante; siendo que por su capacidad de reacción con ciertas proteínas, es usada en pequeñas concentraciones (del orden de 0.01 a 0.03%) en la industria de los lácteos.<sup>19</sup>

(b) Gomas obtenidas por procesos microbiológicos

Varios cultivos de microorganismos producen polisacáridos que aislados y purificados de modo conveniente, han recibido varias aplicaciones. Para la industria alimentaria las más utilizadas de ellos son dos: xantano y gelano.<sup>1</sup>

<sup>g</sup> Sinéresis: contracción de un gel con pérdida de líquido

**Goma xantano.-** Es producida por la fermentación de carbohidratos con la bacteria *Xantomonas campestris*. Está constituida por una estructura básica celulósica con ramificaciones de trisacáridos, y aún cuando no sea una agente gelificante, en combinación con la goma locuste puede formar geles elásticos y termorreversibles. Es completamente soluble en agua fría o caliente y produce elevadas viscosidades en bajas concentraciones, además de poseer una excelente estabilidad al calor y pH, pues la viscosidad de sus soluciones no cambia entre 0 y 100°C y 1 a 13 de pH; y, es utilizada en muchos productos como espesante, estabilizante y agente para mantener suspensiones.<sup>19</sup>

**Goma gelano.-** Es un polisacárido extracelular producido por la fermentación de carbohidratos utilizando *Sphingomonas<sup>h</sup> elodea*. Es un hidrocoloide multifuncional con potencial para ser usado en una gran variedad de alimentos como gelificante, texturizante, estabilizante, formador de películas, y agente estructurante y de suspensión; posee una estructura principal lineal formada por cuatro unidades de sacáridos: glucosa, ácido glucourónico y ramnosa. Forma geles muy fuertes en concentraciones tan bajas como 0.05%.<sup>20</sup>

(c) *Exudados de árboles*

Entre los polisacáridos que proceden de exudados de plantas caben destacar tres clasificados entre las gomas, que se usan como aditivos alimentarios: tragacanto, arábigo y karaya.<sup>1</sup>

**Goma tragacanto.-** Es un exudado producido por algunas especies de un arbusto del género *Astragalus*, una leguminosa perenne oriunda del Asia menor y de las regiones montañosas y semidesérticas del Irán, Siria y Turquía. Está formada de una mezcla de polisacáridos: el ácido tragacántico, insoluble en agua y responsable por la propiedad absorbente de agua de la goma, y la arabinogalactana que es un polímero soluble en agua y responde por la solubilidad de la goma. La goma tragacanto produce la más alta viscosidad de todos los hidrocoloides extraídos de plantas y produce sol.es coloidales viscosos con textura similar a geles blandos. Es soluble en agua fría, estable al calor y al ácido (debajo de pH 2) y muy emulsionante.<sup>20</sup>

**Goma arábigo.-** O goma acacia, considerada la más vieja y la mejor conocida de las gomas, es la savia exudada de varias especies de árboles de la Acacia para prevenir el resecamiento de sus tejidos cuando son heridos. Químicamente la goma arábigo es una sal neutra o levemente ácida de un polisacárido complejo que contiene iones calcio, magnesio y potasio en su molécula; y está formada por seis carbohidratos: galactosa, ramnosa, arabinopiranososa, arabinofuranosa, ácido glucourónico y ácido 4-o-metilglucourónico. Esta goma es un material heterogéneo que generalmente consiste de dos fracciones: una, que representa cerca del 70% de la goma, está compuesta de cadenas de polisacáridos con poco o ningún material nitrogenado, y una segunda fracción que contiene moléculas de elevado peso molecular y proteínas como parte de su estructura integral, siendo que esta fracción polisacárido-proteína es, por su vez, heterogéneo, en lo que se refiere a la proteína que forma parte de la estructura. La goma arábigo se disuelve rápidamente en el agua fría o en agua caliente, y es la menos viscosa y más soluble de los hidrocoloides: es posible comparar sus soluciones con una concentración del orden de los 55% con otros hidrocoloides comunes de alta viscosidad en el orden del 5% de concentración.<sup>20</sup>

---

<sup>h</sup> Antes *Pseudomonas*

Más de la mitad de la goma arábica producida en el mundo, es utilizada en la preparación de dulces y confites, con la finalidad de retardar la cristalización del azúcar y promover la emulsificación; siendo que la industria del sabor usa la goma arábica como fijador y encapsulante para evitar la oxidación y volatilización de los componentes del sabor, mientras que en la elaboración de la cerveza promueve la estabilización de la espuma; y debido a su componente proteico, esta goma es usada como emulsionante y estabilizante en emulsiones de bebidas no alcohólicas, una parte del mercado que consume 30% del total de la goma arábica en el mundo.<sup>19</sup>

**Goma karaya.-** Es un exudado seco del árbol *Sterculia* producido en el norte y centro de la India, es un polisacárido complejo parcialmente acetilado, constituido de una cadena principal de unidades de ácido D-galactourónico, L-ramnosa y D-galactosa, de cadenas laterales de ácido D-glucourónico. Lo que caracteriza esta goma es su baja solubilidad en el agua y su fuerte adherencia cuando es usada en elevadas concentraciones. Es una de las menos solubles entre las gomas exudadas, no disuelve pero absorbe agua y produce un sol. coloidal viscoso. Las dispersiones de la goma karaya tienen una viscosidad mayor cuando son preparadas con agua fría, aún cuando la ebullición aumenta la solubilidad de la goma y reduce su viscosidad de forma permanente. Similarmente, la viscosidad es reducida por la adición de algunos electrolitos fuertes o de pH extremos. Valores alcalinos del pH transforman el sol. karaya en una pasta pegajosa. Debido a su propiedad de ligar agua, la goma karaya, es usada en concentraciones bajas, típicamente del orden de 0.2 a 0.4%, en la preparación de helados, con la finalidad de prevenir la formación de grandes cristales de hielo y la pérdida de agua libre.<sup>20</sup>

(d) *Extracto de semillas*

Son las gomas galactomanas obtenidas de las semillas de ciertas plantas: goma locuste y goma guar.<sup>19</sup>

**Goma locustre.-** Es un polisacárido neutro constituido de manosa y galactosa en la proporción de 4:1. Esta goma es extraída de las semillas de la *Ceratonia siliqua*, que es un árbol nativo de los países de la cuenca del Mediterráneo. Es insoluble en agua fría y soluble en agua caliente, siendo que su viscosidad máxima se alcanza cuando es calentada a 95°C y después enfriada. Gelifica sólo cuando se mezcla con la goma xantana, y sus principales usos son como espesante, estabilizante de emulsiones, e inhibidor de la sinéresis en diversos productos: alimentos enlatados, salsas, sobremesas, gaseosas, quesos, helados y carnes procesadas. En el caso del queso la goma locuste acelera la coagulación.<sup>20</sup>

**Goma guar.-** Es obtenida del endospermo de la semilla de la planta guar *Cyamopsis tetragonolobus*, oriunda de la India y Pakistán. Se disuelve completamente en agua fría, produciendo alta viscosidad; sin embargo no gelifica, y su principal uso es como formador de cuerpo, estabilizante y ligador de agua.<sup>20</sup>

(e) *Modificación química*

Destacan en este grupo las modificaciones químicas de la celulosa y de la pectina, conducentes a la obtención de hidrocoloides con propiedades gelificantes.

**Gomas celulósicas.-** Son las más usadas de este grupo, y forman una familia de productos obtenidos por modificación química de la celulosa, siendo sus ejemplos más importantes compuestos tales como carboximetilcelulosa, metilcelulosa e



hidroxipropilmetilcelulosa. La carboximetilceluosa sódica, comúnmente conocida como goma celulósica o CMC, es generalmente utilizada como espesante, estabilizante, gel, y modificador de las características de flujo de soluciones acuosas o suspensiones. La metilcelulosa (MC) y la hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC) son las únicas gomas que gelifican con el calor y después, al enfriarse, retornan a su viscosidad original líquida, lo que las hace muy importante para ser utilizadas con alimentos fritos.<sup>20</sup>

**Pectinas.-** Funcionan como agentes gelificantes y espesantes en una gran variedad de productos. Las pectinas comerciales son galactouranoglicanos con varios contenidos de grupos éster metilo; mientras que las pectinas comerciales se encuentran en las paredes celulares y capas intercelulares de todas las plantas terrestres y son moléculas más complejas que se convierten en productos comerciales vía la extracción ácida. Existen dos tipos de pectinas que dependen de su grado de metilación: LM y HM<sup>i</sup>. La selección de una pectina depende de los requerimientos de una aplicación en particular. Las composiciones y propiedades de las pectinas varían con la materia prima, los procesos usados durante la extracción y los subsecuentes tratamientos realizados.

Las soluciones de pectinas HM gelifican en presencia de cantidades suficientes de ácido y azúcar, pero las soluciones de pectinas LM gelifican sólo en presencia de cationes divalentes (únicamente Ca es utilizado en aplicaciones alimenticias). El aumento de la concentración de cationes incrementa la temperatura de gelificación y la fuerza del gel.<sup>19</sup>

---

<sup>i</sup> Pectinas tipo LM significa *low-methoxyl pectins*, y pectinas tipo HM significa *high-methoxyl pectins*. Esta clasificación se basa en el grado de metilación, que por su vez se define como la razón de los grupos ácido galactourónico metoxilados al total de grupos ácido galactourónico presentes en la molécula de pectina.

### 3. OLIGOSACÁRIDOS

#### a) DEFINICIÓN

Los azúcares combinados que presentan de tres a veinte unidades de monosacáridos, reciben el nombre de oligosacáridos (*oligo= pocos*). Estas unidades pueden ser iguales o diferentes.<sup>6</sup>

Algunos autores integran a los disacáridos a la clasificación de los oligosacáridos, ya que la definición del término oligosacárido hace referencia a pocos sacáridos o azúcares. Para esta sección, se estudiarán los oligosacáridos que presenten de tres o más monómeros.

#### b) CARACTERÍSTICAS GENERALES

##### (1) Origen

La síntesis de cualquier oligosacárido, se lleva a cabo por las reacciones enzimáticas en las que intervienen algunos nucleótidos. También se pueden obtener por la hidrólisis de los polisacáridos. La unión de dos monosacáridos se efectúa mediante enlaces C-O-C, llamado unión glucosídica o enlace glucosídico, que pueden ser hidrolizados por enzimas o por ácidos en ciertas condiciones de temperatura.

Durante la formación de oligosacáridos, uno de los azúcares debe perder su hidroxilo anomérico para poder formar el enlace glucosídico. En caso de que los dos monosacáridos estén unidos a través de sus respectivos carbonos anoméricos, se forman azúcares no reductores.<sup>17</sup>

##### (2) Nomenclatura

Al monosacárido que ha perdido su hidroxilo anomérico se le agrega el sufijo *-sil*, el cuál va inmediatamente después del azúcar. En la nomenclatura abreviada se utilizan tres letras para los monosacáridos y el sufijo *f* y *p* según sean furanosas o piranosas. Igualmente, pueden darse ramificaciones cuando un monosacárido se encuentra unido a dos restos glicosílicos, escribiéndose el nombre del segundo monosacárido entre corchetes. Como ejemplo se indica un trisacárido que constituye la unidad fundamental de amilopectina y glucógeno (FIGURA 31):

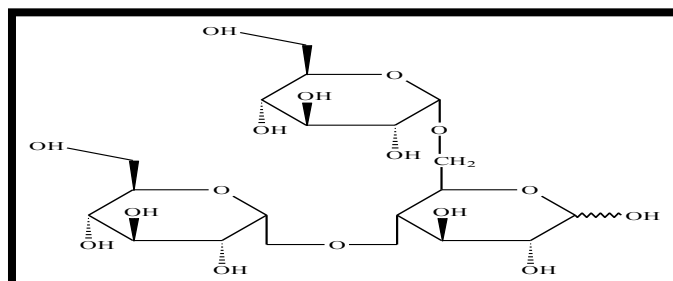
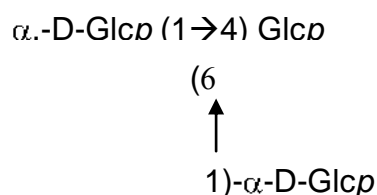


FIGURA 20. Estructura del O- $\alpha$ -D-Glucopiranosil-(1 $\rightarrow$ 4)-O-[ $\alpha$ -D-glucopiranosil-(1 $\rightarrow$ 6)]-D-glucopiranososa

La nomenclatura abreviada de este trisacárido sería:



Este tipo de nomenclatura facilita la escritura de estos compuestos.<sup>13</sup>

### c) PROPIEDADES

Como ya se menciona en el apartado de Monosacáridos, solo algunos oligosacáridos presentan un sabor amargo. La intensidad del sabor dulce disminuye, en general, conforme aumenta la longitud de la cadena. Los oligosacáridos son solubles en agua.<sup>13</sup>

La estructura molecular, resiste a la digestión en la parte superior del intestino, lo que evita su absorción y le permite continuar su recorrido intestinal hasta que llega al colon, donde se convierte en alimento para las bacterias allí presentes, esto permite usarlas como prebióticos.<sup>21</sup>

#### (1) Rotación molecular

Como ya se ha explicado en la sección de generalidades, la rotación es la propiedad de desviar la luz polarizada por monómeros de carbohidratos. A la desviación de la luz polarizada causada por compuestos de diferente peso molecular (por ejemplo un oligosacárido), se le llama Rotación molecular [M] y es este valor el que permite comparar con la rotación óptica. La fórmula con la cual se representa la rotación molecular es la siguiente:<sup>13</sup>

$$[M]_{\lambda}^t = \frac{M[\alpha]_{\lambda}^t}{100}$$

ECUACIÓN 1. Fórmula para obtener la rotación molecular.

En la tabla 5 se presenta la rotación específica para algunos oligosacáridos.

**Tabla 4. Valores de rotación específica de algunos oligosacáridos (T: 20-25 °C).**

Compuesto	$[\alpha]_D^a$
Cestosa	+28
Maltotriosa	+160
Maltotetrosa	+166
Maltopentosa	+178
Maninotriosa	+167

<sup>j</sup> Son prebióticos los ingredientes no digeribles de la dieta, que benefician al consumidor por estimular el crecimiento o la actividad microbiana intestinal. En esta categoría se encuentran, por ejemplo, la fibra, los fructooligosacáridos, la inulina, y la lactulosa.<sup>21</sup>

<b>Panosa</b>	+154
<b>Rafinosa</b>	+101
<b>Estaquiosa</b>	+146
<b>Dextrina <math>\alpha</math> de Schardinger</b>	+151
<b>Dextrina <math>\beta</math> de Schardinger</b>	+162
<b>Dextrina <math>\gamma</math> de Schardinger</b>	+180

(2) Reactividad frente ácidos y álcalis

Por tratarse de glicosidos, los oligosacáridos son fácilmente hidrolizables por acción de ácidos, mientras que se mantienen relativamente estables frente a bases.<sup>13</sup>

d) EJEMPLOS

Los oligosacáridos se subdividen en trisacáridos, tetrasacáridos y oligosacáridos superiores.

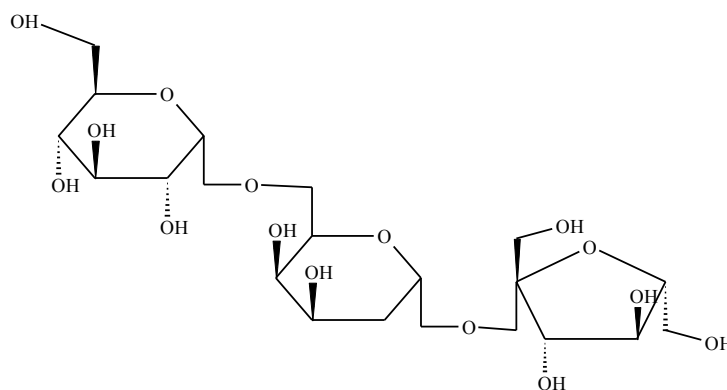
(1) Trisacáridos

En este grupo se encuentran la Fucosidolactosa, la Gencianosa, la Isocestosa (1-cestosa), la Cestosa (6-cestosa), la Maltotriosa, la Maninotriosa, la Neocestosa, la Panosa, **la Rafinosa** y la Umbeliferosa.<sup>13</sup> En la Tabla 6 se muestra el nombre del trisacárido, su fórmula estructural y su nomenclatura abreviada.

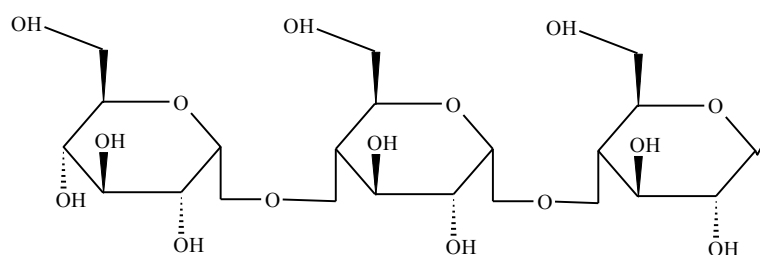
**Tabla 5. Nombres y estructuras de algunos trisacáridos.**

<i>Nombre Común [nombre abreviado]</i>	<i>Estructura</i>
<b>Cestosa [O-<math>\alpha</math>-D-Glcp (1<math>\rightarrow</math>4)-O-<math>\alpha</math>-D-Fruf (6<math>\rightarrow</math>2)-<math>\beta</math>-D-Fruf]</b>	<p>The diagram shows the chemical structure of Cestosa, a trisaccharide. It consists of three pyranose rings. The first ring is a glucose unit in its chair conformation, linked at its C1 position to the C4 position of a fructose unit (a five-membered furanose ring). This fructose unit is further linked at its C2 position to the C6 position of a second fructose unit. The structure includes various hydroxyl groups and oxygen atoms within the rings and at the glycosidic linkages.</p>

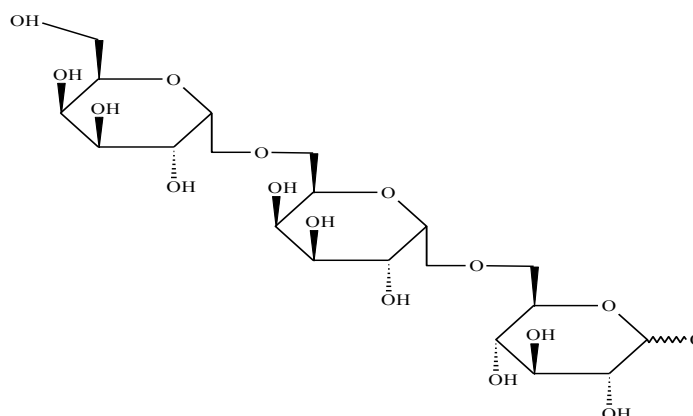
**Genciana**  
**osa** [*O*- $\beta$ -*D*-*Glc*p  
 (1 $\rightarrow$ 6)-*O*- $\alpha$ -*D*-*Gal*p(1 $\rightarrow$ 2)- $\beta$ -*D*-*Fru*f]



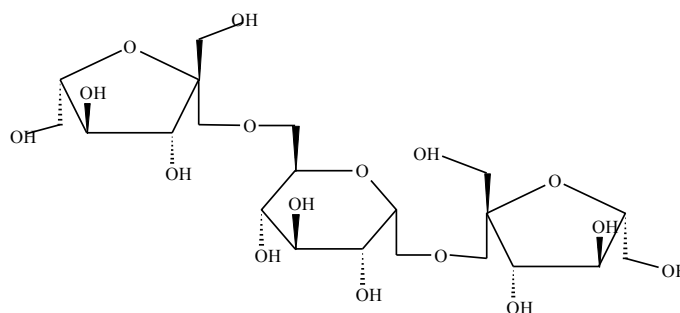
**Maltotriosa**  
**osa** [*O*- $\beta$ -*D*-*Glc*p  
 (1 $\rightarrow$ 6)-*O*- $\alpha$ -*D*-*Glc*p  
 (1 $\rightarrow$ 4)-*D*-*Glc*p]



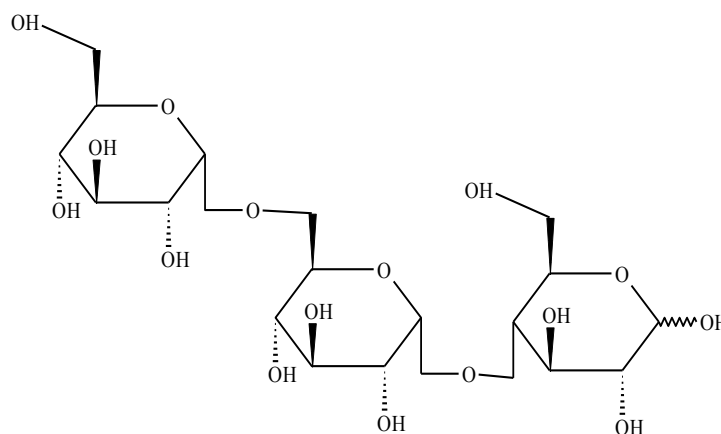
**Maninotriosa**  
**osa** [*O*- $\alpha$ -*D*-*Gal*p  
 (1 $\rightarrow$ 6)-*O*- $\alpha$ -*D*-*Gal*p  
 (1 $\rightarrow$ 6)-*D*-*Glc*p]



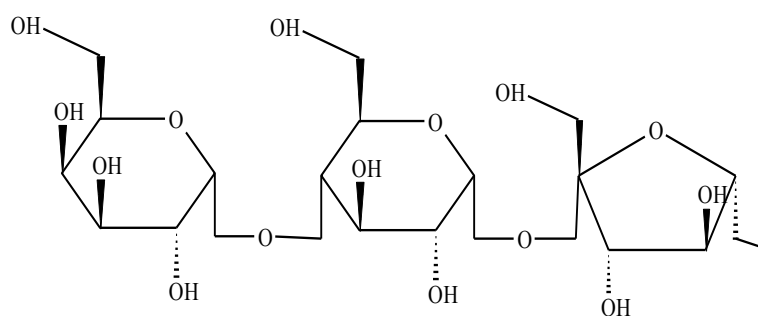
**Neocestosa**  
**osa** [*O*- $\beta$ -*D*-*Fru*f  
 (2 $\rightarrow$ 6)-*O*- $\alpha$ -*D*-*Glc*p  
 (1 $\rightarrow$ 2)- $\beta$ -*D*-*Fru*f]



**Panosa**  
 [O- $\alpha$ -D-  
 Glcp  
 (1 $\rightarrow$ 6)-  
 O- $\alpha$ -D-  
 Glcp  
 (1 $\rightarrow$ 4)-  
 D-Glcp]



**Umbelif  
 erosa**  
 [O- $\alpha$ -D-  
 Glap  
 (1 $\rightarrow$ 2)-  
 O- $\alpha$ -D-  
 Glcp  
 (1 $\rightarrow$ 2)-  
 $\beta$ -D-  
 Fruf]



De entre ellas la más estudiada es la O- $\alpha$ -D-Galp-(1 $\rightarrow$ 6)-O- $\beta$ - $\alpha$ -Glc-(1 $\rightarrow$ 2)- $\beta$ -Fruf también llamada *Rafinosa* (FIGURA 32), se encuentra en el jugo de la remolacha azucarera y en la cascara de las semillas de algodón. Se presenta en forma de trazas en el azúcar de remolacha cristalizada que se expende en el comercio. La rafinosa, al hidrolizarse da cantidades equimolares de D-Glucosa, D-Fructosa y D-Galactosa. La hidrólisis enzimática, con emulsina, da sacarosa y galactosa; en medio levemente ácido, y en presencia de enzima rafinasa, se forma melibiosa y fructosa.<sup>17</sup>

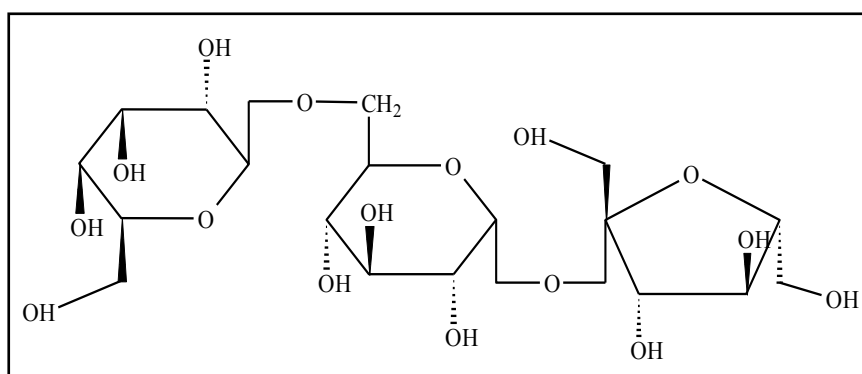
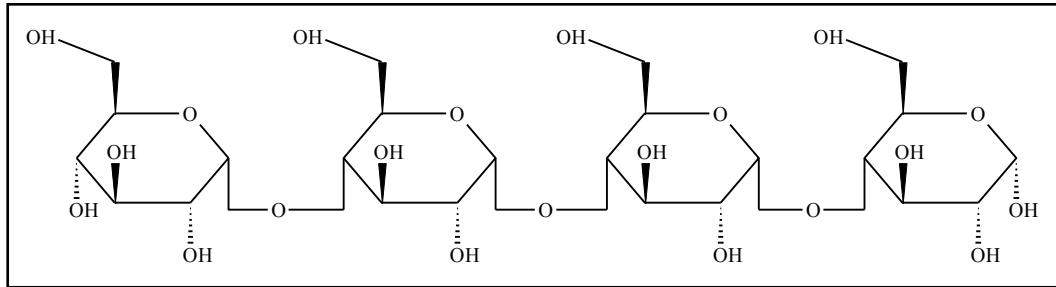


FIGURA 21. Estructura de la Rafinosa, la molécula de la D-Galactosa se encuentra invertida para la formación del enlace 1 $\alpha$  $\rightarrow$ 6 $\beta$ .

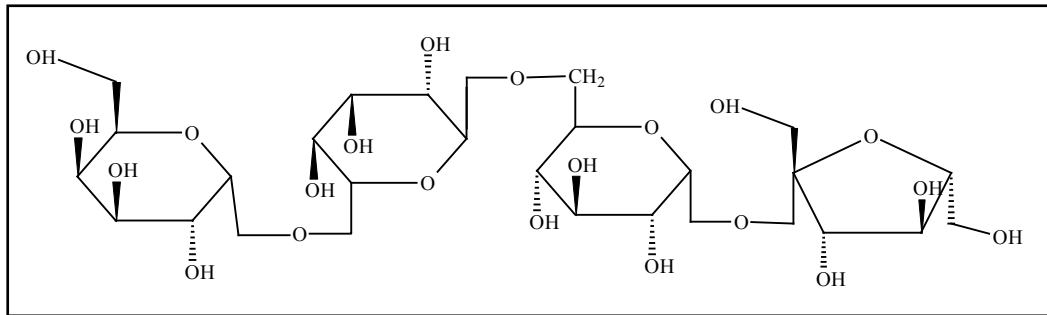
## (2) Tetrasacáridos

Integrados por la Maltotetraosa (FIGURA 33) y la Estaquiosa (FIGURA 34). La Maltotetraosa [O- $\alpha$ -D-Glcp-(1-4)-O- $\alpha$ -D-Glcp-(1-4)-O- $\alpha$ -D-Glcp-(1-4)-O-D-Glcp] es resultado de la hidrólisis del almidón, esta constituida por cuatro monómeros de glucosa

unidos mediante enlaces  $\alpha(1\rightarrow4)$ . La **Estaquiosa** [*O- $\alpha$ -D-Galp-(1 $\rightarrow$ 6)-O- $\alpha$ -D-Galp-(1 $\rightarrow$ 6)-O- $\alpha$ -D-Glcp-(1 $\rightarrow$ 2)-O- $\beta$ -D-Fruif*] es un heterooligosacárido. Sus monómeros constituyentes son la D-Fructosa, D-Glucosa y dos residuos de D-Galactosa. La fructosa, la glucosa y uno de los residuos de galactosa se encuentran unidos como en la rafinosa; la galactosa adicional se halla conectada a esta unidad de rafinosa por su terminal de galactosa, mediante una unión  $\alpha(1\rightarrow6)$ . La estaquiosa es uno de los principales carbohidratos de la semilla de soya. Posee un bajo grado de digestibilidad.<sup>6</sup>



**FIGURA 22. Estructura de la Maltotetrosa.**



**FIGURA 23. Estructura de la Estaquiosa.**

### (3) Oligosacáridos superiores

Los oligosacáridos superiores son aquellos que presentan de cinco a veinte monómeros. En este grupo se encuentran la Verbascosa, la maltopentosa, las Dextrinas  $\alpha, \beta, \gamma$  de *Schardinger*, la inulina y los fructo-oligosacáridos. En la Tabla 7 se muestra el nombre del oligosacárido, su fórmula estructural, su nomenclatura abreviada y el número de monómeros que lo compone.<sup>13</sup>

**Tabla 6. Nombres y estructuras de oligosacáridos superiores**

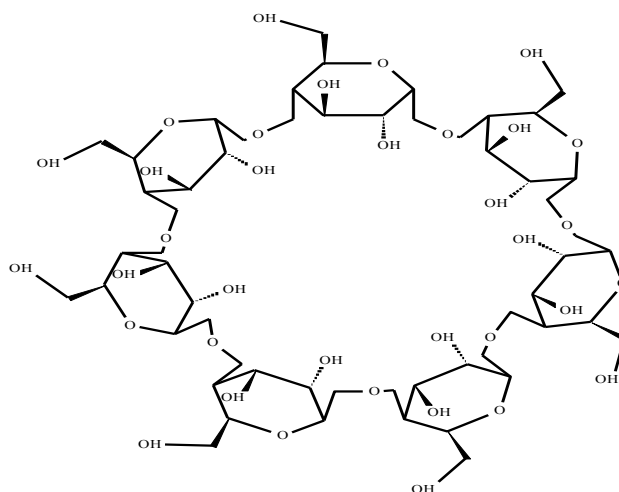
<i>Nombre</i>	<i>Común</i>	<i>Estructura</i>
<i>[nombre abreviado]</i>		
<i>Nº de monómeros</i>		
<b>Verbascosa</b> [ <i>O-α-D-Galp-(1→6)-O-α-D-Galp-(1→6)-O-α-D-Galp-(1→6)-O-α-D-Glcp-(1→2)-O-β-D-Fruf</i> ]		
<i>Nº= 5</i>		
<b>Maltopentosa</b> [ <i>O-α-D-Glcp-(1-4)-O-α-D-Glcp-(1-4)-O-α-D-Glcp-(1-4)-O-α-D-Glcp-(1→4)-O-D-Glcp</i> ]		
<i>Nº= 5</i>		
<b>Dextrina α de Schardinger</b> [ <i>ciclohexaglucano (α, 1→4)</i> ]		
<i>Nº= 6</i>		



---

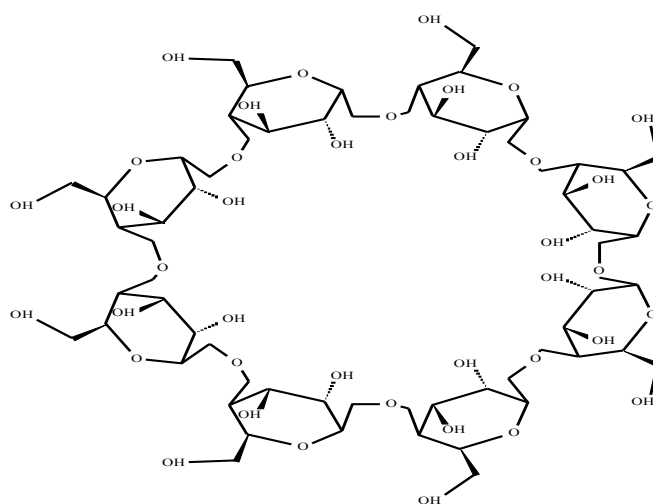
**Dextrina  $\beta$  de  
Scharinger  
[cicloheptaglucano  
( $\alpha, 1 \rightarrow 4$ )]**

$N^{\circ}= 7$



**Dextrina  $\gamma$  de  
Scharinger  
[ciclooctaglucano  
( $\alpha, 1 \rightarrow 4$ )]**

$N^{\circ}= 8$



---

(a) Dextrinas de Scharinger

Estas ciclodextrinas se obtienen por la degradación del almidón con  $\alpha$ -amilasa con ayuda de ciclomaltodextrinaglucanotransferasa de *Bacillus macerans*. La enzima por ruptura de uniones  $\alpha (1 \rightarrow 4)$ , translada restos de glicosilo al extremo no reductor de las maltodextrinas, con formación de glucosídeos cíclicos de 6-12 unidades glucopiranosidas. El producto principal es la  $\beta$ -ciclodextrina formada por siete unidades de glucosa, un compuesto ligeramente dulce no higroscópico.

La molécula es un cilindro (FIGURA 35) que por un lado esta limitado por una corona de hidroxilos pertenecientes al C6 y por el otro por una corona de hidroxilos C2 y C3, mientras que la cubierta superficial formada por anillos de piranosa es hidrófoba. El agua de hidratación es extraída muy fácilmente del espacio hueco por los compuestos apolares estéricamente adecuados, que de esté modo se enmascaran. La  $\beta$ -ciclodextrina es por ello útil para estabilizar las vitaminas y compuestos del aroma de los alimentos y para neutralizar las sustancias amargas.<sup>13</sup>

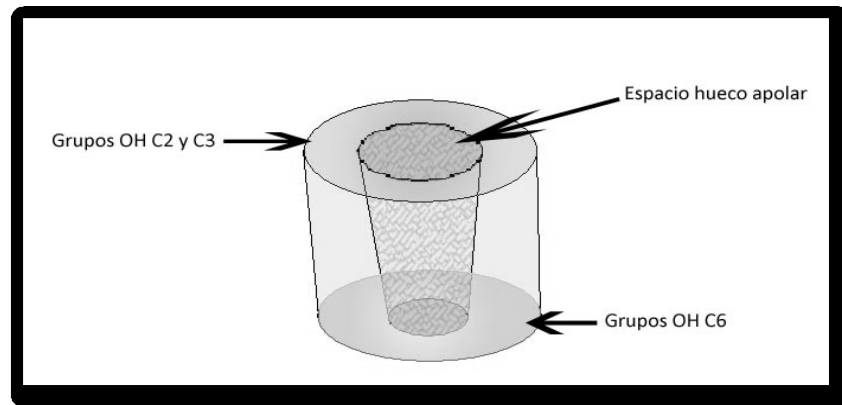


FIGURA 24. Arreglo espacial de la  $\beta$ -ciclodextrina de Schardinger

(b) *Inulina*

La inulina es una mezcla de moléculas con estructura general GF<sub>n</sub>, donde G=glucosa, F= fructosa y n= es el número de uniones de moléculas de fructosil mediante enlaces  $\beta$  (2 $\rightarrow$ 1). Se le considera como parte la fibra dietética (FIGURA 36).<sup>22</sup>

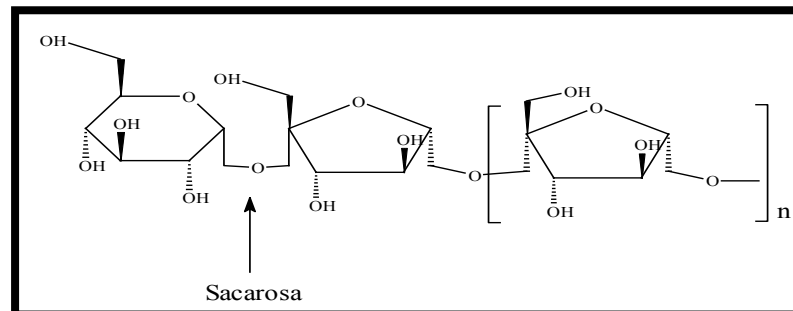


FIGURA 25. Estructura general de la inulina.

(i) *Propiedades*

Dependiendo de la fuente de la que se extrae, el clima y las condiciones del crecimiento y la técnica de cosecha, la inulina presenta diferentes grados de polimerización (DP), lo cual complica su determinación analítica. En la tabla 9, se muestran el número de composición para la inulina.

**Tabla 7. Apreciación general del número de composición de la inulina**

Sustrato	Estructura básica	Rango de DP	DP	<10 <sup>k</sup> (%)	<20 (%)	Proporciones de F/G
<b>Achicoria</b>	GF <sub>n</sub>	3-60	~10	~30	55	~9
<b>Cebolla</b>	GF <sub>n</sub>	3-12	~4	50	75	~5
<b>Alcachofas</b>	GF <sub>n</sub>	3-200	~40	0	0	~40
<b>Raftiline®ST</b>	GF <sub>n</sub>	3-60	~10	30	55	~9
<b>Raftiline®HP</b>	GF <sub>n</sub>	6-60	~25	~10	~45	~25

<sup>k</sup> Esto hace referencia al número de polímeros de degradación

La inulina comercial se obtiene mediante extracción con agua caliente de la raíz de achicoria (FIGURA 37). Existen cinco formas diferentes, dependiendo de la forma de extracción, es el uso particular que se le dará.<sup>22</sup>



FIGURA 26. Estas plantas son achicorias (*Cichorium intybus*), del lado izquierdo se observa la estructura completa, del derecho se aprecian detalles de la planta.

(ii) *Análisis de Inulina*

El método más simple (Método de la inulinasa) consiste en la determinación del total fructanos contenidos en la muestra. El principio del método es realizar una hidrólisis específica para fructanos usando la enzima inulinasa. El cálculo se basa en una determinación comparativa de glucosa, fructosa y sacarosa antes y después de la hidrólisis. El análisis de los monosacáridos y disacáridos se debe de realizar por un método no enzimático. Se puede observar interferencia por parte de lactosas, maltitol e isomaltosa. En este método las muestras deben de ser simples. En la FIGURA 38 se muestra el desarrollo del análisis para la determinación de Inulina y oligofructosa.<sup>22</sup>

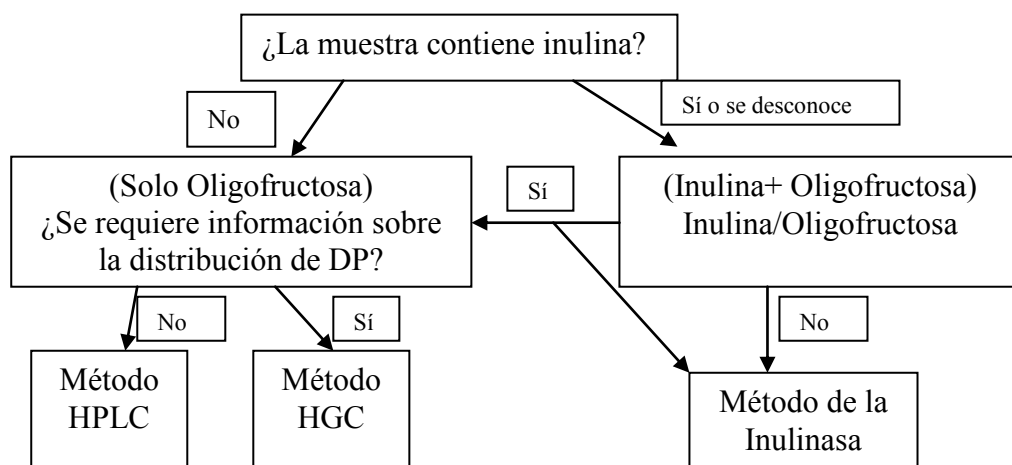


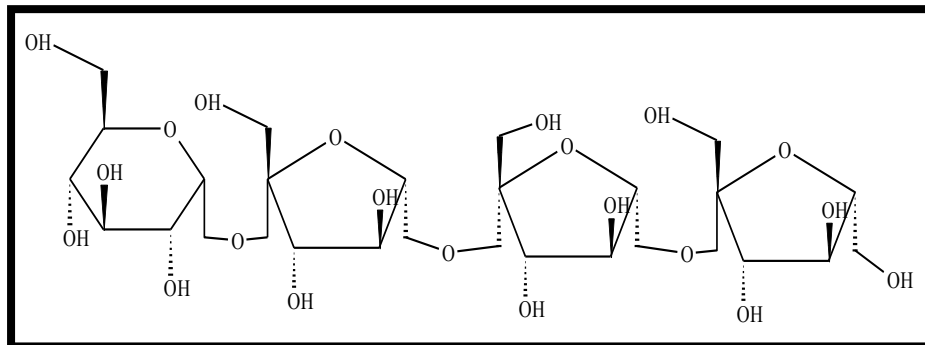
FIGURA 27. Combinación del método de inulinasa con el método modificado de AOAC<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> El método AOAC es una técnica de análisis del contenido de fibra dietética. Esta técnica no detecta la inulina ni a las Oligofructosas. Es por eso que se modificó en 1994 para hacerla sensitiva

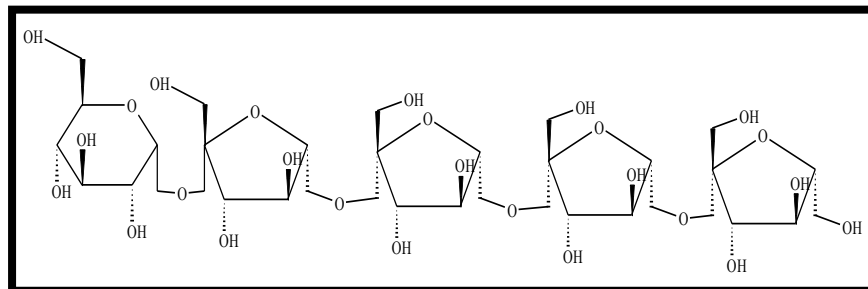
(c) *Fructo-oligosacáridos (FOS o oligofruktosas)*

Son  $\beta$ -D-fructanos, no digeribles que se componen de unidades de fructosas unidas por enlaces  $\beta$  (2 $\rightarrow$ 1) con un grado de polimerización entre 2 y 10, aunque su promedio es de 4.<sup>1</sup> Contienen moléculas del tipo Fn y GFn.<sup>22</sup>

Se encuentran compuestos por una molécula de sacarosa y de una a tres moléculas de fructosa. Como resultado de la degradación se obtienen 1-Cestosa con GF2 (donde G=glucosa y F=fructosa), nistosa (FIGURA 39) con GF3 y fructosilnistosa (FIGURA 40) con GF4.<sup>22</sup>



**FIGURA 28. Estructura química de la nistosa.**



**FIGURA 29. Estructura química del la frutosilnistosa.**

(i) *Propiedades*

Son solubles en mezclas de etanol-agua, no son digeridos en el tracto gastrointestinal, se utiliza como sustituto de la sacarosa, favorecen el desarrollo de microorganismos benéficos en el intestino (se emplean como prebióticos). Se ha determinado experimentalmente que su aporte energético es de 2 Kcal/g.

Se ha demostrado que los FOS son fermentados preferentemente por lo microflora *Bifidobacterium* aumentando la población así como la actividad de la fructohidrolasa.<sup>22</sup>

(ii) *Análisis de FOS*

Existen diversos métodos de análisis, pero en general se fundamentan en una extracción, seguido de un análisis en cromatografía líquida aniónica, asociada al uso de una hidrólisis con invertasa. El porciento de recobro es de 100%.<sup>22</sup>

e) FUENTES

En la tabla 8 se observan los diferentes tipos de oligosacáridos y las fuentes naturales en las que se hayan. Para el caso específico de la inulina y los FOS, se presentan en un apartado sus fuentes.<sup>13</sup>

**Tabla 8. Oligosacáridos y sus fuentes.**

<i>Nombre Común</i>	<i>Fuente</i>
<b>Cestosa</b>	Acción de sacarosas (levadura) sobre sacarosa, miel
<b>Dextrina <math>\alpha</math> de Schardinger</b>	Acción del <i>Bacillus macerans</i> sobre el almidón
<b>Dextrina <math>\beta</math> de Schardinger</b>	Acción del <i>Bacillus macerans</i> sobre el almidón
<b>Dextrina <math>\gamma</math> de Schardinger</b>	Acción del <i>Bacillus macerans</i> sobre el almidón
<b>Estaquiosa</b>	Frecuentemente en vegetales, (alcachofa, soya)
<b>Gencianosa</b>	Rizoma de Genciana
<b>Maltopentosa</b>	Jarabes de almidón
<b>Maltotetrosa</b>	Jarabes de almidón
<b>Maltotriosa</b>	Degradación de almidón, jarabes de almidón
<b>Maninotriosa</b>	Maná
<b>Neocestosa</b>	Acción de sacarosas sobre sacarosa
<b>Panosa</b>	Degradación de amilopectina, miel
<b>Rafinosa</b>	Remolacha azucarera, caña de azúcar, frecuente en vegetales
<b>Umbeliferosa</b>	Raíces de umbelíferas
<b>Verbascosa</b>	Soya, alubias, garbanzos, cacahuates y frijoles

(1) Fuentes de inulina

Se presentan de manera natural en el puerro, la cebolla, el espárrago, el ajo, la alcachofa, plátanos, contienen una cantidad significativa de inulina. Por consiguiente el consumo diario de inulina se estima en algunos gramos. Fuentes industriales de inulina Raftiline®, Nutraflora®.<sup>22</sup>

## (2) Fuentes de FOS

Se presentan de manera natural en el puerro, la cebolla, la achicoria (raíz), el espárrago, el ajo, la alcachofa, el tomate, la alfalfa o el plátano, entre otros.<sup>23</sup>

Fuentes industriales de los FOS son la hidrólisis de la inulina<sup>1</sup>, ejemplos de estos son la Actiligh®<sup>1</sup>, Nutraflora®, Raftilose®.<sup>22</sup> La producción de FOS esta protegida por patentes, en Japón pertenece a Meiji Seika Kaisha, en Europa la patente pertenece a Béghin-Say-Meiji Seika Kaisha joint-venture: Béghin-Meiji-Industries. En la tabla 10 se muestra una comparación entre el contenido de FOS e Inulina en diversas fuentes naturales.

**Tabla 9. Contenido de Inulina y FOS en fuentes naturales**

<b>FUENTE</b>	<b>INULINA (%)</b>	<b>FOS (%)</b>
<b>Trigo</b>	1-6	1-4
<b>Cebolla</b>	2-10	2-6
<b>Puerro</b>	3-16	2-5
<b>Ajo</b>	9-11	3-6
<b>Alcachofa</b>	2-9	<1
<b>Esparrago (retoño)</b>	1-4	2-3
<b>Plátano</b>	0.3-0.7	0.3-0.7
<b>Alcachofa de Jerusalén</b>	16-20	16-20
<b>Achicoria</b>	15-20	5-10

## f) APLICACIONES E INCONVENIENTES DE LOS OLIGOSACÁRIDOS

### (1) Aplicaciones

Incrementando el consumo de FOS se modula la composición de la microbiota en el colon, estimulando el crecimiento de la flora intestinal beneficiosa, especialmente de bifidobacterias. Por tanto, los efectos indirectos del consumo de FOS sobre la salud son varios. Por un lado, mejoran la microflora intestinal de varias maneras. Una de ellas a través de un sustrato de elección para las Bifidobacterias, o con la fermentación, con la que se producen ácidos grasos de cadena corta, disminuye el pH y se reduce la proliferación de bacterias patógenas (*Shigella* o *Salmonellas*). Como hay menos microorganismos patógenos, hay menor producción de sustancias tóxicas. Otro de los beneficios es que regulan el tránsito intestinal, por lo que pueden utilizarse tanto para tratar la diarrea como el estreñimiento. Además, ejercen un efecto protector en la evolución de los tumores de colon. Este efecto puede ser consecuencia de la conjunción de varios mecanismos. El medio ácido inhibe la actividad de enzimas implicados en el metabolismo y eliminación de ácidos biliares y grasos, por lo que se genera menor cantidad de ácidos biliares secundarios y metabolitos de estos, que son considerados como agentes promotores del crecimiento de células tumorales. Por último, el consumo de FOS potencia el buen funcionamiento del sistema inmunológico.<sup>23</sup>

Las maltodextrinas se utilizan ampliamente en la industria dulcera y chocolatera por sus efectos sobre la textura. Actualmente son objeto de numerosas aplicaciones tecnológicas.<sup>16</sup>

Tanto la inulina como los FOS, se emplean en yogurts como sustancia prebióticas, repostería y en cereales integrales.<sup>22</sup>

En Japón, los oligosacáridos son uno de los productos más empleados en las comidas funcionales, extendiéndose su uso por Europa y E.U. De hecho, en 1996 en Japón, de los 69 alimentos funcionales<sup>m</sup> para la salud que se autorizaron por el Ministerio de salud y bienestar, 40 usaban oligosacáridos como la neozúcar, xilo-oligosacáridos, galacto-oligosacáridos, fructo-oligosacáridos, lacto-fructo-oligosacáridos, oligosacáridos del frijol de la soya o isomalto-oligosacáridos. Actualmente, los oligosacáridos se usan ampliamente en una variedad de productos en Japón, elaborando bebidas prebióticas (Meiji Seika Co., Calpis Food Industry, Nichirei Co., Joban Yakuhin Kogyo Co., Asahi Breweries, Ostuka Pharmaceutical, Taisho Shokuhin Kogyo Co., Morinaga Milk Industry), edulcorantes de mesa (Meiji Seika Co., Hakubun Co., Calpis Food Industry, Taisho Pharmaceutical, Dainippon Seito Co., Showa Sangyo Co., Enuiko Sugar Co., Nissin Sugar Co., Nippon Oligo Co.), fabricación de azúcar (Meiji Co.), goma de mascar (Lotte Co., Ezaki Glico Co.), bizcochos (Ezaki Glico Co., Nippon Kayaku Co., Nippon Menado Katohin Co.), yogurts (Suntory Co., Ezaki Glico Co., Takanashi Nyugyo Co., Morinaga Food Industry, Meiji Milk Products), vinagre (Morushige Ueda Co.) bebidas de café (Meiji Seika Co.), postres (Meiji Milk Products), formulas lácticas infantiles y comida para bebés (*Yakult Honsha* Co.). Al contrario de Japón, los consumidores europeos pese a conocerlos benéficos de los oligosacáridos, del total de la población, su consumo se estima en un 20% contra un 70% de los japoneses. De los productos europeos solo algunos tienen oligosacáridos como ingredientes, por ejemplo, una bebida fermentada de leche llamada Fyos, elaborada en Bélgica en 1994, y un yogurt de fruta y fibra vendido en Reino Unido, contienen inulina.<sup>22</sup>

Los FOS tienen aplicaciones industriales, que abarcan la sustitución de grasas al incluirse como ingrediente de mayonesas ligeras y quesos bajos en calorías; contribuyen a la reducción del contenido calórico (sucedáneos de chocolate) y a la retención de agua (pastelería, panificación, embutidos); evitan la formación de cristales (heladería); emulsionan (margarinas) y, en general, modifican la textura o cremosidad de algunos alimentos. Son edulcorantes, por lo que tienen buenas propiedades organolépticas y se pueden incorporar fácilmente a alimentos.<sup>23</sup>

Se usan en la industria alimentaria como sustitutos de azúcares y grasas, aportan textura, estabilizan la formación de espuma, mejoran las cualidades sensoriales (organolépticas) de los productos lácteos fermentados, mermeladas, galletas, pan y leche para lactantes.<sup>21</sup>

La inulina y la oligofructosa son fibras extraídas de la raíz de achicoria que no pueden ser digeridas por el intestino delgado, en cambio, son fermentadas por bacterias del intestino grueso, lo que da un aumento en la absorción del calcio y otros minerales. Tanto la inulina como la oligofructosa se añaden a los alimentos multifuncionales y a los suplementos nutritivos. La inclusión de suplementos de raíz de achicoria en la dieta favorece el metabolismo adecuado del colesterol. Ya que al combinarse esta con los ácidos biliares del organismo y la Vitamina C, forman una emulsión la cual es desechada. Esto

---

<sup>m</sup> Los alimentos funcionales también conocidos como nutraceuticos, son todos aquellos alimentos que se utilicen para controlar, reducir o prevenir alguna enfermedad. Las ganancias de este mercado se estiman en 9, 28 y 30 billones de dólares en E.U., Japón y la Unión Europea, respectivamente.

disminuye los ácidos biliares, por lo cual el cuerpo utiliza el colesterol circulante en sangre para generar más ácidos, por lo cual se reduce el nivel de colesterol circulante.<sup>24</sup>

(2) Inconvenientes.

La mayoría de los oligosacáridos son productores de gases en el intestino humano, es decir, su consumo causa flatulencia. Se ha sugerido que la ingestión de leguminosas produce gases debido a una fermentación de los oligosacáridos en el intestino grueso, particularmente en el colon. Debido a que estos oligosacáridos no son absorbidos en el intestino delgado, pasan al grueso en donde se hidrolizan microbiológicamente, produciendo sus correspondientes monosacáridos que a su vez son sustratos muy importantes en una fermentación anaerobia que genera dióxido de carbono como principal componente. La formación de gases irrita las paredes intestinales, excita la mucosa y aumenta los movimientos peristálticos, originando en algunos casos la imperiosa necesidad de evacuar el intestino.<sup>17</sup>

*g) Normatividad*

Actualmente en el país no se considera una normatividad especial sobre el uso de la inulina u oligofructosa, sin embargo, en la Norma Oficial Mexicana NOM-086-SSA1-1994 se especifica que para productos adicionados con fibra (recordemos que los oligosacáridos se encuentran clasificados como parte de la fibra soluble) son aquellos que contengan una cantidad igual o mayor de 2.5 g/porción en relación del alimento original o de su similar. <sup>III</sup>



#### 4. PROCESOS DE ASIMILACIÓN

Metabolismo (*del griego. μεταβολε, cambio*) es la suma de todas las transformaciones físicas y químicas que ocurren dentro de una célula o un organismo, desde su ingestión hasta la eliminación de los productos de degradación; el metabolismo incluye 2 fases:

- **Anabolismo.**- Serie de caminos o reacciones, en las que las moléculas pequeñas a simples participan para formar moléculas más complejas. Incluye reacciones de síntesis. En el caso de los carbohidratos, cuando se encuentra un excedente de los mismos en el torrente sanguíneo, se lleva a cabo el proceso de glucogénesis, en este se transforman los monómeros de glucosa en glucógeno que será almacenado por el organismo, principalmente en el hígado, como fuente de energía de reserva.<sup>2</sup>
- **Catabolismo.**- (*del griego. καταβολε, derribar*) Dentro de una célula o de un organismo, la suma de todas las reacciones químicas en las cuáles las moléculas grandes se desintegran en partes más pequeñas. Incluye reacciones de degradación o descomposición.<sup>25</sup> En el caso de los carbohidratos, cuando se encuentra un déficit de los mismos en el torrente sanguíneo, se lleva a cabo el proceso de glucólisis, en este se transforma el glucógeno en monómeros de glucosa y estos a su vez, son transformados (en el interior de las células) en ATP<sup>n</sup>, CO<sub>2</sub> y agua.<sup>2</sup>

En el ser humano, el sistema encargado de realizar el metabolismo de los alimentos es el digestivo. El sistema digestivo está integrado por un tracto, conducto o tubo que se divide en boca, faringe, esófago, estómago, intestino delgado, intestino grueso, ano y por los órganos accesorios: dientes, glándulas salivales, hígado, vesícula biliar y páncreas.<sup>2</sup> (FIGURA 41)

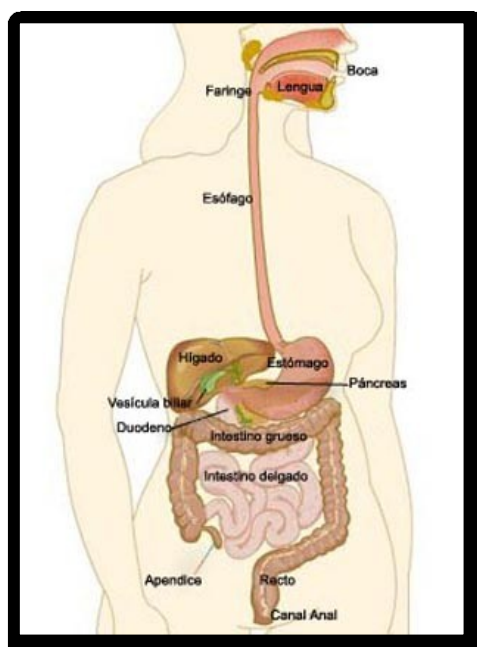


FIGURA 30. Sistema digestivo

<sup>n</sup> El Adenosin Trifosfato es la unidad fundamental para la obtención de energía en los seres vivos, el proceso de su obtención se lleva a cabo en la mitocondria celular

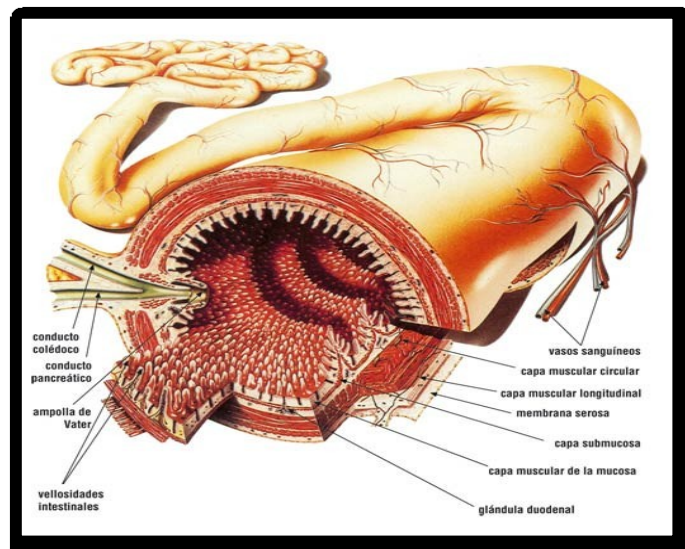
## a) INGESTIÓN

En la boca tienen lugar las funciones de ingestión, masticación y salivación, que transforman a los alimentos en una papilla llamada bolo alimenticio; es decir, a través de ella introducimos los alimentos, los masticamos con las piezas dentarias ayudándonos de las mejillas, los labios y la lengua, y los mezclamos con la saliva que contiene una enzima llamada *amilasa salival* (ptialina) que comienza a desdoblar a los carbohidratos (a los polisacáridos los transforma en dextrinas y disacáridos).<sup>2</sup>

## b) DIGESTIÓN

Para que esta enzima pueda actuar es preciso que existan iones cloro ( $\text{Cl}^-$ ), se desactiva a pH menores de 4, y se activa cuando el pH está cercano a la neutralidad (como sucede en la saliva). La acción de la ptialina se lleva a cabo cuando esta ataca las uniones  $\alpha$ -1,4 glucosídicas del almidón, para formar maltosa (dímero de glucosa), maltotriosa (trímero de glucosa) y oligómeros superiores.<sup>26</sup>

Al llegar a la bolsa estomacal, la ptialina se inactiva debido al pH del estómago. Hasta que los carbohidratos no alcanzan las primeras reacciones del intestino delgado, prácticamente no experimentan reacciones catalíticas cualitativamente distintas de las que ocurrieron en la boca. En el duodeno (FIGURA 42), en virtud de la acción de enzimas intestinales y, especialmente, pancreáticas (*amilasa pancreática*), el conjunto de azúcares ingeridos con la dieta queda prácticamente reducido a unidades de disacáridos, sobre todo maltosa, y monosacáridos principalmente glucosa. Es de interés señalar que la biosíntesis de la amilasa pancreática está regulada por la *insulina*, e inhibida en los individuos diabéticos.<sup>27</sup>



**FIGURA 31. Corte transversal al intestino delgado en la sección correspondiente al duodeno**

El duodeno es la primera sección del intestino delgado (llamado así por su tamaño de 12 pulgadas). Tiene forma de “C”, y está constituido por cuatro porciones, que se continúa en el yeyuno y el íleon. Las vellosidades intestinales (FIGURA 43) son extensiones de unos 0.5-1.5 mm, cuya función es incrementar el área de la superficie de contacto y, por lo tanto, aumentar la superficie de absorción. Estas vellosidades son más anchas en el duodeno que en el resto del intestino.<sup>26</sup>

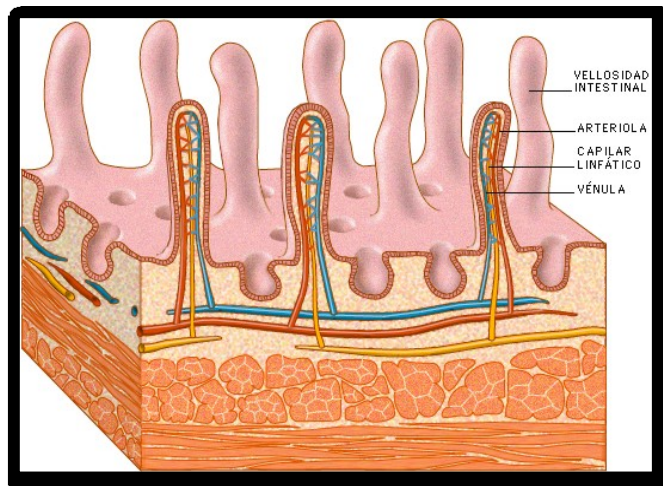


FIGURA 32. Estructura de las vellosidades.

### c) ABSORCIÓN

En las vellosidades hay criptas que contiene las células precursoras de los enterocitos y de las células endocrinas, y en la submucosa se observan los vasos nutricios (arteriola y vénula) y linfáticos. La presencia de vellosidades es primordial para la función óptima del intestino delgado. La superficie de absorción se hace aun mayor por medio de pequeños cepillos que cubren las vellosidades intestinales, que se denominan microvellosidades. Las microvellosidades están cubiertas por membranas que los protegen contra agentes proteolíticos y mucolíticos.<sup>26</sup>

Todos los monosacáridos son absorbidos a través de las vellosidades intestinales y llevados por los capilares sanguíneos hacia el sistema venoso portal, que se encarga de vaciarlos en el hígado, donde son distribuidos a la circulación general. Los diversos monosacáridos se absorben a diferentes velocidades en el intestino, aunque esta absorción siempre es constante para cada monosacárido. Existen dos mecanismos para la absorción de los carbohidratos: *difusión* y *absorción activa*.

En el mecanismo de difusión se realiza cuando la concentración del monosacárido es mayor dentro del intestino que en las células de la mucosa intestinal, y sus moléculas pasan a través de los poros de las vellosidades intestinales hacia el capilar sanguíneo. En el caso de la absorción activa, la teoría mas aceptada es la de la fosforilación de la glucosa (FIGURA 44), así la glucosa, que proviene de la digestión de los alimentos (carbohidratos) pasa primero por simple difusión desde la luz intestinal hacia las células de la mucosa intestinal, debido a que la concentración de esta hexosa es mayor fuera de la célula.

Ya dentro de ella el ATP (adenosin trifosfato), le cede un fósforo (P), el cuál al unirse a la glucosa forma glucosa 6-P que se traslada cerca de la pared celular próxima al compartimiento intersticial (linfa) donde por acción de la fosfatasa se hidroliza, convirtiéndose nuevamente en glucosa (absorbida), la cuál pasa a la circulación portal. Esto se repite para el resto de los monosacáridos.<sup>28</sup>

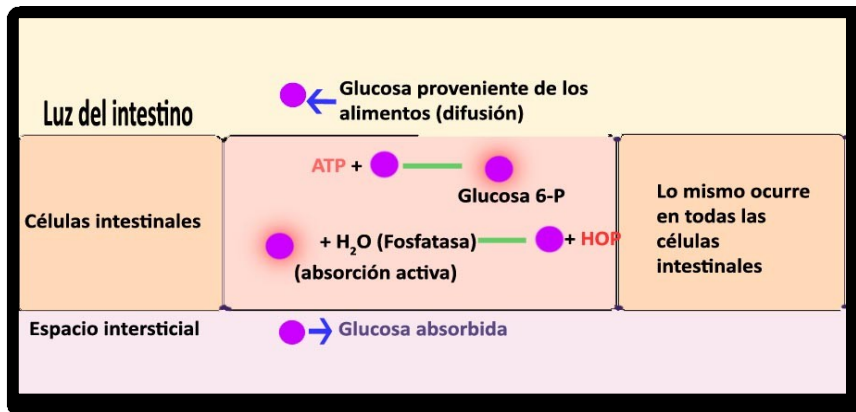


FIGURA 33. Mecanismo de la fosforilación de la glucosa.

Para representar el proceso y las transformaciones que sufren los carbohidratos, se emplea la FIGURA 45, se emplea el almidón para mostrar el proceso.

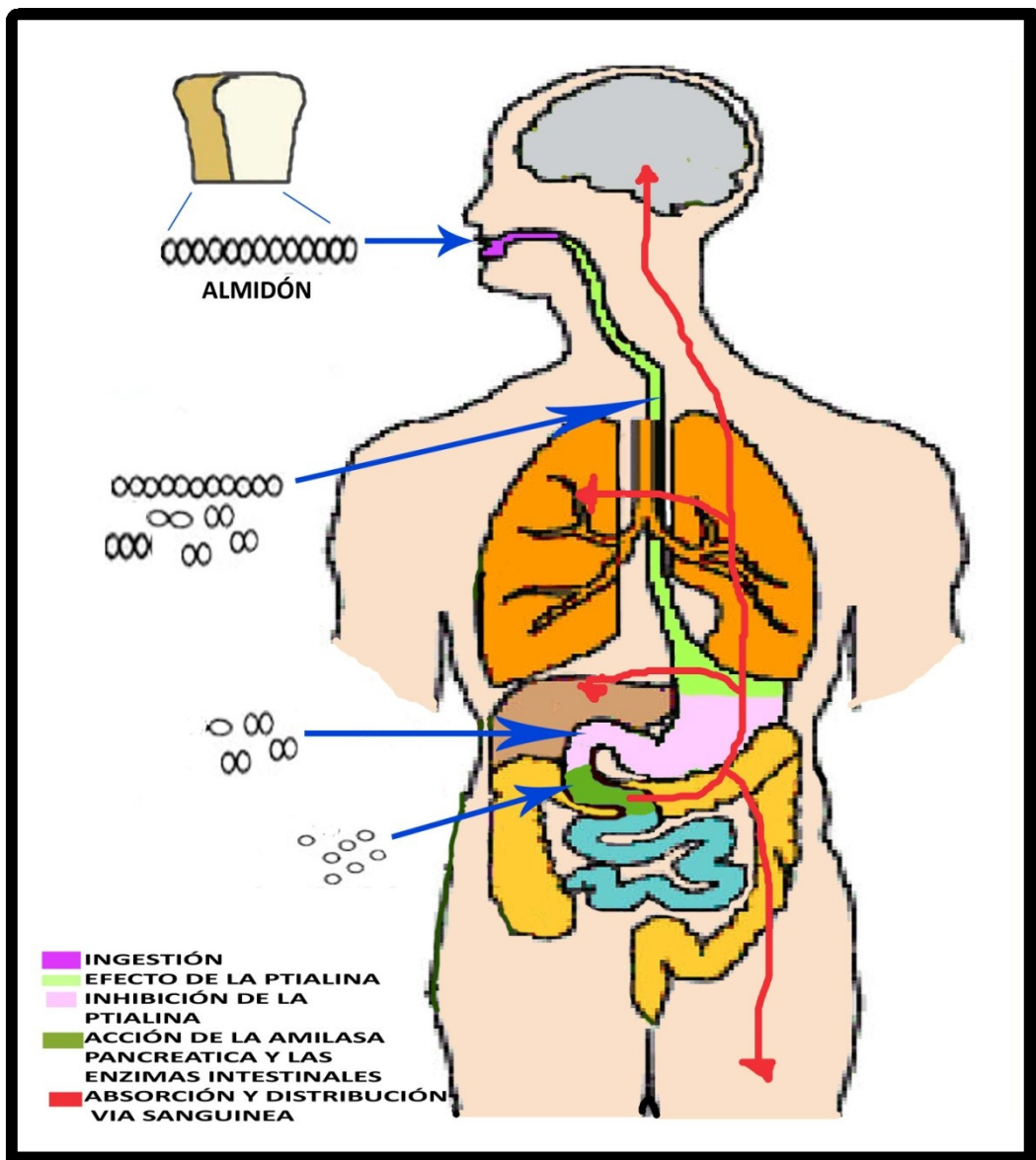


FIGURA 34. Metabolismo del almidón.

## 5. REACCIONES DE IDENTIFICACIÓN

En el estudio de los carbohidratos, se utilizan diferentes reacciones, ya sea con la finalidad de caracterizar un compuesto o realizar un análisis de algunas de sus propiedades. Para ejemplificar los mecanismos de reacción, se utilizara a la glucosa, a menos de que se especifique lo contrario. Aquellas reacciones en las que se observe un asterisco (\*), se deberá remitir al **Anexo 3**, ya que se encuentra el método de preparación de los reactivos.

### a) OXIDACIÓN

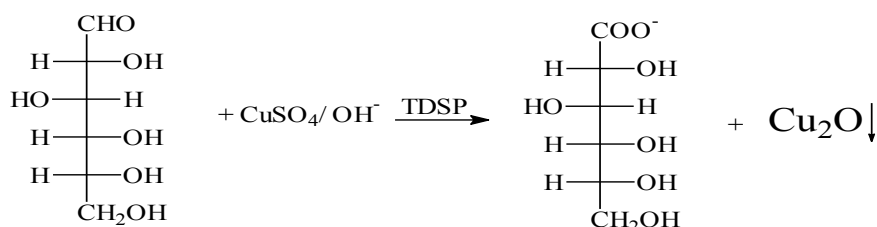
El termino *reacción de oxidación* se refiere a la semireacción que implica la perdida de electrones. Antiguamente, los químicos empleaban el término “oxidación” para expresar la combinación de elementos con oxígeno; sin embargo, en la actualidad tiene un significado más amplio ya que también incluye reacciones en las que no participa el oxígeno.<sup>29</sup>

#### (1) Determinación de grupos reductores

Se basa en la oxidación, mediante el uso de un agente oxidante, del extremo reductor de un aldehído, cetosa o cualquier compuesto que pueda convertirse en ella mediante calentamiento en medio alcalino. La reacción da como resultado una mezcla de productos de oxidación y un cambio de color en el agente oxidante.<sup>30</sup>

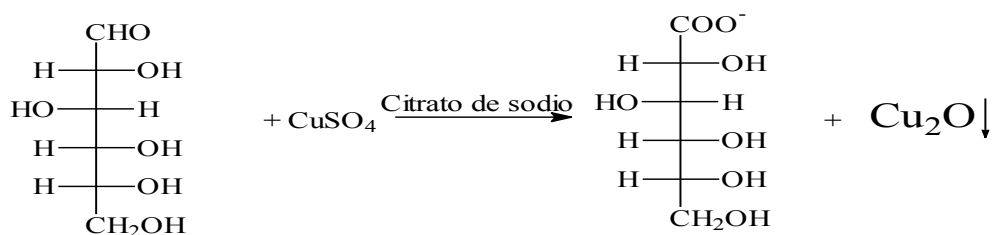
#### (2) Reacción de Fehling

La reacción se lleva acabo cuando el aldehído reduce al cobre de un color amarillo a oxido de cobre. Se colocan 0.05 g del compuesto y 2-3 mL de la solución de Fehling, se calienta en un baño de agua durante 3-4 min.<sup>31</sup>



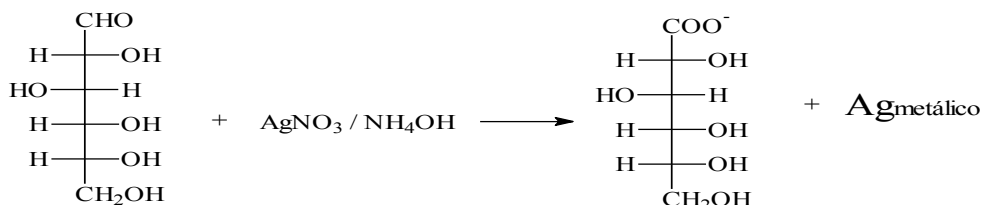
#### (3) Reacción de Benedict

Es una modificación a la reacción de Fehling y consiste en una solución sencilla que no se deteriora apreciablemente. A 5 mL de la solución de Benedict se le adicionan 0.4 mL de una solución al 2% del carbohidrato. Calentar por 2 minutos y enfriar rápidamente. Si no hay un azúcar reductor, la reacción permanece clara, pero en presencia de dicho azúcar, la solución produce oxido de cobre.<sup>31</sup>



#### (4) Reacción de Tollens

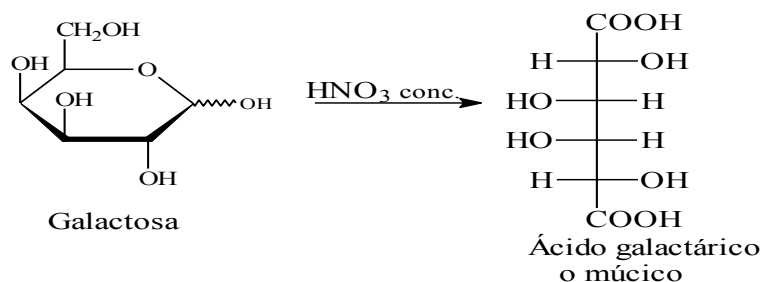
La reacción se lleva a cabo cuando el aldehído reduce al reactivo de Tollens y produce un espejo de plata en la parte baja del tubo. Se colocan 0.05 g del compuesto y 2-3 mL de la solución de Tollens en un tubo limpio (preferentemente limpiado con ácido nítrico caliente), si la reacción no aparece en frío calentar en un baño de agua caliente. Hay que tener cuidado con el contenido del tubo de prueba, una vez terminada esta, se coloca en el fregadero y se lava con ácido nítrico diluido.<sup>31</sup>



#### (5) Oxidación de carbonilos

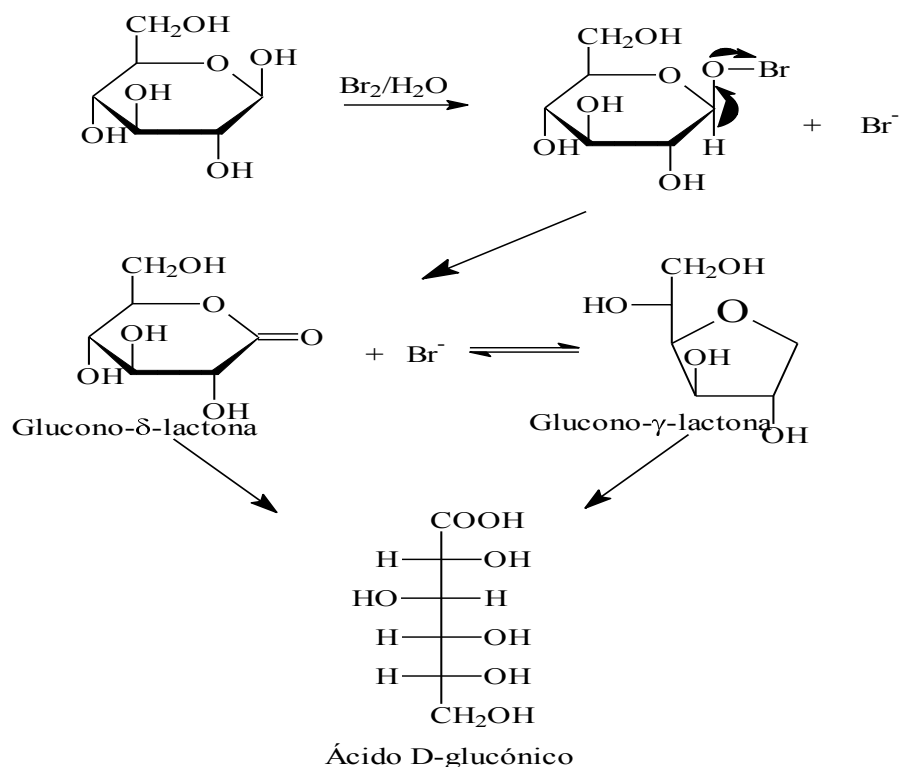
##### (a) Reacción con ácido nítrico

Los oxidantes más fuertes, como el ácido nítrico, atacan a las aldosas en el C-1 y en el grupo  $-\text{CH}_2\text{OH}$ , dando lugar entonces a ácidos glucáricos. A partir de la galactosa se forma de este modo el ácido galactárico o ácido múcico.<sup>13</sup>



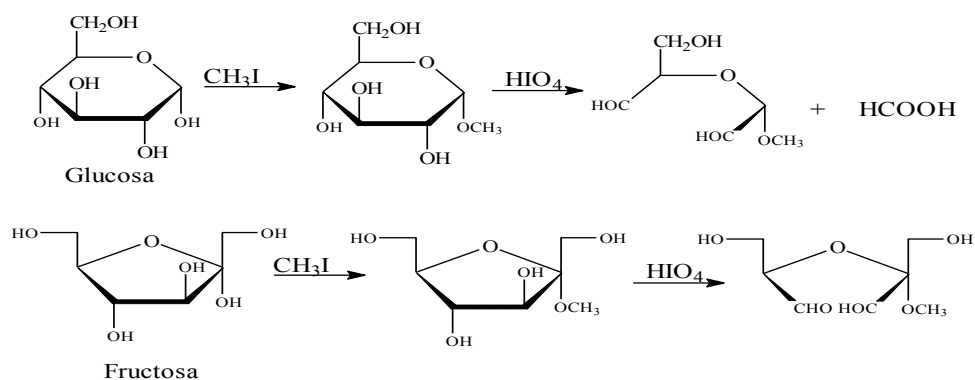
##### (b) Reacción de Agua-Bromo

Bajo condiciones oxidativas suaves (como el agua-bromo), se oxida exclusivamente el grupo aldólico. Las  $\beta$ -piranosas son transformadas de modo significativamente más rápido que las formas  $\alpha$ . Puesto que son ácidos más fuertes, puede deducirse que el anión piranosa es la forma química que reacciona. El producto resultante es una  $\delta$ -lactona que se encuentra en equilibrio con la  $\gamma$ -lactona y el ácido glucónico libre, esta última es la que predomina a  $\text{pH} > 3$ .<sup>13</sup>



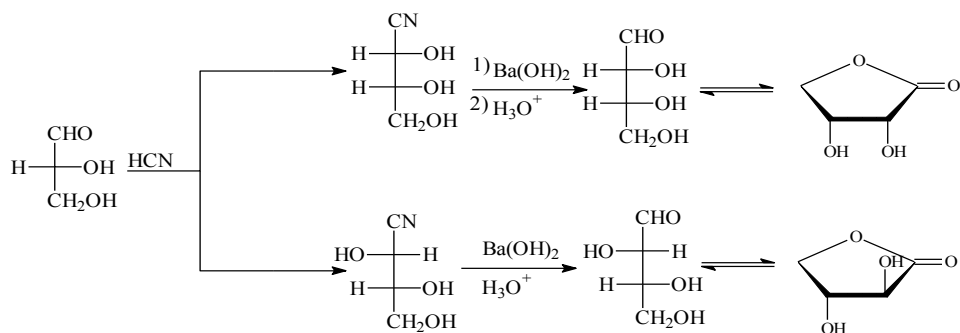
(c) *Reacción con ácido peryódico*

La reacción comienza con el tratamiento del carbohidrato con yoduro de metilo, el metilo se une al extremo reductor del carbohidrato formando un grupo metoxi. La reacción continua con la adición del ácido peryódico, el cuál realizará la liberación del C<sub>3</sub> en forma de ácido fórmico en las piranosas y la ruptura del enlace C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub> en las furanosas, en ambos casos se forma un dialdehído. Para ejemplificar se utilizara a la glucosa y a la fructosa.<sup>13</sup>

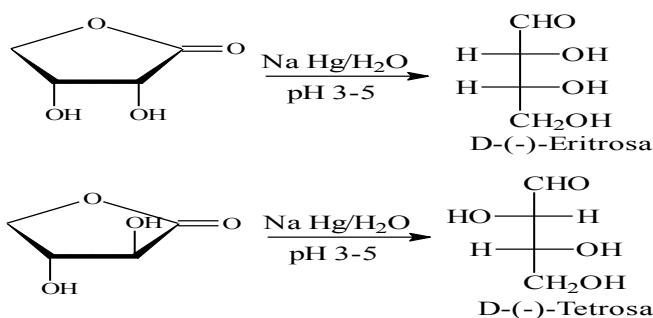


### (6) Síntesis de Killiani-Fischer

Una aldosa puede convertirse en ácidos aldólicos epímeros que contienen un C adicional, mediante la adición de cianuro de hidrógeno y la hidrólisis posterior de las cianhidrinas epiméricas. Para ejemplificar se utilizara al gliceraldehído.



Fischer amplió este método al demostrar que las aldolactonas obtenidas a partir de ácidos aldónicos se pueden reducir a aldosas.<sup>8</sup>

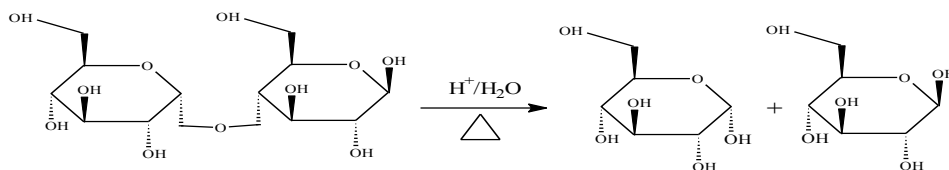


## b) HIDRÓLISIS

La palabra “hidrólisis” proviene de las palabras griegas *ηιδρωσ*, que significa agua y *λισισ* que significa ruptura.<sup>29</sup>

### (1) Hidrólisis de glicósidos

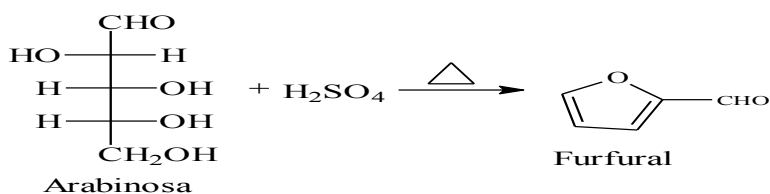
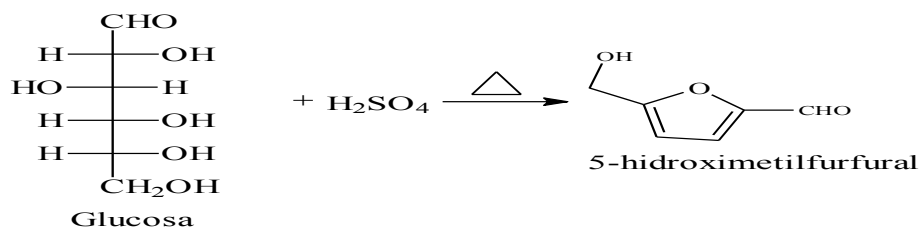
La reacción se lleva a cabo en medio ácido (generalmente del 3-5% de ácido), con calentamiento durante 60 minutos. Ejemplo de esta reacción es la hidrólisis de la maltosa, la cuál produce dos moléculas de glucosa.<sup>31</sup>



### (2) Formación de hexosas y pentosas

La formación de hexosas y pentosas se fundamenta en la deshidratación del carbohidrato. La reducción de una aldohexosa o cetohexosa produce 5-hidroximetilfurfural, mientras que las aldopentosas o cetopentosas producen furfural. Para ejemplificar se utilizara a la glucosa y a la arabinosa.



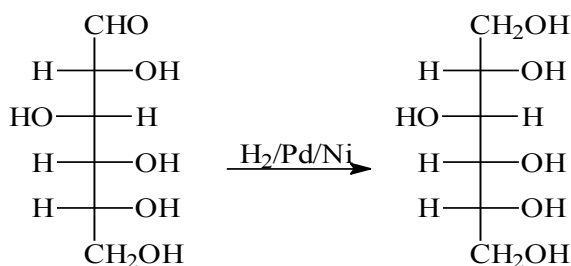


Los reactivos son ácidos fuertes, como el ácido sulfúrico, concentrado. Los productos se condensan con los fenoles para dar compuestos coloridos; estos sirven de base para diversas pruebas como la prueba de Molish: color púrpura  $\alpha$ -naftol (prueba general para pentosas y cetosas) y la prueba de Seliwanoff: color rojo orcinol (prueba de cetosas).<sup>30</sup>

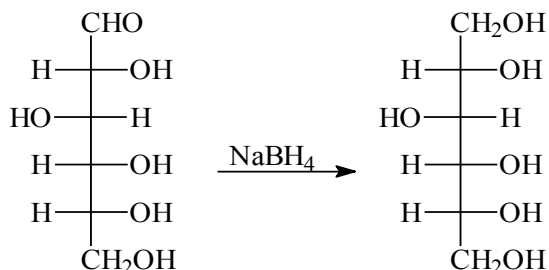
### c) REDUCCIÓN

La **reacción de reducción** es una *semireacción* que implica una ganancia de electrones.<sup>29</sup>

#### (1) Hidrogenación catalítica (paladio/níquel/H<sub>2</sub>)



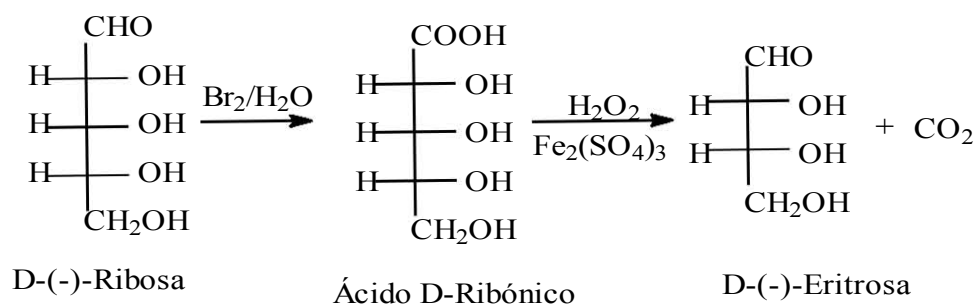
#### (2) Borhidruro de sodio



#### (3) Reducción de Ruff

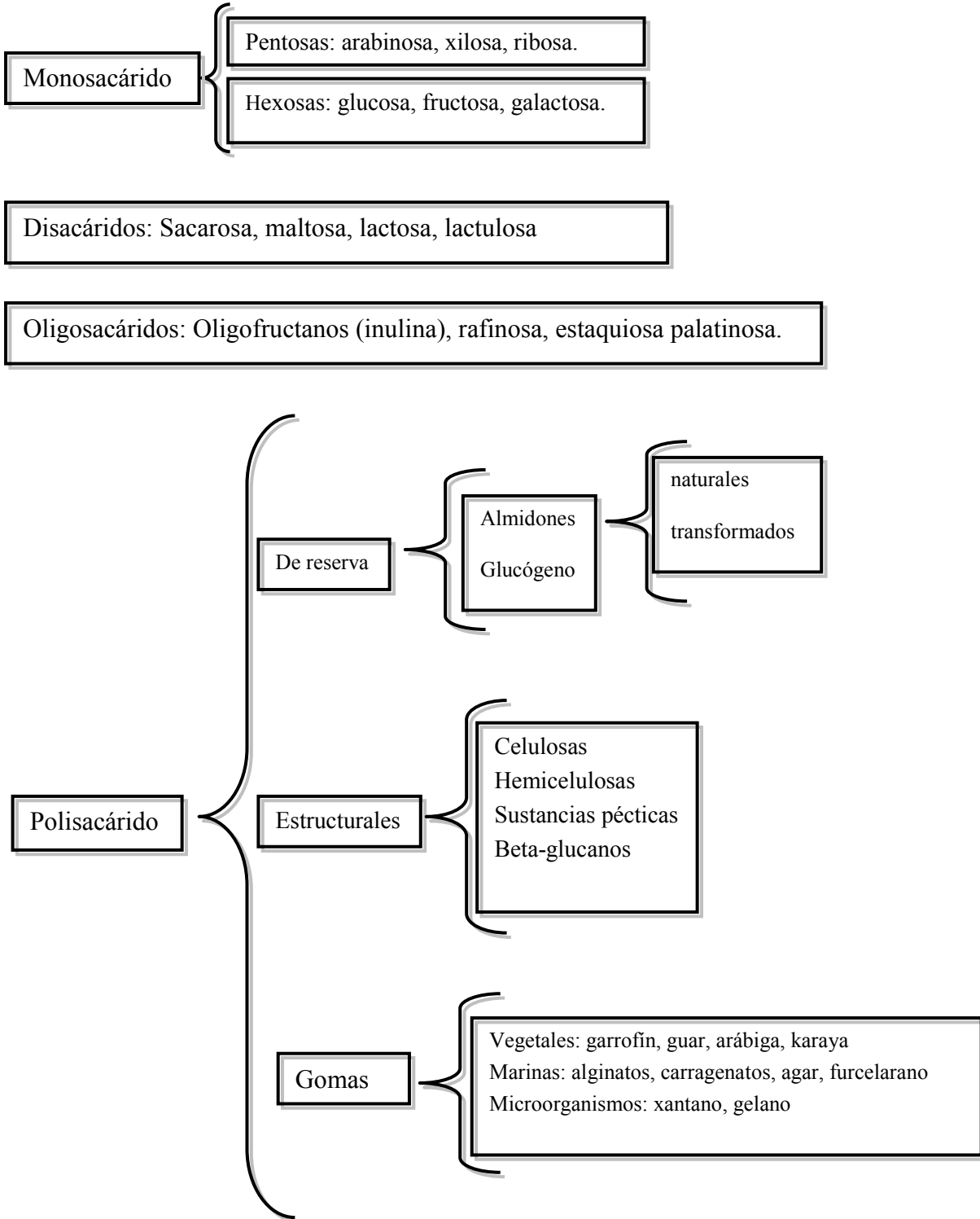
En este método se acorta la cadena en una unidad semejante. La degradación de Ruff significa la oxidación de un ácido aldónico utilizando agua de bromo (Br<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O) y la posterior descarboxilación oxidativa del ácido aldónico a la siguiente aldosa inferior

utilizando peróxido de hidrógeno y sulfato férrico.<sup>8</sup> Para ejemplificar se utilizara a la ribosa.



## 6. ANEXOS

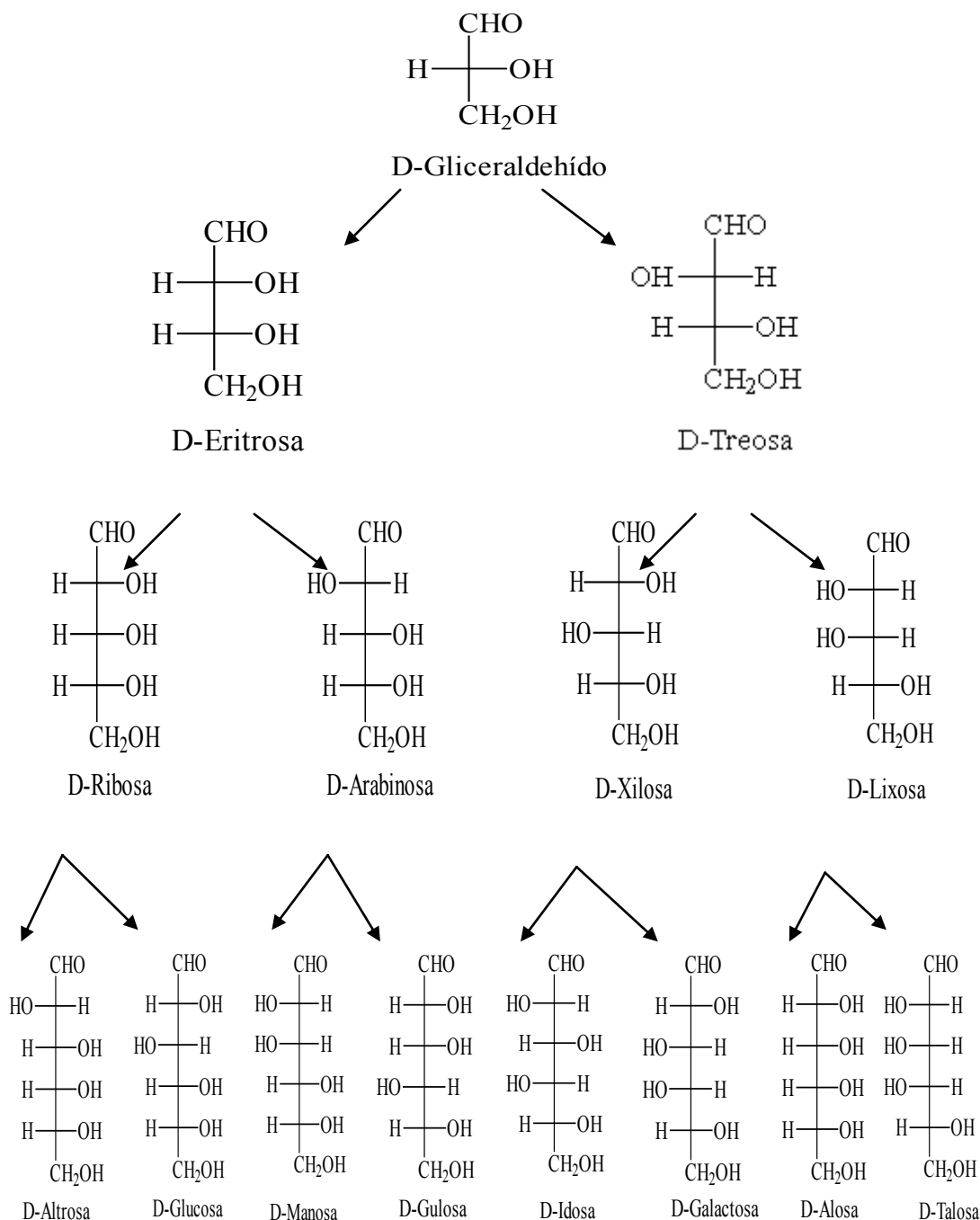
### a) ANEXO 1: CARBOHIDRATOS DE INTERÉS ALIMENTICIO.



ESQUEMA 2. Carbohidratos de interés bromatológico agrupados por su número de monómeros.<sup>1</sup>

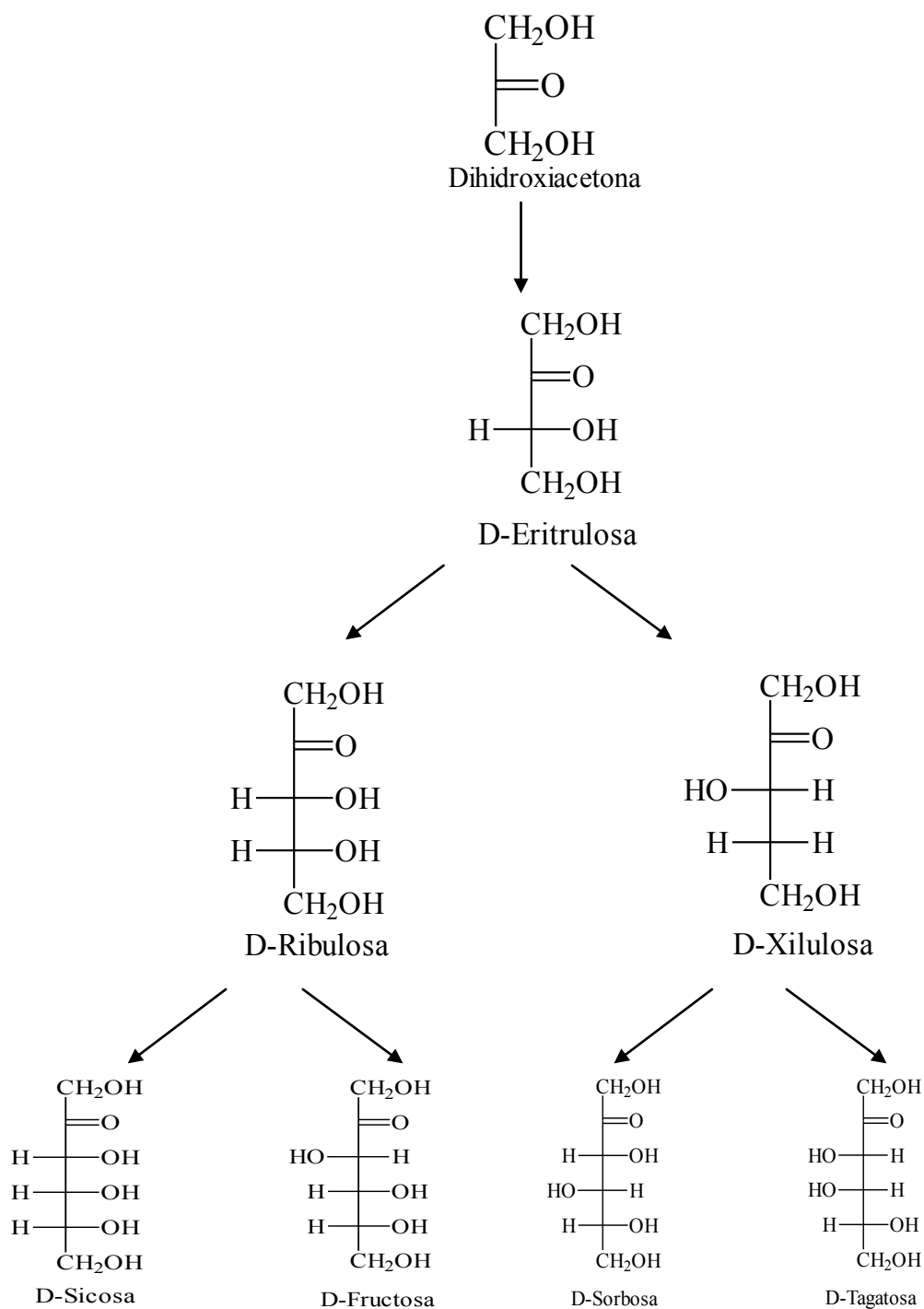
***b) ANEXO 2: ESQUEMAS DE LAS FAMILIAS DE LAS CETOSAS Y LAS ALDOSAS***

A continuación se presentan la familia de las D-Aldosas con tres a seis átomos de carbono, vistas con sus fórmulas estructurales de cadena abierta.



**ESQUEMA 3. Familia de las D-aldosas.<sup>18</sup>**

A continuación se presentan las familias de las D-Cetosas con tres a seis átomos de carbono, vistas con sus fórmulas estructurales de cadena abierta.

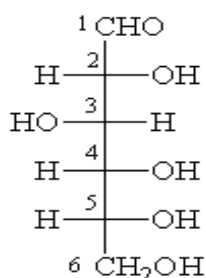


ESQUEMA 4. Familia de las D-cetosas.<sup>18</sup>

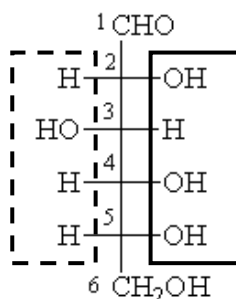
c) ANEXO 3: REALIZACIÓN DE FÓRMULAS DE PROYECCIÓN DE CARBOHIDRATOS

Esté anexo, tiene la finalidad de dar una guía de cómo realizar correctamente la transformación de una representación de cadena abierta (representación de Fischer) a una representación cíclica (representación de Haworth) o hemiacetales<sup>15</sup>. Por ello, se realizara la transformación paso por paso, de la D-glucosa de su proyección de Fischer a su proyección de Haworth. Posteriormente se mostrara las transformaciones de la D-fructosa, D-galactosa y la D-manosa.

1. Numerar la cadena empezando por el extremo en el que se encuentre mas cercano el grupo aldehído o cetona.

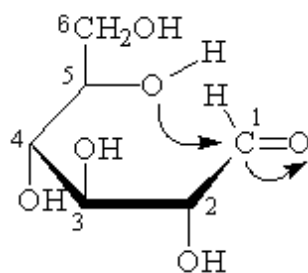


2. Los grupos hidroxilo (-OH) e hidrógeno (-H) que se encuentren del lado izquierdo (enmarcados con un cuadro en líneas punteadas) de los C<sub>2</sub> al C<sub>4</sub>, quedaran del lado β de la molécula final, mientras que las del lado derecho (enmarcadas en un cuadro de línea continua), quedaran del lado α de la molécula.

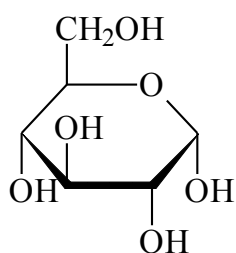


3. Se lleva cabo la reacción del grupo carbonilo con el grupo hidroxilo del C<sub>5</sub>, y colocar los grupos hidroxilos, del C<sub>2</sub> al C<sub>4</sub>, de acuerdo a la orientación que le corresponde, respecto al paso 2, y coloque el C<sub>6</sub> junto con su respectivo hidroxilo en la posición α del C<sub>5</sub> (Puede o no colocar los hidrógenos, en esté caso se han omitido para permitir una mejor apreciación del acomodo de los hidroxilos).

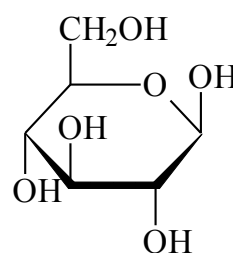
<sup>15</sup> Este proceso se lleva acabo cuando un carbohidrato que posee de 5 a 7 C se encuentra en solución, formando un equilibrio entre su forma α, β y de cadena abierta.



4. Finalmente, en el  $C_1$  sitúe su grupo hidroxilo en la posición deseada, es decir,  $\alpha$  o  $\beta$ . Del lado izquierdo se muestra la forma  $\alpha$  de la molécula de glucosa y del lado derecho la forma  $\beta$ .

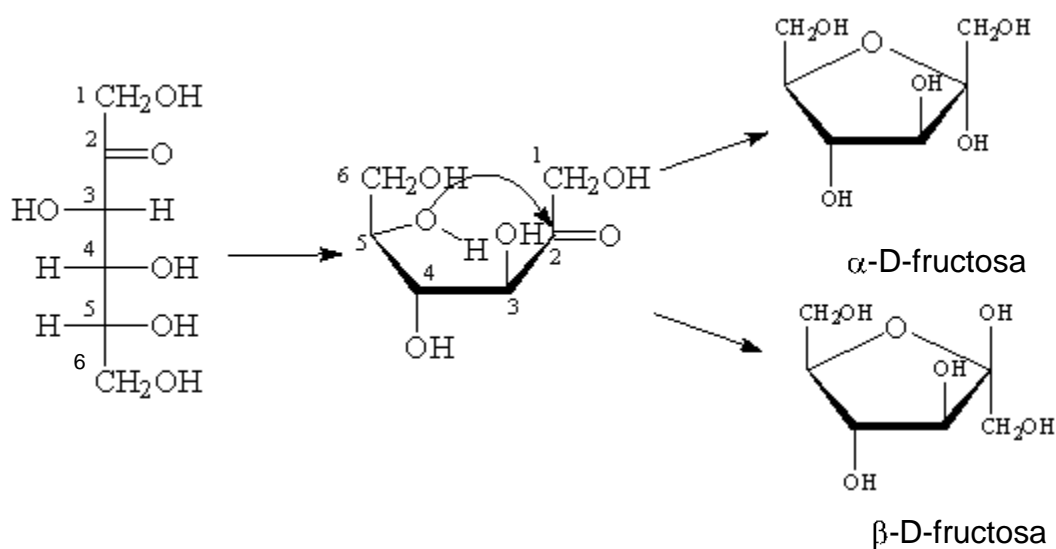


$\alpha$ -D-glucosa

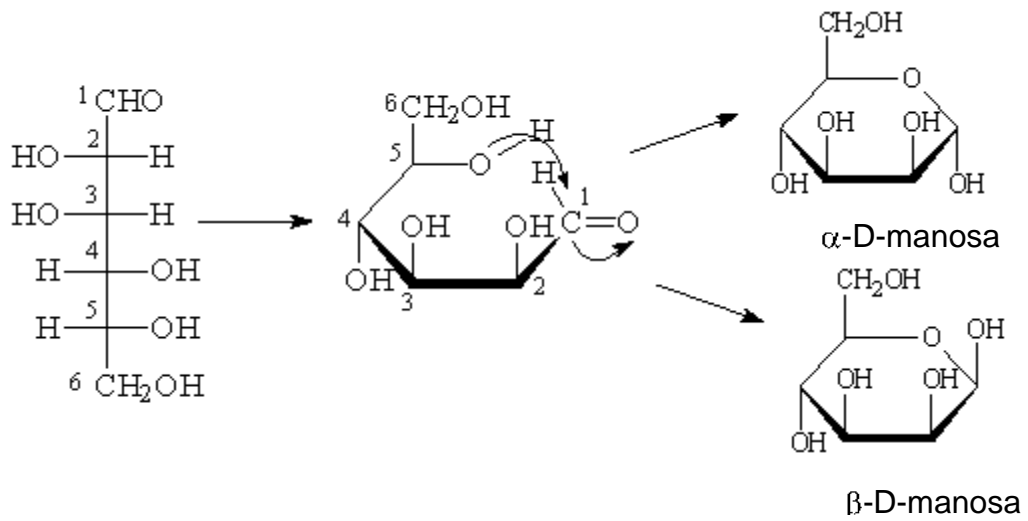


$\beta$ -D-glucosa

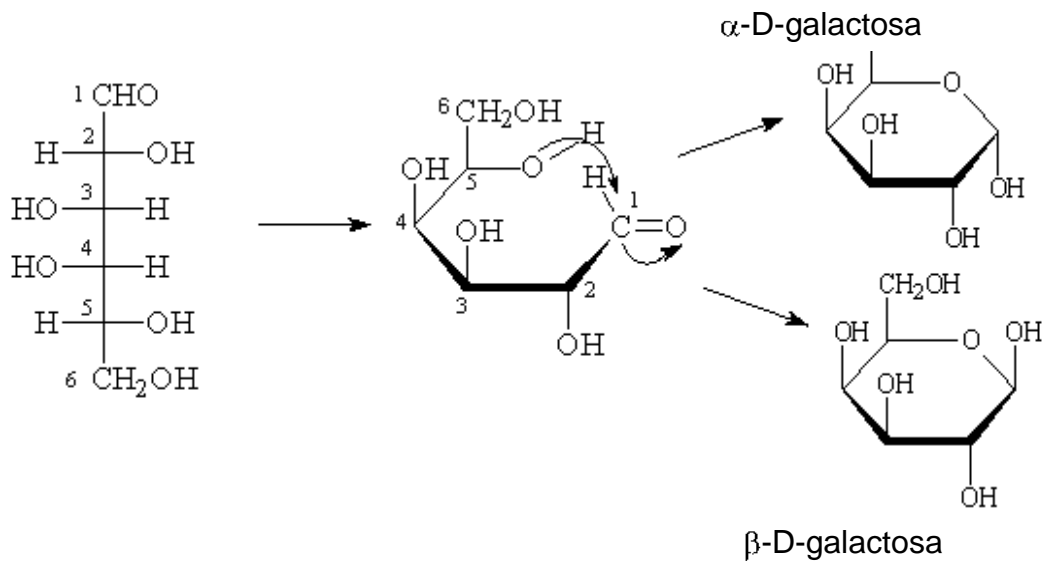
Transformación de la D-fructosa, de la proyección de Fischer a la proyección de Haworth.



Transformación de la D-manosa, de la proyección de Fischer a la proyección de Haworth.



Transformación de la D-galactosa, de la proyección de Fischer a la proyección de Haworth.





#### *d) ANEXO 4: PREPARACIÓN DE REACTIVOS*

A continuación se muestra la preparación de diversos reactivos para la realización de las pruebas de identificación de carbohidratos.<sup>31</sup>

- **Reacción de Fehling.**

Solución A.- Disolver 34.64 g de Sulfato de cobre (II) cristalino en agua que contenga algunas gotas de ácido sulfúrico diluido, diluir la solución en 500 mL de agua. Solución B.- Disolver 60 g de hidróxido de sodio puro y 173 g de TDSP (tartrato de sodio potasio o sal de Rochelle) en agua, filtrar si es necesario en un embudo de vidrio y lavar el filtrado a con 500 mL de agua. Guardar ambas soluciones y mezclar de forma equivalente ambas soluciones, hasta el momento previo a utilizarse.

- **Reacción de Benedict**

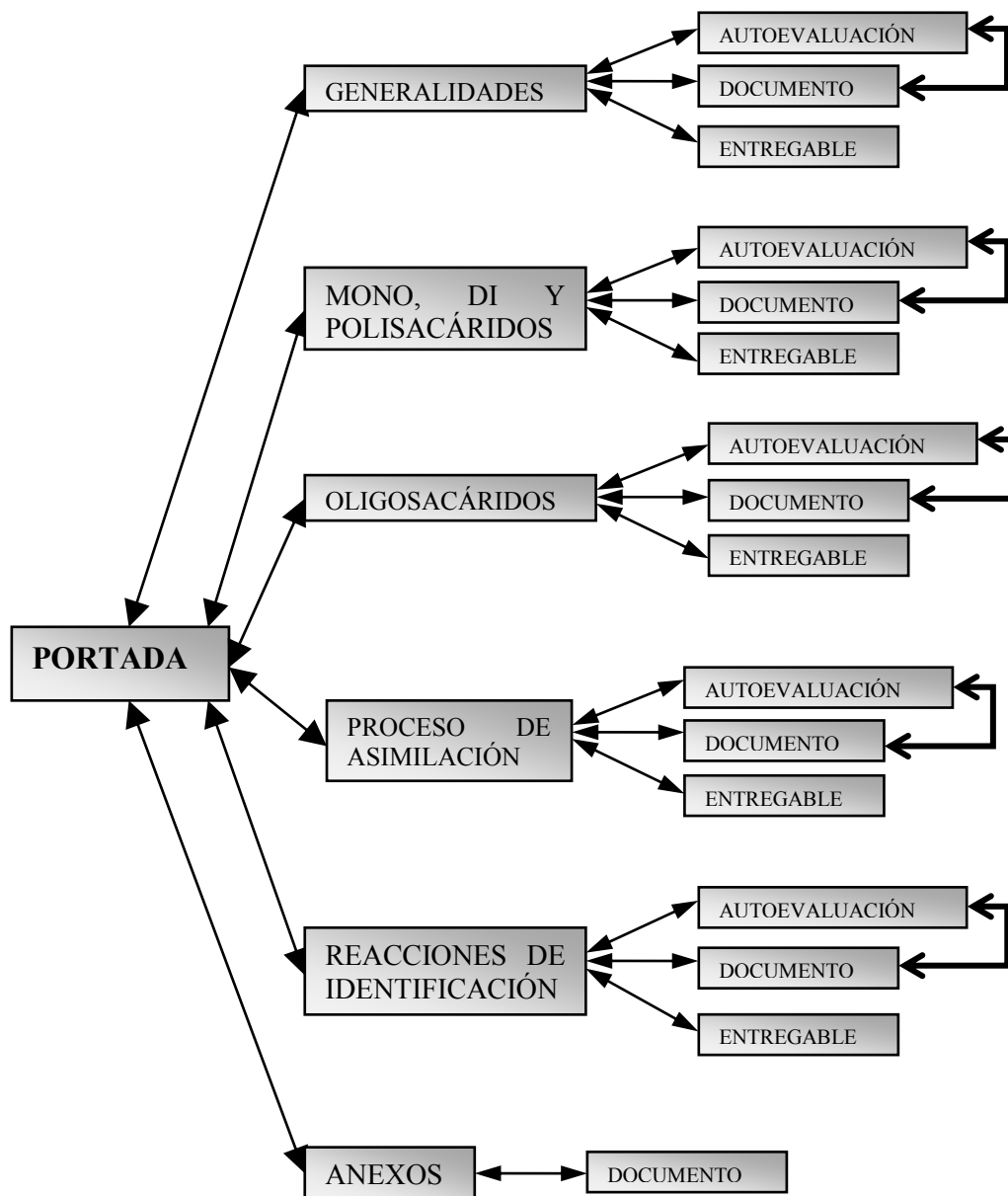
Disolver 86.5 g de citrato de sodio cristalino y 50 g de carbonato de sodio anhidro en 350 mL de agua. Filtrar si es necesario. Adicionar una solución de 8.65 g de sulfato de cobre (II) en 50 mL de agua con una agitación constante. Diluir a 500 mL. La solución resultante debe de ser perfectamente clara, de no serlo filtrar con ayuda de papel filtro.

- **Reaccion de Tollens**

Solución A.- Disolver 3 g de nitrato de plata en 30 ml de agua. Solución B.- Disolver 3 g de hidróxido de sodio en 30 mL de agua. Mezclar ambas soluciones equivalentemente en un tubo de prueba limpio y adicionar hidróxido de amonio gota a gota hasta que el oxido de plata se solubilice. No se debe de calentar la muestra y se debe lavar con abundante agua, seguido de un lavado con ácido nítrico diluido.

## B. ELABORACIÓN DEL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN Y REGISTRO DE ARCHIVOS

Para poder realizar correctamente la programación se empleo el nombre de la sección a la cuál pertenece el texto y los cuestionarios, esto facilito el poder generar el árbol de relaciones que se muestra a continuación.



Además, para evitar un error durante la ejecución del disco, se programo el esquema anterior para las unidades D, E y F (estas son las más probables ubicaciones del lector de CD) y se anexaron los programas en forma de prueba, con esto se le da al alumno las herramientas para emplear el disco; y a la vez, se evita la piratería, ya que si se desea conservar el programa se tendrá que comprar la licencia con el proveedor.

## C. GENERACIÓN DE CLAVES.

Para evitar la modificación de los archivos, se desarrollo un sistema de claves el cuál se puede emplear para la elaboración de futuros trabajos. Las claves de seguridad se realizarán de acuerdo al siguiente esquema:

1. Se pondrán las tres letras del programa seguido de los últimos dos dígitos de la versión. Después de estos se colocará un guión corto.

EXCEL 2007= EXE07  
WORD 2007= WOR07  
POWERPOINT 2007= POW07  
ADOBE READER 9= ADR09

2. Enseguida, los últimos dos dígitos del año en el que se realizó el archivo seguido de un guión corto.

2009= 09

3. En tercer lugar se colocará la inicial del tipo de archivo, seguido de su clasificación interna que se compondrá de un número secuencial acorde al tipo de archivo y la inicial de la sección del libro que abarque. Al final, colocar una diagonal y las tres iniciales del autor. Nombre (solo uno), apellido paterno y apellido materno.

Autoevaluación= A  
Cuestionario entregable= C  
PDF= P  
Examen= E  
Interfaces= I

4. La apariencia final de las claves será la siguiente:

EXE07-10-E2M/TMA

Como resultado de esté método, se obtuvo el siguiente registro de claves.

**Tabla 10. Registro de claves**

Tema	Archivo		Clave modificación	Clave de apertura
	Tipo de archivo	No.		
Generalidades	Word (previo a PDF)	1	ADR09-10-P1G/TMA	NA
	Autoevaluación	1	EXE07-10-A1G/TMA	NA
	Entregable	1	WOR07-10-C1G/TMA	NA
Mono, di y polisacáridos	Word (previo a PDF)	2	ADR09-10-P2M/TMA	NA
	Autoevaluación	2	EXE07-10-A2M/TMA	NA
	Entregable	2	WOR07-10-C2C/TMA	NA
Oligosacáridos	Word (previo a PDF)	3	ADR09-10-P3O/TMA	NA
	Autoevaluación	3	EXE07-10-A3O/TMA	NA
	Entregable	3	WOR07-10-C3O/TMA	NA

Proceso de asimilación	Word (previo a PDF)	4	ADR09-10-P4P/TMA	NA
	Autoevaluación	4	EXE07-10-A4P/TMA	NA
	Entregable	4	WOR07-10-C4P/TMA	NA
Reacciones de identificación	Word (previo a PDF)	5	ADR09-10-P5R/TMA	NA
	Autoevaluación	5	EXE07-10-A5R/TMA	NA
	Entregable	5	WOR07-10-C5R/TMA	NA
Examen	Word	6	WOR07-10-E6P/TMA	0L1G0S4C4R1D0S

## D. ELABORACIÓN DE LOS CUESTIONARIOS ELECTRÓNICOS

Una vez capturada la información, se procedió a realizar los cuestionarios conforme a los criterios establecidos en los requerimientos generales. Los cuestionarios ya terminados se presentan a continuación:

### 1. UNIDAD I: GENERALIDADES.

Nombre de los archivos. *IA* y *IC*

#### a) AUTOEVALUACIÓN.

**Preguntas de opción múltiple (valor de 5 pts. c/u)**

- Los polihidroxialdehídos o las polihidroxicetonas son parte de:  
a) Minerales      b) Carbohidratos      c) Ác. Grasos      d) Proteínas
- A la desviación hacia la izquierda de la luz polarizada se conoce como:  
a) Dextrógiro    b) Levorrotatorio      c) Dextrorrotatorio      d) Especular
- Los carbohidratos ayudan al metabolismo de:  
a) Vitaminas      b) Fibra      c) Minerales      d) Grasas
- Clasificación de los carbohidratos de acuerdo a la familia:  
a) Aldosas y cetosas    b) Reductor y no reductor      c) número de glucósidos      d) número de C
- Es una fuente pobre de carbohidratos:  
a) Papa      b) Pan      c) Carne      d) Fresa

**Preguntas de autorellenar (valor de 5 pts. c/u)**

- La brillantes se debe al alto índice de refracción de las sol. conc. de azúcares.
- En la fotosíntesis, el Carbono inorgánico es transformado en Carbono orgánico
- La galactosa es un glúcido estructural del cerebro.
- La función clorofílica también se conoce como Fotosíntesis.
- La reacción de caramelización es favorecida por pequeñas cantidades de ácidos.

**Preguntas de verdadero-falso (valor de 5 pts. c/u)**

- La flora microbiana necesita de los CHO's para sintetizar vitaminas.      (V)
- Un gramo de CHO's produce 5 Kcal de energía.      (F)
- Los glucósidos tienen uno o varios grupos cetónicos o aldehídos.      (F)
- El almidón provee del 75 al 80% del aporte energético total.      (V)
- La condensación de dos monosacáridos seda por uniones acetal.      (V)

**Relación de columnas (valor de 5 pts. c/u)**

**a.** Se presenta por la existencia de un gran número de hidroxilos.

**b.** Se emplea en la industria del horneado.

c. Son aquellas que tiene sus grupos dispuestos en forma contraria.

(b) Dorado no enzimático

d. Posee varios grupos alcohólicos y un cetónico.

(d) Polihidroxicetona

e. Posee varios grupos alcohólicos y un aldehído.

(a) Hidrofilia

(e) Polihidroxialdehído

(c) Moléculas especulares

b) DOCUMENTO ENTREGABLE.

**Crucigrama o sopa de letras (valor de 3 pts. c/u)**

Ñ	O	M	S	I	R	E	M	O	S	I	G	N
F	Z	B	H	T	N	Q	R	T	S	F	Z	P
G	C	R	P	U	Y	R	E	O	P	Q	H	L
F	Y	D	J	N	E	Z	A	G	X	T	J	O
Z	L	A	W	O	I	Q	S	A	U	Y	D	M
R	X	E	R	D	H	Z	W	D	N	I	K	N
Q	B	S	F	I	U	A	U	L	R	T	D	V
P	O	D	X	M	E	L	H	A	K	S	W	O
D	N	T	D	L	C	G	C	F	I	Q	A	C
B	W	O	S	A	B	A	J	E	D	U	Z	X
S	Z	T	U	Q	S	X	Ñ	B	S	F	L	T
Ñ	X	P	J	I	P	O	T	Y	I	J	R	O
Q	E	R	R	T	G	H	U	N	K	P	E	R
F	O	T	O	S	I	N	T	E	S	I	S	D
B	R	D	A	F	E	R	U	O	H	S	A	R

1. Es una fuente de carbohidratos. Dulces
2. Junto con el Agua y el CO<sub>2</sub>, ayuda a formar los CHO's...Fotosíntesis
3. Es la unión de tres monómeros de carbohidratos. Trisacárido
4. Constituye el 80% de la dieta calórica humana. Almidón
5. Se presenta cuando hay por lo menos un carbono asimétrico. Isomerismo

**Preguntas abiertas (valor de 10 pts. c/u)**

**1. Defina a los Carbohidratos desde el punto de vista Bromatológico.**

R= Es el termino que expresa una composición elemental de C<sub>x</sub>(H<sub>2</sub>O)<sub>y</sub> que contiene carbono, hidrógeno y oxígeno, estos últimos en una proporción similar a la del agua, los cuáles constituyen el 80% del aporte calórico de la ingesta alimentaria.

**2. De la clasificación de los carbohidratos de acuerdo a su número de carbonos.**

R= Se clasifican en monosacáridos, disacáridos, oligosacáridos y polisacáridos.

**3. ¿Qué es un centro quiral?**

R= Es la unión de cuatro grupos diferentes unidos a un átomo de carbono.

**4. Describa brevemente la reacción de dorado no enzimático.**

R= La reacción entre un grupo amino y el grupo carbonilo de un azúcar reductor, resulta en la formación de polímeros de pigmentación café.

**5. Defina Nutriente**

R= Toda sustancia química se encuentra en los alimentos y que el organismo utiliza para la formación de nuevos tejidos durante el crecimiento, para reemplazar los tejidos que se desgastan o destruyen, para la reproducción y como fuente de energía para llenar las necesidades calóricas del organismo

**Preguntas verdadero-falso (valor de 5 pts. c/u)**

1. La propiedad de desviar la luz polarizada es la Actividad óptica.  
(V)
2. El peso molecular de los CHO's va desde los 100 hasta >1000000 g/mol.  
(V)

**2. UNIDAD II: MONOSACÁRIDOS, DISACÁRIDOS Y POLISACÁRIDOS.**

Nombre de los archivos. 2A y 2C

a) AUTOEVALUACIÓN.

**Preguntas de opción múltiple (valor de 5 pts. c/u)**

1. Los disacáridos pesan:  
a) 342.30 g/mol      b) 256.80 g/mol      c) 475.30 g/mol      d) 387.2 g/mol
2. El azúcar invertido es una mezcla equimolar de :  
a) glucosa-fructosa      b) galactosa-glucosa      c) fructosa-galactosa  
d) maltosa-fructosa
3. Son ejemplos de gomas de origen microbiano:  
a) Xantano y acacia      b) Arábica y karaya      c) Locustre y gelano      d) Xantano y gelano
4. Es un monosacáridos de 5 carbonos  
a) Lactosa      b) glucosa      c) ribosa      d) fructosa
5. Es una fuente de galactosa:  
a) Leche      b) Pan      c) Cerveza      d) Fresa

**Preguntas de autorellenar (valor de 5 pts. c/u)**

1. La amilopectina tiene una estructura ramificada.

2. La lactosa se encuentra presente en la leche de los mamíferos.
3. La galactosa es un glúcido estructural del cerebro.
4. En las aldosas se emplea el sufijo osa, mientras que en las cetosas se emplea el sufijo ulosa.
5. La enzima  $\beta$ -D-galactosidasa también llamada lactasa del jugo intestinal.

**Preguntas de verdadero-falso (valor de 5 pts. c/u)**

1. El agar-agar se extrae de un alga.  
(V)
2. La sacarosa es un azúcar reductor.  
(F)
3. La amilosa es el 25% del almidón y el 75% es la amilopectina.  
(V)
4. El poder edulcorante de la sacarosa es 100  
(V)
5. La glucosa es el azúcar de las uvas y se encuentra en la sangre.  
(V)

**Relación de columnas (valor de 5 pts. c/u)**

- |   |                     |
|---|---------------------|
| a. Se presenta por un cambio en la desviación de la luz polarizada. | (c) Retrogradación  |
| b. Es la transposición de grupos hidroxilos al carbono adyacente.   | (a) Mutarrotaación  |
| c. Es el proceso por el cuál envejece el pan.                       | (d) Gelificación    |
| d. Es el resultado del hinchamiento de los gránulos de almidón.     | (b) Enolización     |
| e. Se presenta cuando se tiene un extremo reductor                  | (e) Oxido-reducción |



b) DOCUMENTO ENTREGABLE.

**Sopa de letras (valor de 3 pts. c/u)**

Ñ	T	G	H	U	N	K	P	E	R	H	G	N
F	Z	B	H	T	N	Q	R	T	S	F	Z	P
J	C	R	A	C	A	C	I	A	O	I	U	B
A	Y	D	S	Z	L	A	Z	L	A	Z	M	O
S	L	A	O	R	X	E	R	X	E	R	A	N
T	X	E	L	Q	B	S	Q	P	S	Q	L	W
C	B	S	U	P	O	N	K	P	E	E	T	Z
U	O	D	T	D	N	Z	B	B	T	O	O	A
R	N	T	C	B	W	C	R	D	P	E	S	E
F	W	O	A	S	Z	T	S	T	D	S	A	S
P	G	G	L	U	C	O	G	E	N	O	O	U
F	Z	T	S	F	Q	R	Z	Q	B	S	Q	P
B	R	D	A	F	E	R	U	O	H	S	A	R

1. Se le conoce como goma arábica o goma...
2. Es el principal polisacárido de reserva en las células animales.
3. Es la unión de una galactosa y una fructosa.
4. Se obtiene al reducir el almidón con la enzima maltasa.
5. Se presenta como hexosa de cadena abierta o como furanosa en cadena cerrada.

**Preguntas abiertas (valor de 15 pts. c/u)**

**1. Nombra las fuentes para la obtención de gomas.**

R= Extractos de semillas, exudados de arboles, exudados microbianos, plantas marinas (algas) y modificación química.

**2. ¿Por qué se presenta el fenómeno de retrogradación?**

R= Se presenta por la formación de un precipitado insoluble resultado de la reordenación de las cadenas lineales de amilosa, mediante nuevos enlaces de hidrógeno. Este lento proceso de cristalización es el responsable del envejecimiento del pan.

**3. Definir umbral de reconocimiento.**

R= Es la concentración mínima de azúcar con la cuál es posible percibir el sabor dulce

**4. ¿Qué factores afectan la percepción del sabor dulce?**

R= La estructura, como la temperatura, pH, la posible presencia simultánea de otros compuestos, la interrelación entre el contenido de azúcar de una solución y la apreciación de sustancias aromáticas y el color de la disolución.

**5. Definir monosacárido, disacárido y polisacárido.**

R= **Monosacárido**: Azúcares sencillos formados por cadenas de tres, cuatro, cinco, seis o siete carbonos, presentan un grupo funcional aldehído (aldosa) o grupo funcional cetónico (cetosa). **Disacáridos**: Son azúcares dobles formados por dos monosacáridos. **Polisacáridos**: Azúcares formados por más de veinte moléculas de monosacáridos, y estos monómeros pueden llegar a los miles.

**Preguntas verdadero-falso (valor de 5 pts. c/u)**

1. Las gomas son polisacáridos insolubles en agua que forman geles (F)
2. La obtención industrial de glucosa requiere dióxido de azufre. (V)

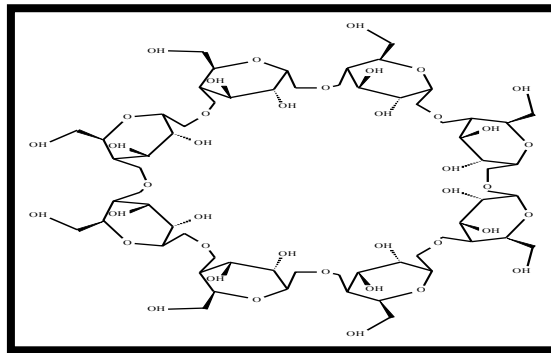
### 3. UNIDAD III: OLIGOSACÁRIDOS.

Nombre de los archivos. 3A y 3C

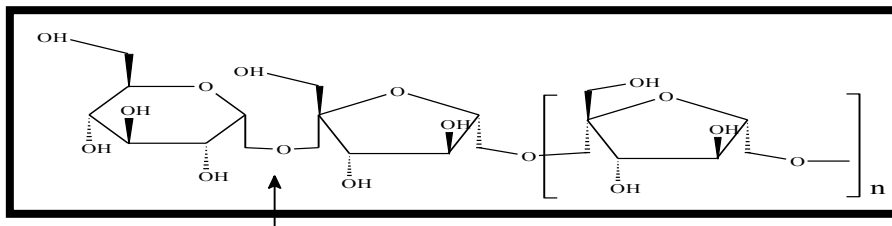
a) AUTOEVALUACIÓN.

Relaciona las estructuras (valor de 5 pts. c/u)

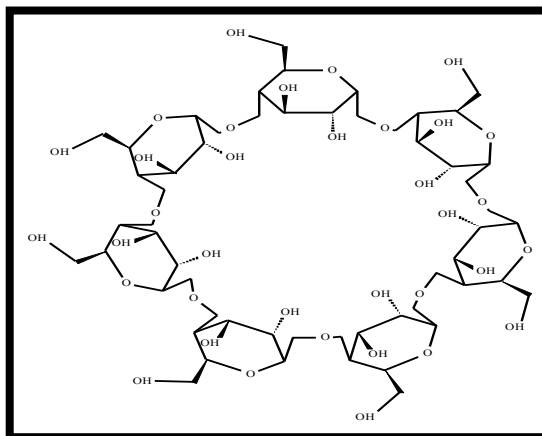
1. Ciclodextrina  $\gamma$ :



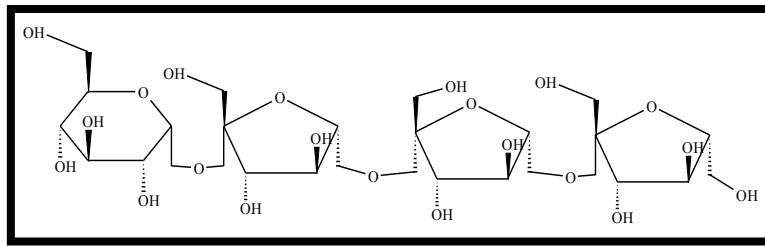
2. Inulina:



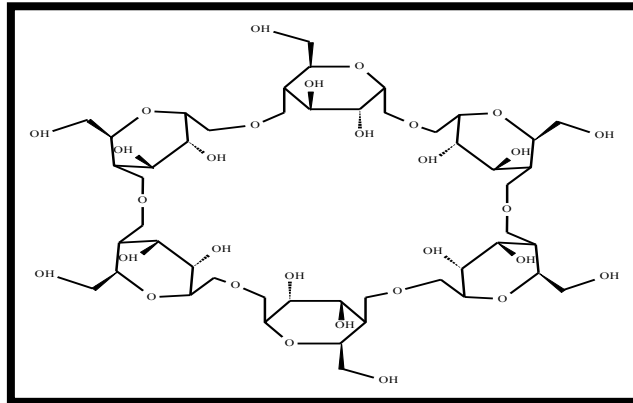
3. Ciclodextrina  $\beta$  :



4. Nistosa:



5. Ciclodextrina  $\alpha$ :



**Preguntas de autorellenar (valor de 5 pts. c/u)**

1. Es el principal país consumidor de oligosacáridos: Japón.
2. Los FOS y la inulina, poseen una estructura general de GF<sub>n</sub>, donde G es glucosa, F es fructosa y n el número de fructosas.
3. En el colon se fermentan la mayoría de los oligosacáridos.
4. El método de la inulinasa se basa en la hidrólisis de la inulina.
5. La estaquitosa tiene como residuos D-glucosa, D-fructosa y 2 D-galactosas.

**Preguntas de verdadero-falso (valor de 5 pts. c/u)**

1. El consumo de FOS en Europa es del 25% (F)
2. La empresa Yakult Honsha elabora comida para bebés con FOS (V)
3. Si se requiere conocer el DP, se emplea HPLC (F)
4. Los oligosacáridos son fácilmente hidrolizables por ácidos y bases (F)
5. El cilindro que se forma con la ciclodextrina  $\beta$ , tiene un hecho polar (F)

**Relación de columnas (valor de 5 pts. c/u)**

- |   |   |
|---|---|
| a. Son el alimento de las bifidobacterias y otros m.o. benéficos. | e. Se obtienen de la degradación de la inulina. |
| b. Son los denominados alimentos funcionales.                     | (c) Nutraflora®                                 |
| c. Es una marca comercial de FOS.                                 | (e) FOS   |
| d. Es una marca de inulina.                                       | (a) Prebióticos                                 |
|   | (d) Raftiline®                                  |
|   | (b) Nutraceuticos                               |



R= Por un lado esta limitado por una corona de hidroxilos pertenecientes al C6 y por el otro por una corona de hidroxilos C2 y C3, mientras que la cubierta superficial formada por anillos de piranosa es hidrófoba. Se emplea en la protección de vitaminas y la retención de aromas.

**Preguntas verdadero-falso (valor de 5 pts. c/u)**

1. La  $\alpha$ -ciclodextrina de Schardinger es el producto mayoritario (F)
2. La inulina se encuentra dentro del grupo de la fibra soluble. (V)

#### 4. UNIDAD IV: PROCESO DE ASIMILACIÓN.

Nombre de los archivos. 4A y 4C

a) AUTOEVALUACIÓN.

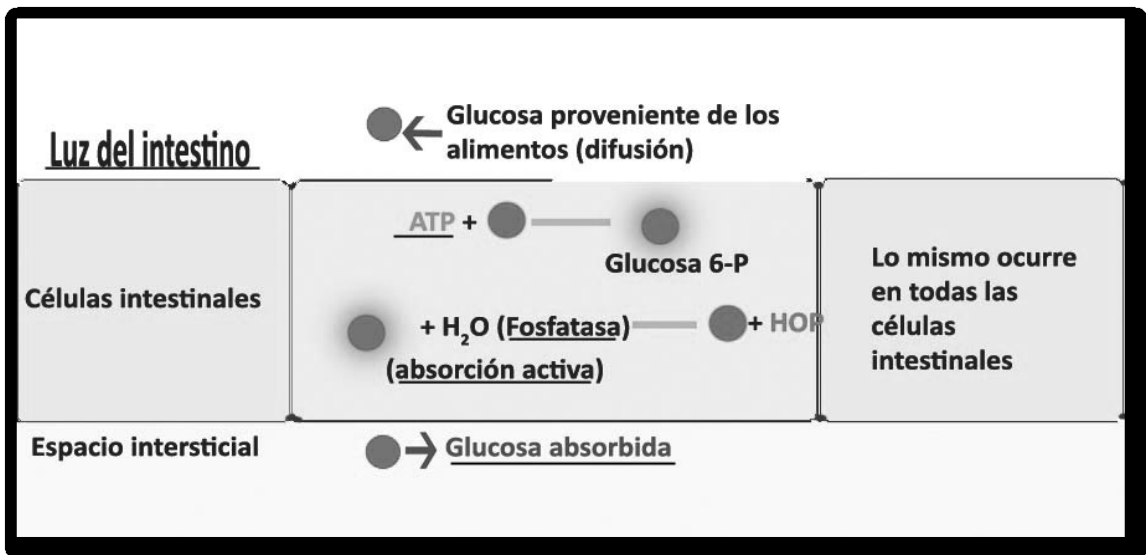
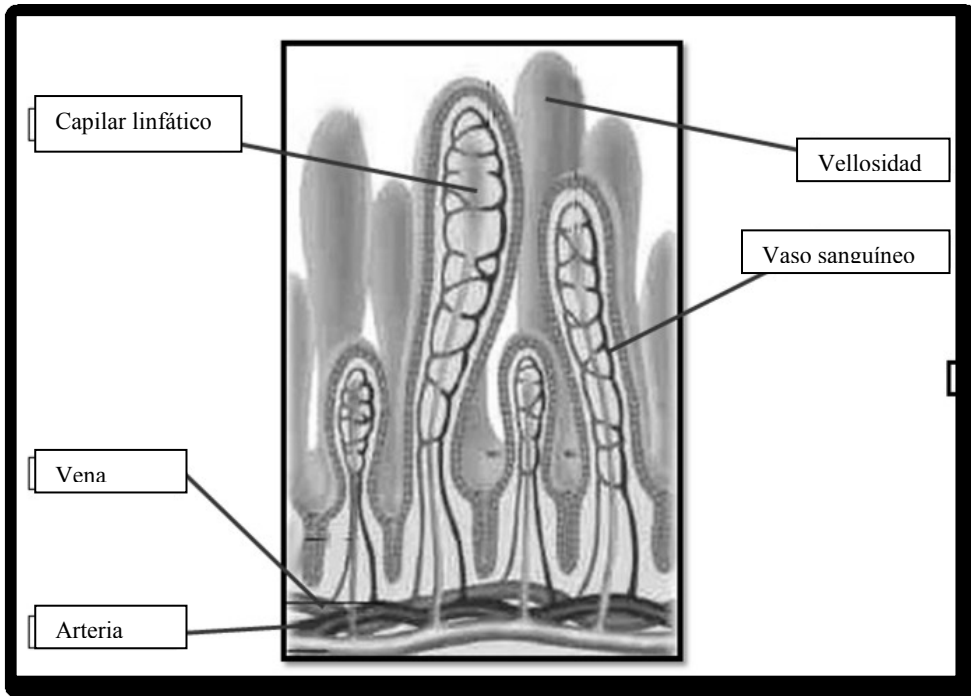
**Preguntas de opción múltiple (valor de 5 pts. c/u)**

1. La abreviatura ATP se refiere a:  
a) Amilasa Triptialina b) Adenina Trifosfato c) Adenosin Trifosfato d) Adenina Triptialina
2. Son órganos accesorios del sistema digestivo:  
a) Dientes b) Hígado c) Vesícula biliar d) Todas las anteriores
3. En la boca se llevan acabo las funciones de :  
a) Ingestión, masticación y degradación b) Masticación, degradación e insalivación  
c) Ingestión, masticación e insalivación d) Ingestión, degradación e insalivación
4. Los requerimientos para que la ptialina actué son:  
a) pH~7 y iones Cl<sup>-</sup> b) pH 4-7 y iones Cl<sup>-</sup> c) pH <4 y iones Na<sup>+</sup> d) pH >7 y iones Na<sup>+</sup>
5. Mediante la absorción activa, se pueden absorber:  
a) Glucosa y lactosa b) Glucosa y galactosa c) Glucosa y sacarosa d) Galactosa y sacarosa

**Preguntas de autorellenar (valor de 5 pts. c/u)**

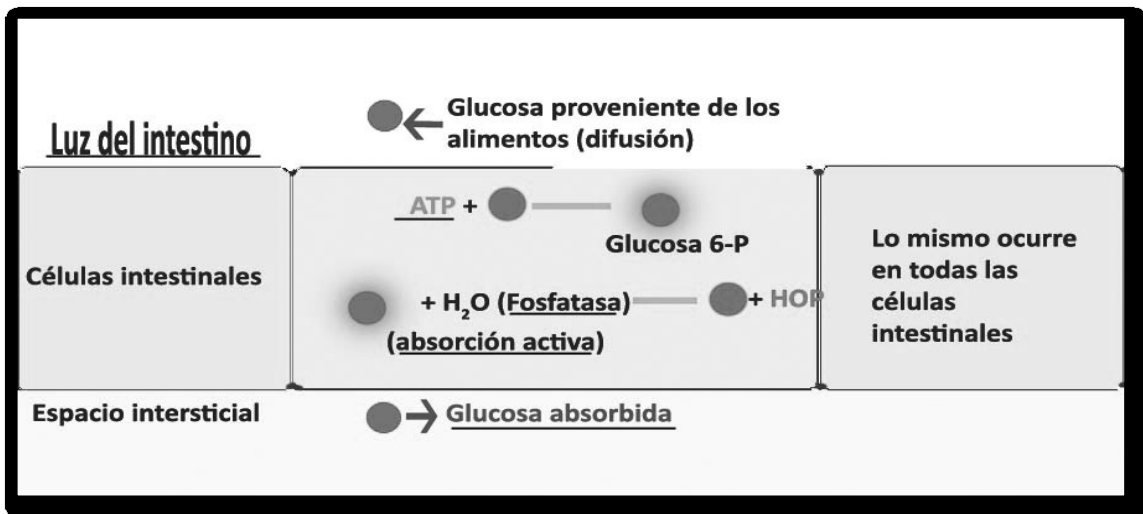
1. La amilasa pancreática se regula por la insulina.
2. El duodeno tiene forma de C y esta constituido por cuatro porciones.
3. La galactosa es un glúcido que se puede absorber mediante la absorción activa.
4. Teóricamente el intestino de una persona puede absorber 10 Kg de azúcar al día.
5. Los monosacáridos absorbidos son transportados hacia el sistema venoso portal.

**Completa los esquemas seleccionando la opción correcta (valor de 5 pts. c/u)**



b) DOCUMENTO ENTREGABLE.

COLOCA SOBRE LAS LÍNEAS DEL ESQUEMA LAS PALABRAS QUE FALTAN (VALOR DE 4 PTS. C/U)



CONTESTA DE FORMA BREVE Y CONCISA LO QUE SE TE PREGUNTA (Valor de 15 pts. c/u)

1. **Define Metabolismo.**

R= Es la suma de todas las transformaciones físicas y químicas que ocurren dentro de una célula o un organismo, desde su ingestión hasta la eliminación de los productos de degradación.

2. **En el caso de los Carbohidratos, ¿Cómo se observa el fenómeno anabólico?**

R= En el caso de los carbohidratos, cuando se encuentra un excedente de los mismos en el torrente sanguíneo, se lleva a cabo el proceso de glucogénesis, en éste se transforman los monómeros de glucosa en glucógeno que será almacenado por el organismo, principalmente en el hígado, como fuente de energía de reserva.

3. **En el caso de los Carbohidratos, ¿Cómo se observa el fenómeno catabólico?**

R= En el caso de los carbohidratos, cuando se encuentra un déficit de los mismos en el torrente sanguíneo, se lleva a cabo el proceso de glucólisis, en éste se transforma el glucógeno en monómeros de glucosa y estos a su vez, son transformados (en el interior de las células) en ATP, CO<sub>2</sub> y agua.

4. **Describe 5 características y la función de las vellosidades intestinales.**

R= Son extensiones de unos 0.5-1.5 mm, cuya función es incrementar el área de la superficie de contacto y, por lo tanto, aumentar la superficie de absorción. Estas vellosidades son más anchas en el duodeno que en el resto del intestino. En las vellosidades hay criptas que contiene las células precursoras de los enterocitos y de las células endocrinas, y en la submucosa se observan los vasos nutricios (arteriola y vénula) y linfáticos. La superficie de absorción se hace aun mayor por medio de pequeños cepillos que cubren las vellosidades intestinales, que se denominan microvellosidades. Las microvellosidades están cubiertas por membranas que los protegen contra agentes proteolíticos y mucolíticos.

**5. ¿Cuál es la diferencia entre la absorción activa y la difusión en el caso de la glucosa?**

R= El mecanismo de difusión se realiza cuando la concentración de la glucosa es mayor dentro del intestino que en las células de la mucosa intestinal, y sus moléculas pasan a través de los poros de las vellosidades intestinales hacia el capilar sanguíneo. En el caso de la absorción activa, la fosforilación de la glucosa, así la glucosa, pasa primero por simple difusión desde la luz intestinal hacia las células de la mucosa intestinal, ya dentro de ella, el ATP, le cede un fósforo (P), el cuál al unirse a la glucosa forma glucosa 6-P que se traslada cerca de la pared celular próxima al compartimiento intersticial (linfa) donde por acción de la fosfatasa se hidroliza, convirtiéndose nuevamente en glucosa (absorbida), la cuál pasa a la circulación portal.

**PREGUNTAS VERDADERO-FALSO (Valor de 5 pts. c/u)**

1. El íleon es la primer sección del intestino delgado y mide 10 pulgadas. (F)
2. La ptialina es la amilasa producida en la boca (F)

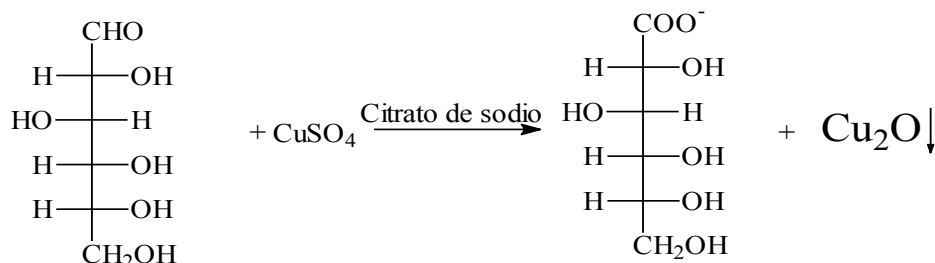
**5. UNIDAD V: REACCIONES DE IDENTIFICACIÓN.**

Nombre de los archivos. 5A y 5C

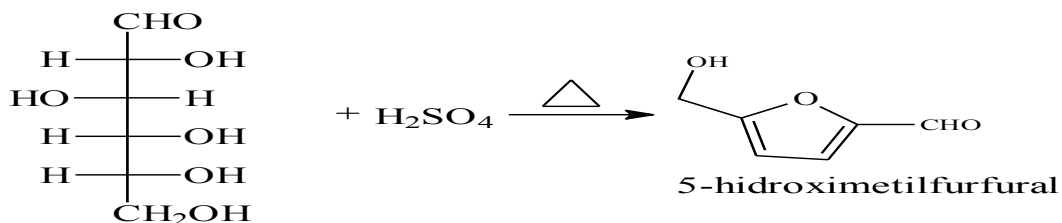
a) AUTOEVALUACIÓN.

**DA EL NOMBRE DE LA Rx (VALOR DE 5 PTS. C/U)**

1. Reacción de Benedict.

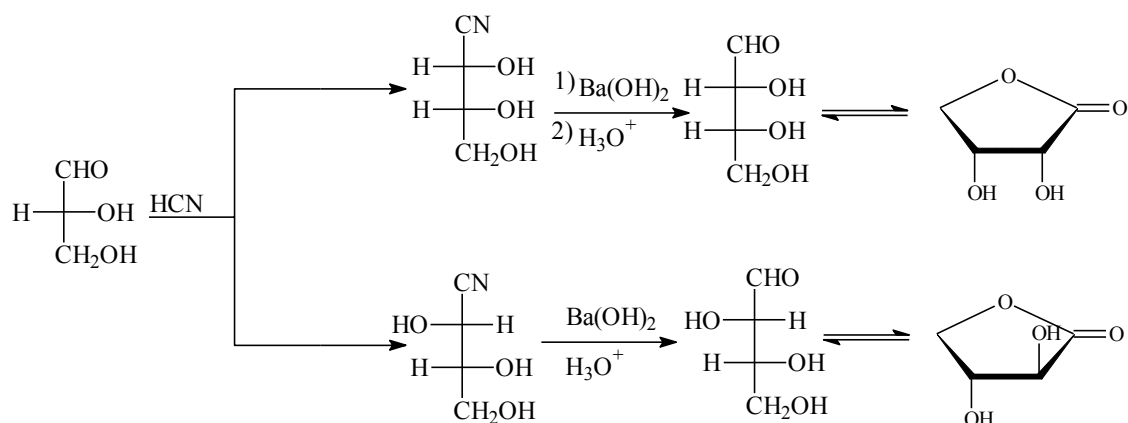


2. Rx de formación de Hexosas.

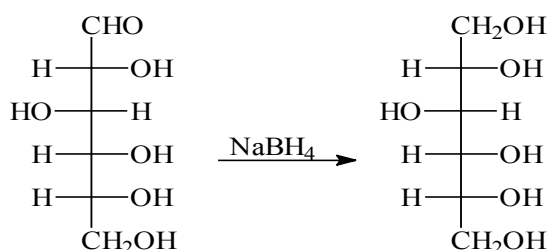


3. Síntesis de Killiani.

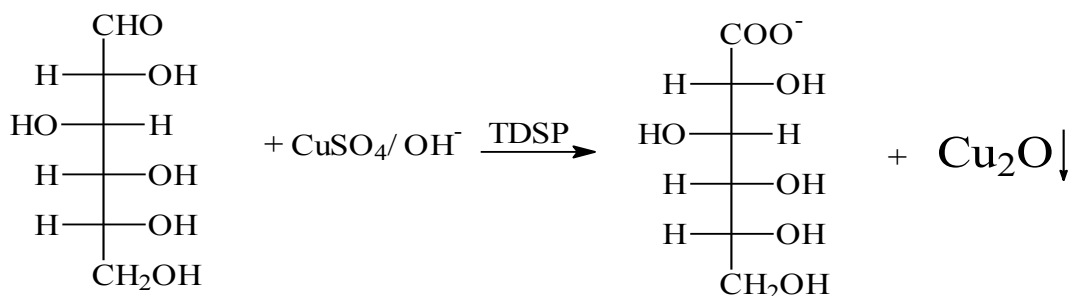




4. Reducción con Borhidruro de sodio.



5. Reacción de Fehling.



**Preguntas de autorellenar (valor de 5 pts. c/u)**

1. La hidrogenación catalítica emplea H<sub>2</sub>, Paladio y níquel como reactivos.
2. En la reacción de Fehling, el Cu<sub>2</sub>O es un precipitado color amarillo.
3. En la reacción de ácido periódico se obtiene ácido fórmico.
4. La Rx de yoduro de metilo y ácido peryódico, se obtiene un dialdehído.

**Preguntas de verdadero-falso (valor de 5 pts. c/u)**

1. Una condición oxidativa suave se da con el reactivo agua-bromo. (V)
2. Los alditoles son el resultado de la Rx con ácido nítrico. (F)
3. Si la Rx de Tollens no da respuesta en frío se considera como negativa. (F)
4. Al reaccionar una triosa con ácido sulfúrico, se obtiene furfural. (F)
5. En la síntesis de Killiani-Fischer se aumenta un C a una cetosa. (F)

**Relación de columnas (valor de 5 pts. c/u)**

a. Se realiza en ácido (sol. 3-5%), con calentamiento durante 60 min.

b. En esta reacción se emplea  $\text{CuSO}_4$  y citrato de sodio.

c. Si se emplea la degradación de Ruff y se obtiene una triosa, se inició con una...

d. La formación de furfural es el resultado de la deshidratación de una...

e. Esta reacción consiste en la oxidación exhaustiva de un carbohidrato.

(b) Rx de Benedict

(e) Rx con ácido peryódico

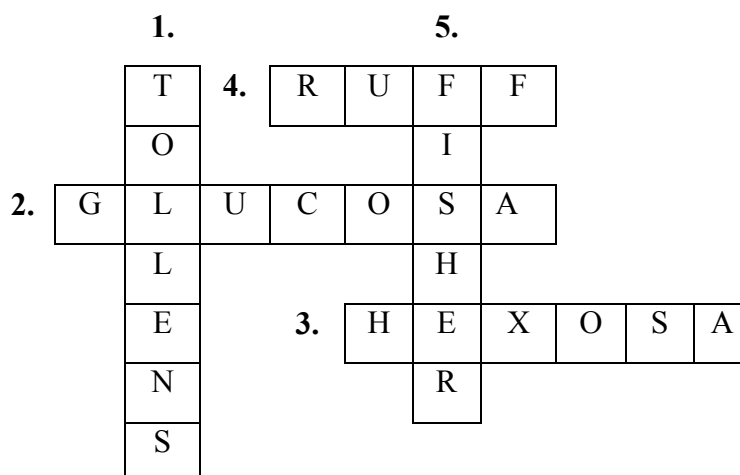
(a) Hidrólisis de glicósidos

(c) Tetrosa

(d) Pentosa

b) DOCUMENTO ENTREGABLE.

**CRUCIGRAMA (valor de 3 pts. c/u)**



1. Cuando esta reacción es positiva, forma un espejo de plata en el fondo del tubo.
2. El D-sorbitol se obtiene al reducir la...
3. El 5-hidroximetilfurfural se obtiene a partir de una...
4. El demostró que las aldolactonas se pueden reducir a aldosas.
5. A la pérdida de un C se le conoce como degradación de...

**Preguntas abiertas (valor de 15 pts. c/u)**

**1. ¿En qué se basa la determinación de grupos reductores?**

R= Se basa en la oxidación del extremo reductor de un aldehído, cetosa o cualquier compuesto que pueda convertirse en ella mediante calentamiento en medio alcalino.

**2. ¿Qué permite a los carbohidratos el poder llevar acabo reacciones de reducción?**

R= Los carbohidratos poseen el grupo aldehído o cetona en su estructura, esta propiedad permite realizar la reducción de dichos grupos a alcoholes primarios y secundarios.

**3. Si se hace reaccionar la glucosa con el agua de bromo, ¿Qué se obtiene mayoritariamente a  $\text{pH}>3$ ?**

R= Se obtiene ácido D-glucónico.

**4. ¿Qué grupo y carbono son atacados los carbohidratos al reaccionar con ácido nítrico?**

R= Se ataca a las aldosas en el C<sub>1</sub> y en el grupo -CH<sub>2</sub>OH.

**5. Enumera los reactivos y producto característico que se emplean en la Rx de Fehling, Benedict y Tollens.**

R= En Fehling se emplea CuSO<sub>4</sub>, TDPS y una fuente de OH<sup>-</sup> (Gral. NaOH) y produce Cu<sub>2</sub>O precipitado; Benedict se emplea CuSO<sub>4</sub> y Citrato de sodio, y produce Cu<sub>2</sub>O precipitado; En Tollens se emplea AgNO<sub>3</sub> y NH<sub>4</sub>OH y produce Plata metálica como precipitado.

**Preguntas verdadero-falso (valor de 5 pts. c/u)**

1. La determinación de grupos reductores es específica. (F)
2. En la Rx de Fehling y Benedict, el cobre pasa de Cu<sup>2+</sup> a Cu<sup>0</sup>. (F)

## E. ELABORACIÓN DE AUTOEVALUACIONES Y ENTREGABLES (FORMATOS FINALES)

A continuación se presentan las apariencias de los cuestionarios 3 (FIGURA 46) y 4 (FIGURA 47) de autoevaluación, así como los cuestionarios entregables 1 (FIGURA 48) y 5 (FIGURA 49).

The screenshot shows a self-assessment questionnaire from the Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Módulo de Bromatología, Unidad: Carbohidratos. The assessment is titled 'AUTOEVALUACIÓN 3' and the topic is 'OLIGOSACÁRIDOS'. The first question asks to select the correct option to name the molecule shown in a chemical structure diagram. The structure is a cyclodextrin molecule. The correct answer, 'Ciclodextrinaβ', is entered in a text box. The second question shows a chemical structure of a disaccharide, and the correct answer, 'Nictosa', is entered. The third question shows a chemical structure of a cyclodextrin molecule with a dropdown menu open, showing options: 'Inulina', 'Ciclodextrinaα', 'Ciclodextrinaβ', 'Ciclodextrinaγ', and 'Nictosa'.

FIGURA 35. Apariencia de la autoevaluación 3.

The screenshot shows a self-assessment questionnaire from the Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Módulo de Bromatología, Unidad: Carbohidratos. The assessment is titled 'AUTOEVALUACIÓN 4' and the topic is 'PROCESOS DE ASIMILACIÓN'. The first question asks to select the correct option for the abbreviation ATP. The correct answer, 'Adenosina Trifostato', is entered. The second question asks for accessory organs of the digestive system, and 'Hígado' is entered. The third question asks for functions in the mouth, and 'Ingestión, masticación e insalivación' is entered. The fourth question asks for requirements for ptyalin activity, and a dropdown menu is open showing options: 'pH 7 y iones Cl-', 'pH 4.7 y iones Cl-', 'pH 4.7 y iones Na+', and 'pH 7 y iones Na+'. The fifth question asks for active absorption, and 'pH 4.7 y iones Na+' is selected. The second part of the assessment asks to complete the sentence: 'La amilasa pancreática se regula por la [ ]' and 'El duodeno tiene forma de [ ] y esta constituido por cuatro porciones'.

FIGURA 36. Apariencia de la autoevaluación 4.

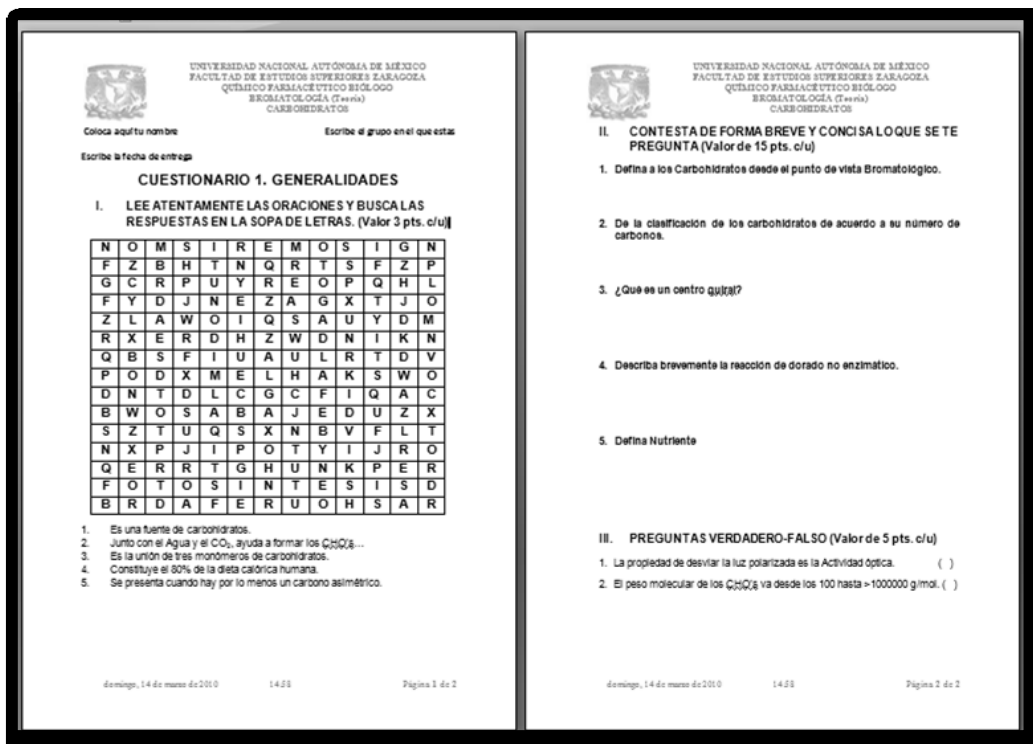


FIGURA 37. Apariencia del Entregable 1.

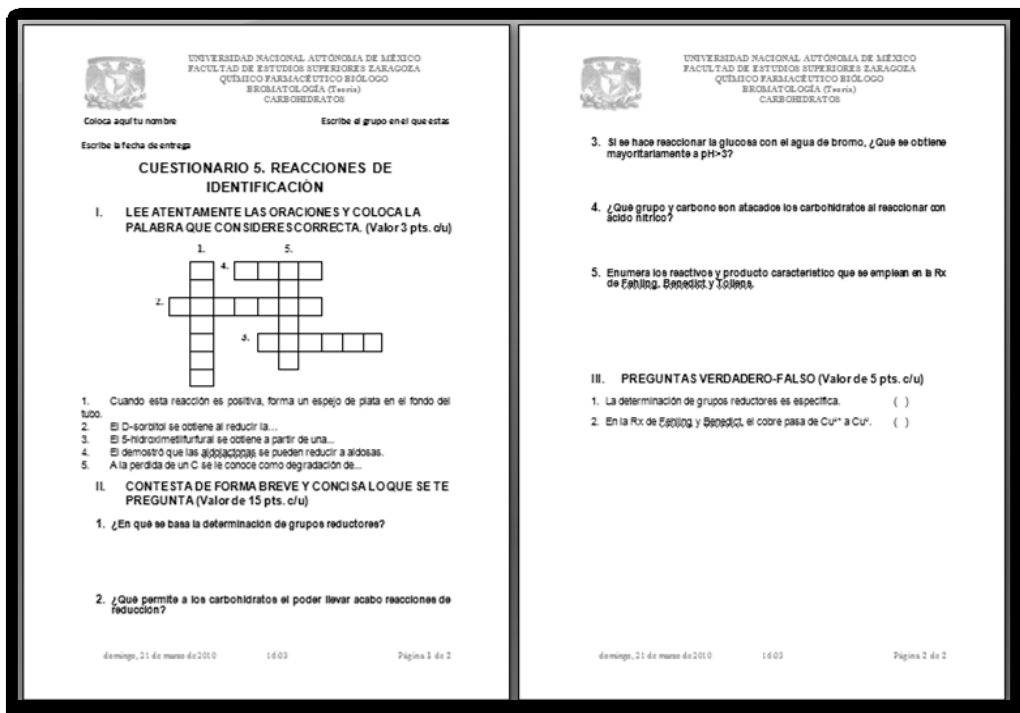


FIGURA 38. Apariencia del entregable 5.

En la siguiente sección se muestra la apariencia general de la evaluación tipo examen (FIGURA 50). Para su presentación dentro del disco, se le nombro como DOCVIEW y se encuentra en formato oculto dentro de una carpeta.

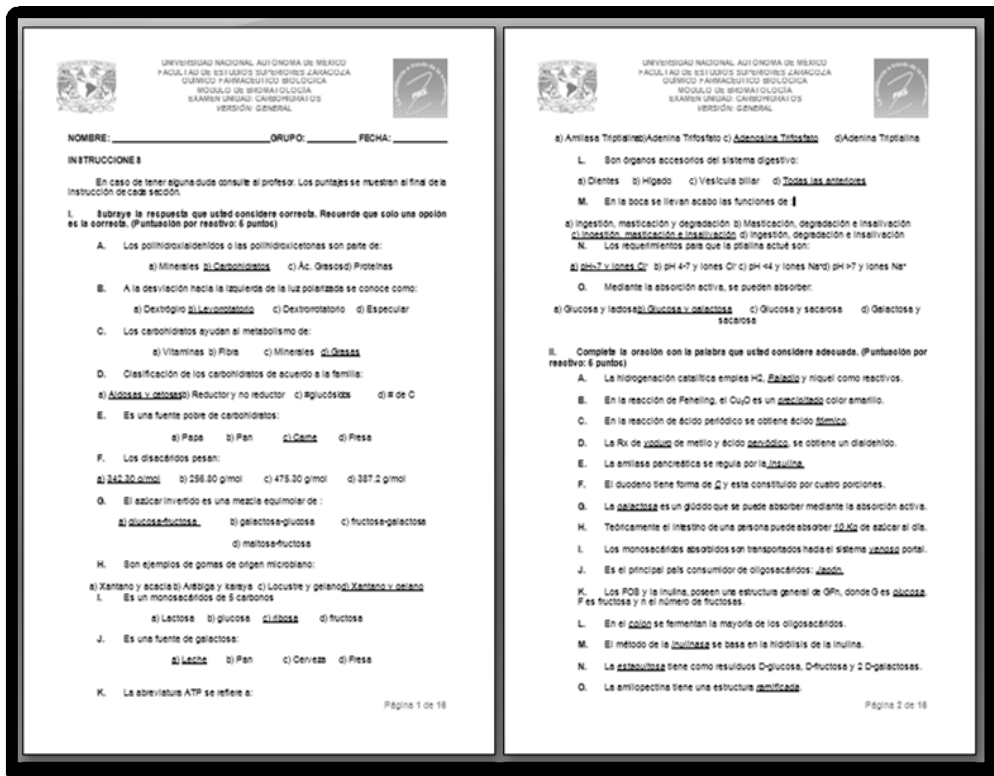


FIGURA 39. Apariencia del examen.

Para poder acceder al examen se debe de realizar lo siguiente:

1. En Mi PC, seleccionar la unidad de disco, con el botón derecho desplegar el menú y seleccionar la opción “abrir”.
2. Seleccionar el archivo edc09.rds y dar doble click en el.
3. Ya adentro, ir a la barra de herramientas y en el menú “opciones de carpeta”, en la ficha “Ver”, dentro del recuadro en la región de “Archivos y carpetas ocultos”, cambiar a “Mostrar Archivos y carpetas ocultos”. Dar “Aceptar”.
4. En la carpeta ya aparece el documento DOCVIEW, con el botón derecho dar click y seleccionar “abrir con”; seleccionar Microsoft Office Word.
5. Se abrirá el documento y en ese momento ya se pueden seleccionar las preguntas que se desea que contenga el examen. Para salvarlo, guardar dentro de “Mis documentos” con el nombre que se elija.

Además se anexaron mapas conceptuales de las unidades uno dos y tres, esto con la finalidad de que los docentes los puedan emplear como un recurso más en la enseñanza de estos temas.

## F. ELABORACIÓN DE LAS INTERFACES

Para el diseño se empleo Powerpoint, ya que es un programa ampliamente distribuido, se elaboro una portada (FIGURA 51) en la cuál se muestra el nombre del libro, en esta existen dos opciones: después de 5 seg. pasa automáticamente a la sección de controles en los cuáles se observan los botones (FIGURA 52) y las funciones de estos, o el usuario puede elegir “ir a contenido”, esto mediante un vínculo ubicado en la parte inferior de la pantalla.

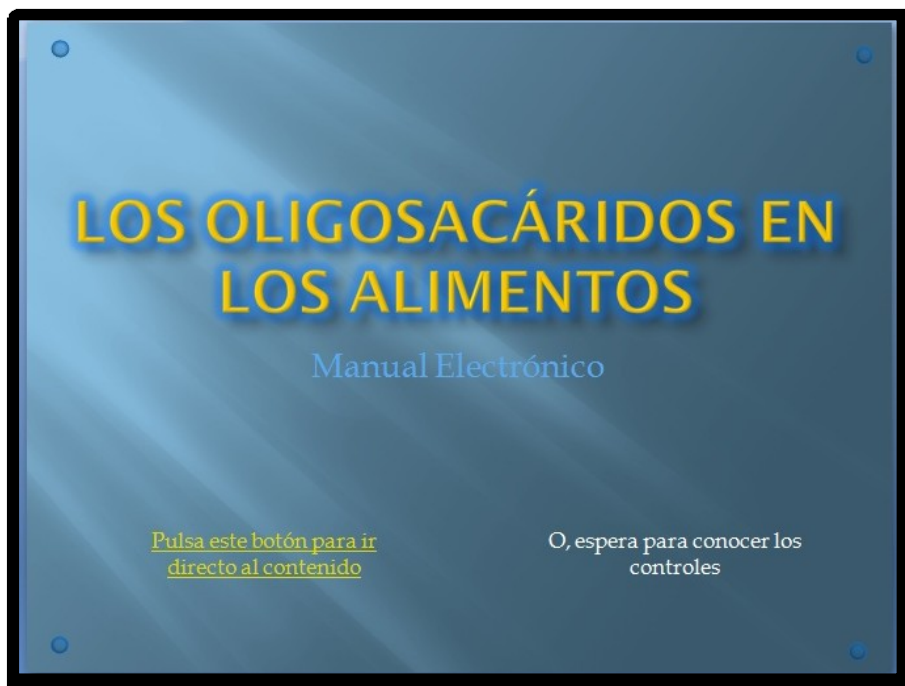


FIGURA 40. Apariencia de la portada.

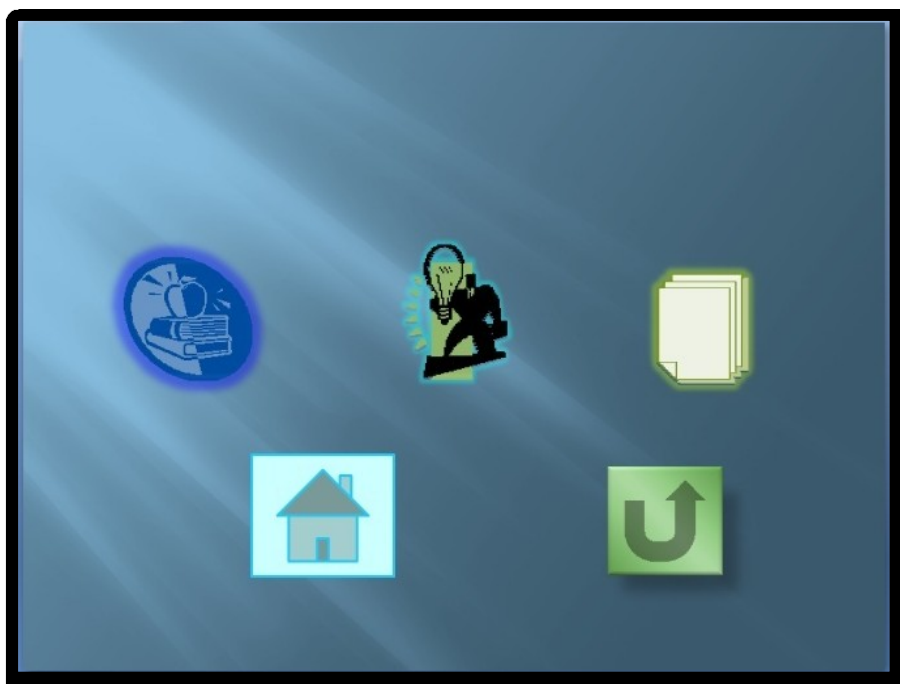


FIGURA 41. Apariencia de los botones

En el Contenido (FIGURA 53), se muestran los 6 bloques que conforman el manual, estos direccionan a los documentos en PDF, Autoevaluación y Entregables.

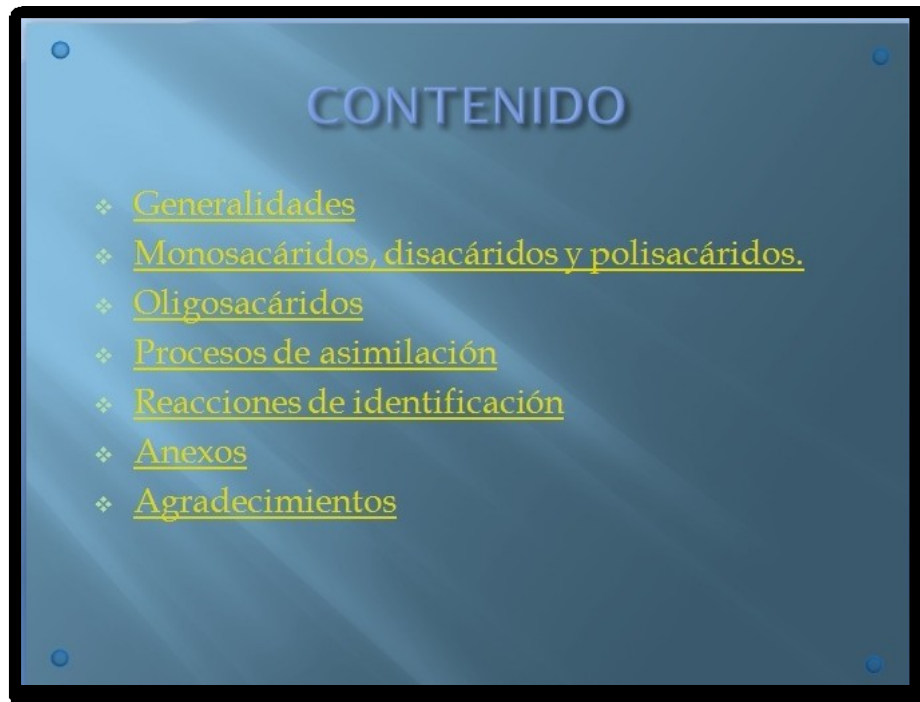


FIGURA 42. Apariencia del contenido.

En el caso de la programación se requirió elaborar un formato para la selección de la unidad del lector de CD (FIGURA 54), ya que de no contar con esta, los vínculos entre los documentos no se desarrollarían correctamente. Además, se realizó la programación que permite al usuario seleccionar la versión del tipo de documentos que puede ver (es decir, seleccionar entre Windows 2003 o 2007).



FIGURA 43. Apariencia del selector de unidad.



## G. DISEÑO DE PORTADA Y CARÁTULA DEL CD.

Durante la búsqueda de imágenes para ilustrar el contenido del manual se encontraron varias opciones para la elaboración de la portada y la caratula del CD. En la FIGURA 55, se muestran la portada y en la FIGURA 56 la contraportada del estuche.



FIGURA 44. Portada del Manual.

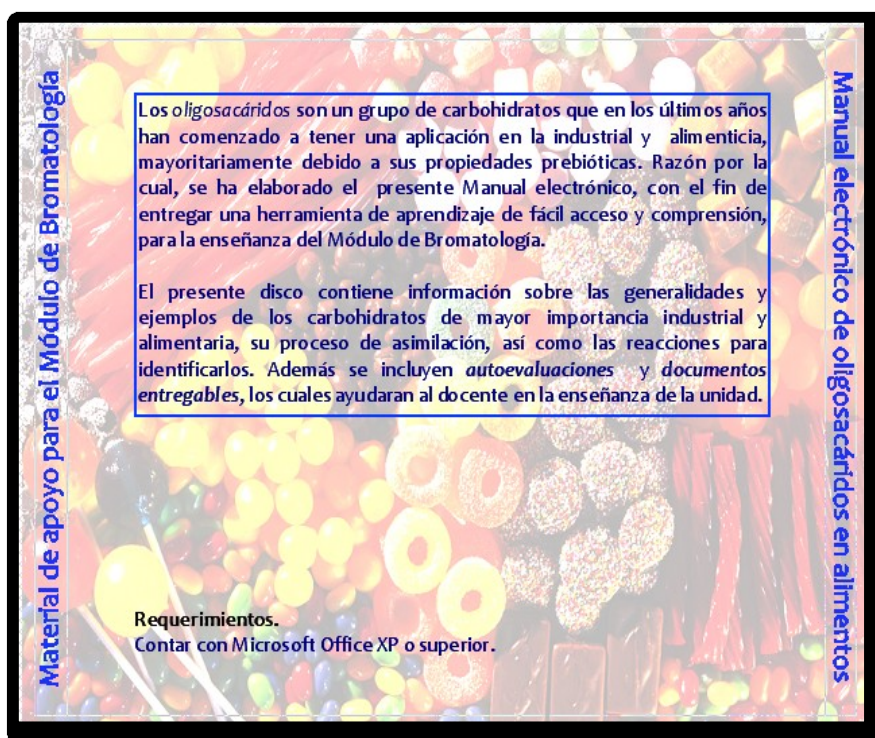


FIGURA 45. Contraportada del Manual.

Para ambos casos se empleó esta imagen, ya que refleja de manera gráfica, una de las presentaciones más comunes y más reconocida de los carbohidratos, los dulces. En tanto al texto que se observa en la contraportada es el siguiente:

“Los *oligosacáridos* son un grupo de carbohidratos que en los últimos años han comenzado a tener una aplicación en la industrial y alimenticia, mayoritariamente debido a sus propiedades prebióticas. Razón por la cuál, se ha elaborado el presente Manual electrónico, con el fin de entregar una herramienta de aprendizaje de fácil acceso y comprensión, para la enseñanza del Módulo de Bromatología.

El presente disco contiene información sobre las generalidades y ejemplos de los carbohidratos de mayor importancia industrial y alimentaria, su proceso de asimilación, así como las reacciones para identificarlos. Además se incluyen *autoevaluaciones* y *documentos entregables*, los cuáles ayudarán al docente en la enseñanza de la unidad.”

En el caso de la portada del CD, se empleó una imagen completamente diferente, esto con la finalidad de que el disco cuente con una presentación original. En la FIGURA 57, se muestra la apariencia de la carátula del CD.

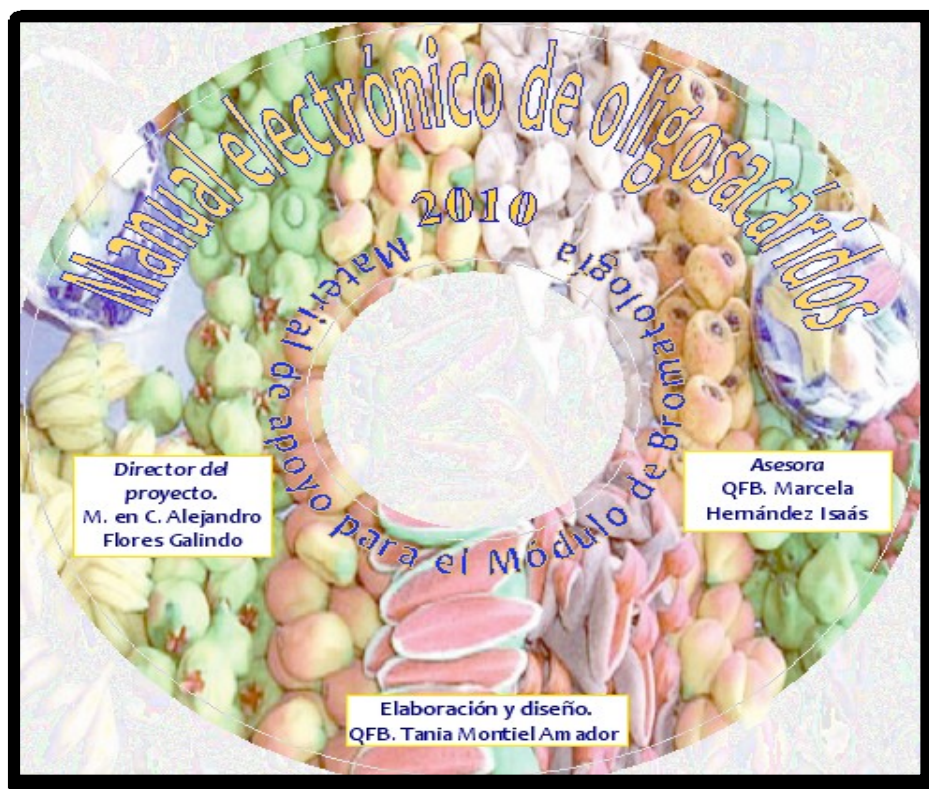


FIGURA 46. Carátula del CD- W

Como se puede observar en esta imagen, el contenido son frutas, pero si se observa detalladamente se observa que no son frutos normales, sino un dulce tradicional de nuestro país el cual se elabora a base de una especie de mazapán al cuál se le moldea y se le colorea para semejar frutas.

Uno de los principales retos para el diseño de estas portadas, es la modificación de colores y selección de los mismos para los diferentes textos. En el caso de las imágenes se tuvieron que modificar sus colores originales (mediante un aclaramiento) ya que eran más

“vivos”, en la selección de colores para los textos, después de realizar varios intentos mediante ensayo y error, se seleccionaron los colores azul y oro, no solo por ser los colores representativos de nuestra universidad, sino también por ser los que permiten una mejor visibilidad de los textos y los fondos en los que se encuentran.

## **IX. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Como se puede apreciar en la sección de resultados, en lo referente a la información recolectada, aproximadamente el 7% de la información obtenida, corresponde a fuentes electrónicas; el 7% son revistas y el resto pertenece a libros. Para el caso de los oligosacáridos, comparando la información que se encontró durante la elaboración del anteproyecto y la presentada en este trabajo, es claramente mayor, ya que no solo se describen los diferentes tipos de oligosacáridos, sino también sus usos e incluso se presentan los esquemas generales para realizar la cuantificación de los fructooligosacáridos.

El contenido en sí del manual, en su mayoría, es la información mínima necesaria que un alumno que curse el módulo de bromatología debe de conocer sobre los carbohidratos, ya que estas propiedades le permite reafirmar los conocimientos aplicándolo al desarrollo de alimentos en el laboratorio, por ejemplo, si un alumno desea diseñar un alimento similar a un pan, el cuál no presente un dorado, pero sea rico en proteínas y/o aminoácidos, el alumno deberá de cuidar la temperatura a la cuál lo hornea y de ser posible retirar cualquier fuente de ácidos (Vitamina C, por ejemplo), ya que estas favorecen el dorado no enzimático.

Favorece a los alumnos al mostrar los usos y fuentes de los oligosacáridos, ya que si un alumno desea disminuir el colesterol en sangre bastará con agregar inulina, fructooligosacáridos o algún producto que los contenga, por ejemplo plátano. También ayudara a que el alumno controle un poco el efecto no deseado de estos, las flatulencias.

Las autoevaluaciones se han revisado y corroborado con las preguntas aquí presentadas, los puntajes y observaciones se corroboraron con el fin de evitar errores en la programación de los mismos. Las claves de modificación se entregarán en un formato impreso, las cuáles junto con el resto de los códigos y documentos anexos, integrarán la bitácora de trabajo de este manual. Como se puede observar en el apartado de los cuestionarios, las autoevaluaciones, presentan una apariencia de formulario electrónico, esto permite que sea de fácil llenado por el usuario; y para el caso de las unidades 3, 4 y 5, el emplear imágenes como parte de la autoevaluación permite una mejor comprensión de los conceptos.

Los cuestionarios entregables, en su formato de presentación para los alumnos, cumple con los requerimientos establecidos, ya que presenta los campos de información que el alumno debe de rellenar, no se puede modificar fuera de estos mismos y presenta la fecha y hora de la ejecución del programa. La utilización de recursos como las sopas de letras permite evaluar dos características, el conocimiento del alumno sobre el tema y su habilidad perceptiva, ya que sino se conoce la respuesta no se puede saber que buscar, y se conoce la respuesta pero no se tiene la suficiente atención, el encontrar la respuesta en el mismo se complica.

En el caso de la evaluación tipo examen se decidió modificar la forma de acceso, debido a que es más factible que un alumno la encuentre y la localice si se encuentra como un hipervínculo oculto en la presentación, que si se encuentra oculto con la apariencia de un archivo de sistema. Para los docentes que lo deseen utilizar, las claves de acceso y escritura, se encontrarán en un formato impreso en el laboratorio. Esto con la finalidad de que sólo ellos las conozcan y por consiguiente, las empleen.

El examen se encuentra integrado por los diferentes cuestionarios y autoevaluaciones, esto con la finalidad de evitar que los alumnos aboguen que los contenidos de las preguntas no se vieron afondo o definitivamente no se presentaron en clase.

Al realizarse la ejecución del CD-ROM, se observan las diferentes presentaciones en un orden lógico y secuencial, lo cuál permite tener un completo conocimiento de lo que se realiza. El uso de botones en lugar de hipervínculos basados en texto, permite al alumno, familiarizarse más rápidamente con el entorno de trabajo, así como, darle una presentación más atractiva e interactiva para el usuario; ya que con observar los controles de manera gráfica, tienen una mayor retención en la memoria de los alumnos. En la presentación se empleo la canción *Cannon-D menor* escrita por *Johann Pachelbel*, la cuál tiene una amplia difusión a nivel mundial, ya que se encuentra en consolas de videojuegos, tonos de celulares, etc. y su uso no requiere solicitud de uso de derechos de autor, ya que esta pertenece al dominio publico por encontrarse dentro de la música clásica.

La apariencia del disco así como su portada y contraportada, tienen un alto índice de aceptación, no solo por estar íntimamente relacionadas con el tema que contienen, sino también por su vistosidad, lo cuál es bueno, ya que llama la atención del usuario y es difícil el confundirlo con cualquier otro disco.

Todo esto complementado con la enseñanza en el aula y la constante actualización de la información, permitirá un mejor desarrollo el aprendizaje de los alumnos.

## **X. CONCLUSIONES**

---

El material aquí presentado, tanto en formato de CD-ROM (anexo) y la información contenida en el presente trabajo, corroboran el desarrollo de un manual electrónico de fácil uso, en un software de dominio común, con interfaces agradables a la vista; materiales electrónicos de autoevaluación y cuestionarios entregables, los cuáles permiten al alumno conocer su nivel de dominio de los diferentes temas que integran la unidad, teniendo información verídica en todos sus campos, además de integrarse información actualizada sobre los oligosacáridos y sus propiedades, abriendo un nuevo uso de estos compuestos en nuestro módulo y por ende en los proyectos de laboratorio; con el fin de que los proyectos realizados se den a conocer mediante congresos, concursos, publicaciones, etc. y estos cumplan con su objetivo final, llegar al público y combatir los problemas de salud asociados a las enfermedades del síndrome metabólico derivadas de la mala alimentación, un ejemplo es la hipercolesterolemia, la cuál puede controlarse, junto con los medicamentos, con la ingestión de inulina y alimentos ricos en vitamina C.

Es por esta razón, que el desarrollo de este manual electrónico, proporciona los conocimientos necesarios sobre los oligosacáridos, integrados en una herramienta confiable y de calidad para la formación del QFB zaragozano; permitiendo a este desarrollo de proyectos enfocados al tratamiento de enfermedades empleando a la bromatología como un medio para restaurar la salud.

## **XI. PROPUESTAS Y RECOMENDACIONES**

---

- Se recomienda el empleo de este manual en el módulo de bromatología, recalcando que este material no sustituye de ninguna manera la enseñanza por parte del docente.
- Se recomienda que para trabajos posteriores, se emplee la bitácora de trabajo como base para la realización de los mismos.
- Se recomienda elaborar un manual electrónico sobre Fibra, ya que este tema por su vasta amplitud e importancia, lo requiere.
- Se propone su implementación en materias afines de nuestra carrera, otras carreras y facultades; por ejemplo, la implementación de este manual en materias como BCT I y BCT II, debido a que se abarcan temas de interés para estas.
- Se propone la implementación de este manual en las preparatorias de la UNAM en el área II (Ciencias Biológicas y de la salud) para la materia de Biología V, ya que dentro de su programa de estudios se incluyen los carbohidratos.
- En trabajos posteriores, se debe de continuar con la elaboración de las autoevaluaciones y los documentos entregables, ya que esto permite al alumno valorar realmente cuanto ha comprendido de los temas y así, el mismo determinar sus fortalezas y debilidades sobre lo aprendido.
- Se debe de dar un taller o un curso intersemestral referente a la edición de imágenes y mercadotecnia (elaboración de etiquetas), ya que para la entrega de informes se utilizan imágenes en algunos casos (por ejemplo en los laboratorios de Bromatología, EFM I y II, LCB I, II y II, BCT I y II, etc.) y la elaboración de etiquetas para los productos terminados en Bromatología y TF II y III. Esto con la finalidad de que se obtengan un mejor trabajo en lo referente a los informes escritos y la presentación de los trabajos finales durante los seminarios que se realizan en TF y Bromatología. Ya que por instancias externas este tipo de cursos son caros y requieren un esfuerzo mayor por parte de aquellos que los tomen (tiempo de transporte al sitio del curso, elaboración de tareas y trabajos, etc.)

## **XII. NORMATIVIDAD**

---

- I. NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-043-SSA2-2005. “Servicios básicos de salud. Promoción y educación para la salud en materia alimentaria. criterios para brindar orientación”. Punto 4.3.1 y apéndice informativo A.
- II. NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-043-SSA2-2005. “Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados”. Punto 4.2.8.3.5.
- III. NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-086-SSA1-2004. “Bienes y servicios. Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. Especificaciones nutrimentales”. Punto 7.17.

## **XIII. BIBLIOGRAFÍA GENERAL**

---

1. Bello G.J. Ciencia bromatológica, Principios generales de los alimentos. Madrid: Díaz de Santos; 2000. pp. 3-4, 81, 83-87, 89, 95-96, 98, 105.
2. Higashida H. B.Y. Ciencias de la salud. Cuarta edición. México: Mc Graw Hill-Interamericana editores; 2002. pp. 147-149, 330-331.
3. Madrid A., y Vicente Ediciones (EMV). Manual de Industrias alimentarias. Tercera edición. España: EMV; 1989. pp. 29-31, 34.
4. Brownsell V.L., Griffith C.J., y Jones E. La ciencia aplicada al estudio de los alimentos. México: Editorial Diana; 1993. pp. 17-19, 25-26.
5. Conn E., Stumpf P. K., Bruening G., y Doi R. H. Bioquímica fundamental. Cuarta edición. Versión en español. México: Limusa-Noriega editores; 1998. pp. 39-41, 52-54, 57-62.
6. Berk Z. Introducción a la Bioquímica de los alimentos. Segunda edición. México: El Manual Moderno; 1980. pp. 112, 118, 197.
7. Churches A. Taxonomía de Bloom para la era digital. Eduteka. [17 páginas]. 1 de Octubre de 2009. <http://edorigami.wikispaces.com> (último acceso: 17 de Octubre de 2009).
8. Solomons T. Fundamentos de química orgánica. México: Limusa-Noriega Editores; 2004. pp. 1025, 1049-1051.
9. Fennema O. Química de los alimentos. Segunda edición. Versión en español. España: Acirbia; 1993. 82, 112.
10. Desrosier N. W. Elementos de la tecnología de alimentos. décimaprimer reimpresión. México: Editorial Continental; 1996. pp. 46.
11. Maurice A. Carbohidratos. 16 de Mayo de 2008. <http://www.csgastronomia.edu.mx> (último acceso: 16 de Enero de 2009).



12. Velásquez M.G., y Pérez F.A. Fundamentos del análisis farmacéutico, Métodos ópticos. México: Publicaciones FES Zaragoza; 2003. 101-102.
13. Belitz H.D. Química de los alimentos. Segunda edición. España: Acirbia; 1997. pp. 275, 280-827, 300, 304-305, 311-315.
14. Bennion M., y Scheule B. Introductory Foods. decimaprimera edición. USA: Prentice Hall; 2000. pp. 109
15. Chapman & Hall/CRC. The Merk Index. Vigésima edición. Versión 12:3. USA: Microsoft Windows; 2000. Monografías. 4378, 4437, 4555, 5356, 5360, 5753, 9051.
16. Curiel M.J. La dulcería Mexicana: Historia, ciencia y tecnología. México: Limusa-Noriega Editores; 2007. pp. 36-37, 39-42.
17. Badui D.S. Química de los alimentos. Segunda edición. México: Alhambra Mexicana; 1981. pp. 52-56.
18. Lehninger A. L. Bioquímica las bases moleculares de la estructura y función celular. Barcelona: Omega; 1995. pp. 256-257, 272.
19. Pasquiel A. Gomas: una aproximación a la industria alimentaria. Revista Amazónica de Investigación Alimentaria vol. 1, nº 1 (2001): 1-8. pp. 2-6.
20. Dziezak J.D. A focus of gums. Food Technology vol. 45, nº 3 (1991): 115-118. pp. 115-119.
21. Sociedad Española de Biotecnología. Biotecnología en alimentos. Preguntas y respuestas. España: Artes Gráficas G3 S.A.; 2003. pp. 8-9.
22. Sungsoo C. S., Prosky L., y Dreher M. Complex Carbohidrates in food. New York: Marecel Dekker INC.; 1999. pp. 191-193, 203-205, 210-211, 213-214, 595-597.
23. Rodríguez J.J.J. Los efectos beneficiosos de los oligosacáridos: Los oligosacáridos sustancias prebióticas tienen como finalidad aportar una alimentación más saludable. 05 de Octubre de 2005. <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2005/10/05/20403.php> (último acceso: 16 de Noviembre de 2008).
24. Gispert C. Enciclopedia de las Medicinas Alternativas. España: Editorial Oceano, 2009. pp. 27.
25. Curtis H., y Barnes N.S. Biología. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2000. Glosario.
26. Best & Taylor. Bases fisiológicas de la práctica médica. decimotercera edición. Versión en español. Buenos Aires: Medica Panamericana; 2003. pp. 553-556.
27. Martínez M.J., y García S.P. Nutrición humana. México: Alfaomega; 2005. pp. 102-103.
28. Olvera D.G. Bioquímica y fisiología. México: Interamericana; 1996. pp. 70-71.
29. Chang R. Química. Sexta edición. México: Mc Graw Hill; 1999. pp. 121, 622

30. Barker B. Química orgánica de los compuestos biológicos. Versión en español. España: Alhambra; 1975. pp. 240,243-244.
31. Furniss B.S., y Hannaford A.J. Vogel's textbook of practical organic chemistry. UK: Longman scientific & technical; 1989. pp. 1219-1225, 1257.

## **XIV. ÍNDICE DE TABLAS**

---

Tabla 1. Criterios de selección y formatos de la información.....	30
Tabla 2. Fuentes de aldosas y cetosas .....	38
Tabla 3. Umbrales gustativos de algunos azúcares en agua.....	40
Tabla 4. Poder edulcorante de algunos azúcares y polialcoholes en relación con la sacarosa. ....	41
Tabla 5. Valores de rotación específica de algunos oligosacáridos (T: 20-25 °C).....	56
Tabla 6. Nombres y estructuras de algunos trisacáridos.....	57
Tabla 7. Nombres y estructuras de oligosacáridos superiores.....	61
Tabla 9. Apreciación general del número de composición de la inulina.....	63
Tabla 8. Oligosacáridos y sus fuentes. ....	66
Tabla 10. Contenido de Inulina y FOS en fuentes naturales.....	67
Tabla 11. Registro de claves.....	88