



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA**  
**CARRERA DE QUÍMICA FARMACÉUTICO BIOLÓGICA**

**ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS CONSTRUCTIVISTAS PARA LA  
ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DEL METABOLISMO DE  
CARBOHIDRATOS: MODALIDAD A DISTANCIA**

**T E S I S**  
**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**  
**LICENCIADA EN QUÍMICA FARMACÉUTICO BIOLÓGICA**  
**P R E S E N T A:**  
**KARLA CÁRCAMO CÁRDENAS**

**JURADO DE EXAMEN**

**DIRECTORA: M EN C. ADRIANA HERNÁNDEZ REYES**  
**ASESORA: M EN C. MARÍA CATALINA CÁRDENAS ASCENCIÓN**  
**ASESORA: MTRA. LEONOR AGUILAR SANTELISES**  
**SINODAL: M EN C. PABLO FLORES JACINTO**  
**SINODAL: M EN C. ARELI DEL CARMEN MORÁN GARCÍA**



**FES**  
**ZARAGOZA**

**CIUDAD DE MÉXICO**

**MARZO 2023**



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.

## *A mis padres*

*Quiero dedicarles este proyecto por su enorme esfuerzo a la demanda de una formación profesional, todas las dificultades que implica son sinónimo de perseverancia, gracias por enseñarme el valor de las cosas e ir más allá de lo razonable.*

## *A mi familia*

*A todos los que formaron parte de este camino, especialmente a mi abuelita porque sus consejos y apoyo me permitieron concluir satisfactoriamente una de mis grandes metas.*

## *Institución y miembros de ella*

*Finalmente, quiero expresar mi gratitud por haber formado parte de una institución que me brindó las mejores experiencias y aprendizajes significativos, la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, a mis asesoras y sinodales por su tiempo e ideas basadas en su amplio conocimiento.*

*Mi sincera admiración a la M en C. Adriana Hernández, mi directora de proyecto, quién ha dirigido extraordinariamente el desarrollo de este trabajo profesional con sus aportaciones, consejos y sobre todo su confianza.*

*Karla*

## ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	2
<b>Capítulo 1. Educación en línea y estrategias didácticas</b> .....	2
1. Educación .....	3
1.1. Definición .....	3
1.2. Desafíos en la actualidad .....	3
1.3. Tipos de educación .....	4
1.4. Modalidades .....	4
1.4.1. Presencial .....	5
1.4.2. Modalidad a distancia .....	5
1.4.3. Diferencias .....	6
1.4.4. Aulas virtuales .....	7
1.5. Tecnologías de la información y la comunicación (TIC) .....	8
1.6. Plataformas de estudio .....	8
1.6.1. Funciones .....	9
1.6.2. Clasificación .....	9
1.6.3. Competencias digitales .....	10
1.6.4. Dispositivos móviles y aprendizaje .....	11
2. Métodos de estudio .....	11
2.1. Diferencia entre estudio y aprendizaje .....	11
2.2. Estilos de aprendizaje .....	12
2.3. Procesos cognitivos .....	12
2.4. Hábitos de estudio .....	13
2.4.1. Consideraciones para el estudio .....	13
3. Teorías pedagógicas .....	14
3.1. Constructivismo .....	14
3.1.1. Antecedentes .....	15
3.1.2. Enfoque .....	15
3.2. Conectivismo .....	16
3.2.1. Antecedentes .....	16
3.2.2. Teorías base del conectivismo .....	17
4. Aprendizaje .....	17

4.1. Definición .....	17
4.2. Componentes del proceso enseñanza aprendizaje.....	18
4.3. Aprendizaje significativo .....	19
4.3.1. Consideraciones para fomentar el aprendizaje significativo .....	20
4.4. Evaluación.....	21
4.5. Estrategias didácticas .....	22
4.5.1. Clasificación .....	23
4.5.2. Relación entre estrategias didácticas y estilos de aprendizaje .....	23
4.5.3. Componentes básicos para su diseño .....	26
Capítulo 2. Metabolismo de carbohidratos y su importancia.....	28
5. Metabolismo .....	29
5.1. Definición .....	29
5.2. Características e importancia .....	29
5.3. Clasificación.....	30
5.3.1. Catabolismo.....	30
5.3.2. Anabolismo.....	31
5.4. Diferencias .....	31
5.5. Localización de las rutas metabólicas .....	32
6. Metabolismo de los carbohidratos.....	33
6.1. Rutas metabólicas de los carbohidratos.....	34
6.1.1. Glucólisis.....	34
6.1.1.1. Importancia biológica .....	34
6.1.1.2. Definición.....	34
6.1.1.3. Proceso con enzimas involucradas .....	34
6.1.1.4. Enfermedades relacionadas .....	37
6.1.1.4.1. Deficiencia de enzimas de la glucólisis .....	37
6.1.1.4.2. Hipoglucemia .....	37
6.1.2. Gluconeogénesis .....	37
6.1.2.1. Importancia biológica .....	37
6.1.2.2. Definición.....	37
6.1.2.3. Proceso con enzimas involucradas .....	38
6.1.2.4. Enfermedades relacionadas .....	38

<b>6.1.3. Glucogénesis</b> .....	39
6.1.3.1. <b>Importancia biológica</b> .....	39
6.1.3.2. <b>Definición</b> .....	39
6.1.3.3. <b>Proceso con enzimas involucradas</b> .....	39
<b>6.1.4. Glucogenólisis</b> .....	40
6.1.4.1. <b>Definición</b> .....	40
6.1.4.2. <b>Proceso con enzimas involucradas</b> .....	40
6.1.4.3. <b>Enfermedades relacionadas al metabolismo del glucógeno</b> .....	41
6.1.4.3.1. <b>Enfermedad de von Gierke</b> .....	41
6.1.4.3.2. <b>Enfermedad de Pompe</b> .....	41
6.1.4.3.3. <b>Enfermedad de Cori</b> .....	41
6.1.4.3.4. <b>Enfermedad de McArdle</b> .....	41
<b>6.1.5. Vía de las pentosas fosfato</b> .....	42
6.1.5.1. <b>Importancia biológica</b> .....	42
6.1.5.2. <b>Definición</b> .....	42
6.1.5.3. <b>Proceso con enzimas involucradas</b> .....	42
6.1.5.4. <b>Enfermedades relacionadas</b> .....	43
6.1.5.4.1. <b>Anemia hemolítica</b> .....	43
6.1.5.4.2. <b>Pentosuria</b> .....	44
6.1.5.4.3. <b>Relación de la Vitamina C con los azúcares</b> .....	44
6.1.5.4.4. <b>Intolerancia a la fructosa</b> .....	44
<b>6.1.6. Ciclo de los ácidos tricarbónicos</b> .....	45
6.1.6.1. <b>Importancia biológica</b> .....	45
6.1.6.2. <b>Definición</b> .....	45
6.1.6.3. <b>Proceso con enzimas involucradas</b> .....	45
6.1.6.4. <b>Enfermedades relacionadas</b> .....	47
6.1.6.4.1. <b>Defectos genéticos de las enzimas</b> .....	47
6.1.6.4.2. <b>Hepatitis aguda</b> .....	47
6.1.6.4.3. <b>Cirrosis</b> .....	47

6.1.7. Cadena respiratoria (Cadena transportadora de electrones y fosforilación oxidativa).....	47
6.1.7.1. Importancia biológica .....	47
6.1.7.2. Definición.....	48
6.1.7.3. Proceso con enzimas involucradas .....	48
6.1.7.4. Enfermedades relacionadas .....	50
6.1.7.4.1. Déficit de piruvato deshidrogenasa .....	50
7. Importancia del metabolismo en el área clínica y farmacéutica .....	52
7.1. Medición enzimática en el laboratorio clínico .....	52
7.2. Metabolismo en las fermentaciones .....	52
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	54
IV. OBJETIVOS.....	55
V. MATERIAL Y MÉTODOS .....	55
1. Diseño .....	55
2. Universo.....	55
3. Recursos.....	56
3.1. Estrategias didácticas.....	56
3.2. Cuestionarios Kahoot .....	66
3.3. Diagramas .....	70
VI. RESULTADOS.....	74
VII. DISCUSIÓN .....	76
VIII. CONCLUSIONES .....	85
IX. PERSPECTIVAS.....	86
X. REFERENCIAS .....	87

## **I. INTRODUCCIÓN**

La introducción del conectivismo en los procesos educativos se basa en las teorías psicosociales propias del constructivismo, y la integración de los recursos digitales para el aprendizaje, así pues, propone la conexión de experiencias que son parte de la formación del conocimiento, como lo describe el principio del constructivismo y las aportaciones de las tecnologías de la información y la comunicación.

Ambas teorías, así como el uso de las tecnologías han modificado los procesos de enseñanza y aprendizaje, transformando la interacción docente-alumno de manera que ambos han tenido que mejorar sus habilidades de manejo de información, comunicación y uso de plataformas virtuales, con el objetivo de lograr aprendizajes que sean significativos.

La enseñanza de cualquier asignatura implica el diseño de estrategias basadas en el contenido temático, complejidad y método de evaluación, no obstante, deben considerarse aspectos como estilos de aprendizaje, material didáctico y herramientas tecnológicas disponibles.

Por lo que en este trabajo se implementaron estrategias didácticas con un enfoque constructivista para el estudio del tema: metabolismo de carbohidratos, el cual es esencial para la formación profesional de los alumnos de la carrera de Química Farmacéutico-Biológica.

El conjunto de estrategias propuesta pretende que el alumno sea capaz de identificar aspectos clave del metabolismo celular y su impacto en la adecuada fisiología del organismo, lo cual resulta importante para los profesionistas de esta área.



## II. MARCO TEÓRICO

### *Capítulo 1*

### *Educación en línea y estrategias didácticas*

*En este capítulo se desarrollan los principios teóricos que fundamentan la propuesta de intervención pedagógica de esta tesis, integra las aportaciones del constructivismo y conectivismo, así como las características y ventajas del aprendizaje en línea y la importancia de los estilos de aprendizaje en el diseño de las estrategias desarrolladas en este trabajo.*

## **1. Educación**

Uno de los factores que afecta directamente el crecimiento y el desarrollo de los individuos y sociedades es la educación. <sup>1</sup>

La educación se ha definido a lo largo de los años con base en la relación presencial y física de los educadores y educandos, sin embargo, pueden agregarse denominadores para delimitar adecuadamente el concepto como educación social, personalizada, a distancia, no obstante, en cualquier termino se hace referencia a dos agentes esenciales del proceso, profesor y alumno, así como a las acciones, enseñar y aprender. <sup>2</sup>

Así mismo, cualquier propuesta educativa está centrada en los aprendizajes logrados, así como en las estrategias de enseñanza.

### **1.1. Definición**

La educación se considera una ciencia ya que tiene un carácter teórico y práctico en la que los individuos logran adquirir diversas estrategias y herramientas con el fin de fortalecer las características propias de cada uno y por la cual se transmiten conocimientos, comportamientos, valores, cultura y formas que permiten el desarrollo del individuo en la sociedad ya que logran aplicarse a lo largo de la vida. <sup>3</sup>

### **1.2. Desafíos en la actualidad <sup>3</sup>**

La humanidad enfrenta una transformación tecnológica que no sólo debe implementar sus recursos, tendría que complementarse con las bases educativas para crear un ambiente digital.

Lograr cambios sustanciales en el paradigma educativo que permita hacer nuevos frentes a las nuevas demandas sociales, supone nuevas tecnologías que son capaces de colaborar en uno de los principales objetivos de la educación: el desarrollo emocional de los alumnos y formación moral. Sin embargo, es necesario analizar, generar e implementar acciones que permitan contextualizar los sistemas educativos con el fin de que respondan las necesidades de los estudiantes dependiendo las necesidades de las sociedades.

Capacitar a los docentes en metodologías de formación virtual y acompañamiento emocional a los estudiantes para prevenir y atender a tiempo esta realidad evitará la deserción escolar como producto de desmotivación o crisis económica.

Los docentes deben tener presente que es imposible lograr los contenidos establecidos diseñados para metodología presencial, para continuar con el proceso formativo de estudiantes es necesario dosificar y priorizar contenidos. <sup>3</sup>

Muchos docentes se enfrentan al problema de cómo integrar las TIC a la metodología tradicional o simplemente no cuentan con los conocimientos para el manejo de las tecnologías cotidianas. Algunos docentes aún no descubren las ventajas de los medios digitales en los procesos educativos, por lo que aún queda mucho por innovar para aprovechar al máximo lo que el mundo digital puede aportar a la formación educativa.

Por lo tanto, se requiere de manera urgente actualizarse y obtener la formación que les brinde habilidades y capacidades frente a este nuevo escenario educativo, es así como las TIC contribuyen a la renovación a metodologías implementadas por los docentes donde esté presente la participación del estudiante en su proceso de aprendizaje. <sup>3</sup>

### **1.3. Tipos de educación**

La educación se divide en formal e informal, la formal se relaciona a la que se recibe por instituciones educativas por medio de programas estructurados obteniendo como resultado final un certificado de cumplimiento de requisitos englobando a la formación escolarizada, técnica y profesional.

La informal sólo complementa a la formal y se refiere a la adquisición de conocimientos, habilidades, actitudes y valores que se obtienen a través de la socialización del entorno que rodea. <sup>3</sup>

### **1.4. Modalidades**

La diferencia no siempre está en las habilidades a desarrollar ni en los contenidos de los programas, sino en la experiencia y la forma de llevar los procesos.

### **1.4.1. Presencial**

La educación presencial o adiestramiento por comunicación existe desde el principio de los tiempos, es considerado la base de la trasmisión del conocimiento, aporta el contacto socializador, la expresión corporal de sensaciones, anhelos y emociones que son imposibles de emular a distancia. <sup>4</sup>

### **1.4.2. Modalidad a distancia**

La educación a distancia es un método o sistema educativo de formación independiente, no presencial mediada por diversas tecnologías, se puede definir como enseñanza y aprendizaje planificado, la enseñanza ocurre en lugar diferente al del aprendizaje, es decir, el docente y alumno no están en el mismo ambiente, requiere de la comunicación a través de tecnologías y de la organización institucional especial, exige mayor independencia y autorregulación por parte del estudiante. <sup>5</sup>

Existe una gran diferencia de la educación a distancia con respecto a un modelo presencial, el docente cumple su papel de guía, pero el alumno es responsable de su formación, debe ser consiente en cómo maneja los procesos de aprendizaje, ya que esta modalidad requiere más interés por parte de los involucrados.

Por ello los docentes deben adaptar los procesos de enseñanza creando espacios de aprendizaje que favorezcan a cada estudiante, es decir, es indispensable la comprensión previa de estilos de aprendizaje que permiten conocer como el alumno percibe los hechos, especialmente en modalidades donde el docente no interactúa directamente con el alumno, de ahí el resultado de su alta exigencia académica. <sup>6</sup>

El aprendizaje en línea, es también conocido como *e-learning* y es una variante del sistema de educación tradicional para la comunicación asincrónica entre estudiantes y profesores. Actualmente el uso del internet y el uso de dispositivos móviles han permitido el desarrollo de nuevas modalidades como la educación en línea que también puede complementar a la modalidad presencial dando a lugar a una educación mixta (conocida como *blended learning*) dando como resultado modalidades híbridas. <sup>7</sup>

### 1.4.3. Diferencias <sup>14</sup>

Es indispensable conocer las particularidades de cada modalidad para que los docentes puedan adecuar las herramientas necesarias que serán utilizadas en clase. La tabla que se muestra a continuación resume y compara las características de ambas formaciones.

<b>Formación virtual</b>	<b>Formación presencial</b>
Propio ritmo de aprendizaje	El estudiante se ajusta a una base de conocimiento
Formación en el momento en el que se necesita ( <i>just in time training</i> )	Determinación de la entrega de materiales formativos
Combinación de diferentes materiales auditivos, visuales y audiovisuales	Adquisición de un conocimiento pasivo que genera actitudes innovadoras, críticas e investigadoras
Una aplicación puede atender a un gran número de estudiantes	Se utilizan materiales impresos y como apoyo la estructuración de la información por parte del docente
El conocimiento es un proceso activo de construcción	Modelo lineal de comunicación
Reduce el tiempo de formación	Comunicación docente- estudiante
Proceso interactivo entre participantes y contenidos	Enseñanza preferentemente grupal
Proceso interactivo entre participantes y contenidos	Enseñanza preferentemente grupal
Tiende a ser de forma individual sin rechazar propuestas colaborativas	Se prepara para desarrollarse en un tiempo y lugar
Se puede utilizar en tiempo disponible	Tiempos y aulas específicas para su desarrollo
Flexible	Rigidez temporal
Experiencia de uso relativa	Experiencia de uso significativa
Disponibilidad insuficiente de recursos para su funcionamiento	Disponibilidad suficiente de recursos para su funcionamiento

**Tabla 1. Características de los dos tipos de formación según aportaciones de los autores Cabero y Gisbert, 2005**

#### 1.4.4. Aulas virtuales <sup>9</sup>

Se definen como espacios o recursos electrónicos con finalidades educativas aquellos donde el alumno puede acceder a actividades similares al proceso de enseñanza-aprendizaje de un curso de manera presencial, lo que involucra leer documentos, realizar ejercicios, cuestionar al docente, trabajar en equipo e individualmente.

Los entornos virtuales pueden ser utilizados para la comunicación sincrónica y asincrónica, gestión de procesos y espacios colaborativos, donde es posible compartir fácilmente el contenido en diversos formatos digitales.

Al experimentar la modalidad a distancia, los docentes implementaron la enseñanza en espacios virtuales con el fin de que los alumnos cumplieran con los objetivos de cada asignatura, siguiendo los siguientes cuestionamientos para su diseño:

- Contexto: ¿Dónde se enseña?
- Contenido: ¿Qué se enseña?
- Objetivo educativo: ¿Para qué se enseña?
- Interacción/Mediación: ¿Qué interacción hay entre el docente y alumno?
- Evaluación: ¿Cómo verifico el aprendizaje?

Su diseño además debe integrar las dimensiones para estructura de un curso en línea, las cuales se enlistan a continuación. <sup>9</sup>

- **Pedagógica.** Incluye objetivos, contenido, organización, estrategia didáctica, etc.
- **Tecnológica.** Elementos tecnológicos que dan soporte a los cursos.
- **Diseño de interfaz.** Se refiere a cómo se ve, cómo se siente y se responde a la interfaz de dicho curso.
- **Evaluación.** Relacionado al aprendizaje.
- **Orientación.** Función del docente sobre el aprendizaje de los alumnos, da seguimiento y retroalimentación a los avances.

Por otro lado, las dimensiones anteriores pueden contrastarse con las identificadas por Area y Adell en 2009. <sup>9</sup>

- **Informativa.** Conjunto de recursos, materiales o elementos de elaboración propia o ajena que permite que los alumnos accedan al conocimiento.
- **Experimental o praxis.** Desarrollo de experiencias en la construcción del conocimiento.
- **Evaluativa.** Descubrimiento del avance del aprendizaje en los estudiantes, las tutorías son parte de esta dimensión.
- **Comunicativa.** Conjunto de acciones de interacción social entre estudiante y profesor.

### 1.5. Tecnologías de la información y la comunicación (TIC)

El desarrollo de las TIC produce cambios crecientes en las sociedades, modificó la forma de relacionarse y comunicarse, estos cambios requieren de la educación para enfrentar los retos tecnológicos. <sup>8</sup>

Los docentes y alumnos pueden desarrollar nuevas destrezas mediante los estímulos que generan las tecnologías de la información y comunicación, así como las plataformas virtuales. <sup>9</sup>

Anteriormente el uso de las TIC no era ajeno a los docentes de diferentes niveles educativos, no obstante, la mayor parte de la educación se impartía en las aulas y las TIC servían sólo de apoyo a una parte de los profesores, conforme pasaban los años se realizaron acciones que incorporan el uso de las TIC, pero sin resultados aceptables. <sup>5</sup>

El intercambio de experiencias mismas que el individuo tiene de sus procesos constructivistas soportan la infraestructura digital y tecnológica, ya que un individuo documenta y argumenta sus experiencias al adoptar las tecnologías para el aprendizaje. <sup>10</sup>

### 1.6. Plataformas de estudio

Las plataformas que constituyen el sistema de gestión de aprendizaje, también conocido como *Learning Management Systems (LMS)* impulsan el *e-learning* y permiten crear contenido interactivo y facilitar los recursos digitales. Estas plataformas

permiten la creación y gestión de cursos completos sin tener conocimientos profundos en programación o diseño gráfico. <sup>9,15</sup>

Las plataformas de aprendizaje son un acompañamiento de las aulas virtuales en donde se integra la metodología y estructuras, también brindan herramientas con las cuales el docente puede crear contenido generando una interacción con los alumnos.<sup>9</sup>

Las plataformas virtuales de aprendizaje o sistemas de gestión de aprendizaje funcionan gracias a dos entornos, por parte del servidor se instala un software especial con operación eficiente, por otro lado, el usuario utiliza las herramientas complementarias a la computadora para poder llevar a cabo el proceso didáctico no presencial y así gestionar la retroalimentación.

### 1.6.1. Funciones

Las principales funciones de estas plataformas de aprendizaje son: <sup>15</sup>

- **Comunicación.** Entre integrantes de la clase con profesores.
- **Gestión del acceso.** Sistema de clave y contraseña dependiendo el perfil del usuario.
- **Evaluación.** Dirigida a alumnos según parámetros de cada materia.
- **Gestión de recursos.** Propios de los alumnos y de la clase.
- **Gestión de servicios.** Interacción entre usuarios por sesiones de videoconferencia, chats, mensajería instantánea.
- **Creación de informes.** Evaluaciones realizadas, correcciones, actualización de sistemas y consumo de recursos.
- **Aprendizaje significativo.** Herramientas que permiten al docente utilizarlas convenientemente con el fin de cumplir con los objetivos del curso.

### 1.6.2. Clasificación <sup>15</sup>

- I. Las plataformas propietarias requieren de un pago que da lugar a la instalación y su mantenimiento, por lo que su valor depende del número de usuarios.



Maneja herramientas y aplicaciones completas y complejas que permiten el seguimiento de un curso virtual con facilidad. (**First Class, WebCT, eCollege y Blackboard**).

- II. También pueden encontrarse las de desarrollo propio, que a diferencia de las mencionadas anteriormente no son comercializadas a organizaciones como las de software libre. Surgen de la investigación de instituciones con fines educativos concretos, algunas de ellas son **Moodle y Claroline**.<sup>16</sup>
- III. Las plataformas de código abierto suelen ser gratuitas ya que ofrecen una licencia especial llamada GPL, licencia pública general, la cual facilita el uso del programa sin importar el propósito, se adapta a las necesidades según su funcionamiento, distribución de copias, mejora del programa para un beneficio público. (**Claroline, Dokeos, Ilias, Moodle**).

Una de las plataformas más utilizadas actualmente a nivel global es Moodle, la cual se usa en Estados Unidos, Canadá, Europa y Latinoamérica.<sup>9</sup>

### 1.6.3. Competencias digitales<sup>5</sup>

Los docentes deben tener un proceso de aprendizaje constante, si un docente no ha tenido contacto con tecnologías no será posible que transmita algo significativo.

El docente debe:

- Ser capaz de diseñar y elaborar los recursos necesarios en diferentes formatos, adaptados y personalizados de acuerdo a las necesidades y requerimientos.
- Solucionar problemáticas en la población estudiantil en relación con la forma de operar y la configuración de sus herramientas tecnológicas.
- Asegurar que los estudiantes logren una comprensión eficiente de las cuestiones técnicas que serán utilizadas.
- Asesorar eficientemente sobre las herramientas para que los estudiantes puedan recopilar información y recuperar datos.
- Lograr que los alumnos sean autodidactas con ayuda de las TIC.
- Estar al tanto de innovaciones y tendencias tecnológicas.

#### **1.6.4. Dispositivos móviles y aprendizaje <sup>17</sup>**

La tecnología móvil ha cambiado la manera en que se interacciona con las personas y a su vez la información y el entorno, sin embargo, en la actualidad las aplicaciones tienen un diseño universal que no se acomoda a cada necesidad de aprendizaje.

Es verdad que este tipo de dispositivos facilitan el aprendizaje interactivo con ritmo propio, acceso sin límite y personalizado, y que por sus características posibilitaría el aprendizaje en cualquier modalidad, siempre y cuando garantice un estilo de aprendizaje, algo que podría diseñarse a futuro mientras el ámbito educativo mantiene el reto de las aplicaciones actuales.

La ubicuidad de estos formatos de aprendizaje rompe con la dependencia y sujeción de un lugar concreto para llevar a cabo una sesión de aprendizaje, de esta manera el acceso a correo electrónico, videoconferencias y posibilitar la conexión con el profesor y resto de los estudiantes. Por otro lado, el aprendizaje digital no está consolidado aún, la innovación educativa en este campo facilita la interacción sin importar el tiempo ni el espacio.

## **2. Métodos de estudio**

### **2.1. Diferencia entre estudio y aprendizaje**

Son dos procesos complementarios, donde el estudio se define como la actividad de aprendizaje intencional, intensivo y autorregulado del cual no se tiene un conocimiento previo.

Por el contrario, el aprendizaje es un proceso interno que personalmente refleja el proceso mental por el cual percibimos contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales, por lo que se dice que se adquiere un conocimiento, cuando se tienen nuevos conocimientos, habilidades y/o destrezas, así como asumir nuevas actitudes.<sup>18</sup>

## **2.2. Estilos de aprendizaje**

El aprendizaje no sólo debe entenderse como un conjunto de conocimientos que se desarrollan en la mente, sino también como habilidades que pueden modificarse con el tiempo.

Los estilos de aprendizaje son rasgos cognitivos, afectivos y fisiológicos que funcionan como indicadores de cómo se percibe y se interrelaciona respondiendo a un ambiente de aprendizaje. Estos rasgos se evidencian en la manera como los sujetos formalizan los esquemas de interpretación además de su relación con los contenidos e información.

A manera de buscar respuestas sobre la calidad de la enseñanza y la manera de aprender de las personas, Neil Fleming construyó el cuestionario VARK, que evalúa cuatro estilos de aprendizaje: visual, auditivo, lectoescritor y kinestésico. Este ha sido aplicado en numerosos estudios, ya que es de fácil manipulación y entrega de información rápida sobre la forma de aprendizaje de los individuos.

La preferencia visual se refiere a adquirir la información a través de imágenes, representaciones gráficas y símbolos; en la auditiva predomina la capacidad de escuchar, facilitando el aprendizaje en conferencias y diálogos; en la lectura-escritura se percibe más fácilmente la información expuesta en palabras escritas; y en la preferencia kinestésica predomina el aprendizaje práctico, esto es, se facilita el aprender haciendo, experimentando con el mundo. <sup>6</sup>

## **2.3. Procesos cognitivos**

Los procesos y habilidades cognitivas orientan y fijan la manera en que el individuo procesa y organiza la información cuando aprende. Se pueden clasificar en básicos y superiores dependiendo de la aplicación, constancia y estrategias, en conclusión, se obtienen buenos resultados por medio del estudio y la correcta implementación de estrategias y procesos cognitivos. <sup>18</sup>

La tabla 2 muestra la importancia de los procesos cognitivos en el aprendizaje.

<b>Proceso cognitivo</b>	<b>Función cognitiva</b>	<b>Clasificación</b>
Sensación	Relacionado con el proceso de aprehensión de lo físico proporcionado por los receptores sensoriales	
Percepción	Integra, organiza e interpreta la información recibida a través de los receptores sensoriales	Básico
Atención	Sistema intencional que selecciona los estímulos relevantes del medio, orienta el comportamiento el cual tiene un fin	Básico
Memoria	Almacenamiento y recuperación de la información	Básico
Pensamiento	Procesa la información estableciendo relaciones, genera ideas basadas en conceptos	Superior
Inteligencia	Resolución de problemas de índole diferente a las cuales está expuesto el individuo	Superior
Lenguaje	Instrumento complejo y creativo organizado en diferentes niveles	Superior

**Tabla 2. Información acerca de cognición y procesos cognitivos que es parte del Manual para uso exclusivo de estudiantes de la Universidad de San Martín de Porres, Lima**

## **2.4. Hábitos de estudio**

Son prácticas cotidianas que involucran dedicación y disciplina para la organización de tiempo y espacios, técnicas y métodos de estudio.

Carecer de hábitos de estudio afecta el rendimiento académico por lo que el estudiante puede manifestar preocupación, nerviosismo, depresión, bruxismo, somnolencia, problemas de concentración, trastornos digestivos, dolores abdominales, cansancio, fatiga, trastornos alimenticios o de sueño. <sup>19</sup>

### **2.4.1. Consideraciones para el estudio <sup>19</sup>**

Para Hernández y García el estudio es una secuencia de acciones complejas donde deben utilizarse los refuerzos apropiados para obtener rendimientos satisfactorios, resumido como un paradigma conductista.

- **Condiciones de estudio.** Temperatura, ventilación, mobiliario, iluminación, organización, tiempo de estudio y horarios.
- **Técnicas de estudio.** Diferenciación de ideas principales y secundarias, manejo de organizadores de la información.
- **Estructurar la tarea de estudio.** Desarrollar el aprendizaje gradualmente.
- **Curva del aprendizaje.** Precalentamiento, ascenso, meseta, descenso y fatiga.
- **Periodos de descanso.** Potenciar el aprendizaje
- **Motivación.** Potenciar el interés por el estudio.
- **Refuerzos.** Consolidar los hábitos y técnicas de estudio.

Por otra parte, el paradigma cognitivo se interesa en los procesos mentales, la comprensión y la metacognición.

- **Memorización.** Representa el proceso más característico de la conducta de estudio.
- **Estructura del texto.** El texto permite comprender el funcionamiento de la mente humana y la actividad de estudiar.
- **Procesos cognitivos.** Almacenes informativos, representaciones mentales.
- **Mente.** Sistema conductor de la información.
- **Mejoras en el estudio.** Desarrollo de ciertas operaciones cognitivas.
- **Técnicas de trabajo.** Permiten entrenar al alumno en determinadas estrategias de atención, elaboración y organización de la información.

### 3. Teorías pedagógicas

El conectivismo y constructivismo integran nociones pedagógicas asociadas a la manera cómo se enseña y aprende, en el marco del uso de las TIC y el internet. <sup>10</sup>

#### 3.1. Constructivismo

El constructivismo se puede entender como un conjunto de teorías que afirman que los sujetos construyen su propia comprensión de conocimientos sobre el mundo a través de su experiencia. El contexto en el que se desarrollan los estudiantes es fundamental para generar experiencias significativas. <sup>11</sup>

Esta teoría pedagógica sostiene la idea de que el individuo se va formando a lo largo de la vida por medio de la interacción con el entorno sociocultural, que ha impactado el mundo de la educación y ofrece nuevas maneras de pensar la relación de aprendizaje que tiene el docente con sus alumnos.

### **3.1.1. Antecedentes**

El constructivismo se relaciona con la idea de crear o construir, sin embargo, no es una corriente de pensamiento uniforme ya que sus representantes mantienen puntos de vista en común con algunas divergencias, lo que produce una propuesta pedagógica más interesante. <sup>11</sup>

Los principios básicos que derivan desde la perspectiva del constructivismo son: <sup>11, 20</sup>

- El aprendizaje es un proceso constructivo interno que interpreta y explica lo que pasa alrededor.
- El conocimiento previo adquirido se pone en acción para poder reestructurar.
- Los conocimientos previos son el punto de partida de cualquier aprendizaje.
- La construcción y transformación del propio conocimiento se facilita con la interacción con el medio.
- El aprendizaje se produce en el conflicto con lo que se sabe y lo que se debería saber.

### **3.1.2. Enfoque**

El constructivismo es una teoría epistemológica que pretende responder cómo se construye el conocimiento en el ser humano lo cual influye directamente a las áreas de la educación debido a que la preocupación principal de un docente es planear la mejor manera de que los alumnos aprendan. <sup>20</sup>

Existen múltiples posturas constructivistas que abordan la educación, donde el alumno es el protagonista, distanciándose de los procesos pedagógicos conductistas centrados en la enseñanza. <sup>20</sup>

En el constructivismo el centro de aprendizaje es el estudiante donde participa activamente en tareas asignadas, valora y respeta a los demás, propone soluciones innovadoras, construye su propio conocimiento y posee una visión transformadora.<sup>21</sup>

El enfoque constructivista identifica al aprendizaje con la creación de significados a partir de experiencias, considerándolo como una actividad mental, porque la mente filtra lo que nos llega del exterior para producir su propia realidad. <sup>28</sup>

### **3.2. Conectivismo**

Se enfoca en el aprendizaje complejo basado en la colaboración, interacción y conexiones en las redes que se van formando según la información requerida por los nodos (redes) integradas que procesan, seleccionan y reorganizan la información vital.

El conocimiento no sólo se almacena en el ser humano, se genera en redes y bases de datos y está sujeto a cambios por lo que debe decidir entre el conocimiento actualizado y obsoleto.

#### **3.2.1. Antecedentes**

El conectivismo no surgió para sustituir las teorías del aprendizaje, sino para reafirmar un elemento conceptual que refiera la revolución de las tecnologías de la información y comunicación (TIC), se asocian al ámbito de las discusiones sobre cómo la mente en el aprendizaje en el ámbito de los procesos cognitivos del pensamiento, cognición social, la información en la red, comportamientos de los sistemas, se relacionan con el conocimiento y por consiguiente con el aprendizaje y enseñanza.<sup>10</sup>

El conectivismo se basa en los principios de Siemens, 2004: <sup>8</sup>

- El aprendizaje y el conocimiento dependen de la diversidad de opiniones.
- El aprendizaje es un proceso de conexión de fuentes de información especializadas.
- El aprendizaje puede residir en dispositivos no humanos.
- La capacidad de saber más es crítica.
- La alimentación y mantenimiento continuo de las conexiones es necesario para facilitar el aprendizaje.
- Ver conexiones entre áreas, ideas y conceptos es una habilidad clave.
- La intención de todas las actividades conectivistas de aprendizaje es la actualización.

- La toma de decisiones es un proceso de aprendizaje.

### **3.2.2. Teorías base del conectivismo <sup>22</sup>**

Las raíces del conectivismo se basan en las teorías del aprendizaje, desde la perspectiva social y psicológica está el conductismo representado por Pávlov, Thorndike, Skinner y Watson quienes rescatan el aprendizaje como un cambio de conducta.

Ausubel, Gagné, Bandura, Brunner y Piaget establecen después la teoría del cognitivismo donde la motivación se basa en la satisfacción de lo aprendido, en la cual, se involucra la metacognición como proceso de logro del conocimiento organizado.

Posteriormente surge el constructivismo en donde los aprendices construyen su propio conocimiento, cuando la teoría evoluciona a un aspecto social los constructos se realizan con base en otros en un entorno social, representado por Vygotski. Papert representa otra teoría importante a considerar, el construccionismo, la cual se enfoca al aprendizaje mediante la creatividad y experimentación.

En la teoría del conectivismo o aprendizaje conectivo se mencionan dos saberes: “saber dónde” implica el conocimiento adecuado para buscar y filtrar la información, el “saber transformar” es la alineación del conocimiento con la realidad. <sup>22</sup>

Para el conectivismo, el aprendizaje es la interconexión entre personas, documentos, bases de datos u organizaciones que constantemente están incrementando, el aprendizaje surge cuando se construye la red inicial.

## **4. Aprendizaje**

### **4.1. Definición**

Es un proceso dinámico y contradictorio de adquisiciones y desprendimientos, de aprendizajes y desaprendizajes donde los estudiantes alcanzan progresivamente, por etapas, distintos niveles de autonomía. Es comunicativo por esencia, considerando que todas las influencias educativas que en este se generan, a partir de las relaciones



humanas que se establecen en el proceso de actividad conjunta, de interacciones, se producen en situaciones de comunicación. <sup>23</sup>

Tiene como objetivo fundamental el crecimiento humano, para contribuir a la formación y desarrollo de una personalidad auto determinada.

#### **4.2. Componentes del proceso enseñanza aprendizaje <sup>23</sup>**

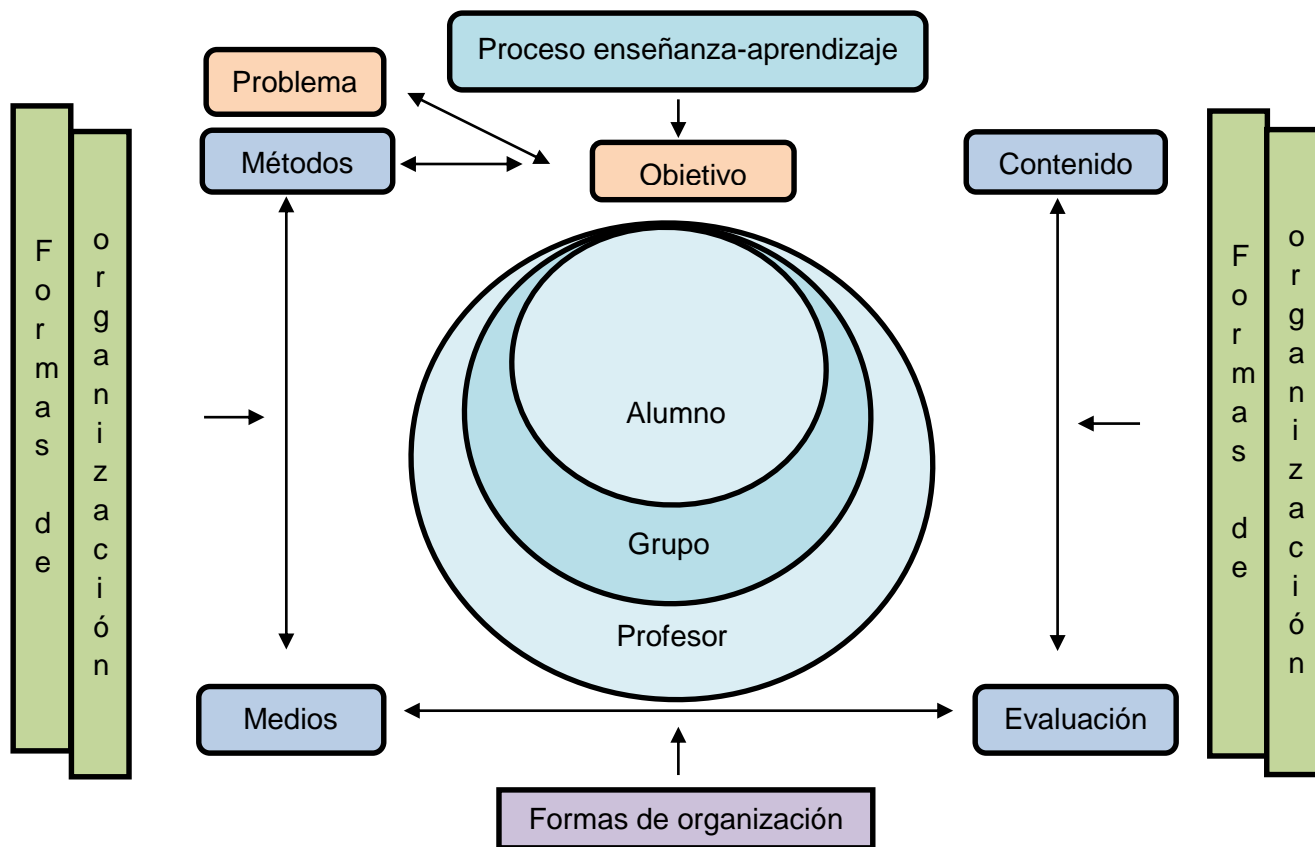
La identificación de cuáles son los componentes del proceso enseñanza-aprendizaje debe considerar que aprender conforma una unidad con la enseñanza; mediante esta se potencia, no sólo el aprendizaje sino el desarrollo humano, siempre y cuando existan situaciones en las que los participantes se apropien de los recursos que les permitan operar con la realidad y un reto para la forma de pensar, sentir y actuar.

Los componentes se describen a continuación y su relación en el proceso enseñanza-aprendizaje se muestra en el esquema 1.

Rol del profesor. Es un agente de cambio que participa desde sus saberes, el enriquecimiento de los contenidos más preciados de la cultura y la sociedad.

- Dirige la situación de aprendizaje, orientando a los estudiantes, evalúa el proceso y el resultado.
- Sustenta su autoridad como profesional de la educación de la disciplina que imparte, en la metodología de enseñanza-aprendizaje.
- Coordina al grupo de estudiantes ofreciéndoles los teóricos metodológicos y prácticos.

Rol del estudiante. Es un participante activo, reflexivo y valorativo de la situación de aprendizaje, donde desde una implicación personal progresiva asimila la cultura de forma personalizada, consciente, crítica y creadora en un proceso de conocimiento contradictorio y dinámico en el que construye y reconstruye con los otros sus aprendizajes.



**Esquema 1. Relación entre los componentes (Gilberto García Bautista y coautores, 2004)**

### 4.3. Aprendizaje significativo <sup>24</sup>

Diversos autores han realizado del aprendizaje significativo su objeto de estudio, del cual se destacan las siguientes definiciones:

**Solé y Coll, 1993:** Proceso de elaboración de una representación personal sobre un objeto de la realidad o contenido que pretendemos aprender, por medio del cual modificamos lo que ya poseíamos e interpretamos lo nuevo de forma peculiar, para poder integrarlo y hacerlo propio, otorgándole significado.

**Moreira, 2000:** Proceso a través del cual una misma información se relaciona, de manera no arbitraria (no literal), con un aspecto relevante de la estructura cognitiva del individuo.

**Díaz-Barriga y Hernández, 2005:** Es aquel que conduce a la creación de estructuras de conocimiento mediante la relación sustantiva entre la nueva información y las ideas previas de los estudiantes.

Para esta tesis se consideró la definición de: Díaz-Barriga y Hernández.

#### **4.3.1. Consideraciones para fomentar el aprendizaje significativo <sup>21</sup>**

Los docentes son responsables de ofrecer educación de calidad, que sea capaz de proporcionar oportunidades de interacción social, cada componente educativo en sus diversas unidades debe establecer objetivos y planes de trabajo para fundar una concepción constructivista.

Con base en el estudio de César Coll y otros autores (2019) fue posible rescatar algunos modelos pedagógicos que tuvieron origen en Europa, América Latina y Ecuador, así como ideas constructivistas que fomentan el aprendizaje significativo y su evaluación, los cuales se enlistan a continuación.

- Un ambiente de aburrimiento con ansiedad y emociones negativas interfiere en el proceso y recepción del nuevo aprendizaje.
- El docente debe utilizar estrategias cognitivas, metacognitivas y afectivas que ayuden a asociar, analizar y pensar permitiendo la construcción de un aprendizaje significativo desde una concepción constructivista.
- Las estrategias cognitivas implican la manipulación mental y física de la información por lo que es un enlace con el conocimiento previo, las metacognitivas incorporan las cognitivas y la comprensión de la información. Por otro lado, las afectivas permiten la autonomía para construir nuevas ideas o conceptos adquiriendo nuevas destrezas sociales.
- El aprendizaje es un proceso activo, donde se aprende lo que se hace, poniendo el cuerpo en acción a través de la sensación y el pensamiento.
- Es importante relacionar los conocimientos previos con los nuevos para conseguir un aprendizaje significativo, el docente debe saber que aprendizaje no es reproducir la realidad más bien el alumno debe manifestar disposición a este.

- La zona de desarrollo próximo se define cómo la distancia entre el nivel de desarrollo independiente y el nivel de desarrollo potencial que se puede alcanzar con ayuda de un experto. Es un espacio dinámico en el cual se adquiere cierta capacidad para construir un conocimiento.
- Para intervenir en la zona de desarrollo próximo es necesario establecer un ambiente basado en la confianza, seguridad y aceptación mutua.
- Además de promover la utilización y profundización autónoma del conocimiento, emplear el lenguaje lo más claro posible para contextualizar la experiencia evitando malentendidos.

#### **4.4. Evaluación**

La evaluación es un proceso complejo en el que el docente debe aportar los elementos necesarios para juzgar el aprendizaje utilizando como herramienta la evaluación dando a conocer los antecedentes que utiliza como referencia. El propósito de evaluar define el sentido ya sea para seleccionar, medir, calificar, planificar o sancionar con la finalidad de que el proceso evaluativo sea una retroalimentación que mejore los aprendizajes. <sup>13</sup>

La calidad del proceso evaluativo se define por la evidencia del nivel y logros de aprendizaje por adquirir, por lo que el primer cuestionamiento es acerca de lo que se desea evaluar, el docente debe dar el tratamiento adecuado para cada aprendizaje y que sea coherente con la evaluación. <sup>24</sup>

La evaluación tradicional mide la cantidad de información memorizada mientras que la constructivista se enfoca en la capacidad análisis y síntesis fundamentada en el desarrollo de habilidades cognitivas, procedimentales y actitudinales, resolución de problemas, capacidad de aplicar los conocimientos adquiridos, reflexión y creatividad.<sup>21</sup>

Es necesario contar con las herramientas necesarias para la evaluación, estas dependen del tipo de actividad a implementar en clase, la tabla 3 permite la visualización de su clasificación, de modo que sirve como una orientación al docente.

Producción de estudiantes	Oral	Interrogaciones	Representaciones
		Disertaciones	Debates
		Analogías	
	Escrito	Elección múltiple	Respuestas combinadas
		Verdadero/Falso	Informes
		Términos pareados	Generación de preguntas
	Representaciones gráficas	Mapas conceptuales	Dibujos e imágenes
	Prácticas	Situaciones/Simulación	Método de casos
		Portafolio	Seminario

**Tabla 3. Instrumentos de evaluación de aprendizaje (Salazar, 2013) <sup>13</sup>**

#### **4.5. Estrategias didácticas <sup>13</sup>**

El concepto de estrategia ha sido transferido al ámbito de la educación en el marco de las propuestas de “enseñar a pensar” y de “aprender a aprender”. Las estrategias son un sistema de actividades, acciones y operaciones que permiten la realización de una tarea con una calidad requerida.

Las estrategias no sólo orientan a un objetivo, dan una secuencia concreta que reduce recursos, optimiza tiempos y evita esfuerzos innecesarios obteniendo el resultado esperado.

#### **4.5.1. Clasificación <sup>13</sup>**

El análisis de las estrategias hecha por cuatro autores hace énfasis en cuatro principales grupos, los cuales son:

- I. Las cognoscitivas hablan acerca de la atención guiada por parte del estudiante, presta atención a las características de la lectura que le permitirán seleccionar y reflexionar lo que aprende y cómo lo emplea para la resolución de problemas.
- I. Las estrategias de aprendizaje se fundamentan en una serie de actividades organizadas y concretas que son adaptadas a las características de los estudiantes, a los recursos y contenido de estudio, es decir, permiten la información, orientación y motivación en los alumnos.
- II. En cuanto a las didácticas son acciones físicas y mentales que facilitan la interacción entre el aprendizaje y la enseñanza, la ayuda que existe durante el proceso para entregar un resultado con la calidad requerida.
- III. Las estrategias de aprendizaje tienen un enfoque de responsabilidad que recae en el alumno, este debe tener la capacidad de reconocer nuevos conocimientos, identificar los ya obtenidos y asimilarlo con el tema para la solución de problemas y demandas académicas

#### **4.5.2. Relación entre estrategias didácticas y estilos de aprendizaje <sup>13</sup>**

El concepto de estrategias didácticas engloba a las estrategias de aprendizaje y estrategias de enseñanza como perspectiva del alumno y profesor respectivamente.

Su finalidad es ser aplicadas para potenciar y desarrollar el aprendizaje en los alumnos por lo que es necesario conocer sus estilos de aprendizaje, debido a que el proceso es complejo y exigente diversas ocasiones debe optarse por una variedad de estrategias didácticas que pongan en práctica los diferentes estilos de aprendizaje.

<b>Estrategia</b>	<b>Descripción</b>	<b>Estilo de aprendizaje</b>
Lluvia de ideas	Presentación de ideas sin limitaciones con el fin de brindar soluciones nuevas	Activo
Lámina/Foto	Proyección como entrada a un tema nuevo	Pragmático/ Activo
Frases incompletas	Completar frases truncas	Reflexivo/ Teórico
Concordar/Discordar	Presentación de enunciados breves que hacen reflexionar al alumno sobre su punto de vista	Reflexivo
Escribir sobre...	Escribir algo sobre el tema a tratar	Teórico/Reflexivo
Estudio de caso	Descripción de una situación real o hipotética	Teórico
Situación problema	Resolución de problemáticas relacionadas a los temas vistos en clase	Pragmático
Método de proyectos	Enfrentamiento a situaciones reales con soluciones prácticas con manifiesto de determinada teoría	Activo/ Reflexivo/ Teórico/ Pragmático
Exposición	Presentación de un tema estructurado donde se extraen los puntos más importantes	Activo/ Reflexivo/ Pragmático
Juego de roles	Representación actuada de situaciones reales de la vida real relacionadas a un área específica	Activo/ Reflexivo/ Teórico/ Pragmático

Trabajo de investigación	Recopilación y reporte de información en equipo o individualmente que busca soluciones	Activo/ Reflexivo/ Teórico/ Pragmático
Conferencia interactiva	Participación activa de alumnos ubicados en diferentes lugares geográficos	Activo
Actividades de práctica	Aplicación repetida de una habilidad que genera práctica	Pragmático
Búsqueda de internet	Recopilación de información en fuentes de búsqueda	Pragmático
Foros de discusión	Expresión libre de un tema propuesta vía internet o presencial	Activo/ Reflexivo
Mapas conceptuales	Representación que permite visualizar conceptos y la relación entre ellos	Teórico/ Pragmático
Plataformas educativas	Acceso a material del curso e interacción entre alumnos y profesores	Activo/ Reflexivo/ Teórico/ Pragmático
Proyectos de aprendizaje tutorado	Promoción del aprendizaje autónomo de los estudiantes bajo la supervisión del profesor	Activo/ Reflexivo/ Pragmático

**Tabla 4. Estrategias de aprendizaje realizadas por los autores Horton, Ferreiro, Lago y otros, Díaz Barriga, Hernández Rojas, García Cué y Gutiérrez Tapias con base en sus investigaciones y propuestas**

Donde el estilo pragmático es realista y prefiere la aplicación inmediata de las ideas aprendidas, los alumnos reflexivos tienden a ser analíticos, receptivos y observan con detenimiento las situaciones. Los teóricos se enfocan en problemas por etapas lógicas, adaptando e integrando las observaciones dentro de teorías metódicas, estructuradas y complejas. Por último, el estilo activo se describe por personas de mentes abiertas no escépticas y entusiasmadas por tareas nuevas. <sup>25</sup>



De acuerdo con las descripciones y definiciones establecidas en la tabla 4, el docente puede identificar los estilos de aprendizaje convenientemente en caso de que opte por manejar la clasificación de Honey y Munford.

#### 4.5.3. Componentes básicos para su diseño <sup>13</sup>

Nombre	Personaliza o mantiene el anonimato del autor
Contexto	Escenario
Duración	Tiempo necesario para consolidar o transferir
Objetivos/Competencias	Orientan proceso enseñanza-aprendizaje
Fundamento teórico	Orienta el aprendizaje que asume el docente
Contenido	Basado en objetivos y competencias
Secuencia didáctica	Procedimiento detallado orientado al desarrollo de competencias
Recursos	Materiales y medios que motivan y captan la atención del estudiante
Evaluación	Actividad enfocada en qué, cómo y cuándo evaluar

**Tabla 5. Resumen de componentes básicos de una estrategia didáctica basado en el diseño propuesto por Gutiérrez Tapias, 2015.**

El contenido de la asignatura de Bioquímica Celular y de los Tejidos I es uno de los más complejos y extensos en el plan de estudios actual de la carrera de QFB, presenta un alto índice de alumnos con calificaciones no aprobatorias y bajo rendimiento académico, según datos obtenidos de las actas de calificación ordinarias.<sup>39</sup>

Es el caso de la unidad de metabolismo de carbohidratos donde se registra una disminución de las calificaciones con respecto a otras unidades, lo que refleja la falta de material de apoyo en este módulo. Los componentes enlistados en la tabla 5 serán considerados para el diseño de las estrategias didácticas. Cabe destacar que la implementación de estrategias no busca reemplazar las actividades establecidas por el docente, su función principal es de soporte, por lo que su implementación es opcional.

## *Capítulo 2*

### *Metabolismo de carbohidratos y su importancia*

*Este capítulo incluye los conceptos más importantes del metabolismo de carbohidratos, importancia biológica, principales rutas, enzimas y puntos de regulación, así como las enfermedades relacionadas con las deficiencias que pueden presentarse en cada ruta.*

## **5. Metabolismo**

### **5.1. Definición**

El metabolismo se define como un conjunto de reacciones catalizadas por enzimas que tienen lugar en un sitio de una célula viva, donde cada subunidad celular posee funciones específicas de manera coordinada y organizada para mantener la vida de la célula. Tiene cuatro funciones principales:

- Obtener energía a partir de los nutrientes de la dieta.
- Transformar precursores de las macromoléculas presentes en nutrientes.
- Polimerizar moléculas pequeñas para formar moléculas complejas.
- Sintetizar y degradar las biomoléculas con funciones especializadas.

El estado dinámico del metabolismo y los mecanismos que lo regulan son primordiales para el entendimiento e interpretación de los procesos vitales. El metabolismo tiene lugar a través de las reacciones consecutivas que producen intermediarios químicos o metabolitos. <sup>33</sup>

### **5.2. Características e importancia**

El conocimiento del metabolismo es esencial para el fundamento de una anomalía, es anormal debido a varios factores como la deficiencia de enzimas, nutrición inadecuada, secreción anormal de hormonas o acción de fármacos y toxinas.

El metabolismo describe la conversión de compuestos químicos en el organismo, las vías que siguen las moléculas individuales, sus interrelaciones y los mecanismos que regulan el flujo de metabolitos a través de las vías en sus tres principales categorías.<sup>27</sup>

Las cuatro principales características de las vías metabólicas se basan en la obtención de productos necesarios para la célula. <sup>33</sup>

- I. Las vías metabólicas son irreversibles (exergónicas) lo cual le confiere dirección, es decir, si dos metabolitos son inconvertibles, la vía que origina el segundo a partir del primero no es la misma en un proceso inverso debido a que debería suministrarse energía para su funcionamiento en sentido contrario.

- II. Al inicio de cada vía metabólica generalmente existe una reacción irreversible que obliga al intermediario a seguir a lo largo de la vía.
- III. El control de flujo de metabolitos a través de la vía metabólica para evitar la síntesis de metabolitos innecesarios es regulado por la etapa irreversible ya que funciona como un limitante de velocidad que permite el equilibrio de sustratos y productos.
- IV. El desarrollo de las vías metabólicas se da en orgánulos subcelulares como parte fundamental del metabolismo debido al transporte de metabolitos y permeabilidad en membranas biológicas.

La regulación de las rutas metabólicas se efectúa por tres mecanismos diferentes. <sup>33</sup>

- I. A través de enzimas reguladoras, es decir, en rutas catabólicas se forma ATP o NADH los cuales son inhibidores alostéricos y en rutas anabólicas el producto final actúa como inhibidor.
- II. Mediante la concentración de una enzima, este es el resultado de la velocidad de síntesis y degradación y es dependiente de las condiciones. Las que se encuentran en cantidades constantes se denominan constitutivas y las que son sintetizadas por presencia de sustratos son inducibles.
- III. Para organismos superiores las hormonas que son sintetizadas por las glándulas endocrinas se encargan de estimular o inhibir las actividades metabólicas en órganos y tejidos. <sup>33</sup>

### **5.3. Clasificación**

#### **5.3.1. Catabolismo**

El metabolismo se divide en catabolismo y anabolismo, donde el catabolismo es la fase degradativa del metabolismo en la que los nutrientes como las proteínas, lípidos y carbohidratos provenientes de la ingesta diaria de alimentos o de los depósitos de la misma célula pueden degradarse mediante reacciones de oxidación en productos menos complejos como ácido láctico, ácido acético, amoníaco, urea y CO<sub>2</sub>.

En el catabolismo se libera energía inherente en la estructura compleja de las moléculas orgánicas, esta energía es transformada en adenosina trifosfato (ATP). Las vías catabólicas son procesos exotérmicos. <sup>33</sup>

### **5.3.2. Anabolismo**

Es la fase constructiva, de síntesis del metabolismo o de biosíntesis, donde las pequeñas moléculas precursoras de las células se unen para formar componentes celulares como polisacáridos, ácidos nucleicos, proteínas y lípidos. Debido a que se generan de la biosíntesis moléculas de mayor tamaño y complejidad estructural se requiere de energía libre, la cual es proporcionada por hidrólisis de ATP. Las vías anabólicas son procesos endotérmicos. <sup>33</sup>

Y por último cabe mencionar que las vías anfibólicas representan una conexión entre vías catabólicas y anabólicas, como lo es el ciclo del ácido cítrico. <sup>27</sup>

### **5.4. Diferencias <sup>30</sup>**

El catabolismo y el anabolismo son procesos complementarios integrados, estas relaciones permiten la eficiencia metabólica en los organismos. La tabla 7 enlista las diferencias más significativas.

- Reducción/ Oxidación. El proceso de una vía catabólica no implica la oxidación de un intermediario metabólico al igual que en vías anabólicas no se reduce el intermediario metabólico.

En el catabolismo se usan las formas oxidativas ( $\text{NAD}^+$  y  $\text{NADP}^+$ ) produciendo las reducidas ( $\text{NADH}$  y  $\text{NADPH}$ ), a diferencia del anabolismo que necesita de las formas reducidas para producir las oxidadas.

- Energética. El catabolismo requiere de ADP y una producción de ATP, el cual, sirve como fuente de energía para reacciones consumidoras de energía del anabolismo.
- Material inicial, metabolitos intermediarios y productos. Los productos finales y metabolitos intermediarios generados por el catabolismo sirven como materiales iniciales del anabolismo o viceversa.

<b>Catabolismo</b>	<b>Anabolismo</b>
Degradante	Sintético
Oxidante	Reductor
Generador de energía	Consumidor de energía
Variedad de materiales iniciales pero productos finales bien definidos	Materiales iniciales bien definidos y variedad de productos finales

**Tabla 6. Resumen de las diferencias entre vías catabólicas y anabólicas** <sup>30</sup>

### 5.5. Localización de las rutas metabólicas

En las células de los organismos superiores, como el hombre, las rutas metabólicas se llevan a cabo en orgánulos o compartimentos lo que facilita su regulación, como se muestra en la tabla 7. Por ejemplo, para las rutas principales, las enzimas que catalizan la conversión de glucosa en ácido láctico se encuentran en el citoplasma ya que es la porción soluble, las del ciclo de Krebs en mitocondrias. <sup>33</sup>

El destino de algunas moléculas depende de su ubicación en el citosol o la mitocondria por lo que el flujo viene regulado a través de la membrana interna mitocondrial.

<b>Citosol</b>	<b>Mitocondria</b>	<b>Ambos compartimentos</b>
Glucólisis	Ciclo del ácido cítrico	Gluconeogénesis
Vía de las pentosas fosfato	Fosforilación oxidativa	Síntesis de la urea
Síntesis de ácidos grasos	B-oxidación oxidativa	-----

**Tabla 7. Localización de las principales vías metabólicas** <sup>33</sup>

## 6. Metabolismo de los carbohidratos

Los carbohidratos tienen importantes funciones estructurales y metabólicas, estos se encuentran ampliamente distribuidos en animales y vegetales.

La importancia en vegetales radica en la síntesis del carbohidrato principal, la glucosa que permite el almacenamiento en forma de almidón y la producción celulosa de paredes de células vegetales. En animales es el principal combustible metabólico. <sup>27</sup>

El metabolismo de los carbohidratos es regulado por mecanismos complejos en los que participan hormonas, metabolitos y coenzimas. <sup>45</sup>

- Hormonas. Las más importantes son la insulina y el glucagón, el rol de la insulina activa la enzima glucógeno sintasa induciendo la actividad de varias enzimas de la glucólisis y reprimiendo la síntesis de las que forman parte de la gluconeogénesis. La glucólisis es una vía catabólica, es decir, degrada la glucosa para la obtención de energía. Por el contrario, la gluconeogénesis es el proceso por el cual se produce glucosa, por lo que se considera de tipo anabólica.

El glucagón es un antagonista de la insulina por lo que realiza el proceso contrario, es decir, reprime la enzima piruvato cinasa e induce las de la gluconeogénesis. La adrenalina inhibe la síntesis de glucógeno y activa su degradación.

Por otro lado, el cortisol también induce la actividad de todas las enzimas clave de la gluconeogénesis y las que degradan a los aminoácidos.

- Metabolitos. La degradación de la glucosa produce estos metabolitos, donde las altas concentraciones de citrato y ATP inhiben la glucólisis por regulación alostérica de la fosfofructocinasa, por su parte el ATP y el Acetil-CoA inhiben la piruvato cinasa.

El AMP y ADP indican la falta de ATP activando la degradación de glucosa e inhibiendo la gluconeogénesis. <sup>45</sup>



## **6.1. Rutas metabólicas de los carbohidratos**

### **6.1.1. Glucólisis**

#### **6.1.1.1. Importancia biológica**

Para el buen funcionamiento de tejidos existe un requerimiento por mínimo que sea de glucosa, por ejemplo en el cerebro el requerimiento es mayor ya que no puede satisfacer en más del 20% de sus necesidades por medio de cuerpo cetónicos, por otro lado están los eritrocitos que carecen de mitocondrias por lo que dependen completamente del metabolismo de la glucosa a través de la glucólisis anaeróbica, se debe tener presente que esta vía puede funcionar de manera aerobia y anaerobia, según la disponibilidad de oxígeno y cadena de transporte de electrones. <sup>27</sup>

#### **6.1.1.2. Definición**

La glucólisis es la principal ruta para el metabolismo de la glucosa y la principal vía para el metabolismo de la fructosa, galactosa y otros carbohidratos derivados de la dieta. La capacidad de la glucólisis para producir ATP en ausencia de oxígeno tiene especial importancia, porque esto permite al músculo estriado tener un desempeño a cifras muy altas de gasto de trabajo cuando el aporte de oxígeno es insuficiente y permite a los tejidos sobrevivir a episodios de anoxia. <sup>27</sup>

#### **6.1.1.3. Proceso con enzimas involucradas**

La primera reacción implica la entrada de la glucosa a la glucólisis gracias a un fosforilación usando el ATP como fuente de fosfato dando glucosa 6-fosfato catalizada por la hexocinasa. Se considera una reacción irreversible ya que esta enzima es inhibida por su producto de forma alostérica.

La glucosa 6-fosfato se convierte en fructosa 6-fosfato mediante la fosfohexosa isomerasa, es el cambio de una aldosa a cetosa, esta reacción sigue de una fosforilación por la enzima fosfofructocinasa que forma fructosa 1,6-bisfosfato y es funcionalmente irreversible.

Posteriormente la enzima aldolasa divide la fructosa 1,6-bisfosfato en dos triosas fosfato, el gliceraldehído 3-fosfato y la dihidroxiacetona fosfato, la enzima fosfotriosa

isomerasa convierte la cetona en aldehído y como resultado dos moléculas de gliceraldehído 3-fosfato.

El gliceraldehído 3-fosfato continúa oxidándose a gliceraldehído 1,3-bisfosfoglicerato con una enzima dependiente de NAD llamada Gliceraldehído-3-fosfato deshidrogenasa.

La siguiente constituye una fosforilación a nivel sustrato, es decir, un grupo fosfato se transfiere del gliceraldehído 1,3-bisfosfoglicerato hacia el ADP, formando el ATP y 3-fosfoglicerato. En esta reacción se obtienen dos ATP por la obtención de dos triosas fosfato en reacciones anteriores.

Se da una isomerización del 3-fosfoglicerato a 2-fosfoglicerato por la enzima fosfoglicerato mutasa, puede presentar un intermediario 2,3-bisfosoglicerato (DPG). El siguiente paso es una deshidratación que forma fosfoenol piruvato catalizado por la enolasa la cual es inhibida por fluoruro, al final del proceso el grupo fosfato del fosfoenol se transfiere al ADP mediante la piruvato cinasa formando dos ATP por cada molécula de glucosa que se oxida. Esta reacción es irreversible en condiciones fisiológicas ya que el cambio de energía que se genera es producto de la isomerización espontánea a piruvato, no es capaz de pasar a una reacción inversa.

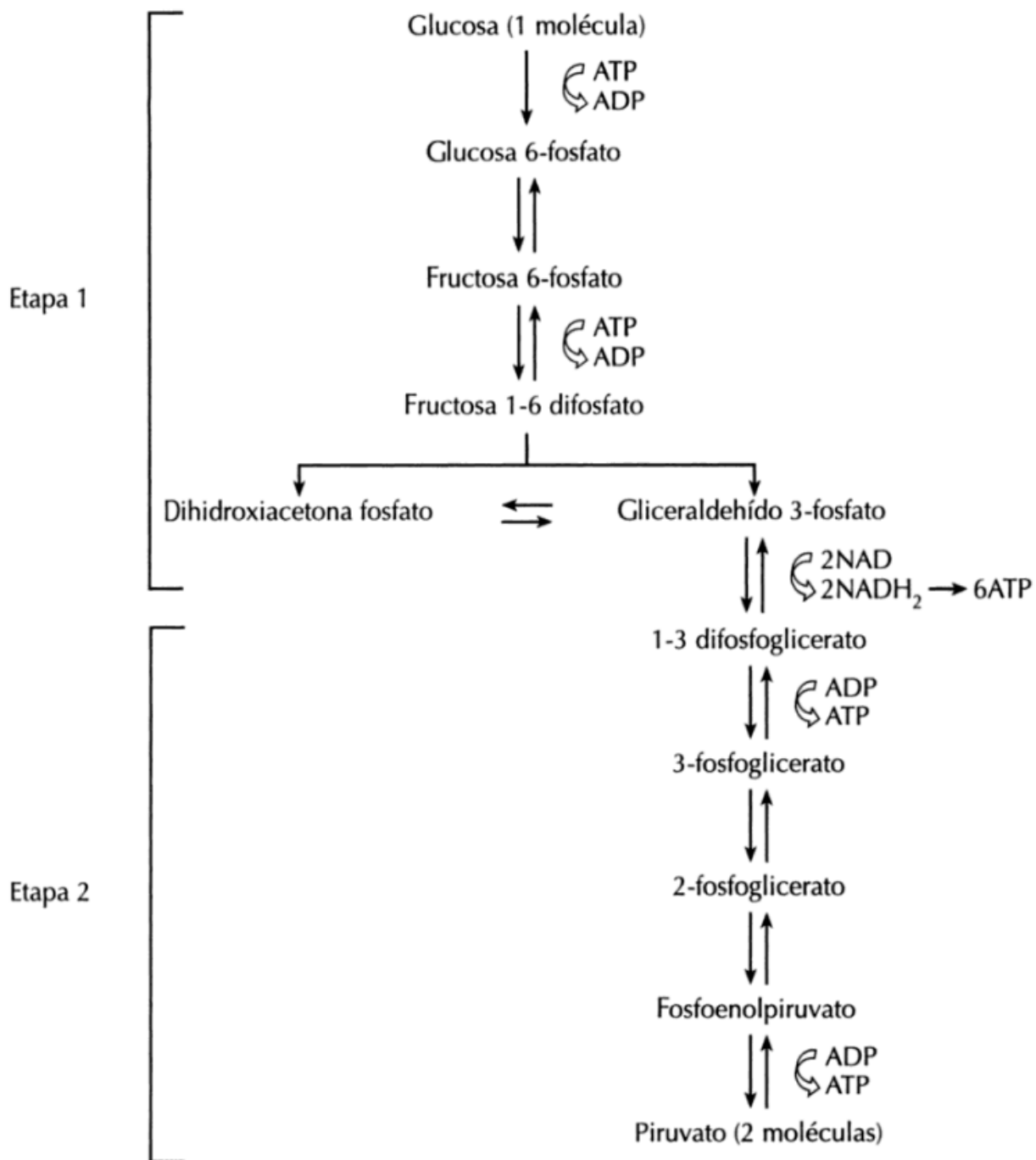


Figura 1. Secuencia de reacciones de la glucólisis (Adaptación) <sup>46</sup>

#### **6.1.1.4. Enfermedades relacionadas** <sup>27, 32</sup>

##### **6.1.1.4.1. Deficiencia de enzimas de la glucólisis**

Las enfermedades en las cuales hay deficiencia de enzimas glucolíticas, por ejemplo, piruvato cinasa se observa sobre todo en anemias hemolíticas o en su defecto afecta el músculo estriado, por ejemplo, la fosfofructocinasa produciendo fatiga.

En células cancerosas en crecimiento rápido, la glucólisis procede a un índice alto, formando grandes cantidades de piruvato, el cual es reducido a lactato y exportado. Esto produce un ambiente local hasta cierto punto ácido en el tumor, mismo que puede tener inferencias para la terapia del cáncer.

La acidosis láctica se produce por varias causas, entre ellas actividad alterada del piruvato deshidrogenasa, especialmente en la deficiencia de tiamina (vitamina B<sub>1</sub>).

##### **6.1.1.4.2. Hipoglucemia**

Causa disfunción cerebral lo que puede conducir a coma y muerte.

#### **6.1.2. Gluconeogénesis**

##### **6.1.2.1. Importancia biológica**

Es uno de los procesos más importantes de los organismos vivos ya que las células requieren glucosa para el metabolismo y las del cerebro de manera esencial.

La concentración de glucosa en sangre debe permanecer dentro de un intervalo adecuado y el control se consigue mediante la regulación precisa del metabolismo del glucógeno, un modelo de regulación de rutas inversas. <sup>33</sup>

##### **6.1.2.2. Definición** <sup>34</sup>

La gluconeogénesis es el proceso de síntesis de glucosa o de glucógeno a partir de precursores que no son carbohidratos. Los principales sustratos son los aminoácidos glucogénicos, lactato, glicerol y propionato. El hígado y los riñones son los principales tejidos gluconeogénicos; los riñones pueden contribuir hasta con el 40% de la síntesis de la glucosa total en el estado de ayuno y con más durante la inanición.

Un aporte de glucosa es necesario, en especial para el sistema nervioso y los eritrocitos. Después de un ayuno durante toda la noche, la glucogenólisis y a gluconeogénesis hacen contribuciones casi iguales a la glucosa en sangre; a medida que las reservas de glucógeno se agotan, la gluconeogénesis se hace progresivamente más importante.

### **6.1.2.3. Proceso con enzimas involucradas <sup>27</sup>**

La reversión de la reacción catalizada por piruvato cinasa en la glucólisis involucra dos reacciones endotérmicas. Esta enzima cataliza la carboxilación de piruvato a oxalacetato, la cual requiere de ATP y de biotina como coenzima. La biotina se une al CO<sub>2</sub> proveniente del bicarbonato como carboxibiotina antes de la unión del CO<sub>2</sub> al piruvato.

La descarboxilación y fosforilación del oxalacetato a fosfoenol piruvato es catalizada por la fosfoenolpiruvato carboxinasa usando GTP como donador de fosfato. El GTP genera un enlace entre el ciclo del ácido cítrico y la gluconeogénesis previniendo la eliminación excesiva de oxalacetato y la alteración del ácido cítrico.

Después de la siguiente serie de reacciones y la enzima correspondiente llegan a formar fructosa 1,6-bisfosfato, después fructosa 1,6-bisfosfatasa cataliza la conversión de fructosa 1,6-bisfosfato a fructosa 6-fosfato para la reversión de la glucólisis.

La glucosa 6-fosfatasa cataliza la conversión de glucosa 6-fosfato en glucosa, dicha enzima está presente en hígado y riñones, al no estar presente en músculo y riñones no puede exportarse a torrente sanguíneo.

### **6.1.2.4. Enfermedades relacionadas**

#### **6.1.2.4.1. Glucosuria**

En altas concentraciones de glucosa se altera la captación y utilización de este carbohidrato alterando a los principales órganos consumidores, el músculo y tejido adiposo, al mismo tiempo se estimula la gluconeogénesis por aumento de la proteólisis en el músculo, si el nivel de glucosa sobrepasa la capacidad del riñón de poder reabsorberla se empezaría a eliminar por orina.

### **6.1.3. Glucogénesis**

#### **6.1.3.1. Importancia biológica <sup>27</sup>**

El glucógeno es el principal carbohidrato de almacenamiento en animales, es proporcional al almidón en vegetales. Se encuentra principalmente almacenado en hígado y músculos. El glucógeno hepático tiene como función es almacenar glucosa y exportarla para mantener la glucosa sanguínea entre comidas, el glucógeno del músculo proporciona una fuente de glucosa fácilmente disponible para la glucólisis.

La degradación de glucógeno ocurre en condiciones en las que los niveles de glucosa sanguínea han disminuido, por lo tanto, se requiere de suplemento adicional de glucosa para restablecer las concentraciones normales.

#### **6.1.3.2. Definición**

Es la vía en la que se sintetiza glucógeno a partir de glucosa, ocurre exclusivamente en el citoplasma, se encuentra activada cuando hay excesos de glucosa. <sup>30</sup>

#### **6.1.3.3. Proceso con enzimas involucradas <sup>30</sup>**

La glucosa es fosforilada a glucosa 6-fosfato por acción de la hexoquinasa, posteriormente se convierte en glucosa 1-fosfato en una reacción catalizada por la enzima fosfoglucomutasa, esta enzima está fosforilada y el grupo fosfato participa para formar el intermediario glucosa 1,6-bisfosfato.

Luego ocurre una reacción clave, la formación de UDPG, por acción de la enzima UDP-glucosa pirofosforilasa. El UDPG es un donador de glucosa para la siguiente reacción gracias a la enzima glucógeno sintasa, esta cataliza la transferencia de residuos de glucosa desde el UDPG al extremo no reductor del glucógeno, sin embargo, la enzima requiere de un polímero precursor del glucógeno que actúe como cebador. Se debe considerar que la actividad de la enzima glucógeno sintasa es regulada por la acción hormonal de la insulina, glucagón y adrenalina ya que depende de la fosforilación o desfosforilación que resulta en ser inactiva o activa respectivamente.

La siguiente etapa sería la ramificación del glucógeno, esto se logra mediante la enzima ramificante, glicosil-(4->6) transferasa, la cual cataliza la transferencia de un fragmento terminal de seis residuos de glucosa desde un extremo no reductor de once residuos de glucosa hasta el C-6 hidroxil del residuo de glucosa del extremo interior de la misma u otra cadena de glucógeno.

Una vez creada la nueva ramificación, la enzima, glucógeno sintasa puede seguir uniendo más residuos en la posición  $\alpha 1 \rightarrow 4$ , lo que permite aumentar los extremos no reductores por consiguiente el número de lugares donde podría actuar esta enzima.

#### **6.1.4. Glucogenólisis**

##### **6.1.4.1. Definición**

Es una ruta metabólica opuesta a la glucogénesis ya que consiste en la degradación de glucógeno a glucosa, este proceso se lleva a cabo en el citoplasma. <sup>30</sup>

##### **6.1.4.2. Proceso con enzimas involucradas <sup>30, 34</sup>**

La movilización de glucógeno involucra la ruptura de los enlaces  $\alpha 1 \rightarrow 4$  por medio de la enzima glucógeno fosforilasa, esta cataliza la liberación y fosforilación de la glucosa que forma al glucógeno, esta reacción requiere de una coenzima llamada piroxidal fosfato.

La enzima glucógeno fosforilasa acorta las cadenas de glucógeno eliminando los restos glucosilo terminales y como resultado moléculas de glucosa 1-fosfato, debido a que esta enzima sólo puede modificar enlaces  $\alpha 1 \rightarrow 4$  una segunda enzima desramificante conocida como oligo ( $\alpha 1 \rightarrow 6$ ) a ( $\alpha 1 \rightarrow 4$ ) glucanotransferasa produce la liberación de las glucosas que se encuentran en la base de las ramificaciones de glucógeno como glucosa 1-fosfato, excepto las que constituyen puntos de ramificación que aparecen como glucosa libre. El nivel de ramificación es, por cada molécula de que se libera como glucosa libre de 11 a 14 aparecen como glucosa 1-fosfato.

Finalmente, la tercera enzima que interviene es la fosfoglucomutasa, donde un grupo fosforilo es transferido desde la fosfoenzima activa a la glucosa 1-fosfato formando

glucosa 1,6-bisfosfato, la cual se fosforila nuevamente a la enzima para producir glucosa 6-fosfato.

### **6.1.4.3. Enfermedades relacionadas al metabolismo del glucógeno <sup>26</sup>**

#### **6.1.4.3.1. Enfermedad de von Gierke**

Es la enfermedad más común asociada al almacenamiento de glucógeno, se produce por la deficiencia de la glucosa 6-fosfatasa del hígado, mucosa intestinal y riñón. Múltiples manifestaciones clínicas son resultado de su ausencia. La hipoglucemia en ayuno deriva de la importancia de la enzima que obtiene glucosa a partir de glucógeno hepático, algunos pacientes la obtienen por acción de la enzima desramificante.

Produce acidemia láctica debido a que el hígado no puede utilizar el lactato para síntesis de la glucosa y como respuesta al glucagón el hígado produce ácido láctico inadecuadamente, es un efecto contrario, dicha hormona debería desencadenar la liberación de glucosa sin producción de lactato.

#### **6.1.4.3.2. Enfermedad de Pompe**

Se produce que por la carencia de la enzima  $\alpha$ -1,4-glucosidasa que conduce a la acumulación de glucógeno en todos los tejidos y se encuentra en lisosomas, no se conoce aún información exacta de la acumulación de glucógeno extra lisosómico, por otro lado, se sabe que se produce cardiomegalia masiva a edad temprana.

#### **6.1.4.3.3. Enfermedad de Cori**

El glucógeno se acumula debido a que sólo las ramas exteriores pueden ser eliminadas de la molécula por la fosforilasa, existe una deficiencia de la enzima desramificante. Sin embargo, la hipoglucemia y sus complicaciones son menos graves ya que la gluconeogénesis no es afectada.

#### **6.1.4.3.4. Enfermedad de McArdle**

Es también una enfermedad de almacenamiento de glucógeno que se debe a la ausencia fosforilasa muscular. Los pacientes sufren calambres musculares dolorosos que les impide realizar ejercicios vigorosos, debido a que los depósitos de glucógeno muscular no están disponibles para el músculo en ejercicio.



Los músculos se dañan por el suministro inadecuado de energía y almacenamiento de glucógeno, además de la liberación de las enzimas: creatina fosfoquinasa, aldolasa, mioglobina, los elevados niveles de estas sustancias en sangre producen un trastorno muscular.

### **6.1.5. Vía de las pentosas fosfato**

#### **6.1.5.1. Importancia biológica**

Es una de las diversas rutas implicadas en el metabolismo de azúcares y en las células animales tiene singular importancia, la también conocida como la desviación de las hexosas monofosfato o ruta del 6-fosfogluconato. Esta vía funciona paralelamente a la glucólisis y el ciclo de Krebs para la producción de poder reductor en forma de NADPH e intermediarios tipo pentosa. <sup>26</sup>

#### **6.1.5.2. Definición**

La vía de las pentosas fosfato es una ruta alternativa del metabolismo de la glucosa, a pesar de que no genera ATP tiene dos funciones importantes, la primera es que forma NADPH para la síntesis ácidos grasos y esteroides manteniendo reducido el glutatión para la actividad antioxidante, la segunda se relaciona a la formación de ribosa para la formación de nucleótidos y ácidos nucleicos.

Es una ruta más compleja que la glucólisis, tres moléculas glucosa 6-fosfato dan lugar a tres moléculas de CO<sub>2</sub> y tres azúcares de cinco carbonos. <sup>27</sup>

#### **6.1.5.3. Proceso con enzimas involucradas <sup>27, 31</sup>**

Las enzimas de esta vía al igual que las de glucólisis son citosólicas, sin embargo, la oxidación se da por medio de la deshidrogenación usando NADP<sup>+</sup> como aceptor de hidrógeno.

La secuencia de reacciones se divide en dos fases: la irreversible oxidativa y la reversible no oxidativa. La vía comienza con la oxidación de la glucosa-6-fosfato por deshidrogenación obteniendo NADPH + H<sup>+</sup> y 6-fosfogluconolactona, posteriormente este enlace éster liberando el grupo carboxilo del 6-fosfogluconato.

En la última etapa de esta primera fase del grupo carboxilo se libera en forma de CO<sub>2</sub> mientras es oxidado el grupo hidroxilo del C-3 obteniendo NADPH + H<sup>+</sup> y ribulosa 5-fosfato la cual se isomeriza para obtener ribosa-5-fosfato, el precursor de la biosíntesis de nucleótidos, por catálisis de la ribosa 5-fosfato cetoisomerasa.

La transcetolasa transfiere la unidad de dos carbonos, el C-1 y C-2 de la cetosa hacia el carbono de un aldehído de una aldosa, esto afecta la conversión y se produce una aldosa con dos carbonos menos y una cetosa con dos carbonos más, es decir, la transferencia de carbonos de xilulosa 5-fosfato produce la sedoheptulosa 7- fosfato, y la aldosa gliceraldehído 3-fosfato. Esta reacción requiere de Mg<sup>2+</sup> difosfato de tiamina como coenzima.

Seguido de una transaldolación, la transaldolasa transfiere una porción de la dihidroxiacetona de la cetosa sedoheptulosa 7- fosfato a la aldosa gliceraldehído 3-fosfato para formar fructosa 6-fosfato y eritrosa 4-fosfato.

La oxidación completa de la glucosa por esta vía se da por la presencia de enzimas en el tejido que convierten al gliceraldehído 3-fosfato en glucosa 6-fosfato, esto es la reversión de la glucólisis y la enzima glucogénica fructosa 1,6-bisfosfatasa. Los tejidos que carecen de esta enzima continúan la ruta de la glucólisis a piruvato.

#### **6.1.5.4. Enfermedades relacionadas <sup>27</sup>**

##### **6.1.5.4.1. Anemia hemolítica**

La deficiencia genética de glucosa 6-fosfato deshidrogenasa, la primera enzima de la vía de las pentosas fosfato y la degeneración de NADPH causa lisis de los eritrocitos cuando los pacientes presentan susceptibilidad están sujetos a estrés oxidativo por infección, fármacos o favismo provocando gravedad o muerte.

La enzima glutatión peroxidasa depende de la aportación suficiente de NADPH, en eritrocitos sólo puede formarse por medio de la ruta de la pentosa fosfato, esta reduce peróxidos orgánicos y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> como autodefensa a la peroxidación lipídica.

La evaluación nutricional de tiamina se lleva a cabo por mediación de la transcetolasa de eritrocitos y su activación con difosfato de tiamina.

#### **6.1.5.4.2. Pentosuria**

Es una alteración de la vía del ácido urónico, cuando aparecen cantidades considerables de L-xilulosa en orina es consecuencia de la falta de la enzima que convierte de L-xilulosa a xilitol.

Por otra parte, algunos fármacos tienden a aumentar el índice al cual la glucosa entra a la vía del ácido urónico, como es el caso del barbital o clorobutanol.

Incluso la ingesta excesiva de frutas como las peras producen pentosuria alimentaria ya que son ricas en pentosas.

#### **6.1.5.4.3. Relación de la Vitamina C con los azúcares <sup>27, 32</sup>**

La falta de la enzima gulonolactona oxidasa en primates y otros animales explica su importancia en los seres humanos, el ácido ascórbico es una lactona no saturada que la mayoría de los animales pueden sintetizar a excepción de los cobayos, primates y humanos por lo que deben de obtenerlo a través de la dieta.

La oxidación atmosférica de esta vitamina conduce a la pérdida de su actividad, en consecuencia, la falta de alimentos frescos provoca su deficiencia provocando una enfermedad llamada escorbuto.

En esta enfermedad, los defectos en la estructura del colágeno causan lesiones cutáneas y fragilidad capilar. La presencia de hidroxiprolina es necesaria para la estabilidad del colágeno en los enlaces cruzados de puentes de hidrógeno de las fibras de colágeno, a su vez el ácido ascórbico es esencial para la actividad de la propil hidroxilasa ya que convierte los residuos de propil e hidroxiprolina en colágeno.

#### **6.1.5.4.4. Intolerancia a la fructosa**

La intolerancia a la fructosa hereditaria se caracteriza por hipoglucemia y vómito después de su consumo, como resultado de la deficiencia de fructosa 1,6-bisfosfatasa es la hipoglucemia ya que la fructosa 1-fosfato y fructosa 1,6-bisfosfatasa inhibe alostéricamente la fosforilasa hepática sin importar las reservas de glucógeno.

El agotamiento de ATP e hiperuricemia se produce por el secuestro del fosfato inorgánico.

## **6.1.6. Ciclo de los ácidos tricarboxílicos**

### **6.1.6.1. Importancia biológica**

El ciclo del ácido cítrico es la vía común para la oxidación de carbohidratos, lípidos y proteínas ya que la glucosa, ácidos grasos y aminoácidos se metabolizan a acetil-CoA o intermediarios del ciclo.

Es fundamental en la gluconeogénesis, lipogénesis e interconversión de aminoácidos, estos procesos ocurren en la mayoría de los tejidos, pero el hígado es el único tejido.<sup>27</sup>

### **6.1.6.2. Definición**

El ciclo de del ácido cítrico, ciclo de Krebs o ciclo de los ácidos tricarboxílicos es una ruta anfibólica que además de oxidar las porciones de acetil-CoA es importante para el suministro de esqueletos de carbono para la gluconeogénesis, síntesis de ácidos grasos e interconversión de aminoácidos.

Es la principal vía de formación de ATP gracias a la secuencia de reacciones en las mitocondrias adyacente a enzimas de la cadena respiratoria y fosforilación oxidativa.<sup>27</sup>

### **6.1.6.3. Proceso con enzimas involucradas <sup>27</sup>**

La reacción inicial del ciclo es formar el ácido cítrico a partir de acetil CoA y oxalacetato catalizada por la enzima citrato sintasa, es formado por un enlace carbono-carbono. El enlace tioéster del citril-CoA se hidroliza y libera citrato y CoASH, una reacción exotérmica.

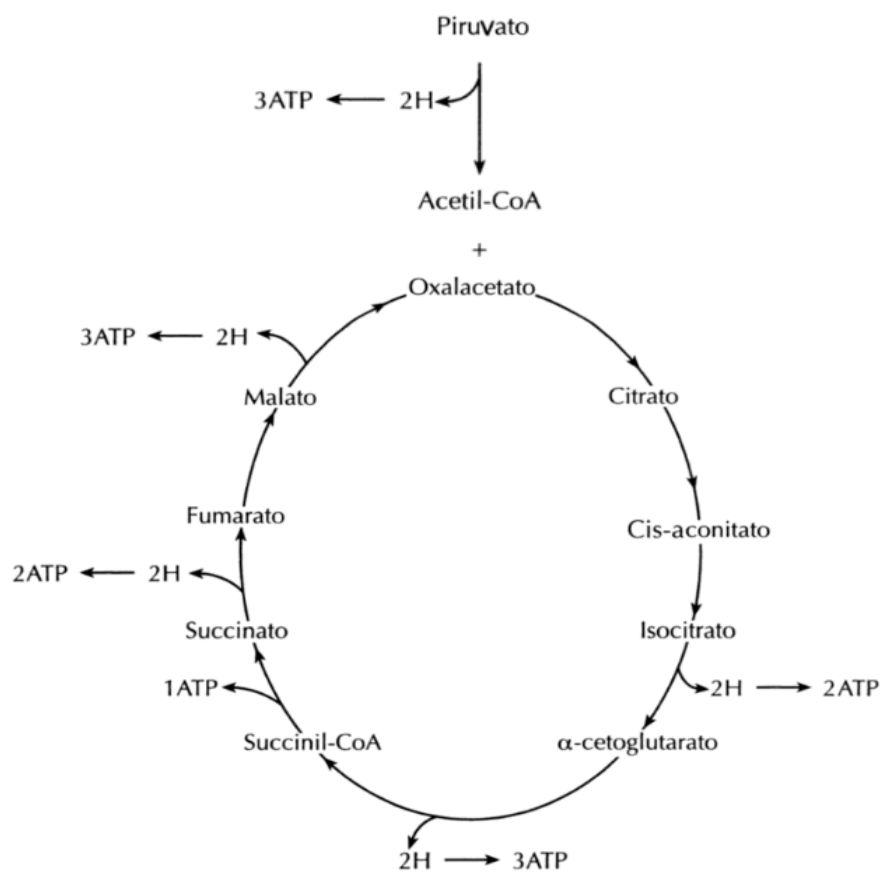
La aconitasa cataliza la isomerización del citrato a isocitrato, esta reacción involucra dos pasos, una deshidratación a cis-aconitato y rehidratación a isocitrato. La reacción de deshidrogenación del isocitrato genera oxalasuccinato que después es descarboxilado y pasa  $\alpha$ -cetoglutarato. La descarboxilación requiere de  $Mg^{2+}$  o  $Mn^{2+}$ .

El complejo del  $\alpha$ -cetoglutarato deshidrogenasa requiere los mismos factores que el complejo de piruvato deshidrogenasa, difosfato de tiamina, lipoato,  $NAD^+$ , FAD y CoA y origina la formación de succinil-CoA, este se convierte en succinato mediante la enzima succinato tiocinasa, es la única fosforilación a nivel sustrato en todo el ciclo.

La primera reacción de deshidrogenación que forma el fumarato es catalizada por la succinato deshidrogenasa que se encuentra unida a la superficie interna de la membrana de la membrana mitocondrial interna y está compuesta por FAD y proteína hierro-azufre (Fe: S).

El malato se produce con la adición de agua al doble enlace del fumarato por acción de la enzima fumarasa, finalmente la malato deshidrogenasa lo convierte en oxalacetato con requerimiento de  $\text{NAD}^+$ .

Como resultado de las reacciones de deshidrogenación en el ciclo se producen tres moléculas de NADH y una de  $\text{FADH}_2$  por cada molécula de acetil CoA catabolizada en una vuelta.



**Figura 2. Ciclo de Krebs (Adaptación) <sup>46</sup>**

#### **6.1.6.4. Enfermedades relacionadas <sup>27</sup>**

##### **6.1.6.4.1. Defectos genéticos de las enzimas**

Grave daño neurológico por la alteración de la formación de ATP en el sistema nervioso central.

##### **6.1.6.4.2. Hepatitis aguda**

Cantidad considerable de células hepáticas dañadas.

##### **6.1.6.4.3. Cirrosis**

Células hepáticas reemplazadas por tejido conjuntivo.

#### **6.1.7. Cadena respiratoria (Cadena transportadora de electrones y fosforilación oxidativa)**

La degradación de carbohidratos, grasas y aminoácidos en las células aeróbicas convergen en la fase final de la respiración celular.

La cadena respiratoria es un grupo de enzimas mitocondriales que catalizan los electrones fluyen desde los sustratos orgánicos hasta el oxígeno. <sup>34</sup>

##### **6.1.7.1. Importancia biológica**

Los organismos aerobios pueden captar una proporción mucho mayor de la energía libre disponible de los sustratos respiratorios que los organismos anaerobios. La mayor parte de este proceso tiene lugar dentro de las mitocondrias, denominadas centrales de energía de la célula. La respiración está acoplada a la generación del intermediario de alta energía, ATP, por medio de fosforilación oxidativa.

Todas las etapas enzimáticas de la degradación por oxidación de los carbohidratos, lípidos y aminoácidos en células anaeróbicas convergen en esta fase final de la respiración celular, en la que los electrones fluyen desde los sustratos orgánicos hasta el oxígeno, rindiendo energía para la generación de ATP a partir de ADP y fosfato. <sup>34</sup>

### **6.1.7.2. Definición**

Se le llama cadena respiratoria o cadena transportadora de electrones al grupo de enzimas mitocondriales, acopladas, que actúan en estrecho contacto físico para catalizar este transporte electrónico. De esta forma el nombre cadena transportadora de electrones se refiere a la oxidación y reducción como pérdida o ganancia de electrones, de forma que un sistema que promueve oxidaciones biológicas implica la transferencia de electrones. Dicho sistema utiliza una secuencia o “cadena” de reacciones acopladas.

El término cadena respiratoria apunta a que las reacciones acopladas implican un consumo de O<sub>2</sub>, es decir, respiración.

### **6.1.7.3. Proceso con enzimas involucradas <sup>30</sup>**

La cadena respiratoria está formada por una gran cantidad de proteínas, divididas en complejos proteicos. Existen dos grandes familias de proteínas: las que transportan hidrógenos completos (protones + electrones) y las que transportan exclusivamente electrones.

Los electrones que viajan a lo largo de la cadena provienen de dos fuentes principales, dos moléculas con un alto poder reductor, el NADH y el FADH<sub>2</sub>, estas se originan en el ciclo de Krebs o en otras vías metabólicas que las producen como metabolitos intermedios.

De la molécula de NADH, provienen dos electrones, los cuales son transportados por diferencia de potencial a lo largo del complejo I (C-I) de la cadena respiratoria, al llegar al final de este complejo, los mismos electrones son transportados al complejo III (C-III). Sin embargo, antes de que esto ocurra, aparentemente, los electrones provocan cambios conformacionales en las proteínas del C-I, lo que le permite a cuatro protones de la matriz mitocondrial pasar al espacio intermembrana. Los electrones viajan a lo largo del C-III a través de una serie de proteínas, después, pasan al último complejo de la cadena, el complejo IV (C-IV). En el complejo III se liberan cuatro protones hacia el espacio intermembrana. Por último, los mismo dos electrones del principio que pasaron al complejo IV son donados por la última proteína de este complejo (citocromo oxidasa) al aceptor final, que es el oxígeno. Al ocurrir esto también se

liberan protones al espacio intermembrana, pero solo dos y no cuatro como ocurrió en los complejos C-I y C-III. En total, durante todo el trayecto de los electrones por la cadena respiratoria, se liberan diez protones al espacio intermembrana, hecho que será de gran relevancia para la síntesis de ATP.

Los dos electrones que venían desde el NADH van a unirse a un átomo de oxígeno para formar una molécula de agua, con la participación de dos protones que se encuentran en la matriz mitocondrial, producto de muchas reacciones químicas, inclusive las del ciclo de Krebs.

Los electrones no entran a la cadena por el complejo I sino por el complejo II (C-II) que no era utilizado por los electrones del FADH<sub>2</sub>, compuesto formado en la reacción en la que el succinato se transforma en fumarato en el ciclo de Krebs; la reacción es catalizada por la enzima del succinato deshidrogenasa, esta enzima tiene la particularidad de ser la única del ciclo de Krebs que se encuentra asociada fuertemente a la membrana interna de la mitocondria.

Los dos electrones provenientes del FADH<sub>2</sub> se transportan hasta el complejo III. En el complejo II no se da la liberación de protones al espacio intermembrana. Una vez que los electrones han llegado al complejo III y se han liberado cuatro protones al espacio intermembrana, pasan al IV donde se liberan también dos protones y de ahí pasan esos electrones al oxígeno cómo se explicó en la situación en la que el NADH era el agente reductor.

El acople entre el transporte de electrones y la síntesis de ATP en la cadena respiratoria a partir de ADP + Pi (fosfato inorgánico), se conoce como fosforilación oxidativa. La síntesis de ATP depende del gradiente de protones que se creó entre la matriz mitocondrial y el espacio intermembrana.

El trabajo conjunto de tres transportadores asegura la síntesis de ATP, la translocasa y el simporte proveen la materia ADP y Pi respectivamente y la ATP-sintasa los conjuga para sintetizar el ATP en la mitocondria. Además, la translocasa permite la salida del ATP de la mitocondria para que esta molécula pueda ser utilizada en otras partes de la célula.



Las células deben controlar de manera muy precisa la síntesis de ATP. En este proceso participan de manera coordinada todas las vías metabólicas que generan los elementos necesarios para dicha síntesis como, entre otros, el ADP, el Pi y el poder reductor en forma de NADH o de FADH<sub>2</sub>. De esta manera se determina la velocidad de síntesis que, además, debe responder a las condiciones metabólicas imperantes, pues, por ejemplo, no se necesita la misma energía al dormir que al realizar ejercicio.

#### **6.1.7.4. Enfermedades relacionadas <sup>27</sup>**

##### **6.1.7.4.1. Déficit de piruvato deshidrogenasa**

Se ha detectado en niños una deficiencia de la enzima piruvato deshidrogenasa, muestran habitualmente niveles séricos elevados de lactato, piruvato y alanina, lo que produce acidosis láctica crónica. Los pacientes presentan graves defectos neurológicos y en la mayoría de los casos la muerte.

Los pacientes pueden sufrir un shock debido a la acidosis láctica ya que la reducción en el aporte de CO<sub>2</sub> a los tejidos inhibe a la piruvato deshidrogenasa e incrementa el metabolismo anaeróbico.

El diagnóstico se realiza por ensayo del complejo enzimático y sus diversas subunidades en cultivos de fibroblastos de piel extraídos del paciente. En el tratamiento se emplea dicloroacetato, un inhibidor de la piruvato deshidrogenasa quinasa, la cual es responsable de la inhibición de la enzima y por consiguiente del complejo enzimático.

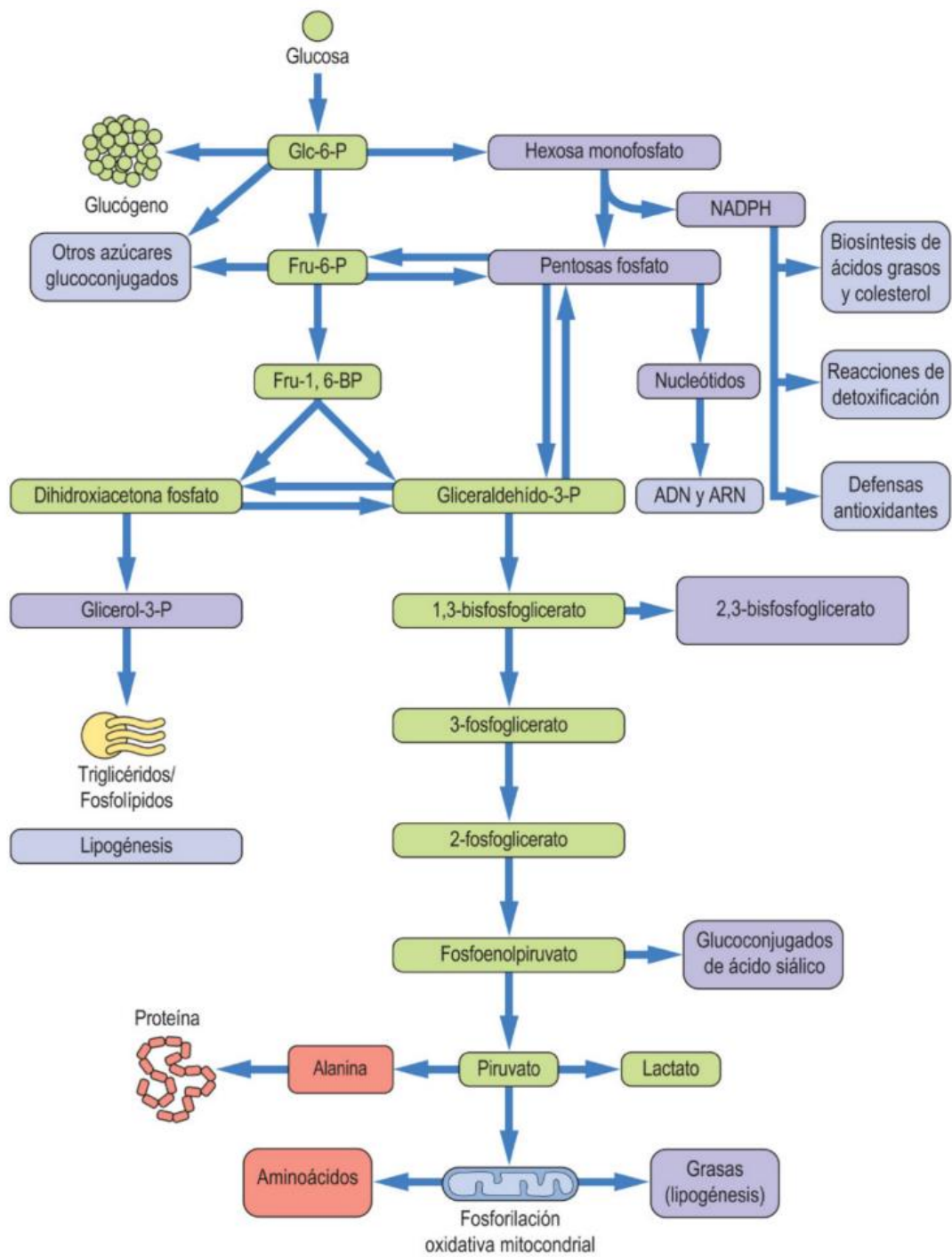


Figura 3. Interacción de la glucólisis con otras rutas metabólicas <sup>35</sup>

## **7. Importancia del metabolismo en el área clínica y farmacéutica <sup>35</sup>**

Diversas sustancias afectan los procesos metabólicos por lo que los inhibidores enzimáticos tienen especial importancia. Algunos fármacos actúan como inhibidores enzimáticos sin importar su naturaleza, sus metabolitos también pueden inhibir la actividad enzimática. Sin embargo, la mayoría de estos actúan de manera reversible.

Una enzima puede ser inhibida competitivamente cuando la estructura de una sustancia es similar al sustrato, estos compuestos compiten por el centro activo de la enzima. La inhibición es el resultado del acceso del sustrato, lo que resulta en una reacción de inhibición competitiva, la velocidad de la reacción catalizada por enzima en presencia de un inhibidor competitivo puede aumentarse incrementando la concentración del sustrato.

### **7.1. Medición enzimática en el laboratorio clínico <sup>35</sup>**

Una de las formas más habituales para determinar la concentración de glucosa en sangre es mediante la mezcla de glucosa oxidasa y peroxidasa. La glucosa oxidasa es específica para la glucosa, pero sólo oxida el  $\beta$ -anómero del azúcar, este representa el 64% de la glucosa en disolución. Por lo tanto, la mezcla se suplementa con mutarrotasa, que cataliza rápidamente la interconversión de los anómeros, mejorando la sensibilidad del análisis en aproximadamente un 50%. El peróxido de hidrógeno es producto de la reacción catalizada por peroxidasa para oxidar un cromógeno y obtener un cromóforo coloreado, el color obtenido es proporcional a la concentración de glucosa en la muestra.

### **7.2. Metabolismo en las fermentaciones <sup>46</sup>**

Para determinar los posibles productos que se obtendrán en una fermentación es vital conocer las rutas bioquímicas de degradación de compuestos orgánicos. Existe también la posibilidad de manipular los procesos mediante la utilización y conversión de azúcares para producir nuevos compuestos dependiendo las condiciones del proceso.

Desde el punto de vista industrial, las tres rutas de mayor relevancia en las fermentaciones son: la glucólisis, el ciclo de Krebs y la cadena respiratoria.

El piruvato es el producto final de la glucólisis y se considera un producto clave para distintos tipos de fermentaciones, ya que se pueden producir una gran cantidad de compuestos con el microorganismo y las condiciones que se utilicen.

<b>Tipo de sustancia</b>	<b>Productos</b>
Ácidos orgánicos	Acético, cítrico, fumárico, glucónico, itacónico, láctico
Aminoácidos	Lisina, metionina, triptófano, valina
Alcoholes y solventes	Acetona, butanol, 2-3-butanodiol, etanol, glicerol
Antibióticos	Bacitracina, estreptomina, neomicina, penicilina, tetraciclina
Esteroides	Cortisona, hidrocortisona, testosterona
Vitaminas	Ácido ascórbico, cianocobalamina, caroteno, riboflavina
Proteína unicelular (biomasa)	Células de hongos, levaduras, bacterias y algas
Otros	Alcaloides, enzimas, insecticidas biológicos, metano, polisacáridos y saborizantes

**Tabla 8. Compuestos de interés comercial producidos por fermentación <sup>46</sup>**

### III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La bioquímica es la ciencia que estudia la composición de los seres vivos, así como su metabolismo, la comprensión adecuada de los conceptos que aporta esta disciplina, es fundamental para el desarrollo profesional del personal dedicado a laborar en las áreas de la salud. <sup>36</sup>

Es el caso del programa académico del módulo de Bioquímica Celular y de los Tejidos I de la carrera QFB, que incluye los temas de bioenergía y ciclos metabólicos, base teórica para los módulos subsecuentes de química clínica y microbiología farmacéutica pertenecientes a las áreas terminales de bioquímica clínica y farmacia industrial, especialmente en pruebas de diagnóstico clínico y crecimiento microbiano, no obstante la complejidad de los temas genera un aumento en el índice de reprobación y bajas calificaciones.

Así mismo la necesidad de implementar el modelo de educación a distancia genera un mayor grado de complejidad, y aunque la tecnología ha impulsado el uso de diversas plataformas que permiten la interacción y seguimiento entre docente y alumno así como el desarrollo de actividades y proyecciones adecuadas con el objetivo de transmitir el conocimiento, se requiere de propuestas didácticas que consideren los estilos de aprendizaje para que los alumnos puedan desarrollar conocimientos que les resulten significativos. <sup>37</sup>

Por lo que esta investigación propone estrategias didácticas para el tema de metabolismo de carbohidratos con base en teorías pedagógicas que favorecen en el alumno el aprendizaje autónomo con objetivos, secuencias racionales y actividades de evaluación diseñadas para los diversos estilos de aprendizaje de los alumnos y el uso de las tecnologías.

## **IV. OBJETIVOS**

### Objetivo general

- Desarrollar estrategias didácticas basadas en el conectivismo y constructivismo que contribuyan en el proceso enseñanza-aprendizaje de las unidades de metabolismo de carbohidratos del módulo de Bioquímica Celular y de los Tejidos I

### Objetivos específicos

- Analizar la unidad seis del temario del módulo Bioquímica Celular y de los Tejidos I referente a metabolismo de carbohidratos.
- Relacionar la importancia de estos temas con los módulos de las áreas terminales de la carrera de QFB.
- Diseñar estrategias didácticas con base en el diagnóstico para favorecer la enseñanza-aprendizaje sobre el metabolismo de carbohidratos.
- Implementar las estrategias diseñadas en el grupo 2401 del semestre lectivo 2021-2.
- Valorar el impacto de las estrategias didácticas en el proceso enseñanza-aprendizaje.

## **V. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **1. Diseño**

Estudio descriptivo transversal debido a que pretende obtener conocimiento sobre cómo es, cómo se manifiesta y cuáles son las propiedades importantes de un fenómeno determinado, pero sin llegar a ubicar las causas que lo determinan durante un semestre determinado. <sup>38</sup>

### **2. Universo**

Los alumnos del grupo 2401 correspondiente al semestre lectivo 2021-2.

### 3. Recursos

#### 3.1. Estrategias didácticas

<p style="text-align: center;"><b>Tema. Glucólisis</b></p>
<p style="text-align: center;"><b>Objetivo</b></p> <p>Que los participantes analicen e identifiquen las reacciones que integran la glucólisis, así como la importancia en el metabolismo de los seres vivos.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Justificación del tema <sup>35</sup></b></p> <p>La glucosa es el único combustible que es utilizado por todas las células del cuerpo. Todas esas células comienzan el metabolismo de la glucosa mediante la vía denominada glucólisis.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Propósito de la sesión</b></p> <p>Desarrollar actividades de análisis sobre esta ruta metabólica y su importancia, individual y grupalmente para generar conocimientos que permitan a los participantes entender su carácter fundamental en los seres vivos.</p>

### **Descripción de las actividades**

- Lluvia de ideas al inicio de la sesión sobre los conceptos previos de la glucólisis y su importancia biológica.
- Elaboración de la definición con la aportación del grupo y contraste con las referencias teóricas.
- Análisis grupal de las reacciones que integran la glucólisis.
- Observación del video “Glucólisis paso a paso” en la plataforma YouTube <https://www.youtube.com/watch?v=cm4ThH44ns4>
- Análisis de un caso clínico relacionado a la falta de regulación del metabolismo de dicha ruta.
- Análisis gráfico de productos asociados al crecimiento microbiano.
- Resolución del cuestionario basado en el video y definiciones en la aplicación Kahoot.

### **Recursos**

Computadora

Internet

Plataforma Zoom

Video “Glucólisis paso a paso”

Cuestionario que se utilizará en Kahoot

Ejemplo de caso clínico y producción de metabolitos de interés

### **Evidencia**

Participación de los alumnos

Presentación interactiva (en línea)

Calificación del cuestionario



**Tema. Gluconeogénesis**

**Objetivo**

Que los participantes analicen y relacionen las reacciones que integran la ruta glucolítica y glucogénica para identificar la importancia en el control de glucosa en sangre.

**Justificación del tema <sup>33</sup>**

La concentración de glucosa en sangre debe mantenerse en intervalo adecuado para el buen funcionamiento del organismo, su control se consigue mediante la regulación precisa del metabolismo del glucógeno.

**Propósito de la sesión**

Desarrollar actividades grupales, individuales y en equipos de análisis sobre la relación de esta ruta con la glucólisis que permitan a los participantes comprender el papel que tiene esta ruta metabólica en el mal funcionamiento del organismo.

### **Descripción de las actividades**

- Diagnóstico del tema al inicio de la sesión sobre los conceptos previos de la gluconeogénesis y su importancia.
- Proponer una definición de la gluconeogénesis y contrastar con las referencias teóricas.
- Análisis grupal de las diferencias entre las reacciones de la ruta glucolítica y glucogénica.
- Reflexión grupal del gluconeogénesis como modelo de regulación de dos rutas inversas.
- Completar con elementos clave la ruta metabólica en equipos o en salas para grupos pequeños en la plataforma Zoom.

### **Recursos**

Computadora

Internet

Plataforma Zoom

### **Evidencia**

Participaciones

Calificación de la actividad

## **Tema. Glucogénesis y glucogenólisis**

### **Objetivo**

Que los participantes analicen el anabolismo y catabolismo del glucógeno.

### **Justificación del tema <sup>33</sup>**

El anabolismo y catabolismo del glucógeno se producen a través de diferentes rutas que están relacionadas entre sí para mantener los niveles glucosa y disponer de glucosa-6-fosfato para la producción de ATP.

### **Propósito de la sesión**

Desarrollar actividades grupales, individuales y en equipos de análisis de las reacciones que forman parte del proceso de síntesis y degradación del glucógeno, sus principales sitios de almacenamiento.

### **Descripción de las actividades**

- Elaboración de la definición inicial con la aportación del grupo
- Análisis grupal de los factores que intervienen en la regulación de la degradación del glucógeno.
- Análisis grupal de las condiciones que activan la síntesis de glucógeno, pero inhiben la degradación.
- Observación del video “Glucogenólisis” en la plataforma YouTube <https://www.youtube.com/watch?v=MVQ2Vg9tCfo>
- Completar el diagrama de la glucogénesis y glucogenólisis.

### **Recursos**

Computadora

Internet

Plataforma Zoom

Video "Glucogenólisis"

Diagrama

### **Evidencia**

Participación de los alumnos

Evaluación del diagrama

### **Tema. Ciclo de las pentosas fosfato**

#### **Objetivo**

Que los participantes analicen e identifiquen las reacciones de naturaleza química que se presentan en esta ruta alternativa a la glucolítica, así como su función en la síntesis de nucleótidos y poder reductor.

#### **Justificación del tema <sup>33</sup>**

La ruta de las pentosas es una alternativa a la degradación de glucosa para producir poder reductor en forma de NADPH para la síntesis de ácidos grasos y esteroides, así como la obtención de D-ribosa para sintetizar nucleótidos.

### **Propósito de la sesión**

Desarrollar actividades grupales, individuales y en equipos de análisis sobre la actividad de la ruta metabólica en los tejidos.

### **Descripción de las actividades**

- Lluvia de ideas sobre los conceptos previos del ciclo de las pentosas fosfato y su importancia.
- Elaboración de la definición con la aportación del grupo y contraste con las referencias teóricas.
- Análisis grupal del carácter químico que implican las dos etapas que la constituyen.

### **Recursos**

Computadora

Internet

Plataforma Zoom

### **Evidencia**

Participación de los alumnos

Presentación interactiva

## **Tema. Ciclo de los ácidos tricarboxílicos (Ciclo de Krebs)**

### **Objetivo**

Que los participantes analicen e identifiquen la función primordial de la ruta final de la oxidación de las moléculas combustibles, así como el proporcionar moléculas precursoras para otras rutas biosintéticas.

### **Justificación del tema <sup>35</sup>**

La mayor parte de la energía es obtenida por células anaeróbicas a través de la respiración, la transferencia de electrones se da desde las moléculas combustibles hasta oxígeno molecular.

### **Propósito de la sesión**

Desarrollar actividades grupales e individuales de análisis de la oxidación del piruvato hasta la obtención de dióxido de carbono y agua.

### **Descripción de las actividades**

- Debatir grupalmente el papel del ciclo de Krebs en el metabolismo.
- Análisis grupal de la reacción del complejo piruvato deshidrogenasa, reacciones anapletóricas y su regulación.
- Observación del video “Catabolismo glucosa: Ciclo de Krebs” en la plataforma YouTube <https://www.youtube.com/watch?v=wAvPBIz6tOM>

### **Recursos**

Computadora

Internet

Plataforma Zoom

Video "Catabolismo glucosa: Ciclo de Krebs"

### **Evidencia**

Participación de los alumnos

Calificación del cuestionario

### **Tema. Cadena respiratoria (Cadena transportadora de electrones y fosforilación oxidativa)**

#### **Objetivo**

Que los participantes analicen e identifiquen el mecanismo que lleva a cabo la célula que permite transformar y almacenar energía química en forma de energía de reserva (ATP).

#### **Justificación del tema <sup>31</sup>**

Las células vivas obtienen energía mediante las rutas catabólicas, en presencia de oxígeno las macromoléculas se oxidan completamente hasta  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ , al mismo tiempo se producen coenzimas reducidas ( $\text{NADH}$  y  $\text{FADH}_2$ ) que posteriormente se integran a la cadena respiratoria obteniendo energía que se almacena como ATP y regenera las coenzimas reducidas.

### **Propósito de la sesión**

Desarrollar actividades grupales e individuales de análisis sobre la etapa final del proceso que involucra la oxidación completa de las moléculas de glucosa.

### **Descripción de las actividades**

- Análisis grupal del carácter fundamental de la degradación y oxidación de las macromoléculas en la etapa final de oxidación completa de la glucosa.
- Análisis de las reacciones del mecanismo que involucra la permeabilidad de las membranas mitocondriales.
- Observación del video “Transporte de electrones y fosforilación” en la plataforma YouTube <https://www.youtube.com/watch?v=rDjOIR79rbM>
- Balance energético de la oxidación final de molécula de glucosa

### **Recursos**

Computadora

Internet

Plataforma Zoom

Video “Transporte de electrones y fosforilación”

### **Evidencia**

Participación de los alumnos

Entrega del balance final



### **3.2. Cuestionarios Kahoot**

#### **Glucólisis-Prueba**

**1. ¿Cuál de las siguientes respuestas explica el carácter fundamental del metabolismo de la glucosa en los seres vivos?**

- Principal fuente de energía
- Ruta de degradación de carbohidratos derivados de la dieta
- Buen funcionamiento de los tejidos
- Todas las anteriores

**2. ¿Cuántas reacciones constituyen la ruta completa de la glucólisis?**

- 10
- 11
- 12
- Otra cifra

**3. ¿En qué lugar de la célula se lleva a cabo la glucólisis?**

- Mitocondria
- Membrana plasmática
- Citoplasma
- Retículo endoplásmico

**4. Reacción por la cual la glucosa entra a la ruta metabólica**

- Isomerización
- Fosforilación
- Deshidratación
- Ninguna de las anteriores

**5. La glucólisis es una vía de tipo:**

- Anabólica
- Catabólica
- Anapletórica
- Otra

**Glucólisis-Evaluación**

**1. ¿La fosforilación de la glucosa se considera una reacción irreversible?**

- Verdadero
- Falso

**2. ¿Cuál de las siguientes opciones es un producto final de la glucólisis?**

- Fosfoenolpiruvato
- Acetil-CoA
- Glicerato
- Piruvato

**3. ¿La glucólisis se considera una vía de tipo anabólica?**

- Verdadero
- Falso

**4. ¿Cuál de las siguientes opciones menciona los tres sustratos principales de la glucólisis?**

- Glucosa, 2 ATP, NAD<sup>+</sup>
- Glucosa, 2 ADP, NADH
- Glucosa, 2 ATP, NADH
- Glucosa, 2 ADP, NAD<sup>+</sup>

**5. Esa ruta consta de las siguientes fases: activación/ruptura y recuperación**

- Verdadero
- Falso

**6. ¿Cuáles son las principales enzimas de la ruta metabólica?**

- Hexocinasa, enolasa y aldolasa
- Fosfofructocinasa, fosfohexosa y aldolasa
- Hexocinasa, fosfofructocinasa y piruvatocinasa
- Fosfofructocinasa, carboxilasa y enolasa

**7. ¿Las reacciones de la glucólisis se llevan a cabo en la mitocondria?**

- Verdadero
- Falso

### **Gluconeogénesis**

**1. ¿En la gluconeogénesis se forman moléculas de glucosa a partir de precursores que no son carbohidratos?**

- Verdadero
- Falso

**2. ¿Cuáles de las siguientes opciones forma parte de las principales enzimas de esta ruta metabólica?**

- Piruvatocarboxilasa y hexocinasa
- PEP carboxiquinasa y fosfofructocinasa
- Piruvatocarboxilasa y PEP carboxiquinasa
- Piruvatocinasa y piruvatocarboxilasa

**3. ¿El hígado y el riñón son los principales tejidos glucogénicos?**

- Verdadero
- Falso

**4. Enzima por la cual el lactato se convierte en piruvato**

- Lactatocinasa
- Lactato deshidrogenasa
- Piruvato deshidrogenasa
- Piruvatocarboxilasa

**5. Algunos de los sustratos principales de la gluconeogénesis son: lactato, piruvato, glicerol y aminoácidos glucogénicos**

- Verdadero
- Falso

**6. Producto del metabolismo de las grasas en tejido adiposo**

- DHAP
- Glicerol-3-fosfato
- 3-fosfoglicerato
- Glicerol

**7. ¿La gluconeogénesis requiere de otro sitio celular además del citoplasma?**

- Verdadero
- Falso

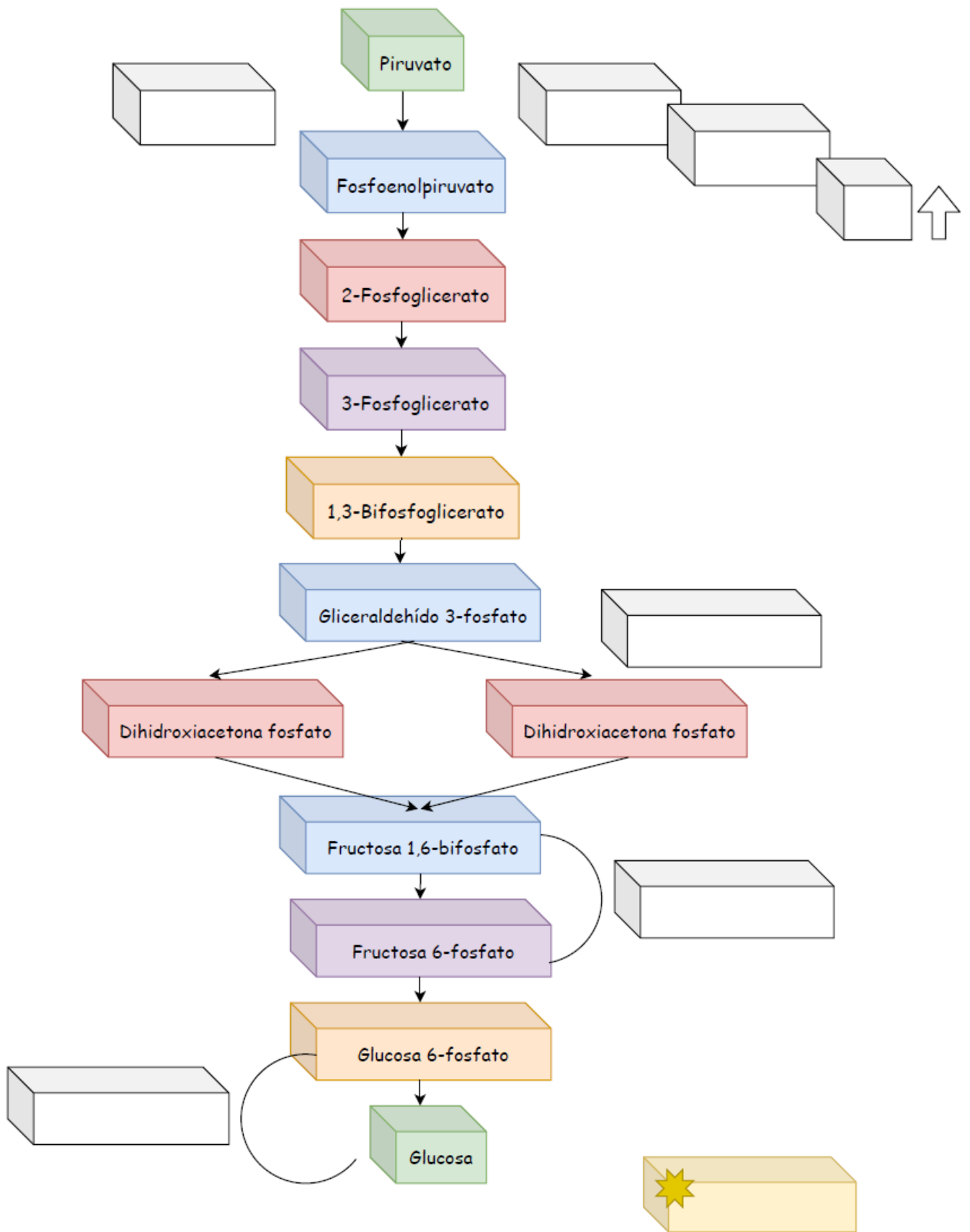
### 3.3. Diagramas

#### Gluconeogénesis

#### Instrucciones

En el diagrama de la parte de inferior coloca en los cuadros correspondientes el elemento clave de la ruta metabólica como respuesta a cada uno de los siguientes enunciados

1. La síntesis de fosfoenol piruvato requiere de un donador de  $CO_2$ , una coenzima y una molécula de energía
2. La acción de la enzima mitocondrial llamada piruvato carboxilasa convierte al piruvato en...
3. Enzima que fosforila al oxalacetato y compuesto que se libera como producto de la reacción
4. Enzima que cataliza la reacción irreversible del compuesto que se encuentra en riñón, hígado y músculo esquelético
5. Enzima presente en hígado y riñón que cataliza la segunda reacción de tipo irreversible que libera glucosa a la sangre
6. La formación de dihidroxiacetona fosfato se produce cuando las condiciones son...
7. Balance energético al final de la ruta metabólica



**Diagrama 1. Gluconeogénesis (Elaboración propia)**

# Glucogénesis-Glucogenólisis

## Instrucciones

Completa el diagrama con las enzimas y productos de cada reacción en los cuadros correspondientes según la ruta metabólica, así como el sitio en que se encuentra el primer y último compuesto de ambas rutas.

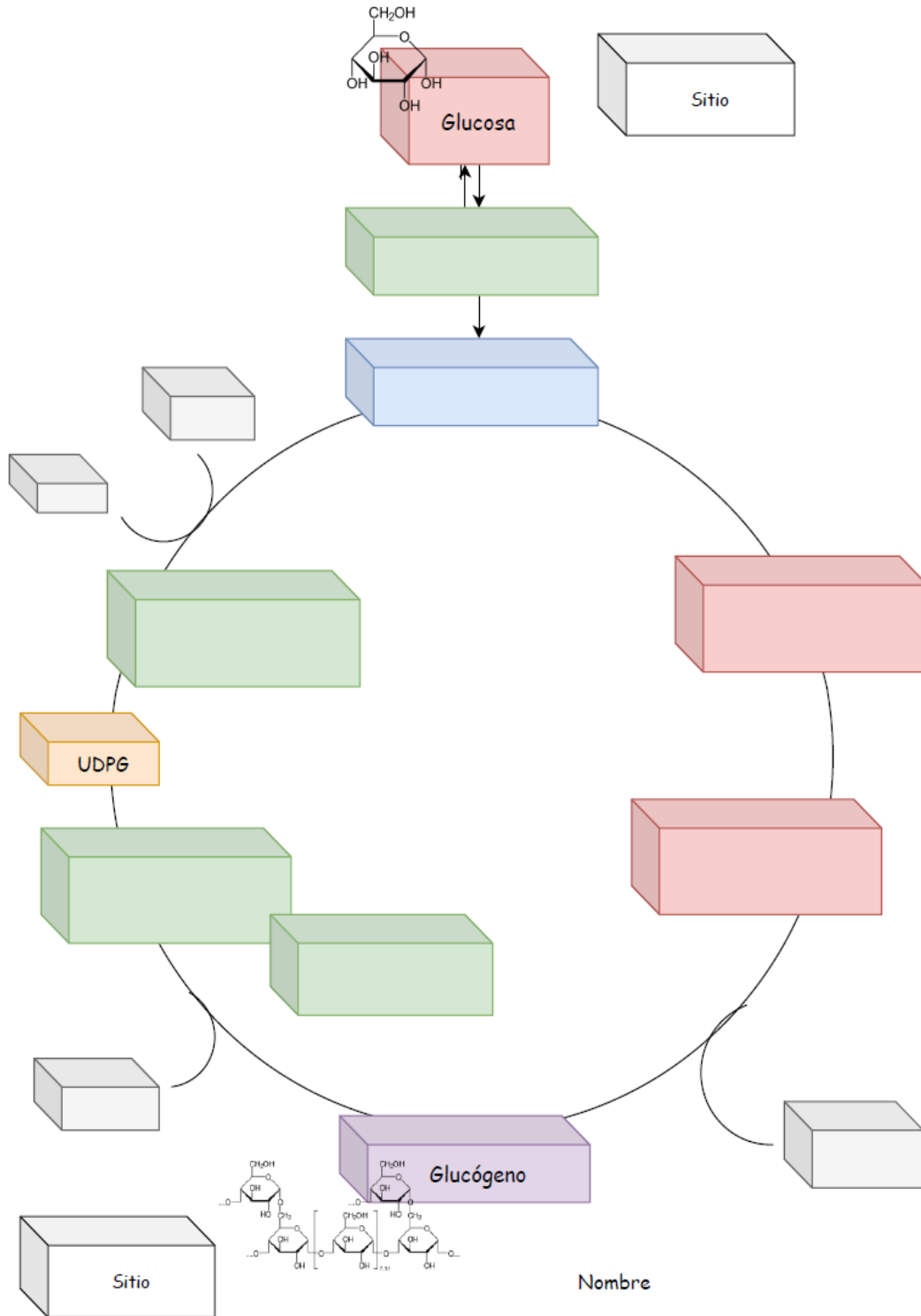


Diagrama 2. Glucogénesis y glucogenólisis (Elaboración propia)

Encuesta sobre la implementación de estrategias didácticas en el módulo Bioquímica  
Celular y de los Tejidos I

Instrucciones. Marca con una X el cuadro de la escala “Totalmente de acuerdo-Desacuerdo” con el que más te identifiques que se encuentra en las últimas tres columnas que se muestran de lado derecho.

	Escala		
	Totalmente de acuerdo (TA)	Acuerdo (A)	Desacuerdo (DA)
La aplicación Kahoot fue útil como autoevaluación			
Las salas de grupos reducidos en Zoom fomentaron el trabajo en equipo			
Tu participación aumentó al estar en equipos de trabajo pequeños			
Los diagramas propuestos te brindaron mejor comprensión del tema			
Los diagramas sobre rutas metabólicas no mostraban los puntos claves de cada una de ellas			
Este tipo de actividades quitan seriedad a los temas vistos en clase			
Los videos ayudaron a complementar lo visto en clase			
Prefieres el uso de presentaciones en Power Point y herramientas tradicionales para explicación de un tema			
La participación en clase debería ser mediada por el docente mediante preguntas individuales			
La evaluación mediante la aplicación Kahoot motiva tu estudio de los temas			
Consideras que el uso de aplicaciones interactivas influye el interés por la clase			
La asignación de participaciones de acuerdo a tu desempeño en Kahoot fue motivante			
Hubiera sido de tu agrado poder trabajar durante más sesiones con este tipo de herramientas			
Lograste adquirir el conocimiento base de las rutas metabólicas más importantes para su aplicación en otros módulos de la carrera			
Estás satisfecho con tu desempeño			
De las actividades aplicadas ¿Cuáles te interesaron más?			

**Con base en: Evaluación de actividades didácticas para una clase de francés (Olga Serrano Carranza, 2020)**



## VI. RESULTADOS

	Número de alumnos		
	Totalmente de acuerdo (TA)	Acuerdo (A)	Desacuerdo (DA)
Actividades	22	20	7
Trabajo en equipo	30	11	20
Materiales audiovisuales	11	9	0
Evaluación	12	4	5

**Tabla 9. División de recursos con base en la encuesta sobre la implementación de estrategias didácticas**

	Actividades evaluadas	Actividades sin entregar
Gluconeogénesis	9	12
Metabolismo del glucógeno	12	9
Ciclo de Krebs	13	8
Cálculo de ATP	10	11

**Tabla 10. Comparación de actividades cargadas al grupo creado en la plataforma Classroom según tema visto en clase**

<b>Alumno</b>	<b>Calificación teórica</b>	<b>Total de actividades en el bloque</b>
1	7.6	4
2	7.3	0
3	Ausente	0
4	8.3	3
5	8.4	3
6	9.1	0
7	7.6	2
8	8.3	0
9	8.1	3
10	8.9	4
11	6.5	4
12	6	4
13	6.2	3
14	7.2	0
15	10	3
16	6	4
17	Ausente	0
18	7.9	3
19	6.8	0
20	8.5	4
21	6.8	2

**Tabla 11. Promedio grupal e influencia de actividades**

## VII. DISCUSIÓN

Este proyecto tuvo como objetivo principal proponer estrategias didácticas para la enseñanza del tema metabolismo de carbohidratos con base en el constructivismo y el conectivismo. La razón por la cual el conectivismo es parte de esta propuesta es debido a las condiciones de enseñanza y evaluación en el semestre lectivo del grupo 2401 de Bioquímica Celular y de los Tejidos I parte teórica del módulo.

Ambas teorías buscan transferir el aprendizaje adquirido dependiendo su naturaleza, por ejemplo, los conductistas buscan comparar situaciones reales con las condiciones ambientales. Por otra parte, el conectivismo ha tenido una gran adaptación en la era digital, se adecua al entorno con que el alumno interactúa dado que esta teoría define a la mente como una red de conexiones donde se encuentra el conocimiento que en algún punto se actualiza, modifica esas conexiones y el alumno toma nuevas decisiones.

De acuerdo con la transferencia de aprendizaje, el conocimiento previo altera el nuevo aprendizaje, ya que las experiencias previas influyen en cómo se aplica ese conocimiento en una nueva situación, por lo que un modelo a distancia resulta ser más complejo para los alumnos y docentes que comienzan a probar nuevas herramientas de trabajo que son difíciles de configurar o entender, sin embargo, en la actualidad existe una amplia gama de tecnologías de la información y comunicación, mejor conocidas por sus siglas TIC, que logran favorecer la interacción docente-alumno y dan origen a la innovación de diseños pedagógicos.

Con base en la información recopilada para el desarrollo de este proyecto se consideró que generalizar un estilo de aprendizaje no es una opción viable para el planteamiento de estrategias didácticas puesto que los objetivos de una estrategia didáctica orientan el proceso de enseñanza, por lo tanto, la calidad del aprendizaje tendría un impacto significativo ya que la interpretación de la información depende del alumno. Por tal motivo, se utilizó una estrategia de enseñanza que comprende todos los estilos y al menos un recurso por cada uno de ellos para evitar desviar la atención de los alumnos, lo cual, se resume en la siguiente tabla.

<b>Tipo de estrategia de enseñanza</b>	<b>Estrategia de enseñanza aplicada</b>	<b>Estilo de aprendizaje que favorece</b>
<b>Frases incompletas</b>	Diagramas de rutas metabólicas	Reflexivo-Teórico
<b>Exposición/ Videos de apoyo</b>	Diapositivas y grabaciones de clase	Activo-Reflexivo-Pragmático
<b>Plataformas educativas</b>	Aplicación Kahoot	Activo-Reflexivo-Pragmático-Teórico
<b>Foros de discusión</b>	Salas de grupos reducidos	Activo-Reflexivo
<b>Lluvia de ideas</b>	Integración de conceptos	Activo
<b>Métodos de proyecto</b>	Aplicaciones en la vida laboral	Activo-Reflexivo-Pragmático-Teórico
<b>Conferencia interactiva</b>	Clases en línea	Activo

**Tabla 12. Estrategias de enseñanza implementadas con base en la clasificación de estilos de aprendizaje propuesta por Honey y Munford, 1986**

Es necesario destacar que cómo parte de los foros de discusión se implementó una herramienta que incorpora la plataforma Zoom, las salas de grupos reducidos durante clase, son un espacio favorable para el desempeño de los alumnos con respecto a expresar su opinión en la sesión frente a todo un grupo, el docente tiene la capacidad de elegir el tamaño de los grupos y el tiempo de discusión, así como la supervisión de cada sala en el momento que lo decida. El programa se encarga de elegir al azar los integrantes, algo que beneficia la interacción entre todos los alumnos de una clase. Una de las ventajas del trabajo en grupos reducidos es la estimulación de la participación, así como fue comprobado en el aprendizaje significativo en grupos, trabajo desarrollado por Gladis Magnarelli y coautores, el grupo 2401 demostró su capacidad de interpretar nuevo contenido.

Para la evaluación, último componente básico de una estrategia didáctica, se implementó el uso de la aplicación Kahoot y la plataforma Classroom. Kahoot, es una plataforma gratuita que permite la creación de cuestionarios para fomentar y reforzar el aprendizaje o simplemente introducir un tema en específico, a su vez, impulsa la

participación individual o grupal creando espacios competitivos. Debido a sus características, se desarrollaron dos cuestionarios basados en el contenido temático del docente a cargo del grupo. El primer objetivo del cuestionario era comprender el conocimiento previo de los alumnos, el siguiente permitió comparar los resultados una vez que el tema fuera expuesto en el aula por medio de Zoom, un programa interactivo de videoconferencia.

Los cuestionarios incorporan dos tipos de preguntas, verdadero o falso y opción múltiple, donde el alumno debió ser capaz de analizar y seleccionar la pregunta en 10 o 20 segundos dependiendo de su complejidad. Para el cuestionario del tema inicial del bloque de metabolismo de carbohidratos, sólo el 22.5% de los alumnos seleccionó la respuesta correcta, esto se interpretó cómo que su conocimiento sobre la glucólisis era casi nulo puesto que el ciclo básico de la carrera sigue una base de formación multidisciplinaria que no integra temas específicos del ciclo intermedio. La manipulación de Kahoot no resultó ser un problema para alumnos ya que al iniciar la parte introductoria a las actividades por lo menos más de la mitad de los alumnos ya había interactuado con dicha aplicación.

Overall Performance	
Total correct answers (%)	22,50%
Total incorrect answers (%)	77,50%
Average score (points)	781,81 points
Hosted by karlaaccss	

**Imagen 1. Overview del cuestionario prueba sobre la glucólisis**

Para la segunda evaluación el porcentaje de respuestas erróneas disminuyó debido a que las definiciones principales de la glucólisis fueron aclaradas en clase, así como videos y actividades complementaron el contenido temático. Si bien los cuestionarios utilizados no tienen la misma estructura y es evidente que la introducción al tema aumenta la respuesta del alumno se pueden observar mejoras en el tiempo de respuesta y número de aciertos conforme a los informes finales de la aplicación, como puede apreciarse en la siguiente imagen.

Overall Performance	
Total correct answers (%)	56,19%
Total incorrect answers (%)	43,81%
Average score (points)	3255,60 points
Hosted by	
karlaaccss	

**Imagen 2. Overview del cuestionario de evaluación de la glucólisis aplicado una sesión posterior a la introducción del tema**

Estos resultados muestran que el 56.1% de los alumnos responde bien en la segunda ronda, esto es un indicador numérico que visualiza a Kahoot como una innovación en el proceso enseñanza-aprendizaje. Cabe destacar que las preguntas se basan en las reacciones, productos e intermediarios clave de la ruta metabólica.

Por otro lado, Classroom es una de las principales plataformas de uso educativo y funciona como una herramienta colaborativa gratuita, al igual que Kahoot, esta permite la creación de documentos con opción a ser compartidos, así como el intercambio de información entre sus participantes. Sus características dan lugar a la gestión de clases presenciales o el aprendizaje a distancia, de acuerdo con la guía Classroom publicada por el Instituto Quintanarroense de Innovación y Tecnología.

Al llevarse a cabo un análisis cualitativo por pregunta del último cuestionario, con base en el porcentaje de aciertos es notable que los alumnos identifican de manera más conveniente el sitio celular de funcionamiento de la glucólisis, distinguiendo las fases, reacciones y enzimas propias de la ruta. El cuadro que se muestra a continuación resume el aprendizaje clave de la ruta metabólica central, en promedio el 56.6% de los integrantes del grupo domina el proceso completo de la glucólisis.

<b>Aprendizaje significativo</b>	<b>Respuestas correctas (%)</b>
Identificación del sitio celular	66.7
Conocimiento de sustratos y productos	46.6
Identificación del tipo de ruta metabólica	40.0
Identificación del tipo de reacción	66.7
Conocimiento de fases y enzimas	63.3

**Tabla 13. Evaluación del aprendizaje significativo de los puntos clave de la vía glucolítica**

Con base en estos resultados, se determinó que el cuestionario modelo se adaptaría a los siguientes subtemas del bloque.

El bloque de metabolismo de los carbohidratos involucra otras rutas metabólicas asociadas a la producción de energía y otros productos fundamentales para el organismo, así que se diseñaron diversos esquemas en draw. io como material de apoyo al docente, estos fueron cargados a la plataforma Classroom para que los alumnos pudieran acceder a ellos cuando el docente solicitara completarlos y como forma de autoevaluación y/o repaso, además algunos videos complementarios utilizados por alumnos de semestres precedentes. Cómo se puede observar en la sección de recursos los diagramas incluyen instrucciones, los espacios en blanco hacen referencia a productos, etapas iniciales, reacciones y enzimas que sirven como soporte a la identificación de la ruta y al mismo tiempo evalúa el interés y aprendizaje del alumno durante o fuera de clase.

Estas actividades forman parte de la evaluación final pero no se desarrollaron con el fin de sustituir las presentaciones en clase o el programa establecido por el docente, se plantearon con un esquema similar a las tareas habituales en clases presenciales, tratando de englobar los diferentes estilos de aprendizaje y evitar que el cambio de modalidad fuera drástico en los alumnos. Siguiendo este principio, las estrategias de enseñanza proyectadas como recurso de las estrategias didácticas lograron cubrir los estilos de aprendizaje planteados y que tuvieron que ser identificados por medio de una encuesta ya que las horas destinadas al programa establecido por el docente eran insuficientes para llevar a cabo un test que funcionara como antecedente del

diseño de estrategias didácticas, por esta razón, se realizó una recopilación de opiniones para el análisis de estilos de aprendizaje fundamentados en la clasificación propuesta por Honey y Munford en 1986 para futuras aplicaciones. Los puntos de vista que los alumnos dieron con respecto a la pregunta: De las actividades aplicadas ¿Cuáles te interesaron más? son los siguientes “[...] Kahoot fue en la que más me sentí motivado a participar y fue divertido, [...] Me gustó mucho las sesiones de grupos pequeños y los videos, [...] En realidad no soy mucho de actividades creo que aprendo más teniendo los documentos que puedo repasar las veces que sean necesarias, así como los videos de las clases pues hay muchas cosas que al momento no se logran captar pero al tener el video de la clase y poderlo reproducir las veces necesarias es de mucha ayuda, [...] Las exposiciones, [...] Principalmente me interesan mucho las actividades de rutas metabólicas, así como las actividades que se realizaron dentro del tema de inhibición enzimática y biomoléculas ya que este fue abordado desde un punto que fue fácil de comprender y al mismo tiempo evitando lo tedioso que pudieron llegar a ser estos temas, [...] Los repasos que se hacían antes de cada sesión porque era una manera de ir uniendo los temas. También era agradable trabajar con Kahoot porque funcionaba para identificar en que me faltaba profundizar, [...] Completar las rutas metabólicas me gustó mucho, [...] Las salas de grupos reducidos y completar los diagramas, [...] Me llamó mucho la atención la parte de ADN e inhibición enzimática, ya que me puse a investigar por mi cuenta y hay ciertas enzimas que se ocupan en la industria farmacéutica para realizar algunos tipos de reacciones [...]”. El análisis cualitativo anterior fue cotejado con la literatura y se muestra en la tabla 14.

<b>Alumno</b>	<b>Respuesta abierta</b>	<b>Estilo de aprendizaje</b>	<b>Explicación <sup>6,25</sup></b>
<b>1</b>	La aplicación Kahoot motiva su participación	Pragmático-Activo	Las personas de preferencia pragmática se inclinan por la aplicación inmediata de las ideas aprendidas, en
<b>2</b>	Los cuestionarios Kahoot son de su preferencia	Activo	
<b>3</b>	Decide buscar más información de		



			combinación con el estilo activo
	aplicaciones en la industria farmacéutica	Pragmático - Activo	que se refiere al entusiasmo por las tareas nuevas debido a que son de mente abierta.
4	Prefiere las actividades para evitar que el tema se aborde de manera tediosa	Activo-Teórico	
5	Prefiere las exposiciones en clase	Teórico	Este estilo reúne a todos aquellos que se enfocan a los problemas por etapas lógicas, adaptando e integrando las observaciones de teorías
6	Elige el repaso de diapositivas y videos de clase las veces que sea necesario	Teórico	
7	Opta por el uso de salas de grupos reducidos y completar diagramas	Reflexivo	
8	Opta por el uso de salas de grupos reducidos y videos complementarios	Reflexivo	Tienden a ser pacientes y receptivos. Son analíticos ya que observan con detenimiento las situaciones.
9	Completar diagramas de rutas metabólicas es de su elección	Reflexivo	

**Tabla 14. Análisis cualitativo de la perspectiva de los alumnos sobre la implementación de estrategias didácticas para el metabolismo de carbohidratos**

La encuesta previamente mencionada estuvo disponible en la plataforma Classroom al final de semestre y consta de una escala que va desde totalmente de acuerdo a desacuerdo, determina el grado de aceptación del alumno, es decir, la cantidad de actividades entregadas podría ser proporcional a la atención prestada por el alumno.

La siguiente gráfica que se muestra a continuación concentra la elección del alumno a las demás preguntas relacionadas a la implementación de este tipo de estrategias en un futuro, estas se clasificaron en actividades, trabajo en equipo, materiales audiovisuales y evaluación. Como se mencionó anteriormente su impacto queda justificado incluso si el semestre lectivo en el que se implementó el material presentó inconvenientes que afectaron el tiempo que el docente destinó al temario y por tal motivo las sesiones virtuales se adaptaron eventualmente.



**Gráfica 1. Aceptación de estrategias didácticas**

Para tener resultados más específicos, las actividades se analizaron individualmente, como se muestra en la gráfica 1, se obtuvo que un poco más del 50% de los alumnos optan por completar las actividades de forma voluntaria y trabajar en equipos incluso fuera del horario clase para reflexionar los diagramas o esquemas de cada ruta metabólica que estará presente en módulos posteriores de la carrera. La motivación no es suficiente para lograr el aprendizaje significativo y menos en el área de la salud, donde existe terminología y procesos complejos. Los alumnos deben poseer hábitos de estudio adecuados para enfrentarse a las exigencias según el artículo publicado por Nikell et al, 2018. Asimismo, se tiene evidencia de la relación que existe entre las estrategias de aprendizaje y la memoria de los estudiantes, es importante que el alumno comprenda y emplee lo aprendido.

Mediante la revisión del programa de las áreas terminales de la carrera se encontró que las rutas metabólicas son esenciales para pruebas de diagnóstico clínico en química clínica y el crecimiento microbiano para microbiología farmacéutica, no obstante, estos tópicos también son importantes para el módulo de Microbiología General I, dando una introducción al metabolismo energético microbiano.



**Gráfica 2. Alcance de las estrategias de enseñanza**

Del porcentaje de actividades evaluadas, el 47.6% de ellas no fueron entregadas, como puede apreciarse en la gráfica 2. Es de esperarse que múltiples factores repercutieron en el cumplimiento del alumno desde que la modalidad de enseñanza implica un servicio privado que permita la búsqueda de información y acceso a las plataformas para lograr el aprendizaje significativo, además, del consumo de energía eléctrica y la disponibilidad de dispositivos.

Finalmente, otro valor numérico de referencia es el promedio grupal, en este semestre se obtuvo 7.66 y al compararlo con el promedio calculado solamente considerando el número de actividades que los alumnos entregaron se encontró una leve similitud, se alcanzó 7.58 aplicando las estrategias didácticas.

De este modo, la trascendencia de las actividades favoreció a los alumnos que no obtuvieron una calificación no conveniente en los exámenes, como puede apreciarse

las estrategias no afectan el plan de clase, sólo modifican la perspectiva que tiene el alumno sobre las clases habituales para su formación profesional.

## **VIII. CONCLUSIONES**

Se diseñaron e implementaron estrategias didácticas para favorecer la enseñanza-aprendizaje sobre el metabolismo de carbohidratos, con base a los estilos de aprendizaje del grupo 2401 del semestre lectivo 2021-2.

No pudo cuantificarse si dichas estrategias aumentaron de manera significativa el promedio de los alumnos en la asignatura, no obstante la valoración cualitativa muestra aportaciones como: aumento de la participación en clase, desarrollo de trabajo colaborativo y la realización de actividades extra clase, lo que permite fomentar en los estudiantes el aprendizaje autónomo indispensable para adaptarse a nuevas situaciones, en este caso el cambio de la modalidad presencial a la modalidad de educación a distancia.

La incorporación de materiales y actividades de aprendizaje en formato digital facilitó la organización del tiempo de estudio y realización actividades de forma asincrónica, así mismo el uso de las evaluaciones realizadas en Kahoot permitieron al docente una evaluación continua del aprendizaje y a los alumnos un proceso de autoevaluación, aunado a lo anterior se incluyeron aplicaciones del conocimiento de las áreas terminales de la carrera y de la práctica profesional que despertaron el interés de los alumnos por cada uno de los temas.

Por último, la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza cuenta con una red con la capacidad de proveer conexión a internet a cada una de sus aulas, de modo que el docente podrá trabajar con las estrategias y recursos digitales en clases presenciales y aprovechar las aportaciones de las mismas.

## **IX. PERSPECTIVAS**

La implementación de las estrategias didácticas fue el recurso principal de la obtención de resultados cualitativos que permitieran estudiar el desempeño de los participantes y así tener evidencia de la validez del material diseñado.

Las áreas de oportunidad a mejorar incluyen el tratamiento de datos por medio de una prueba estadística para relacionar porcentajes de error de respuesta ya que en este trabajo no se realizó la comparación de cuestionarios debido a que la cantidad de participantes fue desigual en los cuestionarios modelo. Como segundo punto de vista, la plataforma Kahoot tiene como ventaja poder iniciar un juego individualmente como autoevaluación, esto puede ser solicitado por el docente para evaluaciones continuas y tener una mejor proyección del interés del alumno. Otro punto a modificar sería la frecuencia de aplicación entre cuestionarios, es decir, el test de prueba podría usarse tanto como ensayo y evaluación si se trata de establecer la aplicación con más de un día de diferencia de este modo el alumno tendrá noción de la estructura del cuestionario, pero es poco probable que recuerde las respuestas.

Al finalizar los juegos en Kahoot se descargaron en forma de tabla los resultados, estos están disponibles en formato PDF y Excel para su análisis en el momento que se requiera, para futuros casos, estos deberían ser tratados por el docente.

La encuesta sobre la implementación de estrategias didácticas se realizó con una escala de tres niveles, sin embargo, se ajustará de modo que cumpla con una escala de Likert, que va desde un totalmente de acuerdo a un totalmente desacuerdo. Anteriormente se mencionó que dicha encuesta se utilizó para identificar los estilos de aprendizaje, la forma correcta de conocer esta información es a través de cuestionarios específicos propuestos por los mismos autores que dan una clasificación a los estilos de aprendizaje, en este caso, como el análisis de estilos fue bajo el trabajo de Honey-Alonso, el cuestionario CHAEA es el indicado para aplicarse antes de comenzar la introducción al bloque de metabolismo de carbohidratos obteniendo una investigación de hechos pasados para la adecuación y mejora de las planificaciones didácticas.

## X. REFERENCIAS

1. Díaz-Domínguez T, Alemán PA. La educación como factor de desarrollo. Revista Virtual Universidad Católica del Norte [Internet] 2008 [consultado 2021 Jul 22]; 23: 1–15. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1942/194220391006.pdf>
2. García-Aretio L. Bosque semántico: ¿educación/enseñanza/aprendizaje a distancia, virtual, en línea, digital, eLearning...? RIED [Internet] 2020 [consultado 2021 Jul 21]; 23(1): 9-28. Disponible en: <https://revistas.uned.es/index.php/ried/article/view/25495>
3. Hurtado-Talavera FJ. La educación en tiempos de pandemia: Los desafíos de la escuela del siglo XXI. CIEG, Revista Arbitrada Del Centro De Investigación Y Estudios Gerenciales [Internet] 2020 [consultado 2021 Jul 21]; (44): 176–187. Disponible en: [https://www.grupocieg.org/archivos\\_revista/Ed.44\(176-187\)%20Hurtado%20Tavalera\\_articulo\\_id650.pdf](https://www.grupocieg.org/archivos_revista/Ed.44(176-187)%20Hurtado%20Tavalera_articulo_id650.pdf)
4. Martínez V. Educación presencial versus educación a distancia. La Cuestión Universitaria [Internet] 2017 [consultado 2021 Jul 21]; 9. Disponible en: [http://polired.upm.es/index.php/lacuestionuniversitaria/article/view/3582/366\\_2](http://polired.upm.es/index.php/lacuestionuniversitaria/article/view/3582/366_2)
5. Fernández-Escárzaga J, Domínguez-Varela JG, Martínez-Martínez PL. De la educación presencial a la educación a distancia en época de pandemia por Covid 19. Experiencias de los docentes. CAGI [Internet] 2020 [consultado 2021 Ago 1]; 7(14): 87-110. Disponible en: <http://www.cagi.org.mx/index.php/CAGI/article/view/212>
6. Gómez-Bustamante EM, Jaimes-Morales JDC, Severiche-Sierra CA. Estilos de aprendizaje en universitarios, modalidad de educación a distancia. Revista Virtual Universidad Católica del Norte [Internet] 2017

[consultado 2021 Ago 4]; (50): 383–393. Disponible en: <https://revistavirtual.ucn.edu.co/index.php/RevistaUCN/article/view/829/1347>

7. Salazar-Sánchez M, Enríquez-Cuadro A, Guevara-Espinoza J. Tics e-learning y el impacto social en la educación superior. Opuntia Brava [Internet] 2020 [consultado 2021 Sep 18]; 12(3): 53-1. Disponible en: <https://opuntiabrava.ult.edu.cu/index.php/opuntiabrava/article/view/1048>
8. Cueva-Delgado JL, García-Chávez A, Martínez-Mooia OA. La influencia del conectivismo para el uso de las TIC en el proceso enseñanza-aprendizaje. Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores [Internet] 2020 [consultado 2021 Ago 17]; 2. Disponible en: <https://dilemascontemporaneoseduccionpoliticayvalores.com/index.php/dilemas/article/view/1975/2033>
9. Digión LB, Álvarez MM. Experiencia de enseñanza aprendizaje con aula virtual en el acompañamiento pedagógico debido al Covid-19. Universidad de Guadalajara [Internet] 2021 [consultado 2021 Ago 17]; (1): 20–35. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/apertura/v13n1/2007-1094-apertura-13-01-20.pdf>
10. Torres-Ortiz JA, Bernabé-Correa TE. Aspectos pedagógicos del conectivismo y su relación con redes sociales y ecologías del aprendizaje. Revista Brasileirana de Educação [Internet] 2020 [consultado 2021 Ago 20]. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/rbedu/a/YKWKtBBvbhWbSRvgQs78DRR#:~:text=El%20contexto%20educativo%20del%20conectivismo,y%20afectivo%20por%20el%20aprender>
11. Sesento-García L. EL CONSTRUCTIVISMO: posibilidades en el aula universitaria. milenaria [Internet] 2021 [consultado 2022 Sep 3]; (17): 35-7.

Disponible en:  
<https://www.milenaria.umich.mx/ojs/index.php/milenaria/article/view/131>

12. Figueroa-Cepeda HI, Muñoz-Correa KE, Vinício-Lozano E, Zavala-Urquiza DF. Análisis crítico del conductismo y constructivismo, cómo teorías de aprendizaje en educación. Revista Órbita Pedagógica [Internet] 2017 [consultado 2021 Sep 27]. Disponible en: <https://refcale.uileam.edu.ec/index.php/enrevista/article/view/2312/1245>
13. Gutiérrez-Tapias M. Estilos de aprendizaje, estrategias para enseñar. Su relación con el desarrollo emocional y "aprender a aprender". Universidad de Valladolid [Internet] 2018 [consultado 2021 Sep 27]; (31): 83–96. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15366/tp2018.31.004>
14. Sánchez-Cabrero R, Costa-Román Ó, Mañoso-Pacheco L, Novillo-López M, Pericacho-Gómez F. Orígenes del conectivismo como un nuevo paradigma del aprendizaje en la era digital. Revista Educación y Humanismo [Internet] 2019 [consultado 2021 Jun 22]; (21):113–136. Disponible en: <http://revistas.unisimon.edu.co/index.php/educacion/article/view/3265/4083>
15. Morales-Espíndola MG, Moreno-Cortés KC, Romano-Cadena MM del S, García-Alarcón M del R. Gestión del conocimiento, a través de plataformas y herramientas digitales de aprendizaje ante la migración de clases presenciales a en línea. Rev. Geon [Internet] 2020 [consultado 2022 Oct 27]; 7(2):1-19. Disponible en: <https://revistageon.unillanos.edu.co/index.php/geon/article/view/217>
16. Magnarelli G, Quintana MM, García L, Villagrán-De Rosso E, Cabrera L, Ruiz-Moreno, L. El trabajo en pequeños grupos facilita la enseñanza-aprendizaje de Bioquímica. Revista Brasileira de Educação Médica [Internet] 2009 [consultado 2021 Jun 12]; 33 (3): 374-392. Disponible



en: <https://www.researchgate.net/publication/250991584> El trabajo en pequeños grupos facilita la enseñanza-aprendizaje de Bioquímica

17. García-Aretio L. Educación a distancia y virtual: calidad, disrupción, aprendizajes adaptativo y móvil. RIED [Internet] 2017 [consultado 2022 Oct de 4]; 20(2):9-25. Disponible en: <https://revistas.uned.es/index.php/ried/article/view/18737>
18. Unidad Académica De Estudios Generales. Métodos de estudio. Manual para uso exclusivo de los estudiantes [Internet]. Lima: Universidad de San Martín de Porres; 2017 [consultado 2021 Jul 22]. Disponible en: <https://cursa.ihmc.us/rid=1V34MBY4L-2KHLM-3QRV/Documento%20pdf.pdf>
19. Zárate-Depraect NE, Soto-Decuir MG, Martínez-Aguirre EG, Castro-Castro ML, García-Jau RA, López-Leyva NM. López-Leyva. Hábitos de estudio y estrés en estudiantes del área de la salud. FEM [Internet] 2018 [consultado 2021 julio 22] (3): 153-157. Disponible en: <https://scielo.isciii.es/pdf/fem/v21n3/2014-9832-fem-21-3-153.pdf>
20. Guerra-García J. El constructivismo en la educación y el aporte de la teoría sociocultural de Vygotsky para comprender la construcción del conocimiento en el ser humano. Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores [Internet] 2020 [consultado 2021 Ago 12]; 2. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/338402805> El constructivismo en la educación y el aporte de la teoría sociocultural de Vygotsky para comprender la construcción del conocimiento en el ser humano
21. Tigse-Parreño CM. El Constructivismo, según bases teóricas de César Coll. RAE [Internet] 2019 [consultado 2022 Oct 3]; 2(1):25-8. Disponible en: <https://revistas.uasb.edu.ec/index.php/ree/article/view/659>
22. López-De La Cruz ECI, Escobedo-Bailón FE. Conectivismo, ¿un nuevo paradigma del aprendizaje? Desafíos [Internet] 2020 [consultado 2022 Oct 4];

12(1): 259. Disponible en:  
<http://revistas.udh.edu.pe/index.php/udh/article/view/259e>

23. Fernández FA, García-Batista G, Barreto-Gelles I, Linares-Cordero M, Hernández-Galarraga E, Recarey-Fernández S, Reinoso-Cápiro C, Hernández-Herrera PA, Rodríguez-García MA. Temas de introducción a la formación pedagógica. [Internet]. Cuba: Editorial Pueblo y Educación; 2009 [consultado 2022 Oct 4]. Disponible en:  
[https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=j9UREAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA157&dq=ense%C3%B1anza+aprendizaje+&ots=F86ITLXdQd&sig=GS hcGyTZzWkvOKHW4NUqBeNcl5l&redir\\_esc=y#v=onepage&q=ense%C3%B1anza%20aprendizaje&f=false](https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=j9UREAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA157&dq=ense%C3%B1anza+aprendizaje+&ots=F86ITLXdQd&sig=GS hcGyTZzWkvOKHW4NUqBeNcl5l&redir_esc=y#v=onepage&q=ense%C3%B1anza%20aprendizaje&f=false)
24. Salazar-Ascencio J. Evaluación de aprendizaje significativo y estilos de aprendizaje: alcances, propuesta y desafíos en el aula. TenPed [Internet] 2018 [consultado 2022 Oct 28]; 31:31-46. Disponible en:  
<https://revistas.uam.es/tendenciaspedagogicas/article/view/tp2018.31.001>
25. Gómez-Bustamante EM, Jaimes-Morales JDC, Severiche-Sierra CA. Estilos de aprendizaje en universitarios, modalidad de educación a distancia. Rev. virtual univ. catol. norte [Internet] 2017 [consultado 2022 Oct 3] ;(50): 383-9. Disponible en:  
<https://revistavirtual.ucn.edu.co/index.php/RevistaUCN/article/view/829>
26. Devlin T. Bioquímica. Libro de texto con aplicaciones clínicas [Internet]. España: Editorial Reverté; 2019 [consultado 2022 Oct 3]. Disponible en:  
<https://books.google.com.mx/books?id=4YTgDwAAQBAJ&pg=PA1214&dq=28.%09Bioqu%C3%ADmica.+Libro+de+texto+con+aplicaciones+cl%C3%ADnicas&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwi0IfTLvIT7AhU7LUQIHWV3DEcQ6AF6BAqIEAI#v=onepage&q=28.%09Bioqu%C3%ADmica.%20Libro%20de%20texto%20con%20aplicaciones%20cl%C3%ADnicas&f=false>

27. Murray RK, Bender DA, Botham KM, Kennelly PJ, Rodwell VW, Weil PA. Harper. Bioquímica ilustrada [Internet]. México: Mc Graw Hill; 2010 [consultado 2021 Jun 22]. Disponible en: <http://www.untumbes.edu.pe/vcs/biblioteca/document/varioslibros/0831.%20Harper.%20Bioqu%C3%ADmica%20ilustrada.PDF>
28. Ertmer PA, Newby TJ. Conductismo, cognitivismo y constructivismo: Una comparación de los aspectos críticos desde la perspectiva del diseño de instrucción. Universidad Pedagógica Experimental Libertador [Internet] 2007 [consultado 2021 Oct 3]; 6 (4): 50-72. Disponible en: <https://www.galileo.edu/faced/files/2011/05/1.-ConductismoCognositivismo-y-Constructivismo.pdf>
29. Freiberg-Hoffmann A, Abal F, Fernández-Liporace M. Cuestionario Honey-Alonso de Estilos de Aprendizaje: Nuevas evidencias psicométricas en población argentina. Acta. Colomb. Psicol [Internet] 2020 [consultado 2022 Oct 30]; 23(2):328-4. Disponible en: <https://actacolombianapsicologia.ucatolica.edu.co/article/view/3105>
30. Fornaguera-Trias J, Gómez-Salas G. Bioquímica: La ciencia de la vida. [Internet]. Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia; 2004 [consultado 2021 Oct 3]. pp. 207-209. Disponible en: <https://books.google.com.mx/books?id=9PgaYj4nwqsC&pg=PA207&dq=glucog%C3%A9nesis+y+glucogen%C3%B3lisis&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjNm6aVja3zAhWtIWofHahcDEQQ6AF6BAgEEAI#v=onepage&q=glucog%C3%A9nesis%20y%20glucogen%C3%B3lisis&f=false>
31. Garrido-Pertierra A, Teijón-Rivera JM, Blanco-Gaitán D, Villaverde-Gutiérrez C, Mendoza-Oltras C, Ramírez RJ. Fundamentos de bioquímica estructural [Internet]. Madrid: Editorial Tébar, S.L.; 2006 [consultado 2021 Oct 3]. Disponible en: <https://books.google.com.mx/books?id=avt8LFmp8q4C&pg=PA91&dq=Funda>

[mentos+de+Bioqu%C3%ADmica+estructural&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiJzYzr5lj4AhWzII4IHaiKA5IQ6AF6BAgKEAl#v=onepage&q=Fundamentos%20de%20Bioqu%C3%ADmica%20estructural&f=false](https://www.google.com/search?q=Fundamentos%20de%20Bioqu%C3%ADmica+estructural&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiJzYzr5lj4AhWzII4IHaiKA5IQ6AF6BAgKEAl#v=onepage&q=Fundamentos%20de%20Bioqu%C3%ADmica%20estructural&f=false)

32. Campbell MK, Farrell-Shawn O. Bioquímica [Internet]. México: CENGAGE Learning; 2016 [consultado 2021 Abr 21]. Disponible en: [https://issuu.com/cengagelatam/docs/bioqu\\_mica\\_volumen\\_ii\\_campbell\\_iss](https://issuu.com/cengagelatam/docs/bioqu_mica_volumen_ii_campbell_iss)
  
33. Teijón-Rivera JM, Garrido-Pertierra A, Blanco-Gaitán D, Villaverde-Gutiérrez C, Mendoza-Oltras C, Ramírez-Rodríguez J. Fundamentos de bioquímica metabólica [Internet]. Madrid: Editorial Tébar; 2006 [consultado 2021 Abr 21]. pp. 53-69. Disponible en: [https://books.google.com.mx/books?id=lw\\_z2TPXvZgC&pg=PA53&dq=importancia+biologica+de+la+gluconeog%C3%A9nesis&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwigzlyVzpDzAhW2mmoFHSVVCmAQ6AF6BAgJEA#v=onepage&q=importancia%20biologica%20de%20la%20gluconeog%C3%A9nesis&f=false](https://books.google.com.mx/books?id=lw_z2TPXvZgC&pg=PA53&dq=importancia+biologica+de+la+gluconeog%C3%A9nesis&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwigzlyVzpDzAhW2mmoFHSVVCmAQ6AF6BAgJEA#v=onepage&q=importancia%20biologica%20de%20la%20gluconeog%C3%A9nesis&f=false)
  
34. Melo-Ruiz V, Cuamatzi-Tapia Ó. Bioquímica de los procesos metabólicos [Internet]. Barcelona: Editorial Reverté; 2019 [consultado 2021 Abr 21]. Disponible en: <https://books.google.com.mx/books?id=SARrdWaaqbaj&printsec=frontcover&dq=carbohidratos+definicion&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwi5nMqJ5oPwAhVHCKwKHR5DDgA4ChDoATAAegQIBhAC#v=onepage&q&f=false>
  
35. Baynes JW, Dominiczak MH. Bioquímica médica [Internet]. Barcelona: Editorial ElSevier; 2019 [consultado 2021 Abr 21]. Disponible en: <https://books.google.com.mx/books?id=o-2KDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Bioqu%C3%ADmica+m%C3%A9dica&hl=es->

[419&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Bioqu%C3%ADmica%20m%C3%A9dica&f=false](https://doi.org/10.1136/bmj.k2340)

36. Sánchez y Col. Entorno Virtual de Enseñanza- Aprendizaje para la construcción de conocimiento en Bioquímica Médica. Revista de la facultad de medicina. 32 (9). 2009. p. 31-37.
37. Ludwig DS, Frank BH, Tappy L, Brand-Miller, J. Dietary carbohydrates: role of quality and quantity in chronic disease. National Library of Medicine [Internet] 2018 [consultado 2021 Oct 3]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5996878/> DOI [10.1136/bmj.k2340](https://doi.org/10.1136/bmj.k2340)
38. Ramírez-Godínez J, Román-Gutiérrez AD. Importancia de los carbohidratos en la industria alimentaria. ICBI [Internet] 2017 [consultado 2021 Abr 16]; 4(8). Disponible en: <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icbi/article/view/2048>
39. Cruz-Millán M, Aguilar-Santelises L, García-Del Valle A. Rendimiento académico en la carrera de Química Farmacéutico Biológica de la FES Zaragoza (2002-2008). Bioquímica [Internet] 2009 [consultado 2022 Feb 12]; 34(1): 75. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57613001066>
40. Guzmán-Duque A, Mendoza-Paredes J, Tavera-Castillo N. Kahoot!: un mecanismo de innovación para la educación universitaria. Octaedro [Internet] 2018 [consultado 2022 Feb 12]. Disponible en: <https://octaedro.com/libro/el-compromiso-academico-y-social-a-traves-de-la-investigacion-e-innovacion-educativas-en-la-ensenanza-superior/>
41. Niño-Vega JA, Fernández-Morales FH. Una mirada a la enseñanza de conceptos científicos y tecnológicos a través del material didáctico utilizado.

Revista Espacios [Internet] 2019 [consultado 2022 Feb 12]; 40(15). Disponible en: <http://www.revistaespacios.com/a19v40n15/a19v40n15p04.pdf>

42. Carbajal-Ñique C. Una nueva forma de aprender bioquímica: metodología del caso. El Sevier [Internet] 2018 [consultado 2022 Feb 12]. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-educacion-medica-71-avance-resumen-una-nueva-forma-aprender-bioquimica-S1575181318302651#:~:text=El%20m%C3%A9todo%20de%20casos%20es, estudio%20del%20caso%3B%20que%20est%C3%A9n>
43. Vidal-Ledo M, Gavilondo-Mariño X. TEMA: Docencia y tecnologías móviles. Revista Cubana de Educación Médica Superior [Internet] 2018 [consultado 2022 Feb 12]; 32(2): 1-11. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=85831>
44. Vialart-Vidal MN. Estrategias didácticas para la virtualización del proceso enseñanza aprendizaje en tiempos de COVID-19. Revista Cubana de Educación Médica Superior [Internet] 2020 [consultado 2022 Feb 12]; 34(3). Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=100527>
45. Koolman J, Rohm KH. Bioquímica texto y atlas médica [Internet]. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2004 [consultado 2021 Abr 21]. Disponible en: <https://books.google.com.mx/books?id=f61Mvd-vl60C&pg=PA152&dq=fases+del+v%C3%ADa+de+las+pentosas+fosfato&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiF56vKw9HyAhVBmmoFHejSCIsQ6AF6BAgCEAI#v=onepage&q=fases%20del%20v%C3%ADa%20de%20las%20pentosas%20fosfato&f=false>
46. Hernández A, Alfaro I, Arrieta R. Microbiología Industrial [Internet]. Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia; 2003 [consultado 2022 Nov 13]. Disponible en:

<https://books.google.com.mx/books?id=KFq4oEQQjdEC&pg=PA40&dq=glucosis+importancia&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjm65yfidX8AhW0N0QIHQFzDTQQ6AF6BAgIEAI#v=onepage&q&f=false>

47. Serrano-Carranza O. Evaluación de actividades didácticas de una clase de francés. Universidad de Chile [Internet] 2020 [consultado 2021 Julio 18]. Disponible en: <https://revistas.uchile.cl/index.php/LM/article/download/58703/62233/>