



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

---

---



**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

USO DE TECNOLOGÍA TÁCTIL PARA EL  
APRENDIZAJE DEL METABOLISMO EN  
ODONTOLOGÍA, F.O. UNAM: PROYECTO PAPIME  
PE211516.

**T E S I N A**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**C I R U J A N A   D E N T I S T A**

P R E S E N T A:

ANDREA FLORES ALVARADO

TUTOR: Dr. CÉSAR AUGUSTO ESQUIVEL CHIRINO

ASESORA: Esp. LUZ DEL CARMEN GONZÁLEZ GARCÍA



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 **Celia Alvarado Vega y Salvador Flores González**  
por brindarme la vida y su apoyo incondicional a lo largo de todos  
estos años, por sus enseñanzas y su cuidado hacia mí, de todo corazón se  
los agradezco, por hacerme una persona fuerte y dedicada en todos los  
aspectos y por guiarme siempre a seguir hacia adelante y cumplir mis metas.

A mis hermanos, Eduardo y Salvador que siempre han estado conmigo, apoyándome  
en todo lo que he realizado, por hacerme pasar momentos inolvidables en su  
compañía y porque sé que nos tendremos los unos a los otros por siempre.

A Simón A. Cruz que se ha convertido en un apoyo incondicional desde que lo conocí,  
me has hecho vivir momentos maravillosos con mucho amor y sé que vendrán  
días mejores para nosotros y nuestras familias. Agradezco tenerte en mi vida.

A mis amigos que a lo largo de la carrera me han brindado su  
ayuda y hemos compartido muchas experiencias a lo largo de  
la carrera, en especial a Ellen, Daniel, Andru, Idalia, Jhos, Ari, Dul, Vistra.

Así como a la familia Martínez Flores, por permitirme formar parte de su  
equipo de trabajo y a todas las doctoras que ahí trabajan, por brindarme  
su amistad y grandes enseñanzas a lo largo de la carrera.

A la familia Cabrera y a Toño que me brindaron todo su apoyo, no tengo  
las palabras para agradecerlo, pero saben que los quiero  
demasiado y siempre contarán conmigo.

A la UNAM que fue como una segunda casa para mí, permitiéndome realizar lo que más me gusta y  
actualmente convirtiéndola en una pasión. A mi tutor César Esquivel y mi asesora Luz del Carmen González,  
por su gran apoyo en la realización de la tesina, gracias por sus enseñanzas.



---

---

## Agradecimiento Institucional

Por el apoyo institucional para la realización de este trabajo de titulación a través del Proyecto **“Uso de las TIC en la modalidad de interfaz táctil para el aprendizaje de rutas metabólicas del módulo de Fundamentos de Biología Oral”**, apoyado por el Programa de Apoyo a Proyectos Institucionales para el Mejoramiento de la Enseñanza (PAPIME) de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico de la UNAM

**Clave del Proyecto:**

PAPIME PE211516

**Fecha de Aprobación del proyecto:**

Convocatoria 2016

**Nombre del Responsable:**

Dr. César Esquivel Chirino

**Entidad académica de adscripción del responsable:**

Facultad de Odontología de la UNAM

**Duración (periodo):**

1 año



## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	7
<b>CAPÍTULO I: TECNOLOGÍA</b> .....	9
1.1. Definición.....	9
1.2. Antecedentes históricos de la tecnología.....	9
1.3. Pizarrones digitales.....	11
1.3.1. Uso de pizarrones digitales e inicios.....	14
1.3.2. Tipos de pizarrones digitales.....	19
1.3.3. Clasificación por el tipo de tecnología.....	20
<b>CAPÍTULO II: TECNOLOGÍA TÁCTIL</b> .....	22
2.1. Concepto.....	22
2.2. Uso de tecnología táctil.....	24
2.3. Ventajas y desventajas.....	26
2.4. Aplicación en ciencias de la salud.....	27
2.5. Interacción multiusuario.....	28
<b>CAPÍTULO III: SOFTWARE</b> .....	30
3.1. Definición.....	30
3.2. Programas de mayor utilidad.....	31
3.2.1. Final Cut Pro.....	31
3.2.2. Camtasia Studio.....	33
3.2.3. Smoothdraw.....	36
3.2.4. ArtRage Studio.....	37
<b>CAPÍTULO IV: TABLETAS</b> .....	39
4.1. Definición.....	39
4.2. Características de tabletas.....	39



## ÍNDICE

4.3	Tableta Wacom Intous.....	41
<b>CAPÍTULO V: ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE.....</b>		<b>43</b>
5.1.	Conceptos.....	43
5.2.	Proceso de aprendizaje.....	44
5.2.1.	Memoria.....	44
5.3.	Estilos de aprendizaje.....	46
5.4.	Estrategias de aprendizaje.....	48
5.5.	Enseñanza virtual.....	50
<b>CAPÍTULO VI: PROYECTO PAPIME.....</b>		<b>51</b>
6.1.	Definición.....	51
<b>CAPÍTULO VII: METABOLISMO.....</b>		<b>52</b>
7.1.	Definición.....	52
7.1.1.	Catabolismo y anabolismo.....	54
7.2.	Glucólisis.....	54
7.3.	Destinos del piruvato.....	62
7.4.	$\beta$ – oxidación.....	63
7.5.	Importancia de estas vías en odontología.....	70
<b>OBJETIVOS.....</b>		<b>73</b>
	Objetivo general.....	73
	Objetivo específico.....	73
<b>METODOLOGÍA.....</b>		<b>74</b>
	Material y métodos.....	74
	Tipo de estudio.....	77



---

---

Población de estudio .....	77
Población de muestra .....	77
Criterios de inclusión .....	77
Criterios de exclusión .....	77
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>78</b>
<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>84</b>
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>85</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>87</b>



---

---

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad el uso de las diversas tecnologías van implicadas en la vida diaria del ser humano, innovando constantemente para llevar a cabo de manera más sencilla nuestro día a día y con ello ampliar nuestros límites, tanto físicos como intelectuales.

Todas estas innovaciones han repercutido en la sociedad, ya que a partir del invento de la computadora y uso de informática han brindado una revolución cultural, la cual continúo con el lanzamiento de diversas tecnologías táctiles, como el uso de celulares brindando una mayor comunicación.

El uso de la tecnología en el ámbito educativo ha sido fomentado por diversas instituciones, por los gobiernos y asociaciones privadas, dando inicio a la implementación de los pizarrones digitales con la interacción y control de los programas mediante la proyección de videos multimedia. Así como la implementación de la educación a distancia mediante el uso de internet, las clases interactivas o las diversas plataformas educativas presente hoy en día, logrando acceder a toda esta información por medio de dispositivos táctiles o una computadora.

Hoy en día las aulas, las bibliotecas, los maestros y medios educativos tradicionales ya no son la única fuente de conocimiento. Y mediante diversos tipos de tecnología se ve aumentado el rendimiento escolar, como es el uso de la tecnología táctil para la enseñanza principalmente en alumnos mayores a los 5 años de edad, ya que han adquirido un proceso cognoscitivo para estimular su aprendizaje.

De acuerdo con el proceso de enseñanza aprendizaje en la educación, el uso de la tecnología permite la producción de nuevos materiales didácticos que beneficiará al alumno, abarcando los diferentes estilos de aprendizaje y las estrategias metodológicas de cada uno de ellos. Las cualidades de estos medios, como la interactividad o la consulta casi inmediata de información han



aportado nuevas perspectivas en cuanto a estrategias educativas más eficaces, dando pie a que el aprendizaje se adapte al ritmo y capacidades del alumno, consultando la información a cualquier hora y desde cualquier lugar con equipo específico.

Pero a pesar de presentar todas estas cualidades, no queda exenta la necesidad de contar con un profesor en el aula, ya que ellos son los que nos guiarán en el aprendizaje.

Por ello en este proyecto que brindó la Facultad de Odontología, surge la necesidad de crear un material didáctico que contenga los trabajos realizados por estudiantes de primer año de la carrera en el nuevo plan de estudios, del módulo de fundamentos de biología oral; para que posteriormente al ser subido a una plataforma educativa de la facultad los alumnos tengan la facilidad de consultarlo posteriormente para reforzar su aprendizaje.

Para lograr este fin se dio una capacitación a los alumnos sobre el uso de la pantalla táctil y la aplicación de diversos programas de edición de imágenes, mostrando el gran contenido de herramientas que ofrecen cada uno de ellos y así poder elaborar material didáctico basado en el tema de metabolismo, ya que al ser un tema difícil de comprender para muchos estudiantes de la carrera y con la elaboración de material didáctico ayudará a su entendimiento.



## CAPÍTULO I: TECNOLOGÍA

### 1.1. Definición

La tecnología la podemos definir como la aplicación coordinada de un conjunto de conocimientos propios y habilidades técnicas, que permiten la creación de artefactos o procesos para que el ser humano pueda así satisfacer sus necesidades o resolver sus problemas.<sup>1,2</sup>

La palabra tecnología proviene etimológicamente del griego τεχνολογία (technologuía), la cual se encuentra compuesta de dos partes: τεχνο (techne) que significa arte, oficio o técnica y λογος (logos) que significa discurso, conocimiento o ciencia.<sup>2</sup> Con referencia a lo anterior se define a la ciencia como el conjunto de conocimientos adquiridos por sus principios y causas, siendo resultado de la observación, razonamiento y experimentación concreta; y la técnica se define como un conjunto de procedimientos o recursos necesarios para la solución de un problema, por medio de la práctica.<sup>1,2</sup>

### 1.2. Antecedentes históricos de la tecnología

A lo largo de la historia el hombre ha buscado la manera de hacer su vida más fácil, esto con ayuda de la elaboración de diversos objetos, que para darse una idea en 1790, sólo en Estados Unidos se hicieron más de 4.7 millones de patentes en artefactos y si consideramos cada una de ellas como equivalente de una especie orgánica, puede decirse que la diversidad tecnológica es tres veces mayor; siendo la necesidad la madre del ingenio para la elaboración de las variedades de objetos, ya que ante alguna situación aparentemente imposible, se utiliza el ingenio y talento para la creación de



nuevos instrumentos o máquinas que ayudan a resolverlo, satisfaciendo necesidades biológicas, contribuyendo al progreso material y actividad tecnológica.<sup>3</sup>

La historia muestra que la tecnología es aún más antigua que la ciencia y una de las manufacturas más útiles y la más antigua ha sido el uso de la piedra, siendo así la tecnología más primitiva conocida; tuvo origen 2 millones de años antes de surgir la mineralogía o geología, hace 6,000 años a.C. En ese periodo también surgió la creación del fuego, armas a base de piedra tallada e inicios de la vestimenta con pieles de animales.

Posteriormente surgió el uso de metales, como el cobre y bronce; produciendo cambios radicales en la tecnología agraria y llevando así al desarrollo de la agricultura, la domesticación animal y su asentamiento de las poblaciones, logrando el mayor avance en el desarrollo tecnológico, reemplazando estos metales por el hierro y posibilitando así la creación de nuevas herramientas más resistentes y baratas.

Durante el siglo XVIII, no se aplicaron conocimientos científicos, sino tradición e innovación de invenciones ya realizadas, ofreciendo avances en la navegación, artefactos y tecnología militar. Además se crearon estructuras arquitectónicas monumentales como catedrales antiguas, edificios de estilo gótico y artes mecánicas durante la Edad Media, como fueron los molinos de viento, relojes, bombas de agua y demás.

A partir de la segunda mitad del siglo XIX se empezó a tener una gran influencia en la tecnología, ya que con los estudios en electricidad y magnetismo se sentaron las bases sobre la energía eléctrica y el transporte, impulsando con ello la industrialización de tecnologías como la química y mecánica. Un ejemplo de ello fue la aplicación del motor de vapor en los barcos y ferrocarriles, beneficiando a la comunicación con el empleo del telégrafo y



dando un gran paso en el sistema de luz incandescente, creado por Thomas Edison.

Ya para el siglo XX el impulso de la ciencia a la tecnología tuvo un desarrollo rápido; como lo fue con la química orgánica la cual logró sintetizar una gran cantidad de polímeros con aplicación en numerosas industrias, a nivel textil, productos químicos, etc. A finales de la primera mitad de este siglo, las mejoras de tecnología energética y de motores fueron enormes, provocando con ello el desarrollo tecnológico nuclear. Otro cambio radical fue en la comunicación, con el uso de la informática siendo muy útil actualmente en distintos trabajos y teniendo impacto sobre el campo sociológico; de igual forma la radiocomunicación, el radar y la grabación de sonido fueron tecnologías claves que llevaron al camino de la invención del teléfono, fax y almacenamiento magnético de datos. Además estas nuevas tecnologías presentaron un gran impacto sobre tecnologías antiguas como la metalurgia o mecánica, ya que se han beneficiado con el aumento de productividad, calidad y eficiencia.

A pocos años del transcurso de la tecnología, aparece el siglo XXI, como el siglo de la comunicación y la biotecnología como esperanza en el campo de la salud y la presencia del cuidado del medio ambiente, llevando a la aceleración tecnológica con el pronóstico de la llegada de mejores tecnologías conforme pase el tiempo.<sup>1,3</sup>

### **1.3 Pizarrones digitales**

También conocidos como pizarrón digital interactivo (PDI), se trata de un ordenador conectado a Internet y un video proyector, el cual muestra la señal del ordenador sobre una superficie. Su principal función es interactuar con el ordenador, a partir de lo proyectado en la superficie, mediante un dispositivo externo como un bolígrafo electrónico e inclusive directamente con



las propias manos. Ofreciendo la posibilidad de interactuar directamente con los objetos multimedia proyectados, de ahí su nombre, ya que los usuarios manipulan e interactúan directamente con lo que se proyecta en la PDI<sup>4</sup>.

En el foro de didáctica y multimedia (DIM) el profesor Pere Marqués propuso dos definiciones para diferenciar la pizarra digital y la pizarra digital interactiva:

“Entendemos por Pizarra Digital un sistema tecnológico, generalmente integrado por un ordenador y un videoprojector, que permite proyectar contenidos digitales en un formato idóneo para visualización en grupo. Se puede interactuar sobre las imágenes proyectadas utilizando los periféricos del ordenador: ratón, teclado, tableta gráfica”<sup>5</sup>.

“Podemos definir Pizarra Digital Interactiva como un sistema tecnológico, generalmente integrado por un ordenador, un videoprojector y un dispositivo de control de puntero, que permite proyectar en una superficie interactiva contenidos digitales en un formato idóneo para visualización en grupo. Se puede interactuar directamente sobre la superficie de proyección”<sup>5</sup>.

La pizarra digital interactiva cuenta con los siguientes elementos:

- Ordenador: Reproduce la información multimedia que se tiene almacenada en el disco duro y su sistema operativo debe de ser compatible con el software de la pizarra. Puede ser portátil o de sobremesa.
- Proyector: Habilita la visión de la imagen que se ve en el ordenador sobre la pizarra. Es conveniente colocarlo en el techo y a una cierta distancia de la pizarra, para obtener una mejor imagen y un buen tamaño, ajustando por completo la dimensión de la PDI.
- Medio de conexión: Va a comunicar el ordenador con la pizarra, a través de cable como un USB, bluetooth o conexiones basadas en tecnologías de identificación por radiofrecuencia.

- Pantalla interactiva: Será el lugar de proyección de la imagen del ordenador, controlada mediante un puntero como un bolígrafo o con las propias manos, dependiendo si es táctil o no.
- Software: Depende del distribuidor, otorgando la funcionalidad destinada a gestionar interacciones que los usuarios realizan sobre la pizarra digital interactiva<sup>4</sup>.

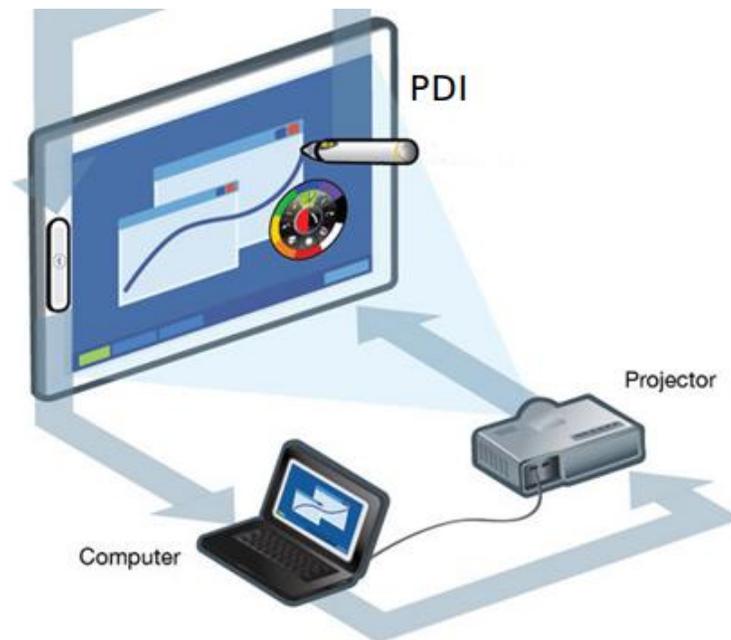


Figura 1. Componentes de la pizarra digital<sup>6</sup>.

Habitualmente cuando se adquiere una pizarra digital interactiva solo incluye la pantalla, el bolígrafo, el software y el cableado necesario. A ello se debe añadir el proyector y el ordenador, así como accesorios necesarios, como el ratón y teclado.

También existen pizarras digitales interactivas portátiles (PDIP), las cuales pueden trasladarse fácilmente y se utilizan sobre cualquier superficie de proyección, como una pantalla plegable. Un ejemplo es la PDIP Beam Engage, la cual es una barra que se adhiere de forma lateral a la superficie



que actuará como pizarra y gracias al software permite una adecuada manipulación de los movimientos y proyección de la imagen<sup>4</sup>.

### **1.3.1. Uso de pizarrones digitales e inicios**

Fue a principios de los años noventa, exactamente en 1991 cuando aparecieron en el mercado las primeras pizarras digitales, pero fue hasta comienzos del siglo XXI cuando su uso comenzó a popularizarse en centros educativos principalmente, viéndose incrementadas cada vez más en distintas instituciones<sup>7</sup>.

Dentro de los usos se encuentran:

- Proyectar en una superficie interactiva contenidos digitales, para que los alumnos y el profesor tengan posibilidad de interactuar con la información y modificarla a sus necesidades.
- Interactuar directamente con la información, manipular y adaptarla a sus necesidades de aprendizaje<sup>7</sup>.
- Escribir directamente sobre la superficie proyectada con rotuladores de diversos colores, así como guardar las lecciones usadas para explicaciones posteriores<sup>8</sup>.
- Permite controlar los programas con un puntero o con el dedo e inclusive se puede escribir desde un teclado<sup>7</sup>.
- Sirven especialmente en los primeros años de educación para niños con necesidades especiales educativas, ya sean de causa física, psíquicas, sensoriales, emocionales, etc. Siendo para ellos un recurso motivador y no discriminador en sus necesidades.
- Se puede escribir palabras o frases, hacer gráficos, esquemas o dibujos; resolver juegos para enlazar dos conjuntos, armar rompecabezas, leer o escribir, resolver laberintos, ordenar, buscar o



clasificar imágenes y palabras por diversos criterios, resolver problemas de matemáticas y exponer trabajos con imágenes y sonidos<sup>7</sup>.

### VENTAJAS

### DESVENTAJAS

Capta y focaliza la atención del alumno: trabajando con herramientas específicas y obteniendo buenos resultados en niños con déficit de atención o algún otro trastorno <sup>4</sup> .	Se debe de contar con infraestructuras adecuadas, instalando el equipo en aulas específicas para cuando el profesor quiera ocuparlas <sup>4</sup> .
Trabaja la independencia y el auto-concepto: el niño puede manejar la pizarra digital desde edades tempranas, favoreciendo su independencia, autoestima y mejorando la interacción con el entorno <sup>4</sup> .	Todos los profesores deben recibir una formación didáctico-tecnológica, para contar con las habilidades necesarias del manejo del equipo, modelos de utilización y conocimiento de materiales multimedia <sup>4</sup> .
Motivación: al ser muy visual aumenta la confianza del aprendizaje en el niño, ayudándose de la paciencia, refuerzo positivo e interactividad <sup>4</sup> .	Los profesores deben tener la voluntad de cambio y mejora de práctica docente, para invertir tiempo en búsqueda de recursos y elaborar nuevos materiales didácticos <sup>4</sup> .
Adaptabilidad: principalmente a necesidades del profesor (desde zoom en objetos, sonidos, lenguajes, icono s) dando las clases más abiertas al adaptar contenidos y modificarlos durante el proceso <sup>4</sup> .	El aula debe de contar con buena iluminación y una adecuada resolución del proyector <sup>4</sup> .



Visibilidad de las acciones a toda la clase: permite que todos los presentes observen los objetos proyectados, además de tener diferentes dinámicas, donde el profesor está interactuando con la pizarra digital interactiva guiado por sus alumnos y resolviendo los problemas en grupo <sup>4</sup> .	Debe de tener una buena instalación fija, ya que puede tener problemas logísticos con el cableado, aparición de sombras en la pantalla o perder la calibración al mover el dispositivo <sup>4, 9</sup> .
Ayuda en clases donde es necesario el uso de redes sociales o Internet, como ver una videoconferencia, explicar sobre una autopsia o una clase de canto, donde el profesor tendrá que explicar cómo es emitido el sonido <sup>8,11</sup> .	La tecnología puede desviar al profesor del verdadero objetivo a realizar, ya que puede prestar mayor atención a apoyos visuales que al contenido <sup>9</sup> .
Los profesores se sienten cómodos al usarla <sup>9</sup> .	Costo alto del equipo <sup>4</sup> .
Se tiene acceso directo e inmediato a cualquier recurso audiovisual <sup>4</sup> .	Mal soporte técnico que lleve al mal funcionamiento durante tiempos prolongados <sup>11</sup> .
Es un recurso fácil de utilizar <sup>4</sup> .	Requiere de software específico <sup>4</sup> .
Reduce la necesidad de tomar apuntes, ya que todo lo proyectado se puede imprimir <sup>4</sup> .	Mala formación actualizada en metodología para la elaboración de materiales didácticos <sup>11</sup> .
Los alumnos comprenden mejor los contenidos, al ser una herramienta transparente en el proceso de enseñanza-aprendizaje <sup>9</sup> .	Que su uso no sea canalizado de un modo pedagógicamente correcto y se utilice para llevar a cabo



	actividades con escaso valor educativo <sup>11</sup> .
Ahorra el tiempo en el aula, al proyectar rápidamente los contenidos que se elaboraron con tiempo, sin necesidad de estar escribiendo <sup>11</sup> .	
Se puede continuar con la clase desde el punto exacto donde se quedó la sesión anterior, guardando el documento y anotaciones al final de cada clase <sup>11</sup> .	
Tiene la posibilidad de aprovechar diferentes canales para el aprendizaje: visual, auditivo y táctil <sup>11</sup> .	
Aumenta las posibilidades de participación e interacción entre los estudiantes, por ejemplo, algunos modelos de pizarras digitales interactivas cuentan con mandos a distancia, en donde los alumnos pueden enviar sus respuestas a la pantalla <sup>11</sup> .	

En 2004 la UNESCO señaló tres condiciones clave para aprovechar de manera más efectiva las tecnologías de la información y comunicación que se ofrecen.



1. Tanto alumnos como docentes deben tener el suficiente acceso a tecnologías digitales e Internet en salones de clase y así ofrecerles infinidad de recursos para su aprendizaje y enseñanza.
2. Deberán tener a su disposición contenidos educativos en formato digital, como lo son las lecciones digitales con imágenes y sonidos, compartir y consultar materiales curriculares en la red por medio de la PDI.
3. Los docentes deben de poseer las habilidades y conocimientos para ayudar a alumnos a alcanzar altos niveles académicos con el uso de nuevos recursos y herramientas digitales.

De tal manera se convierte al profesor en un mediador para el aprendizaje, ayudado de vías de información actuales como el Internet, así como en un inicio lo fue el uso de las bibliotecas. Pero no por ello se desechará el aprendizaje en libros, sino se combinará, de tal forma que si algún día no se cuenta con el sistema de Internet, la clase se desarrollara sin la pizarra digital como se hacía antes.

- Los profesores pueden ayudarse de recursos Web, como imágenes, esquemas, simulaciones, videos o noticias que ayuden y refuercen la exposición de un tema.
- Puede promover el trabajo colaborativo de alumnos para su exposición, así el profesor solo complementará las explicaciones al ser necesario y puede llegar a promover el debate en la clase.
- Puede escribir como en una pizarra convencional, con diferentes tipos de letras y colores, retocar y mover textos, guardarlos para una sesión posterior o enviarlos por e-mail a algún alumno que no pudo asistir.
- El sistema informático se puede utilizar para redactar un documento, imprimir o trabajar con un software didáctico.

La pizarra digital permite el paso de aprendizaje individual a uno dinámico, involucrando a todos los alumnos y creando un aprendizaje



colaborativo. Es por ello que la distribución de los alumnos deberá de ser en forma de “U” para aprovechar la dinámica e interactuar adecuadamente<sup>9</sup>.

No será necesario un ordenador muy potente, a partir de un procesador de 200MHz con 32Mb de RAM puede ser usado y el videoprojector no requiere de una gran potencia, ya que con 800 lúmenes funciona correctamente. Pero evidentemente mientras mayor sea la destreza y el número de imágenes usadas, mayor será la demanda de dispositivos físicos.

La pantalla funciona de forma similar que un rotafolio, donde cada página es guardada automáticamente con fecha, hora de edición y nombre de la página, para su uso posterior, desde el punto donde se quedaron la clase anterior.

Cuenta con herramientas de sombra en la pantalla, reflector, capturado de imágenes, teclado en pantalla y demás. Así como una amplia galería de más de 5000 imágenes y contenidos multimedia de todas las áreas; todas las imágenes se pueden ampliar, voltear, duplicar, etc. El texto escrito a mano se puede convertir en texto manuscrito o mecanográfico<sup>10</sup>.

### **1.3.2. Tipos de pizarrones digitales**

Existen pizarras interactivas de gran formato, en la que se coloca un gran dispositivo en la pared que sustituye en su totalidad a la pizarra tradicional, realizando anotaciones directamente. Y dentro de este bloque se encuentran las pizarras pasivas táctiles y las pizarras digitales por ultrasonido.

- Pizarra pasiva táctil: permite la interacción con el ordenador manipulando la pizarra, sin necesidad de un ratón o teclado; de tal forma que se puede trabajar con el ordenador a la vez que muestra el trabajo que se está realizando. También realiza anotaciones sobre la pantalla, denominada capa de tinta, superponiéndose al contenido de



la pantalla del ordenador para escribir sobre la presentación con las plumas electrónicas o las propias manos.

- Pizarra digital por ultrasonido tiene la ventaja de permitir transformar una pizarra convencional en una digital al colocar un dispositivo portátil de infrarrojos en una de sus esquinas; mientras este colocado el dispositivo la superficie se convierte en un receptor digital de señales emitidas por un lápiz óptico que funciona con pilas, mostrando al igual que la pizarra digital la información proyectada del ordenador e interactuar con la clase. Pero solo será posible con el uso del lápiz óptico. Una de las ventajas es su uso sobre cualquier superficie, usando el mismo aparato en distintas aulas.
- La pizarra digital portátil, utiliza un dispositivo de tamaño pequeño, similar a una tableta donde se escribe con un lápiz electrónico, empleado desde cualquier lugar del aula y proyectado en cualquier superficie plana e incluso en la propia pared.

### **1.3.3. Clasificación por el tipo de tecnología**

Son usadas para resolver problemas de la interacción del usuario con los objetos mostrados en las pizarras digitales interactivas.

- Infrarroja: el movimiento del puntero o dedo es capturado en la pizarra por un receptor que recibe su interferencia con la luz infrarroja en la superficie de la pizarra mostrando los puntos en una coordenada cartesiana, al no limitar el área de proyección puede ser de varios metros cuadrados.
- Electromagnética: usa un lápiz especial que actúa como puntero, combinada con una malla ubicada en toda la superficie de proyección de la pizarra, para detectar la precisión de ubicación de la señal y enviar un mensaje al ordenador. Los punteros no necesitan de pilas u otra



fuente de energía, ya que solo alteran las señales eléctricas producidas por la pizarra.

- Ultrasonido – Infrarroja: Usa luz infrarroja y un sistema de posicionamiento por ultrasonido. Donde el dispositivo escanea un área, recalibrando la imagen proyectada para ajustarse a las dimensiones de la pantalla.
- Resistiva: El panel de la pizarra está formado por dos capas separadas, donde la capa externa hace presión a la interna, provocando con ello una variación de la resistencia eléctrica entre las láminas y localizando así el punto señalado.
- Proyector interactivo: Incluye una cámara CMOS (semiconductor complementario de óxido metálico) incorporado en el proyector que además de producir la imagen detecta al puntero al contactar la imagen proyectada.
- Wiimote – infrarrojo: Es una tecnología que utiliza el Wiimote, mando de la consola Wii, desarrollada por Johnny Chung Lee en 2007, detectando el puntero que tenga luz infrarroja, es más económico y debido a su uso es muy familiar para algunos<sup>4</sup>.



---

---

## CAPÍTULO II: TECNOLOGÍA TÁCTIL

### 2.1. Concepto

La tecnología táctil hace referencia a diferentes dispositivos actuales que presentan en la superficie de la pantalla diversos sensores que se activan por medio de un toque, generando la entrada y salida de información y la emisión de la imagen a contraluz con el uso de LEDs.

La historia de la tecnología táctil se remonta aproximadamente en el año 1984, iniciando con los teclados físicos usados en la mayoría de los ordenadores y el lanzamiento de la primera computadora Macintosh. Pero la verdadera aplicación de la tecnología sobre pantallas fue en 1972 con la terminal PLATO IV Screen Terminal en la Universidad de Illinois, donde se encuentran los prototipos sensibles al tacto, pero ninguno sensible a la presión (como el teclado físico). Dentro de este ámbito la robótica juega un papel importante en la evolución de los sensores táctiles hacia 1981. Cercano a 1990 se lanzan los primeros prototipos de realidad aumentada desarrollada en Cambridge, nombrando a Digital desk de Pierre Wellner dentro de los primeros escritorios con técnica óptico acústicas que detecta la posición del dedo, manos o controles e información en hojas de papel. En 1992 la empresa japonesa Wacom lanza una serie de tabletas digitalizadas logrando determinar la presión en la superficie, el grado de inclinación, etc. En 2003 la Universidad Toronto publicó sobre el uso del único sistema en sus tiempos de detección de múltiples dedos y manos. Ya para el año de 2004 Microsoft dio muestras públicas del trabajo con un sistema de pantalla táctil que empleaba un sistema de cámaras, retroproyección y procesamiento de imágenes. Fue así que para el 2007 se lanzó el primer teléfono móvil con interfaz táctil, el iPhone de Apple, con diseño industrial destacable e interacción gestual integrada, incluyendo en las primeras versiones el uso de gestos multitáctil como el pinching o pellizco



para hacer zoom. En el mismo año Microsoft dio a conocer Surface Computing, la cual era una mesa de superficie interactiva, capaz de determinar la posición de múltiples dedos, manos y objetos, mostrando una imagen proyectada por un proyector, ofreciendo así la interacción de los usuarios mediante cámaras.

Las pantallas táctiles están definidas dentro de la especificación de dispositivos HID para puerto USB y son identificadas con el usage ID 04. Algunas de sus especificaciones son:

- Tip Pressure: representa la fuerza por un transductor, usualmente un estilete o el dedo.
- Barrel Pressure: es la fuerza que ejerce el usuario en el sensor del transductor, como un botón sensible a la presión en el puntero de manejo.
- In Range: indica que el transductor se encuentra en el área donde la digitalización es posible, representado por un bit.
- Touch: indica si un dedo toca la pantalla, donde el sistema lo interpreta como un clic de botón primario.
- Untouch: indica que el dedo ha perdido contacto con la superficie de la pantalla, interpretado como soltar el botón primario.
- Tap: indica que se ha realizado un toque con el dedo en la pantalla, levantándolo rápidamente sin prolongar el contacto.

Existen diferentes tipos de tecnología en las pantallas táctiles:

1. Resistivas: son más baratas y no les afecta el polvo y agua, pueden ser usadas con puntero o con el dedo, pero llegan a perder hasta un 25% de brillo.
2. Capacitivas: la calidad de imagen es mejor, son mucho más precisas y son multitouch, pero son más caras con un puntero especial.

Las grandes pantallas táctiles basadas en sensores capacitivos están ganando el mercado de teléfonos móviles, ya que los sensores detectan una



suave pulsación, este tipo de sensor es conocido como tecnología de capacidad proyectada, utilizados en la mayoría de los diseños de pantallas.

Un sensor de pantalla táctil capacitiva consta de varios materiales como óxido de estaño e indio siendo conductores en una o más capas de vidrio y plástico como el tereftalato de polietileno. La buena claridad óptica y baja resistividad de los materiales empleados en las distintas capas, hacen posible la realización de la pantalla táctil. Existe una tecnología de transferencia de carga que permite detectar la aproximación mínima de un dedo a la pantalla, basando su funcionamiento en un grupo de finos electrodos para cada canal capacitivo<sup>12</sup>.

## **2.2. Uso de tecnología táctil**

Este tipo de tecnología es usada principalmente para la enseñanza, con el fin de aumentar el rendimiento escolar en diferentes países. Ya que la implementación de pizarras digitales no tuvo gran éxito por medio del profesor y el alumno; por el contrario la educación enfocada por medio de pantallas táctiles al alumno ha demostrado resultados prometedores. Una revisión en 23 estudios desde 2009 usando la tecnología de la pantalla táctil en niños de 5 a 18 años en países en desarrollo, encontró un efecto positivo con su uso en comparación con los que impartían clase normal, mejorando el rendimiento en áreas difíciles como las matemáticas en niños de preescolar y convirtiendo a los estudiantes más independientes. Otra ventaja fue el uso más fácil para los niños pequeños en relación con capacidades motoras. La UNESCO en 2014 estimó que alrededor de 250 millones de niños de todo el mundo no poseen las habilidades básicas de escritura y aritmética necesarias, para contribuir a un crecimiento económico; pero los resultados de aprendizaje del alumno con esta nueva implementación tecnológica no sólo se enfocan a aspectos de la



aplicación del equipo, también a los profesores y actitudes hacia la tecnología táctil e incorporación del sistema educativo en el país<sup>13</sup>.

Los niños pequeños aprenden mejor con el intercambio de comunicación que existe con los adultos que los cuidan y si está presente el uso de pantallas táctiles es creciente su aprendizaje mediante la participación conjunta de su cuidador sin la interferencia de dispositivos ruidosos. Son utilizadas también como medio de comunicación, ya sea por chat o vídeos. Los libros digitales impulsan a los niños a motivar su aprendizaje, para conocer más acerca de los personajes de la historia<sup>14</sup>.

Se han usado aplicaciones en tabletas para informar sobre diversos temas relacionados a la salud, por medio de un programa de educación sanitaria interactiva llamado CO-ED, implementándolo a nivel hospitalario como promoción a la salud a través de múltiples canales de comunicación. Entre los temas que se manejaron está el asma, diabetes, hipertensión, depresión, esclerosis múltiple, ileostomía y dejar el hábito de fumar. El sistema constó de tres componentes; una base de datos de contenido educativo, la enseñanza de contenidos educativos en base a las principales construcciones de teorías de aprendizaje en adultos y la interfaz del usuario a través de tabletas, teléfonos digitales o aparatos de juegos y la respuesta de voz interactiva. El plan se enfocó en la implementación de dejar el hábito de fumar, en donde se mostró a los pacientes un contenido sobre peligros y efectos de fumar cigarrillos e información para dejar de fumar, pasando 45 minutos con la aplicación móvil y al finalizar 15-20 minutos de retroalimentación. Al inicio del estudio el 36% de los pacientes que sentía que no podía dejar de fumar, se redujo al 18% al término de la enseñanza asistida; manifestando que es mejor el aprendizaje interactivo que mediante libros, revistas, videos, discos o hablar con los proveedores de atención medica del hospital<sup>15</sup>.

El uso de pantalla táctil ha sido muy útil para personas con deficiencia visual o ceguera, ya que a pesar de que se basan principalmente en el audio



realizando una descripción de la pantalla mediante un lector o sintetizador de textos, aún es muy complejo el ingreso de información, porque la mayoría de los dispositivos usan el teclado QWERTY virtual que consta de 27 botones, pero Smartphone y Apple diseñaron la representación de carácter Braille con seis áreas circulares desde el centro a sus laterales, con el uso del lector de pantalla, un sintetizador de texto de voz que permite leer el texto ingresado y la capacidad de reconocer hasta seis toques simultáneos en la pantalla. Estos programas también ayudaron al apoyo de la mensajería instantánea para incluir a personas con ceguera, sin tener que leer el mensaje al instante, si no notificando que ha recibido un mensaje, para mantener la privacidad del usuario<sup>16</sup>.

### 2.3. Ventajas y desventajas

Ventajas:

- Facilidad de uso.
- El sistema es más intuitivo para manejar cualquier elemento electrónico.
- Ofrece una amplia gama de sectores en la cual se puede aplicar la tecnología.
- Disminución del uso de entradas periféricas como en las computadoras, con el uso de teclados, mouse, bocinas, etc.<sup>17</sup>.
- En pantallas táctiles capacitivas no hay que apretar muy fuerte la superficie para que detecte nuestros dedos.
- La tecnología multi-touch está presente en la mayoría de celulares y pantallas, pero solo detecta hasta dos dedos.
- Pantallas táctiles son resistentes al polvo y agua, tanto capacitivas como resistivas<sup>18</sup>.



### Desventajas:

- Depende el tamaño de pantalla y fisonomía de los dedos de la persona que pueda llegar a causar algún problema.
- Son muy delicadas al sol y suciedad.
- La grasa acumulada en la punta de los dedos puede afectarlas.
- Extrema fragilidad ante golpes y rayones<sup>17</sup>.
- El precio es alto, en especial las capacitivas porque requieren un elevado nivel de procesamiento.
- Las pantallas capacitivas no se pueden usar con lápiz óptico o guantes, o cuando esta mojados nuestros dedos.
- Las pantallas táctiles resistivas son más difíciles de oprimir y pierden un cuarto de brillo desde la fabricación.
- Es un poco más difícil de escribir en un teclado táctil que uno físico<sup>18</sup>.

## 2.4. Aplicación en ciencias de la salud

Se han utilizado ordenadores de tableta iPad para el diagnóstico de diversas enfermedades por medio de tomografías computarizadas y resonancia magnética ejecutada a partir de software OsiriX, demostrando un 100% de especificidad y un 94-97% de sensibilidad y con una tasa de precisión de 98-99%. Este sistema fue de gran ayuda ya que presenta altos niveles de concordancia en comparación con los estudios tradicionales independientemente de la región del cuerpo escaneada. Siendo muy favorables por la facilidad y velocidad de recuperación de imágenes, portabilidad, tamaño de la pantalla e interfaz del usuario<sup>19</sup>.

También se ha evaluado una técnica no invasiva, para la formación de imágenes por el impulso de fuerza de radiación acústica, en donde se utilizan ondas sonoras para detectar las propiedades de rigidez en diversos tejidos, en este caso para detectar cáncer de mama. Ya que diversos estudios como la



ecografía, mamografía y resonancia magnética son modalidades de uso común y la especificidad de imagen siguen siendo muy bajas. Así el uso de la combinación de la tecnología acústica e impulso de fuerza de radiación en elastografía y las mediciones de velocidad de onda cortante interna y marginal son muy útiles para la detección de lesiones malignas en las glándulas mamarias. Dentro de sus limitaciones está el grado histológico, el contenido fibrótico, micro calcificaciones y que incluye solo un cierto número de lesiones por las limitantes del tamaño<sup>20</sup>.

Se ha utilizado para la detección de la incidencia de infección en vías urinarias, debido a la difícil recolección de muestras o dolorosa extracción de prueba de orina, implementado el uso de un dispositivo biomédico portátil, con un sensor capacitivo de la pantalla táctil como alternativa a la detección principal de la bacteria *Escherichia coli*, presente en 80-85% de los casos; donde los sensores captan diversos tipos de iones, y dentro de los que se requiere encontrar es el nitrito, el cual es el metabolito principal de esta bacteria entérica. Esto se obtiene a partir de la muestra de orina sobre un pañal desechable y al ser un dispositivo muy confiable para la detección de infecciones en las vías urinarias de manera rápida, almacena los resultados de inmediato y sin la necesidad de mandarlo a diferentes plataformas de análisis<sup>21</sup>.

## 2.5. Interacción multiusuario

Es un tipo de interacción no verbal, siendo una manera sencilla de comunicación efectuada por otros medios que enriquece la interacción y apoya la comprensión mutua. Este comportamiento no verbal en la vida virtual está limitado por los medios de comunicación, donde los únicos sentidos involucrados son la visión y audición, así como una restringida regeneración táctil. El entorno virtual es definido por Schroeder en 2011 como: una pantalla



generada por ordenador que permite u obliga al usuario estar presente en un entorno distinto del que en realidad pertenece o interactuar con ese entorno sin estar allí. Se puede basar en texto, representaciones gráficas o tridimensionales, con el fin de interactuar con diversos usuarios a partir de una representación gráfica de ellos, es decir, con un avatar. Cuando la interacción está implicada con el entorno virtual se conoce como realidad virtual y su clasificación se da dependiendo el grado de inmersión como escritorio, realidad aumentada o realidad virtual inmersa de los usuarios<sup>22</sup>.

Los dominios multiusuario orientados a objetos, videoconferencias y otros, ha acercado sus capacidades de comunicación y la posibilidad de interacción con una o varias personas a la vez. El mundo web ha jugado un papel importante en la atracción de usuarios por incorporar nuevas habilidades técnicas y variedades de acceder a una red de ordenadores, que van cambiando con cada nueva aplicación.

La interacción multiusuario se lleva a cabo para más de un usuario que puede acceder al sistema al mismo tiempo, en este caso existen diversos enfoques para referirse a una clase de entorno de aprendizaje generado por un ordenador en el que un gran número de alumnos interactúa entre sí con el objetivo de aprender. Llevándose a cabo por medio de una clase, escenario programado o páginas en las cuales aprende<sup>23</sup>.



---

---

## CAPÍTULO III: SOFTWARE

### 3.1. Definición

Son una serie de instrucciones detalladas que controlan el funcionamiento de un sistema computacional y dentro de sus funciones se encuentran:

- Administrar los recursos computacionales de hardware.
- Proporcionar las herramientas para aprovechar dichos recursos.
- Actuar como intermedio entre organizaciones y la información almacenada.

El programa de software es una serie de enunciados o instrucciones que se dan a la computadora. Denominando programación al proceso de escribir o codificar programas y las personas que lo realizan se llaman programadores.

Hay dos tipos principales de software, cada uno con funciones diferentes e interrelacionados, los cuales se ven como una serie de cuadros anidados, interactuando estrechamente<sup>24</sup>.

1. Software de sistemas: es un conjunto de programas generalizados que administran los recursos de la computadora como el procesador central, enlaces de comunicación y dispositivos periféricos, realizado por programadores de sistemas.
2. Software de aplicación: describe los programas que se escriben para los usuarios con el fin de aplicar a la computadora una tarea específica, realizadas por programadores de aplicaciones.

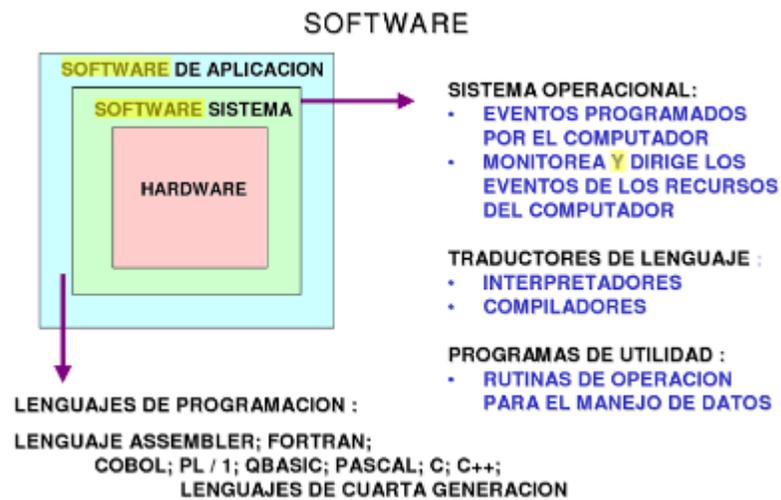


Figura 2. Diagrama de los tipos de software<sup>24</sup>.

### 3.2. Programas de mayor utilidad

Dentro de los programas que se encuentran para la realización de diversos programas de enseñanza y de mayor utilidad son Final Cut Pro, Camtasia Studio, Smoothdraw y ArtRage.

#### 3.2.1. Final Cut Pro

Es un editor profesional de video de la marca Mac, la cual organiza archivos multimedia, con un rendimiento de videos de 4K, satisface necesidades actuales de editores permitiendo una interfaz de edición dinámica y velocidad con precisión extraordinarias. Ofrece una línea del tiempo magnética con la cual se puede editar de una forma fluida y flexible, combinando tomas con facilidad y eliminando espacios vacíos no deseados, aunque también se puede trabajar con la edición tradicional mostrando lo que está ocurriendo mientras sigues trabajando. Crea sofisticados proyectos multicam hasta de 64 ángulos de video con una velocidad y flexibilidad sin precedentes, ya que tiene un motor de 64 bits que permite un trabajo sin



soporte adicional y modifica de acuerdo a la hora, código de tiempo, marcadores y ondas de audio. El audio se puede editar directamente en la línea del tiempo, seleccionando intervalos para ajustar el tiempo y volumen. Las conexiones de clips los ubican en secuencias adicionales, efectos de sonido y música en la línea del tiempo, para que se muevan juntos a medida que se van realizando los cambios y los clips compuestos se guardan automáticamente para volver a usarlos. Se puede editar con mayor precisión directamente sobre la línea de tiempo o recolectar varias tomas y ponerlas en contexto, con distintas escalas de color y efectos. Se pueden agregar plantillas animadas en 3D o cinematográficas con fondos integrados personalizados, corregir el efecto de color en la imagen o dibujo para dar una apariencia perfecta.

Actualmente este editor trabaja con nuevas y dinámicas formas de organizar los archivos multimedia, dentro de las bibliotecas están los clips de origen y proyectos editados los cuales puedes organizar, compartir o colocarlos en carpetas externas. Tiene una ventana de importación unificada para todos los archivos con visualización personalizada e indexación de archivos. Permite analizar material durante la importación en un segundo plano mientras editas, usa palabras clave para encontrar tomas, se puede crear una colección inteligente de eventos o una biblioteca para organizar clips sin mover o copiar archivos. Los buscadores integrados permiten previsualizar y buscar fotos, música y efectos de sonido sin salir del programa arrastrándolo y soltándolo directamente en la línea del tiempo.

Tiene un desempeño de edición en videos de hasta 4K de resolución, con dos GPU disponibles en 2 GB, 3 GB o 6 GB de VRAM y hasta 2048 procesadores de secuencia. En conjunto con la Mac Pro permite una edición Multicam de hasta 16 flujos simultáneos de ProRes y existe compatibilidad con Sony XAVC, REDCODE RAW y otros. El programa utiliza dos tarjetas gráficas para reproducir efectos en el momento que se agrega y ajusta el color al

momento, reprograma el video, aplica filtros y todo a tiempo real, esta optimizado para usar ambas GPU para tareas exigentes como análisis de flujo óptico. Utiliza el puerto HDMI de la Mac Pro para conectar a un monitor de alta calidad o mediante un dispositivo de entrada y salida (E/S) para monitorear videos de 10 bits a través del Thunderbolt 2. El potencial de las dos GPU acelera la renderización y exportación en segundo plano, creando archivos ProRes 4K e importando directamente a YouTube con una resolución de 4K<sup>25</sup>.



Figura 3. Pantalla con las herramientas del programa Final Cut Pro<sup>25</sup>.

### 3.2.2. Camtasia Studio

Es un software propietario de la compañía estadounidense TechSmith, disponible para el sistema operativo Windows y Mac, presentado en idioma inglés, francés y alemán, con un tamaño de descarga de 20MG, su precio es de US\$299.00 aunque es posible descargarlo gratuitamente en la versión de prueba durante 30 días<sup>26</sup>. Junto al editor de vídeo y audio se encuentran cuatro aplicaciones más, Player utilizada para reproducir los archivos de vídeo, Theater permite una edición rápida observando los archivos generados en



formato Flash, Recorder es una herramienta que permite grabar cualquier acción en el monitor del ordenador en donde está instalado y Menumaker permite crear menús personalizados para las presentaciones. Para Microsoft Power Point, permite grabar las presentaciones realizadas o desde una webcam del dispositivo. Se puede importar el video realizado en una gran variedad de archivos, para vídeo MPEG, MP4, AVI, MOV y SWF; audio en MP3, WAV, WMA y colocar imágenes en formato JPG, GIF, BMP o PNG. Se organiza en cuatro partes que se pueden personalizar: la lista de tareas permite un acceso rápido a las principales utilidades del programa, el navegador muestra los materiales a partir de los que se está trabajando, el monitor reproduce el material que se está editando y la línea del tiempo modifica el contenido, incluye herramientas para dividir el audio o video, dando una previa edición o eliminación y permite colocar una pista sobre otra. Permite acceder a niveles avanzados de edición, hasta veinticinco transiciones distintas entre planos, creando un zoom dentro o fuera del vídeo, o colocar elementos gráficos sobre una imagen, también se pueden diseñar preguntas rápidas de autoevaluación de manera asistida, por respuesta múltiple, abierta o de respuesta corta, disponible sólo en PC<sup>26,27</sup>.

El volumen se puede variar o mediante la herramienta Audio Enhancements permite modificar o eliminar ruidos<sup>26</sup>. Presenta una pantalla verde que permite un efecto de croma eliminando el color de fondo del vídeo<sup>27</sup>.

El aspecto más cuidado es el formato de exportación, debido a problemas de incompatibilidad con codecs de vídeo y audio, la opción recomendada es a MP4 proveniente de Flash Video, WMV, MOV, AVI y demás, se puede compartir las grabaciones en LMS o añadirlos a presentaciones de Microsoft PowerPoint o enviar directamente las grabaciones a cuentas como YouTube, Vimeo, Google Drive y mucho más<sup>26,27</sup>.

La aplicación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación en la educación es una realidad actual en donde lo más importante es el modo

en el que se está gestionando, siendo un programa de gran ayuda para los docentes y ayudándolos a crear clases interactivas con distintos niveles de complejidad, dependiendo la edición video gráfica aunque no siempre la complejidad es sinónimo de eficacia pedagógica. Una de sus ventajas es la aproximación multimedia de vídeo, audio, textos, gráficos y animaciones que involucran al docente a la combinación de distintas matrices según el objetivo pedagógico que desee. La incorporación de voz permite una mayor proximidad con los alumnos, así como cercanía a través de la webcam, permitiendo acercar a alumnos con discapacidad auditiva<sup>27</sup>.

En áreas biológicas al implicar muchos procesos dinámicos, se han documentado pruebas de que las animaciones con narración son más eficaces que las imágenes estáticas para el proceso de aprendizaje, ya que en base a la teoría cognitiva la memoria de trabajo se incrementa con el uso de canales visuales y auditivos, descartando la información con falta de coherencia y con movimientos rápidos, ya que pueden abrumar al alumno y llevar a una poca comprensión<sup>28</sup>.



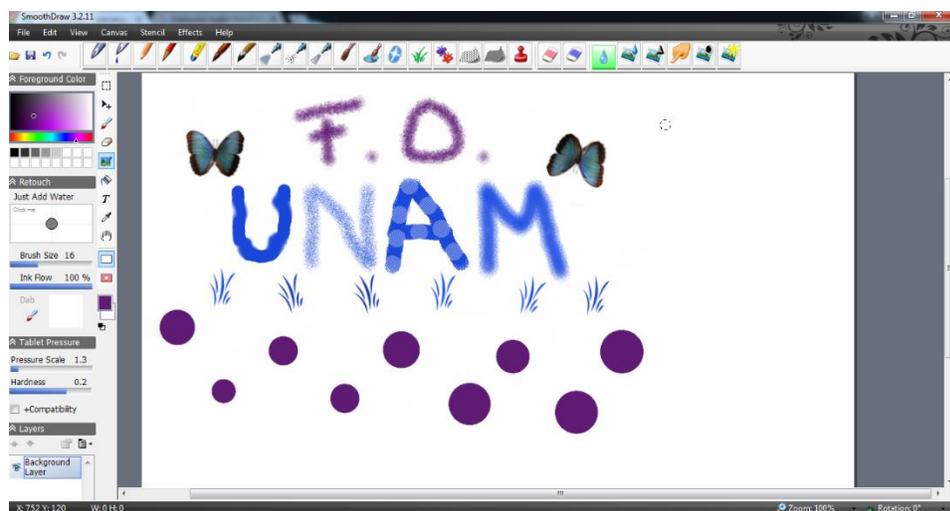
Figura 4. Pantalla inicial con las herramientas de Camtasia Studio 8.

Fuente propia.

### 3.2.3. Smoothdraw

Se trata de un software de dibujo a mano alzada fácil de usar, se puede introducir imágenes de alta calidad, con diversas herramientas como plumas, lápiz, pinceles de diferente tipo de punta, aerógrafos, estrellas en toque con brillo, pasto, mariposas, texturizados, gomas, efecto de gota, dedo para arrastre de la pintura y herramientas de retoque o capas. Para la versión beta 4.1.4 se cambió el cursor de forma de cruz al de lápiz siendo más visible en la pantalla de alta definición, más tarde en la versión beta 4.1.3 se eliminó de manera temporal el cuenta gotas y se añadió atajos de rehacer con las teclas CTRL+Shift+Z. Después de cuatro nuevas actualizaciones en la versión beta 4.1.0 se usa un dispositivo del sistema Windows para tener una mayor compatibilidad con dispositivos de entrada, tiene una tecla de acceso directo para los colores de paleta y un acceso directo de copiar / pegar.

Las ventajas que ofrece es la variedad de herramienta, filtros y efectos y trabajo por capas. Abre imágenes en formato SDDOC, PNG, BMP, JPG, GIF, PSD, PCD, TGA, PCX, TIF y DDS, guarda imágenes en formato SDDOC, PNG, BMP, JPG, GIF, TGA y TIF<sup>29</sup>.



**Figura 6.** Pantalla con las herramientas del programa SmoothDraw3.

Fuente propia.



### 3.2.4. ArtRage

Es un software de pintura y dibujo elegante fácil de entender, diseñado para desarrollar la creatividad por medio de diversas herramientas de dibujo y pinturas que simularan realizarlo de manera natural ya que permite realizar mezclas de colores y al ser muy familiar a otras aplicaciones permite el acceso rápido a elementos que se necesitan.

Para principiantes se puede usar el sistema de imagen de rastreo, importando fotos como guía permitiendo escoger colores automáticamente. Los maestros pueden plasmar lo que tienen sobre el papel en el programa, permitiendo mayor creatividad y diseño. Para artistas digitales permite el manejo de muchas de sus técnicas mediante el programa, como gotas y mezclado con espátula, tipos de lienzos, capas, rellenos y soporte para imágenes PSD.

Se puede instalar en Windows o Mac OS, iPad o Iphone, ya que no necesita de alta potencia o tarjeta gráfica rápida, donde el tamaño de pantalla no es tan importante y se puede pintar con uso de ratón, también tiene activado el uso de lápiz óptico aumentando la experiencia de trabajo y si tiene una pantalla multitáctil se pueden usar atajos familiares para trabajar con el lienzo.

Su precio es de \$49.90 USD, pero se encuentra disponible gratis al obtener la tableta táctil Wacom.

Características de herramientas:

- Pinturas naturales: simula la humedad, espesor, mezcla y texturas de la pintura de manera natural, permite tener capas en el lienzo sin dañar la pintura debajo y colocar colores metálicos.
- Interfaz fácil de usar sin estar saliendo por las herramientas y se puede tener otras imágenes abiertas mientras se trabaja.
- El lápiz puede dar un sombreado sutil o una línea en negrita, o dar un caracterizado en cera o tiza, con la bote rellena de color con un clic.

- Se pueden colocar calcomanías predefinidas y plantillas de regla para usar a trazo o mano alzada, así como pegatinas hechas mediante spray y colocar espejos para reflejar la imagen automáticamente.
- Puede definirse la textura y color de la tela, así como textura y rugosidad del lienzo.
- Soporte stylus: especial para las características de Wacom Styluses, dando precisión, inclinación y rotación, pudiendo reconocer el lápiz óptico asignando herramientas y colores que se estén seleccionando.

Los formatos de archivo, importación y exportación son importante para que las características de pintura no cambien, guardándolas en formato PNG, JPG, TIFF, BMP y PSD de Photoshop.

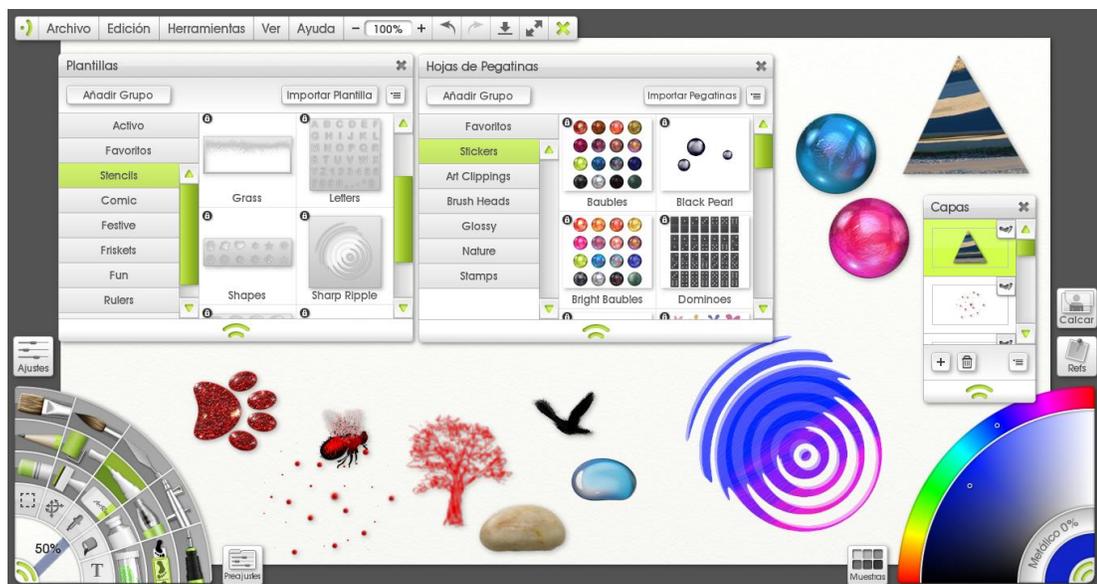


Figura 6. Pantalla con las herramientas de ArtRage Lite.

Fuente propia.



---

---

## CAPÍTULO IV: TABLETAS

### 4.1. Definición

Las tabletas digitales son herramientas con alto grado de interactividad por su pantalla táctil y muy intuitiva, ya que no requieren de una capacitación previa a su uso y se integran naturalmente a las capacidades de los usuarios. Por su ligereza y tamaño, permite que alumnos y docentes puedan llevarlo en la mano de un lugar a otro sin esfuerzo y la durabilidad de la batería facilita no estarla enchufando. Las tabletas son un buen estímulo para despertar la curiosidad, motivación e interés de alumnos y maestros descubriendo por sí mismo su aprendizaje<sup>31</sup>.

Una tableta es un tipo de computadora portátil, de mayor tamaño que un teléfono inteligente, integrado por una pantalla táctil o multitáctil con la que se interactúa con los dedos o mediante una pluma stylus pasiva o activa sin necesidad de un teclado ni un ratón<sup>32</sup>.

### 4.2. Características de tabletas

El uso de las tabletas debe de ir complementado y sustentado por una metodología correcta y un modelo didáctico a fin de que los alumnos puedan lograr aprendizajes significativos.

Con el fin de lograr una correcta integración de la tecnología en las aulas, Koehler y Misshra proponen el modelo TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) que se compone de tres formas de conocimiento: de contenido, pedagógico y tecnológico, siendo la base de la enseñanza eficaz de la tecnología<sup>31</sup>.

Dentro de las funciones que pueden aportar es<sup>31</sup>:



- Documentación de información mediante el acceso a través de la red a libros electrónicos, vídeos, música, imágenes y archivos multimedia, blogs o formatos PDF's.
- Son laboratorios multimedia abiertos: alumnos pueden crear y producir su contenido virtual, accediendo a distintas apps con funciones específicas, de igual manera pueden grabarse o tomar fotos para editar y contar con herramientas de ofimática de Microsoft Office a fin de realizar presentaciones o documentos.
- Presentan aplicaciones específicas para el aprendizaje: practicando contenidos curriculares como juegos de vocabulario, cálculo mental, música o demás, desarrollando capacidades cognitivas de atención, percepción y discriminación.
- Son herramientas de comunicación: accediendo a servicios de la web para compartir trabajos o actividades del aula en distintos blogs o plataformas virtuales, para reforzar el aprendizaje colaborativo con énfasis en la contribución y participación de usuarios<sup>31</sup>.

Las tabletas digitales integran diversos recursos tecnológicos: un microprocesador con una memoria ROM para el sistema operativo y una memoria interna, una pantalla y teclado táctil, altavoz y micrófono, cámara de fotografía y vídeo (una delantera y otra trasera), radio FM, GPS con giroscopio, celerómetro, sensor de luz, magnetómetro, con diversas conexiones en HDMI, USB, auricular externo, acceso a memorias externas micro-SD o inalámbricas como wifi, bluetooth y con opción a conexión de telefonía móvil 3G<sup>32</sup>.

Actualmente los 3 sistemas operativos más populares son.

1. iOS (Apple): usados en tabletas iPad, proporcionando mejores prestaciones y con mayor aplicaciones, pero son las más caras, se conectan bien con ordenadores Apple pero no con el sistema operativo Windows.



2. Android (Google): es usado actualmente por la mayoría de tabletas como Asus, HTC, Motorola, Samsung, Sony, Toshiba y más, con mayor compatibilidad de los ordenadores PC y sistema operativo Windows.
3. Windows 8 (Microsoft): ya se encuentra de salida en el mercado, pero el mismo sistema operativo servirá para los ordenadores, tabletas y smartphones<sup>32</sup>.

### 4.3. Tablet Wacom Intous

Es una tecnología de tableta táctil que incluye su lápiz digital con tecnología de resonancia electromagnética de la familia Wacom, incluye un software creativo gratis y cuenta con tutoriales en línea. Al tener el lápiz Intous es fácil de utilizar y alternar fácilmente las herramientas de edición, presenta los mismos gestos que el Smartphone para ampliar, desplazarse y navegar en el lienzo. Para su instalación se conecta mediante la USB a la Mac o PC, instalando el software y está lista para usarla. El lápiz es sensible a la presión y está diseñado para usar con ambas manos, como un lápiz sobre papel, la mayoría de los modelos incluye una función multitáctil pudiendo detectar hasta 10 dedos, permitiendo usar gestos comunes para ampliar, rotar y desplazar los trabajos realizados detectando de 2 a 5 gestos reconocidos, ExpressKeys ofrece accesos directos, se puede comprar un kit Wacom con accesorios inalámbricos para trabajar sin estar conectada al equipo, el modelo es un diseño nuevo superdelgado, ultraliviano, cómodo de usar y portátil, según el área de interés la tableta Intous Draw, Art, Comic, Photo o 3D ofrecen opciones de tamaño y color.

La pantalla táctil Intous Draw incluye la tecnología de pen Tablet, con un software creativo descargable gratuito y tutorial en línea, permitiendo iniciar a crear bocetos. Viene con el software ArtRage Lite ofreciendo todo lo necesario para dibujar, hacer bocetos o pintar. Y se puede compartir publicándolo en línea o imprimiéndolo en papel o lienzo listo para mostrar el trabajo de

diferentes maneras. Su área de trabajo es de 152 x 95 mm, con un peso de 290+- 50 g el modelo pequeño y el modelo medio aproximadamente 480g, con una resolución de 2540lpi, es compatible con Windows 7, 8 o 10 y con Mac OS X 10.8.5 o posterior. Su tecnología cuenta con resonancia electromagnética patentada, incluye la tableta, lápiz, cable USB, repuesto de plumillas, instrucciones de descarga de software con código de guía de inicio rápido y Cd de instalación<sup>33</sup>.



Figura 7. Tableta táctil Wacom Intous Draw.

Fuente propia.



---

---

## CAPÍTULO V: ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

### 5.1. Concepto

Etimológicamente la palabra aprender proviene de tomar algo, prender<sup>25</sup>. Siendo el aprendizaje el proceso de adquisición cognoscitiva permanente que enriquece la conducta del sujeto y transforma la conducta del individuo para comprender y actuar sobre su entorno, como resultado de la experiencia y la práctica<sup>34,35</sup>. El aprendizaje ocurre en la corteza cerebral, donde gracias al pensamiento lleva al hombre a modificar su actitud, habilidad, conocimiento e información, debido a las experiencias que adquiere en la interacción con el ambiente externo en busca de respuestas adecuadas<sup>36</sup>.

El aprendizaje así mismo se encuentra ligado a la enseñanza y uno depende del otro, ya que no sólo depende de enseñar, sino propiciar a los alumnos que aprendan<sup>34,35</sup>.

La enseñanza es una práctica social e interpersonal que antecede históricamente la existencia de las escuelas que actualmente se conocen, ya que muchos alumnos adquieren los conocimientos de manera cotidiana<sup>34,37</sup>. Según Contreras define enseñar a las dinámicas y situaciones en las que pueda darse el proceso de aprendizaje, siendo una característica importante la intencionalidad que imparte el profesor en las aulas con temas específicos, siendo el reto del alumno darle sentido a su conocimiento y usarlo para sus propios fines y no sólo escolares<sup>34</sup>.

Si bien todas las personas pueden enseñar o ayudar a otros a aprender, aunque no se desempeñen socialmente como profesores, mediante la transmisión de conocimiento o un saber, favoreciendo así el desarrollo de una capacidad o corrección de una habilidad, con el fin de ser dirigidas para que



alguien aprenda algo que no puede aprender solo de manera espontánea o por sus propios medios<sup>37</sup>.

## 5.2. Proceso de aprendizaje

El proceso de aprendizaje biológico y psicológico es representado por las funciones humanas superiores, entre ellas se encuentra el pensamiento que interactúa con el medio social ofreciendo al sujeto a producir un cambio en su comportamiento y cuyo fin es responder adecuadamente a las demandas del medio. Sin embargo solo se habla de aprendizaje cuando el cambio producido es duradero, resultando de la práctica imprescindible<sup>36</sup>.

El proceso de aprendizaje debe ser concebido como un todo y no como un conjunto de pasos, pero para su entendimiento se ha dividido en tres fases las cuales presentan diversas etapas que se van cumpliendo dentro del proceso de aprendizaje, siendo la motivación necesaria para dirigirlo:

1. Recepción
2. Retención
3. Elaboración mental

Al presentarse o recibir el estímulo el sujeto toma conciencia de la existencia del problema y crea la necesidad de resolverlo. En la retención y organización psíquica entra la etapa humana, donde es necesario la diferenciación, integración y solución del problema, elaborando soluciones y creando modos de reacción para futuros problemas<sup>38</sup>.

### 5.2.1. Memoria

Tiene lugar en función de cuatro pasos básicos:



1. Percepción: puede llegar a ser involuntario, viendo o escuchando algo que produce una impresión.
2. Codificar: es el proceso de clasificación de información con una organización significativa, necesaria para su almacenaje y recuerdo.
3. Almacena: todo tipo de información para que pueda permanecer en la memoria.
4. Recuperación: dependiendo la perfección con la que se haya almacenado la información va a depender la eficacia con la que podamos recuperarla.

De acuerdo con la teoría de almacenamiento y transferencia de Atkinson y Shiffrin existen tres tipos diferentes de memoria, primero nuestros sentidos de vista, oído, tacto, olfato o gusto enviarán la información captada a la memoria sensorial, y durante el segundo paso es transferida a la memoria de corto plazo donde puede permanecer alrededor de 20 segundos, para que finalmente en el tercer paso si no desaparece la información sea dirigida a la memoria de largo plazo donde podrá permanecer el resto de nuestra vida.

Recordamos mejor la primera información brindada y la última de lo que hemos aprendido, así como la más significativa y bien organizada, los elementos y experiencias raras lo relacionamos dependiendo nuestro estado de ánimo con sucesos emocionalmente significativos.

D. O. Hebb uno de los fundadores de la psicología fisiológica propuso un modelo, explicando que son necesarias nuevas conexiones entre neuronas para el paso de información la memoria de corto plazo a la memoria de largo plazo. Donde el número de espinas dendríticas, las cuales forman sinapsis con los axones, va a depender de la correlación con la inteligencia y el incremento de las experiencias de aprendizaje, siendo el ácido ribonucleico la principal proteína presente en la nutrición de las neuronas.

La amnesia es el término general usado para designar gran variedad de alteraciones de la memoria por diversas causas, existen dos tipos básicos de pérdida de memoria, la amnesia anterógrada que producen una incapacidad para crear nuevos recuerdos y la amnesia retrógrada que produce la incapacidad de recordar información pasada anterior a un trauma amnésico<sup>39</sup>.

### 5.3. Estilos de aprendizaje

Fueron creados a partir del modelo experiencial de aprendizaje por David Kolb y Roger Fry en 1995, basándose en la concepción de que dependiendo las características de cada estudiante es necesaria la combinación de ciertas etapas del ciclo para favorecer más su aprendizaje<sup>36</sup>.

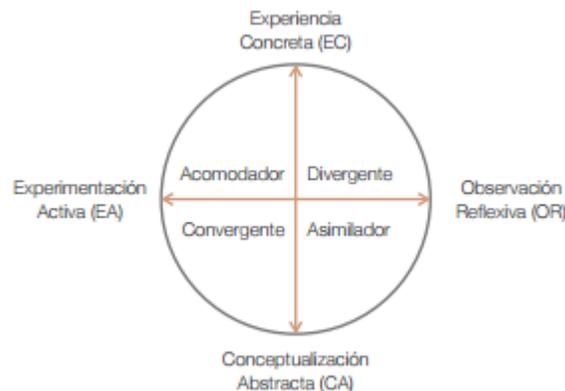


Figura 8. Tipos de aprendizaje según David Kolby Roger Fry<sup>36</sup>.

Existiendo así diferentes tipos de aprendizaje.

- Aprendizaje divergente: aprende mejor combinando la experiencia concreta con la observación reflexiva. Caracterizándose por su capacidad imaginativa y de producción de ideas, en general este tipo de estudiantes son kinestésicos (aprenden con el movimiento), siendo experimentales, creativos, flexibles e informales, ya que tienden a romper las normas tradicionales de aprender.



- Aprendizaje asimilador: aprende combinando la observación reflexiva con la conceptualización abstracta. Se caracterizan por la capacidad de crear modelos teóricos, siendo alumnos reflexivos, analíticos, organizados, metódicos, sistemáticos, lógicos, racionales, secuenciales, rigurosos en sus procesos de razonamiento y tienden a concentrarse en el objeto de estudio.
- Aprendizaje convergente: aprende de la combinación de conceptualización abstracta con la experimentación activa. Se caracterizan por la aplicación práctica de ideas, entrando fácilmente al tema de estudio, se involucran en experiencias relacionadas a él, tienen habilidad para captar ideas y encontrar soluciones, siendo eficientes en la aplicación y transferencia de la teoría.
- Aprendizaje acomodador: aprende de la combinación de la experimentación activa con la experiencia concreta. Tienen la capacidad de adaptarse a circunstancias inmediatas específicas, siendo personas observadoras, atentos en los detalles, imaginativos, intuitivos al momento de anticipar soluciones, son emocionales, con gran capacidad de relacionar y enlazar unos contenidos con otros.

## ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS SEGÚN EL ESTILO DE APRENDIZAJE

ESTILOS DE APRENDIZAJE	ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS
DIVERGENTE	Lluvia de ideas, ejercicios de simulación, uso de analogías, realización de experimentos, resolución de adivinanzas, crucigramas, rompecabezas y elaboración de mapas conceptuales.
ASIMILADOR	Análisis de textos, ordenamiento de datos, participación en debates, realización de investigaciones y consultas, elaboración de informes.



<b>CONVERGENTE</b>	Actividades manuales, elaboración de gráficos y mapas, clasificación de información, resolución de problemas y demostraciones prácticas.
<b>ACOMODADOR</b>	Expresión artística, uso de la imaginación, actividades de periodismo, trabajos grupales, discusión socializada, elaboración de composiciones.

Con cada estilo de aprendizaje en cada estudiante, es lógico suponer que existen estrategias metodológicas que benefician el aprendizaje según el estilo propio de cada alumno. Por ello sería importante combinarlas en cada clase, beneficiando a la mayoría de los estudiantes; creando una lluvia de ideas y observación analítica de un video para favorecer el estilo divergente, observar el campo con guía de trabajo y análisis de información recolectada beneficiando al asimilador, elaborar organizadores de información y gráficos para ayudar al convergente y dejar composiciones o maquetas para motivar al acomodador<sup>26</sup>. Aunque también existe la posibilidad de que algunos estudiantes tengan más presente un estilo de aprendizaje que otro<sup>36</sup>.

#### **5.4. Estrategias de aprendizaje**

Son acciones que consisten en proyectar, ordenar y dirigir para conseguir el objeto propuesto. Las estrategias de aprendizaje cognitivas permiten transformar la información en conocimiento a través de relaciones cognitivas que le permitirán organizar la información y hacer inferencia para establecer nuevas relaciones en diferentes sentidos, facilitando su proceso de aprender. Las estrategias de aprendizaje se entienden como un conjunto interrelacionado de funciones y recursos capaces de generar esquemas de acción, haciendo posible al alumno a enfrentar de una manera más eficaz situaciones generales y específicas de su aprendizaje<sup>34</sup>.

Dentro de las características que tienen las estrategias de aprendizaje son:



- Tener y guardar una relación sistemática y no acumulativa al enseñar.
- Que el alumno pueda presentar nuevas situaciones de complejidad.
- Vincularse con el papel atributivo y de dotación de diferentes lenguajes.
- Hacer del aprendizaje un proceso individual.
- Que el profesor sea un orientador y no un fijador, permitiendo una mejor organización del trabajo de planificación e intervención en clases.
- Que la evaluación sea una secuencia de enseñanza y aprendizaje<sup>34</sup>.

## CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTUDIANTES SEGÚN EL SISTEMA DE REPRESENTACIÓN SENSORIAL DOMINANTE

### CARACTERÍSTICAS

<b>VISUAL</b>	Piensen con imágenes, hablan y escriben rápido porque tienen la percepción de que el tiempo no les alcanza para decir y/o escribir todo lo que tienen en el pensamiento. Pueden pensar en varias cosas simultáneamente sin una secuencia. Pueden hacer varias cosas al mismo tiempo. Necesitan mantener contacto visual con sus interlocutores.
<b>AUDITIVO</b>	Su proceso de pensamiento es ordenado y secuencial, piensan una idea y luego la mueven para darle lugar a la siguiente. Hablan más lento que los visuales y hacen una cosa a la vez. Eligen palabras adecuadas y precisas para expresar lo que están pensando. Necesitan escuchar y ser escuchados y recibir realimentación oral.
<b>KINESTÉSICO</b>	Se involucran en lo que hacen aún en medio de las distracciones del entorno. Les agrada participar con sus acciones y opiniones. Tienen facilidad para percibir y expresar sus estados internos como sensaciones y emociones. Piensan de acuerdo con lo que sienten. Necesitan y buscan el contacto físico con las personas (palmadas en la espalda, estrechar la mano, abrazar).



## 5.5. Enseñanza virtual

Gracias a los avances tecnológicos, la opción de la realidad aumentada se ha visto incrementada por el uso que le dan los estudiantes desde diversos dispositivos tecnológicos, es por ello que la metodología didáctica debe de ir cambiando, sobre todo con el fin de motivar a los estudiantes a utilizar las habilidades e inteligencias para el desarrollo del estudio.

La realidad virtual aumentada parece ser una tecnología inteligente que promete ofrecer las herramientas necesarias para crear un contenido atractivo y motivador para el estudiante, empezando a implementarse en diversas escuelas. Principalmente en el medio de la salud, ya que se han utilizado para la enseñanza en diferentes clases médicas, como en anatomía humana. Empresas como LabHuman y la Universidad Politécnica de Valencia tienen una vasta experiencia en el mundo de realidad virtual y realidad aumentada<sup>40</sup>.



---

---

## CAPÍTULO VI: PROYECTO PAPIME

### 6.1. Definición

Por sus siglas PAPIME es un Programa de Apoyo a Proyectos para la Innovación y Mejoramiento de la Enseñanza.

Fue implementado por la Universidad Nacional Autónoma de México donde la primer convocatoria fue publicada el 16 de diciembre de 1993 respondiendo a proyectos de innovación en la enseñanza en torno a temas que permitan una enseñanza creativa, con nuevas formas de pensar, motivar el interés y la imaginación de los estudiantes, entrando en campos multidisciplinarios que permitan resolver situaciones complejas.

La Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) lleva a cabo estos proyectos, teniendo como propósito fomentar la innovación y mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje, beneficiando directamente a los alumnos de bachillerato y licenciatura. Las áreas académicas que abarcan son el área de ciencias físico-matemáticas y de ingenierías; áreas de ciencias biológicas, químicas y de la salud; área de las ciencias sociales; área de las humanidades y de las artes, las cuales serán dictaminados por el comité de evaluación correspondiente.

Este programa está dirigido a profesores, investigadores, asociados o técnicos académicos titulares de tiempo completo definitivos o interinos y al personal contratado a través del procedimiento dispuesto en el artículo 51 del Estatuto del Personal Académico (EPA), proponiendo proyectos que conduzcan a la innovación y mejoramiento del programa de enseñanza, teniendo una duración de uno, dos o tres periodos escolares<sup>41</sup>.



---

---

## CAPÍTULO VII: METABOLISMO

### 7.1. Definición

El metabolismo es una actividad celular coordinada en la que intervienen diferentes reacciones catalizadas enzimáticamente, conocidas como rutas metabólicas, producidas en las células u organismos, las cuales cooperan para la obtención de energía química en forma de ATP a partir de la captura de energía solar o degradando nutrientes ricos en energía. Cada paso de una ruta metabólica ocasiona un cambio químico específico, como la eliminación, transferencia o adición de átomos o grupo funcional determinado. Convirtiendo al precursor en producto a través de una serie de intermediarios metabólicos llamados metabolitos. Las rutas metabólicas pueden ser convergentes, divergentes o cíclicas; las cuales se encuentran reguladas desde el interior hasta el exterior de la célula.

Las características del metabolismo se enfocan en las rutas metabólicas, dentro de las cuales las reacciones bioquímicas son muchas, pero las reacciones importantes son relativamente pocas y similares en todas las formas vivas, siendo no más de 100 las moléculas importantes del metabolismo.

Los organismos vivos se pueden dividir en dos grupos según la forma química a través de la que obtienen carbono del medio. Los autótrofos como bacterias fotosintéticas, algas verdes y plantas superiores, utilizan el dióxido de carbono de la atmósfera como única fuente para construir todas sus biomoléculas carbonadas y algunos organismos como las cianobacterias pueden usar el nitrógeno atmosférico para generar sus compuestos nitrogenados, así como los organismos fotosintéticos obtienen su energía a partir de la luz solar. Los heterótrofos al no poder utilizar el dióxido de carbono atmosférico lo toman en forma de moléculas orgánicas relativamente complejas de otros organismos,

obteniendo su energía de la degradación de nutrientes orgánicos producidos por los autótrofos<sup>42</sup>.

Algunas de las reacciones de oxidación que producen dióxido de carbono también consumen oxígeno, convirtiéndolo en agua, poniendo en funcionamiento el ciclo constante de carbono, oxígeno y agua entre los organismos heterótrofos y autótrofos, usando la energía solar como fuerza motriz de este proceso global<sup>44</sup>.

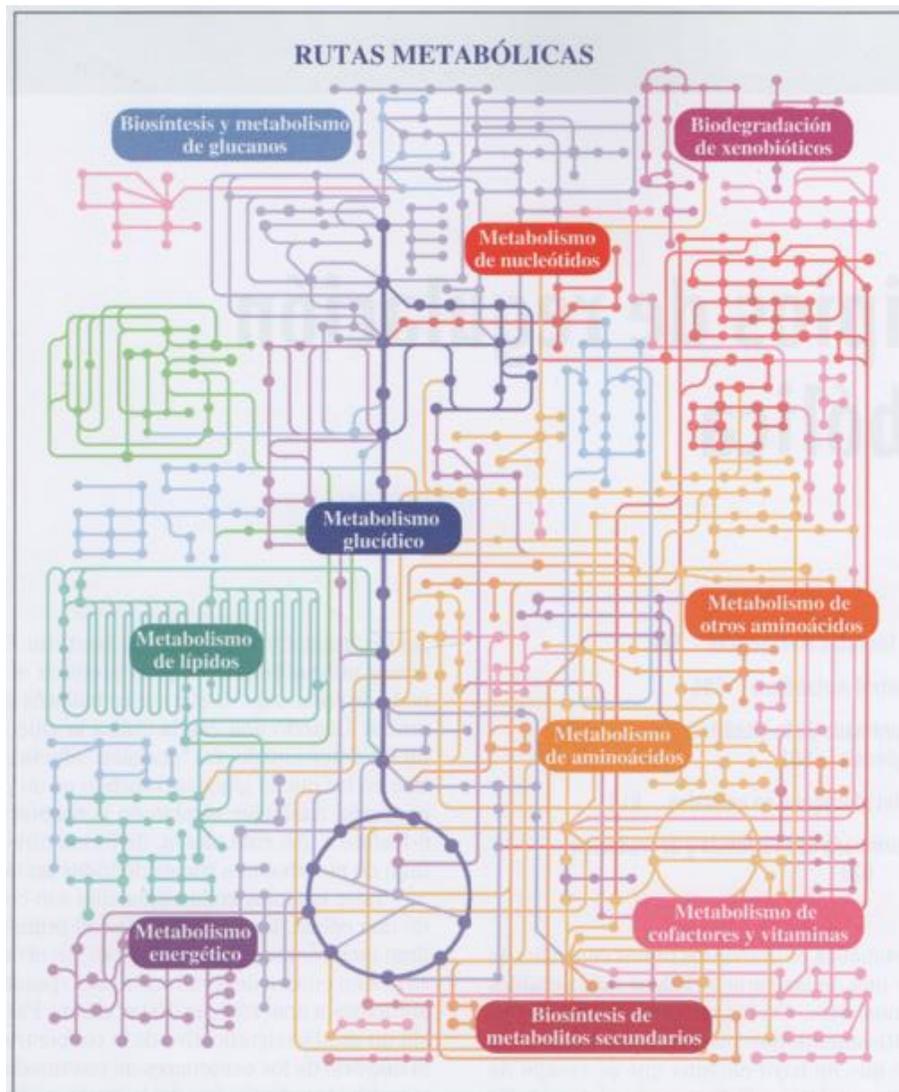


Figura 9. Rutas metabólicas<sup>42</sup>.

### 7.1.1. Catabolismo y anabolismo

El catabolismo es la fase degradativa del metabolismo, donde las moléculas nutrientes orgánicas (glúcidos, grasas y proteínas) se convierten en productos más pequeños y sencillos (ácido láctico,  $\text{CO}_2$  y  $\text{NH}_3$ ). Estas rutas liberan energía y parte de ella se conserva en la formación de ATP y transportadores electrónicos reducidos, como NADH, NADPH y  $\text{FADH}_2$ ; el resto se pierde en forma de calor. Siendo una ruta convergente.

El anabolismo o biosíntesis, son precursores pequeños y sencillos que se integran para formar moléculas mayores y complejas, como lípidos, polisacáridos, proteínas y ácidos nucleicos. Con el requerimiento de energía, generalmente en forma del potencial de transferencia del grupo fosforilo de ATP y la reducción del NADH, NADPH y  $\text{FADH}_2$ . Siendo una ruta divergente<sup>42</sup>.

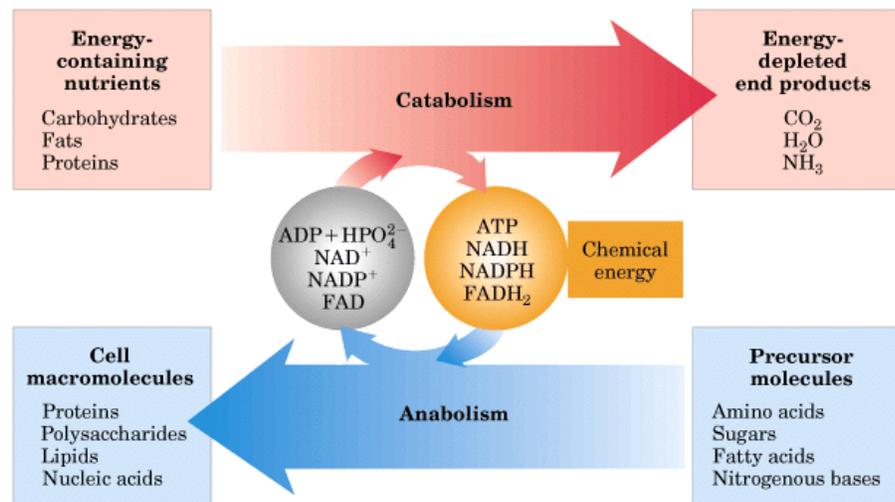


Figura 9. Catabolismo y anabolismo<sup>43</sup>.

## 7.2. Glucólisis

Proviene del griego *glykys* - dulce y *lysis* – romper, siendo la degradación de la molécula de glucosa mediante reacciones catalizadas enzimáticamente y obteniendo como producto final dos moléculas de piruvato,



dos moléculas de ATP neto, dos moléculas de agua, dos moléculas del transportador de electrones NADH y dos moléculas de ion hidrógeno.

La glucosa ocupa la posición central del metabolismo en plantas, animales y muchos microorganismos, siendo rica en energía potencial y convirtiéndolo en un combustible excelente y un precursor versátil, capaz de suministrar una gran cantidad de intermediarios metabólicos para las reacciones biosintéticas<sup>42</sup>.

En animales y plantas superiores la glucosa tiene cuatro destinos principales:

- Usado para la síntesis de polisacáridos complejos destinados al espacio extracelular.
- Se almacena en forma de polisacáridos o sacarosa.
- Es oxidada en piruvato vía glucólisis para proporcionar ATP o intermediarios metabólicos.
- Es oxidada por la ruta de las pentosas fosfato para obtener ribosa 5-fosfato usada en la síntesis de ácidos nucleicos y NADPH para procesos biosintéticos reductores<sup>42</sup>.

La glucólisis tiene lugar en el citosol de la mayoría de las células y en microorganismos fotosintéticos se forma glucosa a partir de la reducción de CO<sub>2</sub> atmosférico. La rotura de la glucosa tiene lugar en 10 pasos, donde los primeros 5 son la fase preparatoria con la entrada de ATP y los 5 finales es la fase de beneficios, obteniendo el retorno energético<sup>42,44</sup>.

Cada reacción esta catalizada por una enzima diferente, recibiendo nombres que acaban en *asa* – como *isomerasa* y *deshidrogenasa* – indicando el tipo de reacción que catalizan y a pesar de que no participa el oxígeno molecular, se lleva a cabo la oxidación y los electrones obtenidos pasan al NAD<sup>+</sup> para formar NADH<sup>44</sup>.

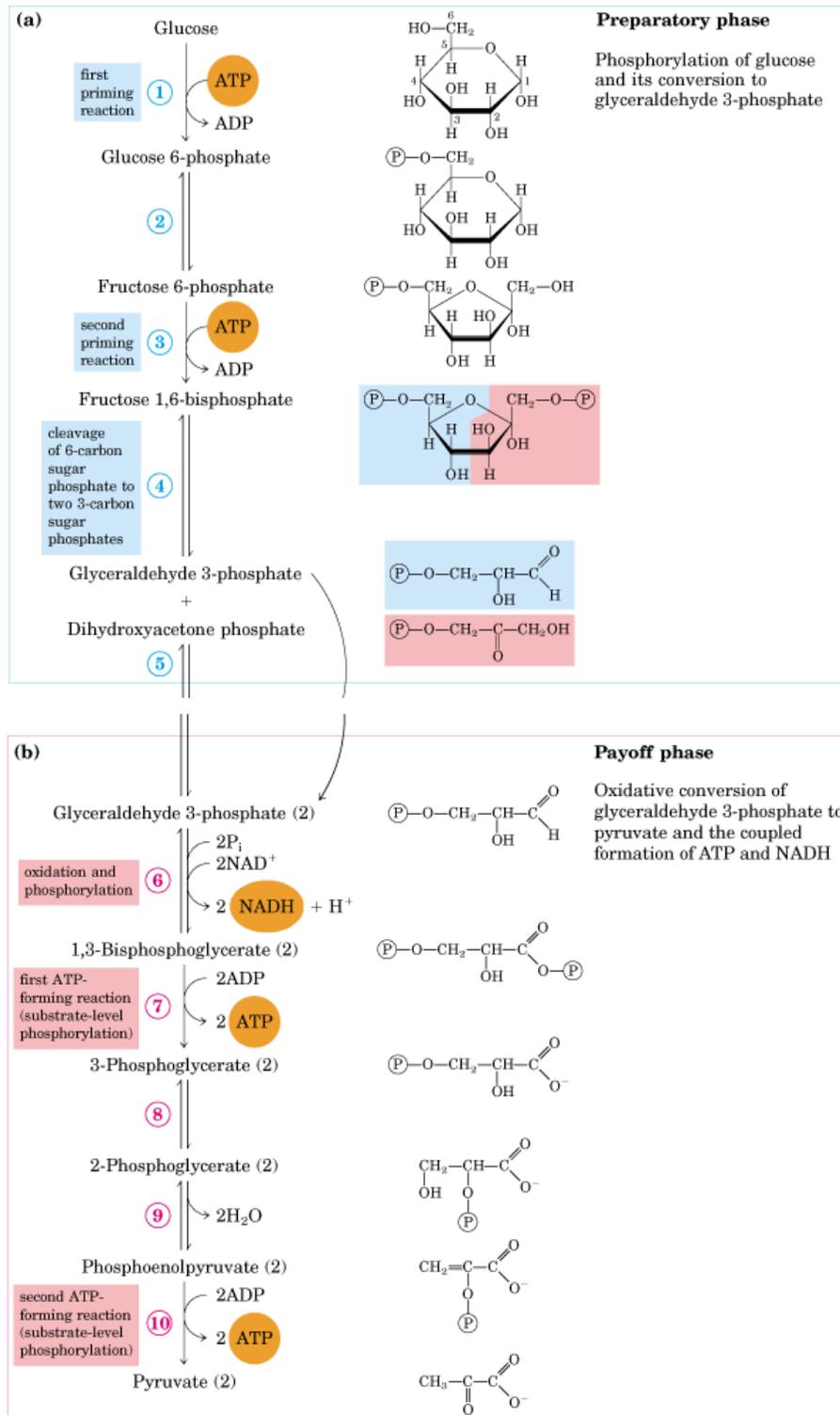


Figura 10. Ruta completa de la glucólisis<sup>43</sup>.

## FASE PREPARATORIA

### 1. Fosforilación de la glucosa

Reacción irreversible en condiciones intracelulares, donde la glucosa es catalizada por la hexoquinasa en el carbono seis (C-6) y al igual que muchas quinasas necesita un ion magnesio ( $Mg^{2+}$ ) para su actividad, haciendo que el fósforo terminal sea una diana fácil para el ataque nucleofílico a un grupo hidroxilo (-OH) de la glucosa, bloqueando el acceso de agua y dando como resultado la glucosa 6-fosfato<sup>42</sup>.

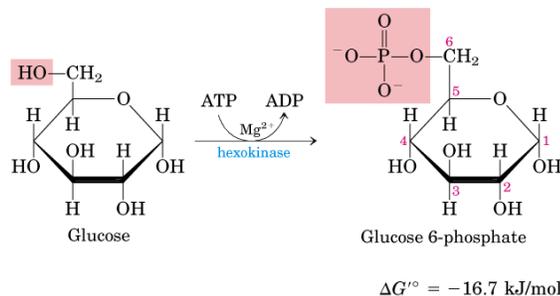


Figura 11. Primera reacción de fosforilación de la glucosa<sup>43</sup>.

### 2. Conversión de la glucosa 6-fosfato en fructosa 6-fosfato

Isomerización reversible de la glucosa 6-fosfato, una aldosa, por la enzima fosfohexosa isomerasa (fosfoglucosa isomerasa) a través de un intermediario enediol para la obtención de la fructosa 6-fosfato, una cetosa<sup>42</sup>.

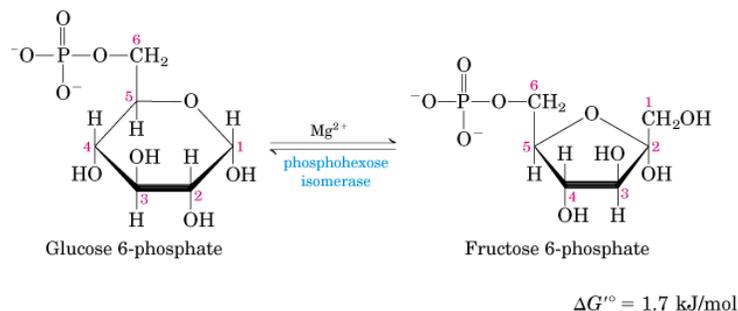


Figura 12. Segunda reacción de la conversión de glucosa 6-fosfato en fructosa 6-fosfato<sup>43</sup>.

### 3. Fosforilación de la fructosa 6-fosfato a fructosa 1,6-bisfosfato

Segunda reacción activadora irreversible en condiciones celulares, donde la enzima fosfofructoquinasa-1 (PFK-1) cataliza la transferencia de un grupo fosforilo del ATP a la fructosa 6-fosfato para obtener fructosa 1,6-bisfosfato. Constituye en primer paso comprometido con otros destinos. La enzima PFK-1 está sujeta a una regulación alostérica aumentando su actividad al agotarse el suministro de ATP o con exceso de ADP y AMP<sup>42.1</sup>

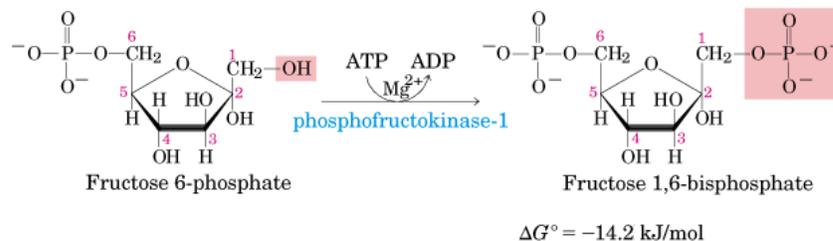


Figura 13. Tercera reacción, fosforilación de la fructosa 6-fosfato a fructosa 1,6-bisfosfato<sup>43</sup>.

### 4. Rotura de la fructosa 1,6-bisfosfato

Ocurre una condensación aldólica reversible catalizada por una aldolasa, donde la fructosa 1,6-bisfosfato se rompe en dos triosas fosfato, el gliceraldehído 3-fosfato, una aldosa la cual actúa en dirección inversa en el proceso de gluconeogénesis, y la dihidroxiacetona fosfato, una cetosa<sup>42</sup>.

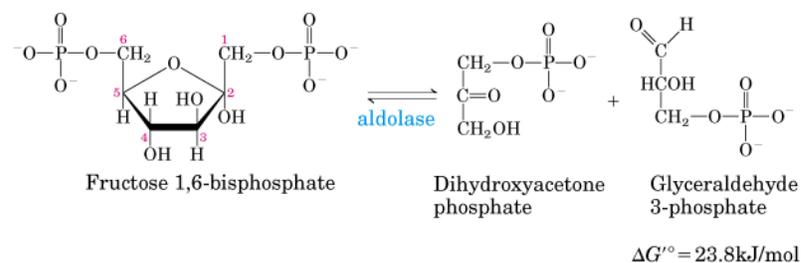


Figura 4. Cuarta reacción de la rotura de la fructosa 1, 6-bisfosfato<sup>43</sup>.

## 5. Interconversión de las triosas fosfato

Solo el gliceraldehído 3-fosfato sigue el siguiente paso de la glucólisis. Ocurre la isomerización de la dihidroxiacetona fosfato de forma rápida y reversible en gliceraldehído 3-fosfato mediante la enzima triosa fosfato isomerasa<sup>42</sup>.

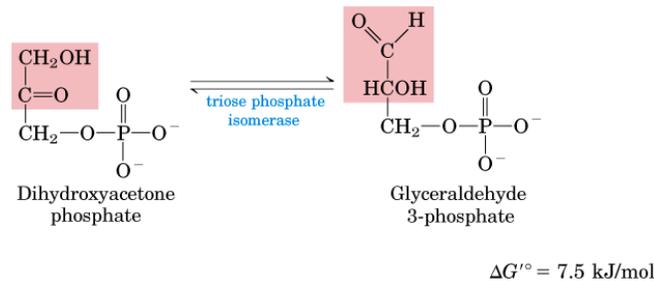


Figura 15. Quinta reacción, interconversión de las triosas fosfato<sup>43</sup>.

## FASE DE BENEFICIOS

### 6. Oxidación del gliceraldehído 3-fosfato a 1,3-bisfosfoglicerato

Es una reacción reversible en condiciones celulares donde ambas moléculas de gliceraldehído 3-fosfato se oxidan y fosforilan mediante un grupo fosfato inorgánico, uniéndose el grupo aldehído a un anhídrido de ácido carboxílico con ácido fosfórico, llamado acil fosfato y conservándolo en el carbono uno. Es catalizada por el gliceraldehído 3-fosfato deshidrogenasa, iniciando la generación de energía formando NADH y obteniendo 1,3-bisfosfoglicerato<sup>42</sup>.

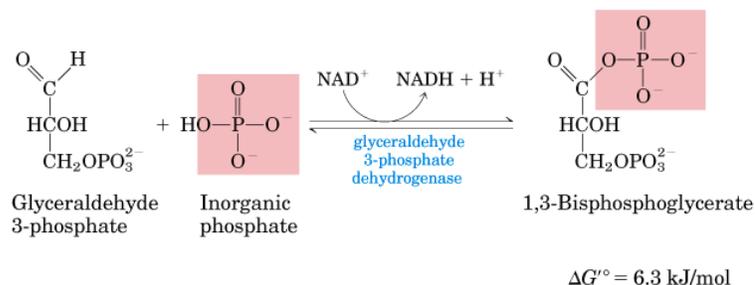


Figura 16. Sexta reacción, oxidación del gliceraldehído 3-fosfato a 1,3-bisfosfoglicerato<sup>43</sup>.

## 7. Transferencia de fosforilo desde el 1,3-bisfosfoglicerato al ADP

Es una reacción irreversible en condiciones celulares de fosforilación donde la enzima fosfoglicerato quinasa transfiere el grupo fosforilo de alta energía desde el grupo carboxilo del 1,3-bisfosfoglicerato al ADP, necesitando un ion magnesio para su actividad, obteniendo así ATP y 3-fosfoglicerato<sup>42</sup>.

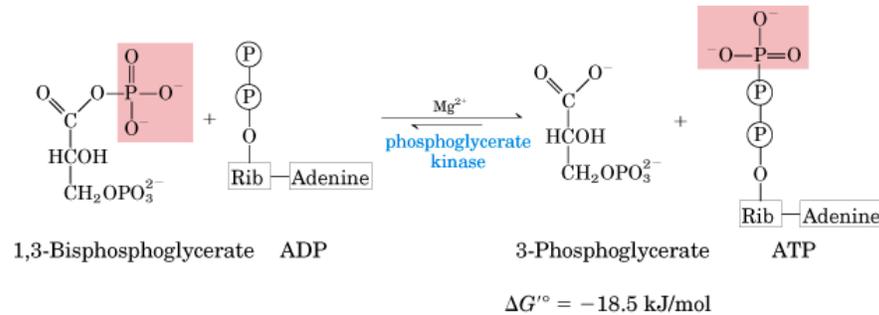


Figura 17. Séptima reacción, transferencia de fosforilo desde 1,3-bisfosfoglicerato al ADP<sup>43</sup>.

## 8. Conversión del 3-fosfoglicerato en 2-fosfoglicerato

Reacción reversible donde la enzima fosfoglicerato mutasa cataliza un desplazamiento del grupo fosforilo del carbono dos al carbono tres del glicerato, siendo el ion magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) esencial para la reacción y produciendo 2-fosfoglicerato<sup>42</sup>.

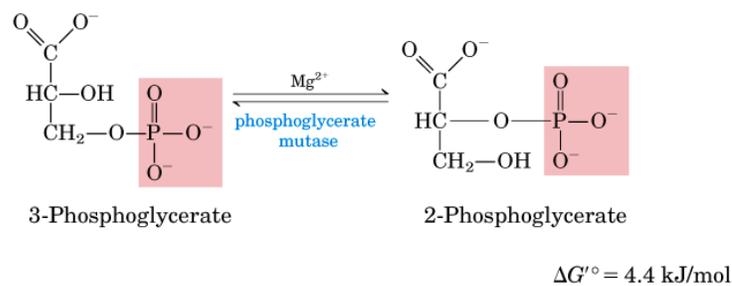


Figura 18. Octava reacción de conversión del 3-fosfoglicerato en 2-fosfoglicerato<sup>43</sup>.

## 9. Deshidratación del 2-fosfoglicerato a fosfoenolpiruvato

La enzima enolasa promueve la eliminación reversible de una molécula de agua del 2-fosfoglicerato e implica un intermedio enólico estabilizado por  $Mg^{2+}$ , convirtiendo así un compuesto con un potencial de transferencia de grupo fosforilo relativamente bajo a uno muy alto, el cual es el fosfoenolpiruvato<sup>42</sup>.

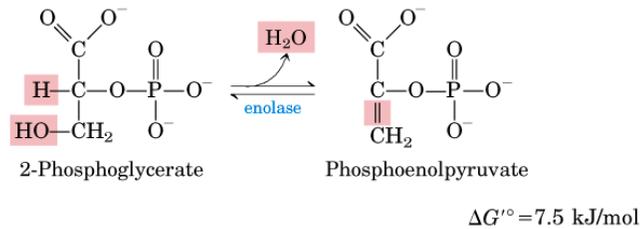


Figura 19. Novena reacción, deshidratación del 2-fosfoglicerato a fosfoenolpiruvato<sup>43</sup>.

## 10. Transferencia del grupo fosforilo desde el fosfoenolpiruvato al ADP

Ocurre una fosforilación como último paso de la glucólisis, transfiriendo el grupo fosforilo desde el fosfoenolpiruvato al ADP catalizada por la piruvato quinasa y requiriendo de  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$  o  $Mn^{2+}$ . El grupo piruvato aparece primero en forma enol y después se tautomeriza rápidamente no enzimáticamente convirtiéndolo en forma ceto. Obtenido así dos moléculas de ATP y dos moléculas de piruvato<sup>42</sup>.

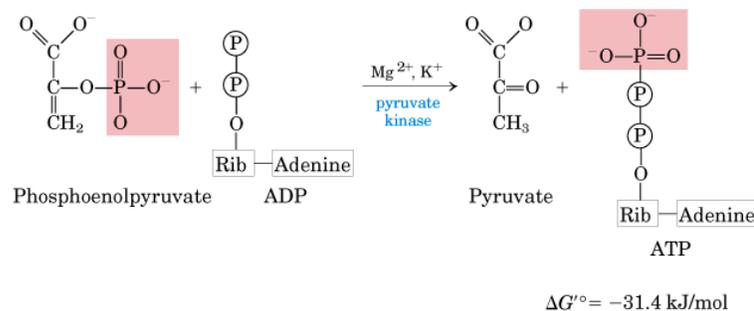


Figura 20. Décima reacción, transferencia del grupo fosforilo desde el fosfoenolpiruvato al ADP<sup>43</sup>.



### 7.3. Destinos del piruvato

El piruvato formado en la glucólisis puede continuar siendo metabolizado en alguna de las tres rutas catabólicas. Aunque también sirve como precursor en muchas otras reacciones anabólicas.

1. En condiciones aeróbicas, el piruvato se oxida perdiendo el grupo carboxilo en forma de  $\text{CO}_2$  dando el grupo acetilo del acetyl-coenzima A, que es oxidado de manera completa por el ciclo del ácido cítrico para formar  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ , el agua es formada por los electrones de las oxidaciones pasando al  $\text{O}_2$  a través de una cadena de transportadores a la mitocondria y la energía procedente de las reacciones de transferencia electrónica impulsa la síntesis de ATP en la mitocondria.
2. En condiciones anaeróbicas ocurre la fermentación del ácido láctico, donde el piruvato se reduce a lactato al aceptar electrones del NADH regenerando así el  $\text{NAD}^+$  necesario para continuar la glucólisis. Este proceso ocurre en la contracción vigorosa del músculo esquelético. Pero existen algunos tipos celulares y tejidos como la retina y eritrocitos que convierten la glucosa en lactato, incluso en condiciones aeróbicas y algunos microorganismos en condiciones anaeróbicas producen lactato a partir de la glucólisis.
3. La fermentación etanólica o alcohólica, convierte el piruvato bajo condiciones anaeróbicas o hipoxicas en etanol y  $\text{CO}_2$ . Esta ruta catabólica está presente en algunos tejidos vegetales y ciertos invertebrados, protistas y microorganismos como la levadura de cerveza o panificación<sup>42</sup>.

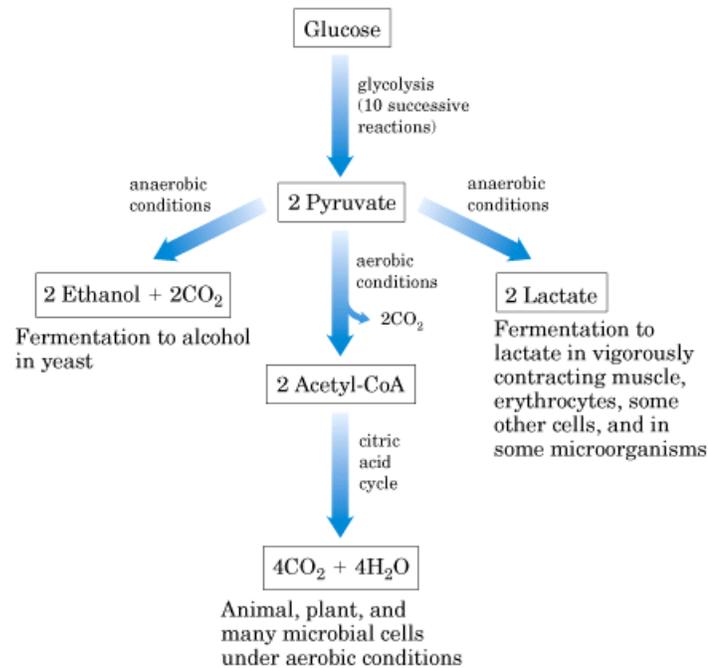


Figura 21. Tres destinos del piruvato<sup>43</sup>.

#### 7.4. $\beta$ – oxidación

Es la primera fase de la oxidación de los ácidos grasos, siendo un proceso repetitivo de cuatro reacciones catalizadas por enzimas, donde un grupo acetilo es eliminado en forma de acetil-CoA del extremo carboxilo de la cadena del ácido graso. Su nombre proviene de la superación de la relativa estabilidad de los enlaces carbono-carbono de un ácido graso, donde el grupo carboxilo en el carbono 1 es activado por la unión a la coenzima A, permitiendo la oxidación por pasos del grupo ácido graso en el C-3 o  $\beta$ .

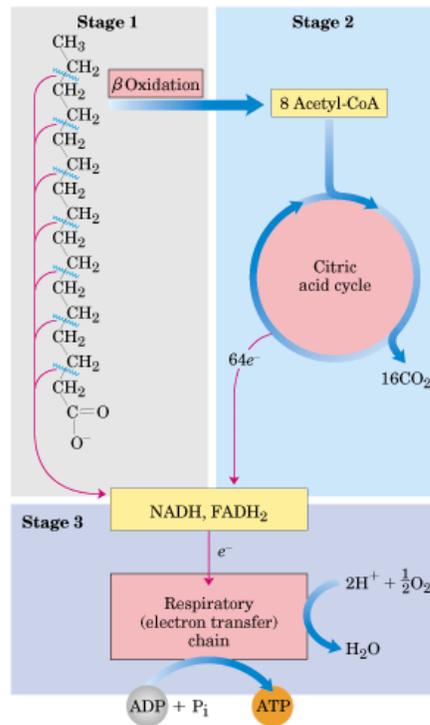


Figura 22. Fases de la oxidación de ácidos grasos<sup>43</sup>.

## Oxidación de ácidos grasos saturados

1. Ocurre la deshidrogenación del acil graso-CoA generando un doble enlace entre los átomos de carbono  $\alpha$  y  $\beta$  (C-2 y C-3), dando lugar a un *trans*- $\Delta^2$ -enoil-CoA ( $\Delta^2$  designa la posición de doble enlace), recordemos que un ácido graso insaturado natural normalmente tiene enlaces dobles en configuración *cis*. Este paso está catalizado por tres isozimas de la acetyl-CoA deshidrogenasa específico para intervalos de longitudes de cadena de ácidos graso, las cuales son flavoproteínas con FAD como grupo prostético:

VLCAD: acil-CoA de cadena muy larga deshidrogenasa, actuando en ácidos grasos de 12 a 18 carbonos.

MCAD: acil-CoA de cadena media deshidrogenasa, actuando en ácidos grasos de 4 a 14 carbonos.



SCAD: acil-CoA de cadena corta deshidrogenasa, actuando en ácidos grasos de 4 a 8 carbonos.

Los electrones eliminados del acil graso-CoA se transfieren al FAD; la forma reducida de la deshidrogenasa cede sus electrones a un transportador electrónico de la cadena respiratoria mitocondrial, la flavoproteína transferidora de electrones (ETF). La oxidación catalizada por una acil-CoA deshidrogenasa es análoga a la deshidrogenación del succinato en el ciclo del ácido cítrico, en ambas reacciones la enzima está unida a la membrana interna. Se introduce un doble enlace en un ácido carboxílico entre carbono  $\alpha$  y  $\beta$ , donde el FAD actúa de receptor de electrones y entran en la cadena respiratoria, pasando al  $O_2$ , produciendo la síntesis concomitante de alrededor de 1,5 moléculas de ATP por par de electrones.

2. Se adiciona agua al doble enlace del *trans*- $\Delta^2$ -enoil-CoA para formar el estereoisómero  $L$  del  $\beta$ -hidroxiacil-CoA; catalizada por la enoil-CoA hidratasa siendo análoga a la reacción de la fumarasa del ciclo del ácido cítrico en donde se adiciona  $H_2O$  a un doble enlace  $\alpha$ - $\beta$ .
3. Se deshidrogena el  $L$ - $\beta$ -hidroxiacil-CoA para formar  $\beta$ -cetoacil-CoA por acción de la  $\beta$ -hidroxiacil-CoA deshidrogenasa, siendo el  $NAD^+$  aceptor de electrones y el NADH formado dona sus electrones a la NADH deshidrogenasa, un transportador electrónico de la cadena respiratoria, formando ATP a partir del ADP al pasar los electrones al  $O_2$ . La reacción catalizada por la  $\beta$ -hidroxiacil-CoA deshidrogenasa es análoga a la reacción de la malato deshidrogenasa del ciclo del ácido cítrico.
4. El último paso está catalizado por la acil-CoA acetiltransferasa, denominada tiolasa, promoviendo la reacción entre el  $\beta$ -cetoacil-CoA y una molécula de coenzima A libre para separar el fragmento carboxilo-terminal de dos carbonos en forma de acetil-CoA, produciendo un tioéster de coenzima A del ácido graso con dos carbonos menos. Esta reacción es conocida como tiólisis, por la analogía con el proceso de

hidrólisis donde el  $\beta$ -cetoacil-CoA se rompe por reacción de un grupo tiol de la coenzima A.

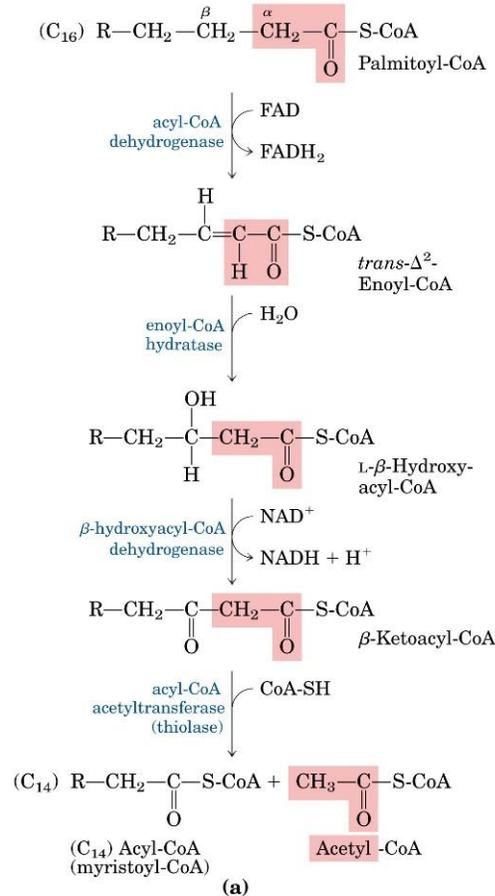


Figura 23. Oxidación de ácidos grasos saturados<sup>43</sup>.

Los tres últimos pasos están catalizados por un conjunto de enzimas, según sea la longitud del grupo acilo graso. Así cada reacción de estos cuatro pasos genera la producción de un acetil CoA, 4ATP (1.5 ATP por FADH<sub>2</sub> oxidado y 2.5 ATP por NADH) y una molécula de H<sub>2</sub>O. Es así que los animales que son sometidos al proceso de hibernación obtienen su energía metabólica, calor y agua<sup>42</sup>.

## Oxidación de ácidos grasos insaturados

Presente en triacilgliceroles y fosfolípidos de animales y plantas, con uno o más enlaces dobles de configuración *cis*, los cuales no pueden actuar como sustratos de la enoil-CoA hidratasa, enzima que cataliza la adición de una molécula de agua al doble enlace *trans* de  $\Delta^2$ -enoil-CoA, por lo que requiere de dos enzimas más, la isomerasa y reductasa.

El oleato un ácido graso monoinsaturado de 18 carbonos con doble enlace *cis* entre el carbono 9 y 10, en su primer paso se convierte en oleil-CoA entrando a la matriz mitocondrial vía lanzadera de la carnitina, pasando tres veces en la  $\beta$ -oxidación generando 3 acetil-CoA y un éster del CoA de ácido graso insaturado de 12 carbonos el *cis*- $\Delta^3$ -dodecenoil-CoA. Al no servir como sustrato para la enoil-CoA hidratasa, que solo actúa en enlaces dobles en *trans*, entra la enzima auxiliar  $\Delta^3$ ,  $\Delta^2$ -enoil-CoA isomerasa, isomerizando el *cis*- $\Delta^3$ -enoil-CoA obteniendo *trans*- $\Delta^2$ -enoil-CoA, convertido por la enoil-CoA hidratasa en  $L$ - $\beta$ -hdroxiacil-CoA (*trans*- $\Delta^2$ -dodecenoil-CoA) la cual continua la  $\beta$ -oxidación generando acetil-CoA y éster del CoA de un ácido graso saturado de 10 carbonos, obteniendo 5 moléculas de acetil-CoA<sup>42</sup>.

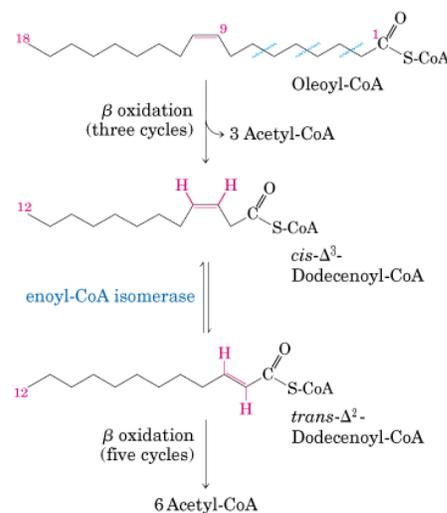


Figura 24. Oxidación de ácidos grasos insaturados<sup>43</sup>.

## Oxidación de ácidos grasos poliinsaturados

Por ejemplo el linoleato de 18 carbonos con configuración *cis*- $\Delta^9$ , *cis*- $\Delta^{12}$ . Así el linoleil-CoA pasa tres veces en la secuencia de  $\beta$ -oxidación, obteniendo 3 moléculas de acetil-CoA y un éster de CoA de un ácido grasos insaturado de 12 carbonos con configuración *cis*- $\Delta^3$ , *cis*- $\Delta^6$ , que aun no puede seguir el proceso de  $\beta$ -oxidación por sus enlaces dobles *cis*. La acción combinada de la enoil-CoA isomerasa y 2,4-dienoil-CoA reductasa permite la reentrada en la ruta normal de la  $\beta$ -oxidación y la degradación a 6-acetil-CoA, obteniendo como resultado global la formación de 9 moléculas de acetil-CoA<sup>42</sup>.

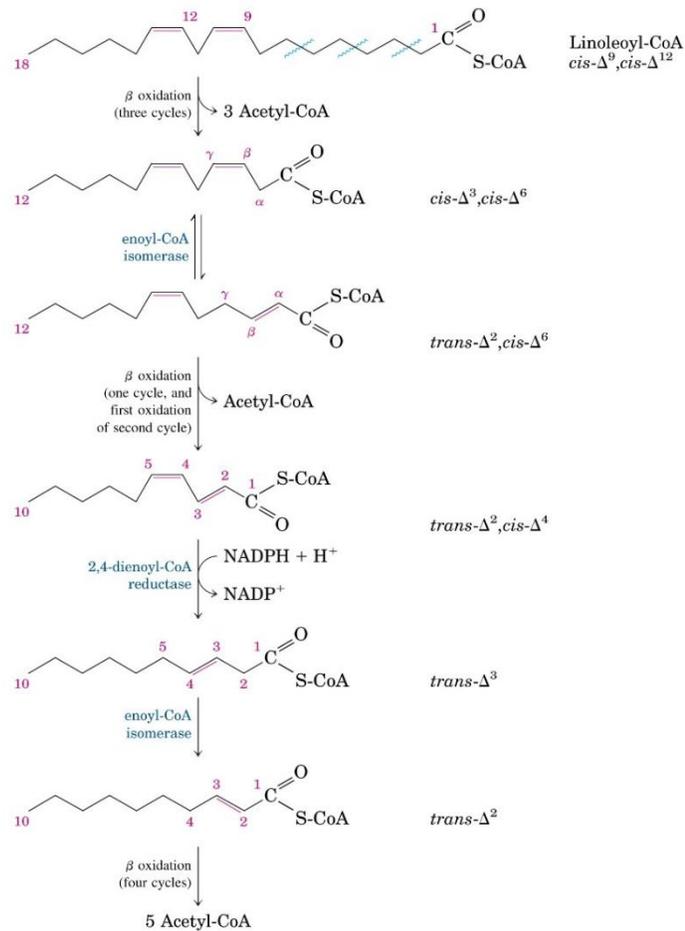


Figura 25. Oxidación de ácidos grasos poliinsaturados<sup>43</sup>.



## Oxidación completa de ácidos grasos de cadena impar

Comunes en lípidos de plantas y algunos microorganismos marinos. El ganado bovino y otros rumiantes producen gran cantidad de propionato ( $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-COO}^-$ ), el cual es absorbido en sangre y oxidado en hígado y otros tejidos, también se agrega como inhibidor de hongos al pan y cereales.

Este tipo de ácidos grasos se oxidan a partir de la misma ruta de los ácidos grasos de grupo par, pero se adicionan tres reacciones más. Iniciando con la  $\beta$ -oxidación obteniendo un acil graso-CoA con 5 carbonos, al oxidarse y romperse se obtiene acetil-CoA y propionil-CoA, donde este último entra a una ruta enzimática con tres enzimas, primero se carboxila para formar un estereoisómero el  $\text{D}$ -metilmalonil-CoA por el propionil-CoA carboxilasa, teniendo biotina como cofactor y el  $\text{CO}_2$  se activa al unirse a biotina antes de ser transferido al sustrato, el propionato. El intermedio carboxibiotina requiere energía proporcionada por el ATP, formando  $\text{D}$ -metilmalonil-CoA, el cual se epimeriza enzimáticamente a su estereoisómero  $\text{L}$  por acción del metilmalonil-CoA epimerasa obteniendo  $\text{L}$ -metilmalonil-CoA, experimentando una reestructuración intramolecular para formar succinil-CoA que entra al ciclo del ácido cítrico, catalizada por la metil-malonil-CoA mutasa que requiere como coenzima a 5-desoxiadenosil-cobalamina, conocida como coenzima  $\text{B}_{12}$ <sup>42</sup>.

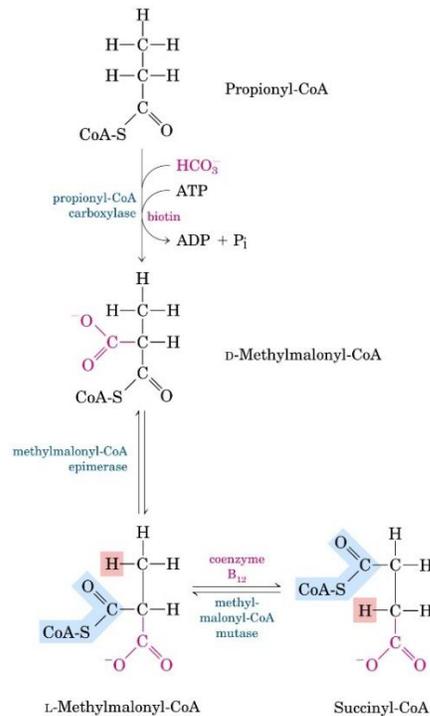


Figura 26. Oxidación completa de ácidos grasos de cadena impar<sup>43</sup>.

## 7.5. Importancia de estas vías en odontología

La Bioquímica es una disciplina científica que explica como diferentes elementos químicos forman estructuras como carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos, que además de ser imprescindibles para la vida, están implicadas en el metabolismo celular. Y estas células a su vez forman tejidos y órganos que se encuentran expuestos diariamente a distintos agentes, ocasionando daños reversibles causados por trastornos metabólicos con aumento de permeabilidad celular o irreversible como la necrosis <sup>45</sup>.

A pesar de que es una materia difícil de comprender para los alumnos de primer año de la carrera de odontología, se busca inducirlos a desarrollar un pensamiento lógico y crítico, que será aplicado en el tratamiento de los pacientes en la práctica clínica<sup>46</sup>. Ya que al aportar conocimientos sobre la relación molecular que sustenta la vida, envejecimiento y muerte celular, se



puede comprender posteriormente las diferentes enfermedades que aquejan a los seres vivos<sup>45</sup>. Un ejemplo, al sufrir hipoxia se ve alterada la respiración oxidativa, con disminución en la fosforilación oxidativa productora de ATP, ocasionando una lesión aguda en el ciclo de la glucólisis, provocando el aumento en la producción de ácido láctico y subsecuente alteración en las estructuras de la membrana con agotamiento de ATP, la ATPasa y la bomba de Na/K ocasionando el aumento de permeabilidad celular; pero en el caso de una lesión crónica provoca una falta de oxidación de grasas que se acumularán en el citoplasma<sup>47</sup>.

De Paola menciona que tanto alumnos como profesores deben estar a la vanguardia en cuanto a avances científicos y tecnológicos con impacto en la práctica dental, permitiendo brindar una adecuada prevención y control de enfermedades dentales principales como enfermedad periodontal o caries y no solo enfocarse en temas de restauración dental<sup>48</sup>.

Es por ello que los alumnos de odontología deben tener una sólida preparación en la materia de Bioquímica, ya que será la base para la comprensión de las diversas materias que se impartirán posteriormente<sup>45</sup>.

Uno de los principales trastornos metabólicos que se pueden presentar en la mayoría de los pacientes es la diabetes, la cual es causada por la hiperglucemia debido a los defectos de producción y acción de insulina, asociado al metabolismo de glucosa. Pero en ocasiones se puede ver disminuida, provocando hipoglucemia, convirtiendo la glucosa en glucógeno y almacenándola en el hígado o músculos o debido a su oxidación de glucosa y su conversión a otros productos. La hipoglucemia es causada por la absorción rápida en el aparato digestivo e insuficiente fijación de la glucosa en los tejidos, o por hormonas contrareguladoras como la adrenalina, glucagón, cortisol y la hormona del crecimiento. A nivel oral la insuficiencia de glucosa llega a provocar enfermedad periodontal, con problemas de cicatrización por la



disminución en la capacidad de síntesis de colágeno y riesgo de infección por la disminución de la capacidad fagocitaria de neutrófilos<sup>49</sup>.

Subsecuente a la diabetes se pueden generar diversas enfermedades como la obesidad y con ello enfermedades cardiovasculares. En donde diferentes hormonas como la leptina y adiponectina estimulan la captación y oxidación de ácidos grasos e inhiben su síntesis, influyendo así sobre la adipogénesis, lo cual provoca el aumento de la grasa corporal, almacenando de forma anormal lípidos en células normales, afectando órganos como el hígado, corazón, riñón e incluso el músculo; dentro de la etiopatogenia se presenta la síntesis excesiva de triglicéridos, disminución del uso de ácidos grasos y alteración de la salida de lipoproteínas<sup>30, 38</sup>. Asociado a estas enfermedades la hipertensión es uno de los riesgos presente en un porcentaje elevado de personas tratadas en el consultorio dental, siendo uno de los riesgos la aterosclerosis, causada por la hipercolesterolemia y siendo un riesgo mayor para la incidencia de infarto al miocardio. La mayoría de estas enfermedades son provocadas por la falta de ejercicio, el estilo de vida generador de estrés y malos hábitos alimenticios principalmente, por ello la materia de Bioquímica es la base fundamental teórica que nos podrá adentrar al conocimiento de las diversas enfermedades que se presentan en la clínica<sup>49</sup>.



## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Determinar el uso de tecnología táctil para el aprendizaje del metabolismo en la asignatura del Módulo de Fundamentos de Biología Oral, de la Facultad de Odontología en la UNAM.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar el conocimiento del manejo de recursos digitales.
- Determinar el dominio de habilidades de los diversos programas y aplicaciones.
- Identificar el uso de tecnología táctil con fin académico.
- Identificar la creatividad de alumnos para el desarrollo de proyectos mediante la tecnología táctil.
- Elaborar material didáctico de rutas metabólicas principales para su entendimiento.
- Explicar el manejo adecuado de computadoras Mac OS X y programas a usar.

## METODOLOGÍA

### Material y métodos

Se realizó la capacitación de los alumnos y profesores que participaron en el proyecto PAPIME, llevada a cabo por tres profesores, ésta consistió en la enseñanza del uso correcto de la computadora de escritorio Mac OS X, de la tableta Wacom Intous Draw y programas indicados para la realización de material didáctico (figura 27).



Figura 27. Capacitación de alumnos y profesores en el manejo del equipo.

Fuente propia.

Las actividades académicas que realizaron los alumnos se basaron en los ejes temáticos 2, 3 y 4 del Módulo de Fundamentos de Biología Oral del nuevo plan de estudios.

1. Se realizó una encuesta sobre uso de Tecnologías de la Información y Comunicación en Odontología a cuatro grupos base, inscritos en nuevo plan de estudios en la materia de Módulo de fundamentos de Biología Oral (figura 28 y 29).



Figura 28. Aplicación de encuesta sobre uso de Tecnologías de la Información y Comunicación en Odontología.

Fuente propia.

2. Los alumnos realizaron una revisión de los temas de éstos ejes con la bibliografía sugerida.
3. El profesor impartió dichos temas con apoyo de recursos audiovisuales (figura 29).

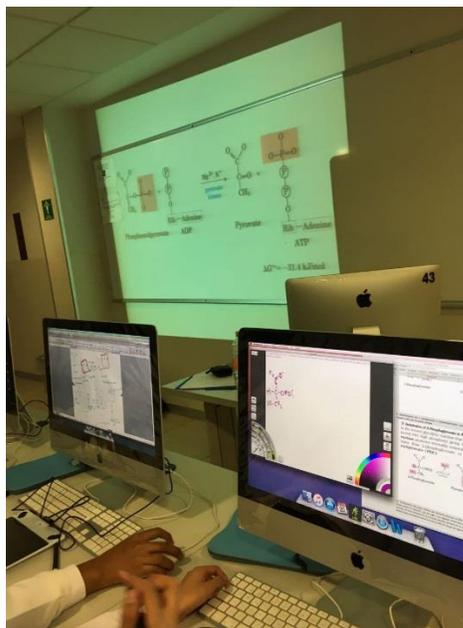


Figura 29. Clases de temas por medio de apoyo audiovisual.

Fuente propia.

4. Los alumnos realizaron las actividades utilizando la tableta Wacom Intous, la computadora de escritorio Mac OS X y los programas indicados (figura 30).



Figura 30. Uso de tabletas Wacom Intous para la creación de material didáctico.

Fuente propia.

5. Los trabajos terminados fueron enviados a la plataforma educativa Moodle de la Facultad de Odontología para su evaluación, en base al curso impartido del Módulo de Fundamentos de Biología Oral.
6. Al término de las actividades propuestas se realizará una evaluación comparativa de los conocimientos.

Los resultados del examen se registraron en una base de datos en EXCEL y posteriormente se analizaron en el programa estadístico SPSS, con el propósito de evaluar datos estadísticos – descriptivos, promedio, media y mediana para establecer los porcentajes.



## **Tipo de estudio**

Transversal

## **Población de estudio**

Alumnos del primer semestre, que se encuentran inscritos en el Módulo de Fundamentos de Biología Oral del nuevo Plan de Estudios, F.O. UNAM 2016.

## **Muestra**

Estuvo constituida por 118 alumnos inscritos al primer semestre, pertenecientes al Módulo de Fundamentos de Biología Oral del nuevo Plan de Estudios, F.O. UNAM 2016.

## **Criterios de inclusión**

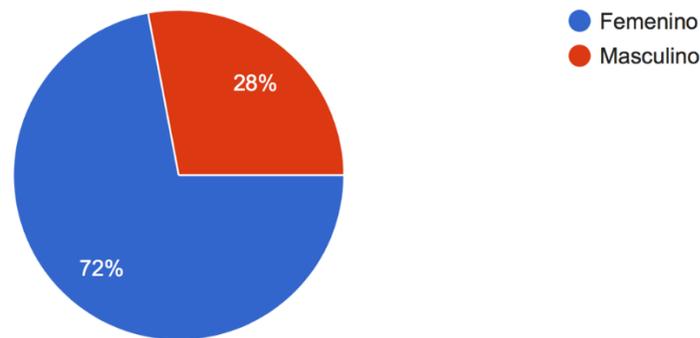
- Alumnos del primer semestre, de los grupos 1001, 1007, 1012 y 1015 inscritos en el Módulo de Fundamentos de Biología Oral de la Facultad de Odontología, UNAM 2016.
- Género indistinto.
- Ambos turnos.

## **Criterios de exclusión**

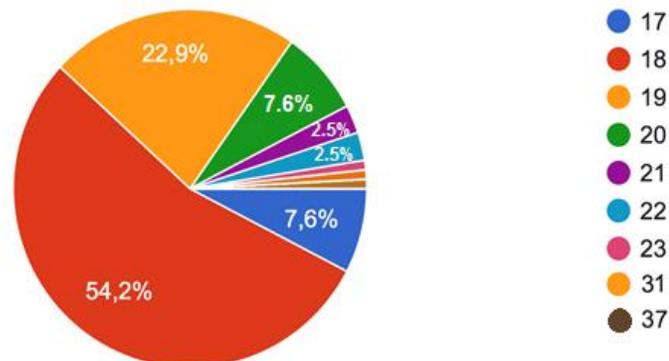
- Alumnos que se encuentran inscritos en otros grupos.
- Alumnos que no asistan a clases.

## RESULTADOS

En los resultados de las encuestas que aplicamos a los grupos que se incluyeron para este estudio (grupos: 1001, 1007, 1012 y 1015) del Módulo de Fundamentos de Biología Oral. La encuesta se aplicó a 118 alumnos, se encontró que el género que predominó fue el femenino con un 72% y para el masculino fue de 28% (gráfica 1), la edad de los alumnos se encontró entre los 17 años como mínimo y 37 años como máximo, siendo la edad promedio de 18.8 años. La edad de los alumnos se ubica en un 54.2% en los 18 años, 22.9% en los 19 años, 7.6% para las edades de 17 y 20 años y el resto de 7.7% en un rango de edades de 21 a 37 años (gráfica 2).

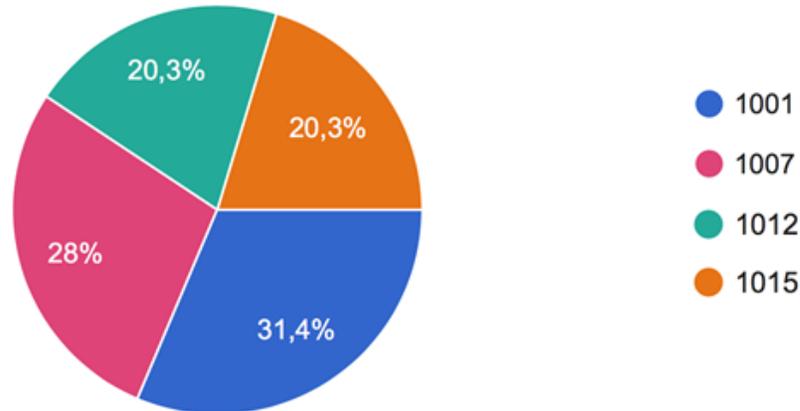


Gráfica 1. Distribución de acuerdo al género de los alumnos encuestados en este trabajo.  
Fuente directa.



Gráfica 2. Porcentaje de la distribución de las edades de los alumnos. Fuente directa.

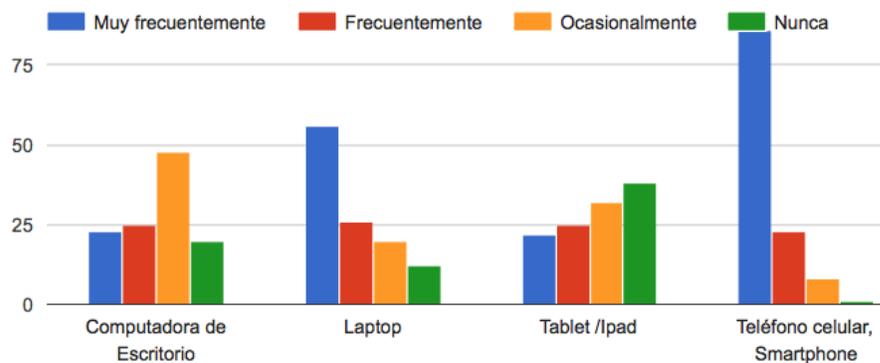
Del total de 118 alumnos participantes, el 31.4% (37 alumnos) fueron del grupo 1001, el 28% (33 alumnos) fueron del grupo 1007 y el 20.3% (24 alumnos) correspondió tanto para el grupo 1012, como para el 2015 (gráfica 3).



Gráfica 3. Distribución de los alumnos de acuerdo al grupo.  
Fuente directa.

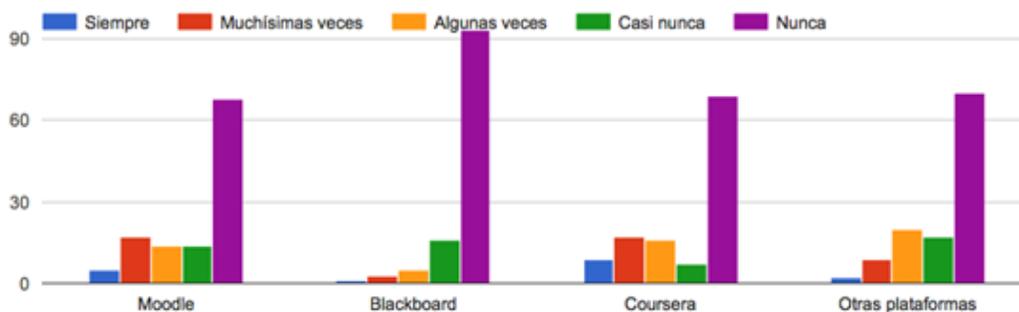
De acuerdo a las preguntas referentes al llenado de la encuesta del uso de Tecnologías de la Información y Comunicación en Odontología, con respecto al apartado II. Acceso a internet y recursos digitales, se preguntó la frecuencia con qué utilizan los diversos dispositivos para acceder a internet, el 41.4% (48 alumnos) ocasionalmente y 17.2% (20 alumnos) nunca han utilizado la computadora de escritorio para búsqueda de información, los alumnos respondieron que el uso de la laptop es muy frecuentemente utilizado por un 49.1% (56 alumnos) y un 10.5% (12 alumnos) nunca la han usado, para el acceso a internet desde las tabletas/lpad mencionan que ocasionalmente 27.4% (32 alumnos) y nunca 32.5% (38 alumnos) accesan a internet desde estos dispositivos y en uso teléfono celular/Smartphone reportó que el 72.9% (86 alumnos) muy frecuentemente lo utilizan y el 0.8% (1 alumno) nunca lo ha llegado a usar para búsqueda de información (gráfica 4).

En el mismo apartado de acceso a internet y recursos digitales, se preguntó sobre el uso de algunas plataformas virtuales educativas, el 57.6% (68 alumnos) nunca han usado la plataforma Moodle y el 4.2% (5 alumnos) siempre la ha usado, el 78.8% (93 alumnos) nunca y 0.8% (1 alumno) siempre han usado la plataforma Blackboard, el 58.5% (69 alumnos) nunca y 7.6% (9 alumnos) siempre han usado la plataforma Coursera y el 59.3% (70 alumnos) nunca y 1.7% (2 alumnos) siempre ha utilizado otras plataformas educativas como alumnos (gráfica 5).



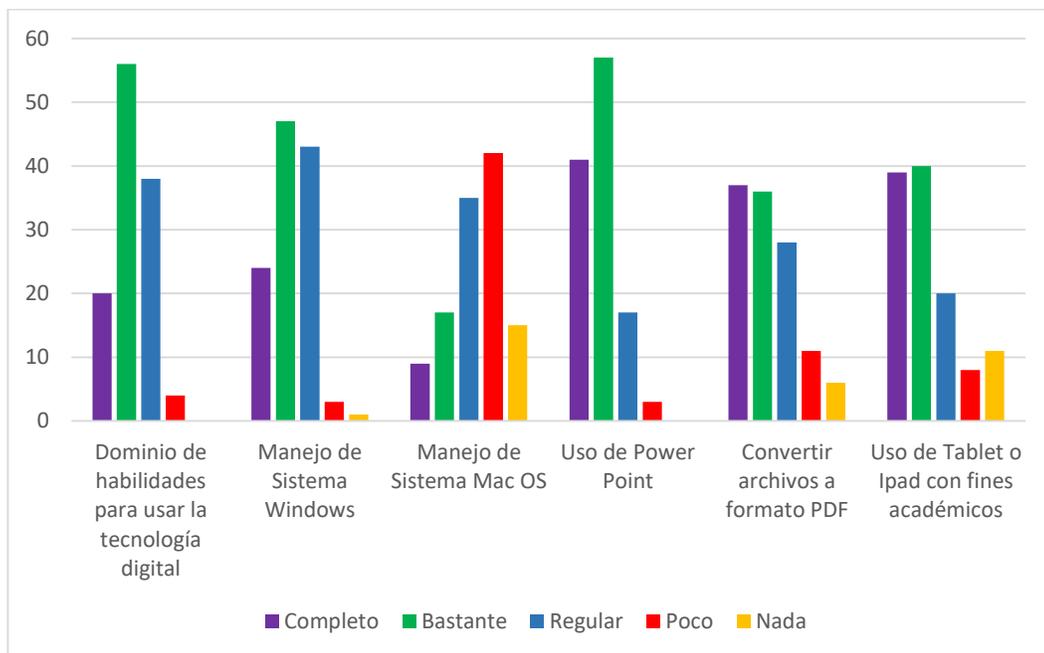
Gráfica 4. Con qué frecuencia utilizas estos dispositivos para acceder a internet.

Fuente propia.



Gráfica 5. Has utilizado alguna de las siguientes plataformas virtuales educativas como alumno. Fuente propia.

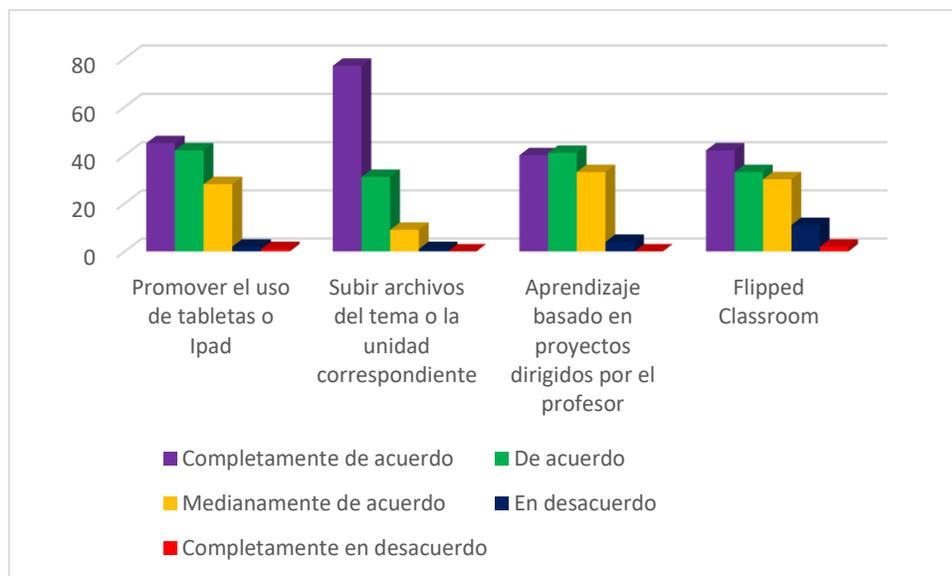
En el apartado III. Conocimiento del manejo de programas y aplicaciones, se reportó que en el dominio de habilidades de los alumnos para el uso de tecnología digital es bastante en un 47.5% (56 alumnos) y poco en 3.4% (4 alumnos), el manejo del Sistema Windows resultó bastante en 39.8% (47 alumnos) y nada en 0.8% (1 alumno), en cuanto al manejo del Sistema Mac OS respondieron que era poco el manejo en 35.6% (42 alumnos) y nada en 12.7% (15 alumnos), para el uso de Power Point era bastante en el 48.3% (57 alumnos) y poco en 2.5% (3 alumnos), en cuanto a la conversión de archivos en formato PDF el resultado arrojó que el 31.3% (37 alumnos) tienen un conocimiento completo y el 5.1% (6 alumnos) nada, finalmente para el uso de Tablet o Ipad con fines académicos de los alumnos es bastante en 33.9% (40 alumnos) y poco en 6.8% (8 alumnos). (Ver la gráfica 6).



Gráfica 6. Conocimiento del manejo de programas y aplicaciones.

Fuente directa.

En el apartado IV. Conocimiento del manejo del proceso enseñanza-aprendizaje y la tecnología, se obtuvieron los siguientes resultados en cuanto a las actividades que se consideran pueden favorecer o mejorar el proceso enseñanza aprendizaje, en promover el uso de las tabletas o Ipad el 38.1% (45 alumnos) están completamente de acuerdo y el 0.8% (1 alumno) está completamente en desacuerdo, el subir archivos del tema o la unidad correspondiente el 65.3% (77 alumnos) está completamente de acuerdo y el 0.8% (1 alumno) está en desacuerdo, el aprendizaje basado en proyectos dirigidos por el profesor un 34.7% (41 alumnos) están de acuerdo y el 3.4% (4 alumnos) están en desacuerdo, para el aprendizaje mediante Flipped Classroom siendo una clase invertida donde los alumnos aprenden conceptos en casa viendo vídeos y recursos educativos en línea y ejercicios hechos en casa el 35.6% (42 alumnos) está completamente de acuerdo mientras que el 1.7% (2 alumnos) está completamente en desacuerdo. (Gráfica 7).

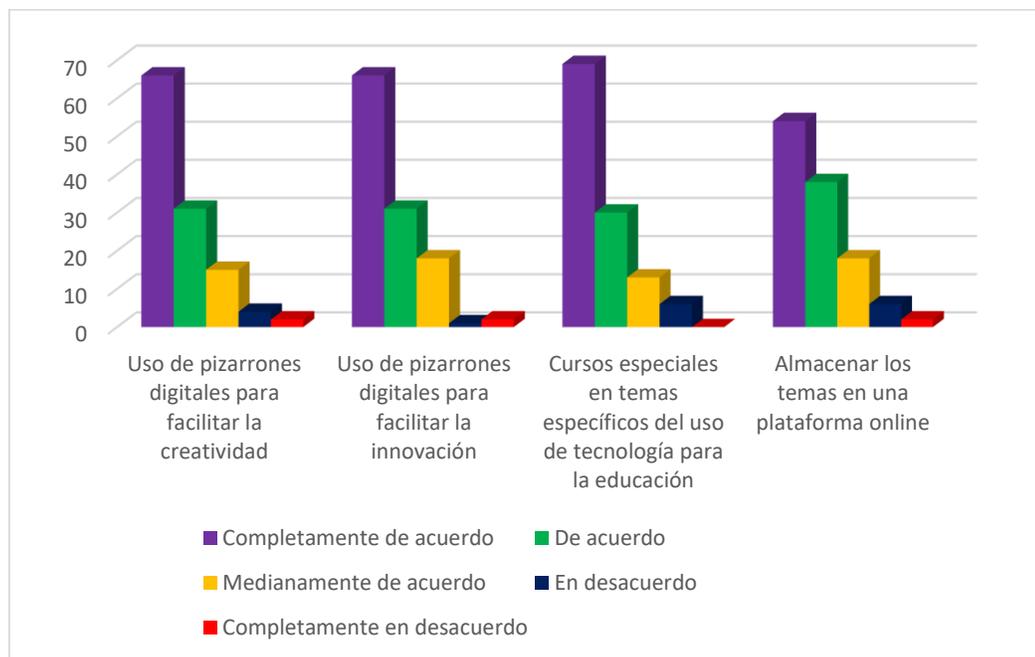


Gráfica 7. Conocimiento del manejo del proceso enseñanza-aprendizaje y la tecnología.

Fuente directa.

En la implementación de uso de pizarrones digitales para facilitar la creatividad el 55.9% (66 alumnos) están completamente de acuerdo y el 1.7% (2 alumnos)

están completamente en desacuerdo, el uso de pizarrones digitales para facilitar la innovación un 55.9% (66 alumnos) están completamente de acuerdo y solo el 0.8% (1 alumno) está en desacuerdo, en cursos especiales en temas específicos del uso de tecnología para la educación el 58.5% (69 alumnos) están completamente de acuerdo y el 5.1% (6 alumnos) están en desacuerdo, el almacenar los temas en una plataforma online el 45.8% (54 alumnos) están completamente de acuerdo y solo el 1.7% (2 alumnos) están completamente en desacuerdo. (Gráfica 8).



Gráfica 8. Conocimiento del manejo del proceso enseñanza-aprendizaje y la tecnología.

Fuente directa.



## DISCUSIÓN

En los resultados obtenidos en esta propuesta del proyecto innovador educativo han sido de gran utilidad, porque mediante la encuesta que fue aplicada a los alumnos del primer año en el Módulo de Fundamentos de Biología Oral del nuevo plan de estudio de la Facultad de Odontología se logró identificar las necesidades para el aprendizaje de metabolismo mediante el uso de tecnología táctil.

El uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación ha teniendo un impacto y un avance en la vida diaria del estudiante, sin embargo encontramos que el uso de estas tecnologías en el área educativa no ha cobrado gran importancia actualmente.

La implementación del uso de pizarras digitales nos ayudará a favorecer el aprendizaje, la participación y dinámica en los estudiantes, es importante considerar que el costo de esta tecnología de interfaz táctil es entre seis a ocho veces menor a otros dispositivos de tecnología similar.

El uso de tecnología multimedia permite la creación de proyectos tanto del alumno, como del propio maestro para mejorar la enseñanza, ya que actualmente la odontología al ser una carrera de innovación, requiere de una constante actualización del profesor y alumno.

Sin embargo, la popularidad que alcanzaron los pizarrones digitales en el siglo XXI en centros educativos no tuvo tanta innovación ya que se requirió de distintos accesorios extras que incrementaron su costo y con la implementación de la tableta táctil Wacom usada por los alumnos es más dinámica y creativo su acceso, para el aprendizaje de diversos conceptos en materias que son complicadas en el entendimiento del alumno.



---

---

## CONCLUSIONES

La implementación del uso de tecnología táctil en la enseñanza del metabolismo en la carrera de Odontología es de gran importancia.

Realizar una encuesta sobre el uso de Tecnologías de Información y Comunicación en la primera generación del nuevo plan de estudios de la carrera de Odontología, nos servirá para mejorar la enseñanza sobre temas de mayor complicación para el alumno, en este caso es la enseñanza de metabolismo en el Módulo de Fundamentos de Biología Oral, pero no solo se puede presentar en esta materia en específico, ya que el uso de la tecnología puede ser usada en todas aquellas materias que lo soliciten.

A pesar de la facilidad en cuanto a su uso de las tabletas táctiles, se deben de seguir las medidas de cuidado del profesor en curso, la capacitación constante sobre las diversas actualizaciones de los programas usados para la creación de material multimedia, la atención hacia el profesor, ya que él será la guía para el aprendizaje de los conceptos que se abordarán durante las clases y en base en ello se elaborarán los trabajos didácticos en clases, siendo enviados a una plataforma educativa Moodle de la Facultad de Odontología, para su posterior acceso y reaprendizaje desde casa.

En este estudio en el que participaron 118 alumnos inscritos al primer semestre, pertenecientes al Módulo de Fundamentos de Biología Oral del nuevo Plan de Estudios, F.O. UNAM 2016, respondieron que es importante la promoción de diversas tecnologías como el uso de tabletas, el subir archivos de temas correspondientes a la materia en la plataforma educativa, pese a que no están en muy acostumbrados a su uso, así como clases educativas en línea desde casa con Flipped Classroom, uso de pizarrones digitales para su creatividad e innovación con su continua actualización mediante cursos especiales en temas específicos del uso de estas tecnologías.



Pese a que la mayoría de los alumnos no están muy acostumbrados al uso de tabletas táctiles para acceder a internet e incluso el uso de las plataformas virtuales educativas, va a servir para incrementar su conocimiento y habilidad con éstos dispositivos, debido a que un gran porcentaje de alumnos tiene la habilidad del manejo de los diversos programas y aplicaciones.

El uso de la tableta táctil con fin académico en los alumnos ayudó a estimular su creatividad en la elaboración de material didáctico de las principales rutas metabólicas y así mejorar su entendimiento.

De esta manera se podrá mejorar la enseñanza a los alumnos de las nuevas generaciones, con un buen aprovechamiento de la tecnología en el ámbito de la educación.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cegarra S. J. Metodología de la investigación científica y tecnológica. Madrid: Editorial Díaz de Santos, 2004. pp.1, 19-36
2. Tecnología. Página WEB de información. Tecnología. [Revisado el 25 de agosto del 2016]. Disponible en <http://www.areatecnologia.com/que-es-tecnologia.html>
3. Basalla G. La evolución de la tecnología. España: Editorial Drakontos, 2011. pp. 13-19
4. Rubio Barrena, Alejandro. Adaptación de actividades educativas sobre mesas multicontacto a pizarras digitales. Escuela Superior de Ingeniería e Informática. Madrid. 2016. [Revisado el 28 de agosto 2016]. Disponible en <http://aprendecondedos.es/tfg-adaptacion-de-actividades-educativas-sobre-mesas-multicontacto-a-pizarras-digitales/>
5. Cacheiro M L, Dulac J, Gallego D J, LA PIZARRA DIGITAL INTERACTIVA COMO RECURSO DOCENTE. Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información 200910127-145. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=201017352009>. Fecha de consulta: 29 de agosto del 2016.
6. [http://www.cuadernoaula.com/sitio/index.php?option=com\\_content&view=article&id=18&Itemid=133](http://www.cuadernoaula.com/sitio/index.php?option=com_content&view=article&id=18&Itemid=133)
7. Gutiérrez Porlán, Isabel; Sánchez Vera, María del Mar. *Pizarra Interactiva: Usos y aplicaciones en la enseñanza*. RG. 2008 Ene. [Revisado el 29 de agosto del 2016] 1-12. Disponible en <https://digitum.um.es/jspui/bitstream/10201/3303/1/76.pdf>
8. Aguilar Álvarez, Rolando; Ramírez Martinell, Alberto. La pizarra digital interactiva: componentes, configuraciones, posibilidades y singularidades. Revista Ensayos Pedagógicos. 2014 Jun. [Revisado el 29 de agosto del 2016];



9(1): 137-158. Disponible en  
<http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/ensayospedagogicos/article/view/6735>

9. Lanza Escobedo, David. La pizarra digital: Un recurso que puede contribuir a renovar la práctica educativa dentro de la institución escolar. Capa. 2011 Feb. [Revisado el 30 de agosto del 2016]; 6 (1): 14-24. Disponible en <http://seer.fclar.unesp.br/iberoamericana/article/viewFile/4796/4066>

10. Sánchez Ramón, Juan Miguel. La pizarra digital interactiva. Uso y aplicación. IDEA-La Mancha: Revista de Educación de Castilla-La Mancha. 2006 Jul. [Revisado el 30 de agosto del 2016]; 3: 279-288. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2141538>

11. Tárraga Mínguez, Raúl. La pizarra digital interactiva como herramienta de transmisión de información en el aula. 3C-TIC. 2012 Jun. [Revisado el 31 de agosto del 2016]; 1 (1): 1-8. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4817364>

12. Yanez Duran, Carlos; Castro León, Gloria; Perez Quintanilla, Jose. Tecnología Multitouch, presente y futuro. **Revista de investigación de Sistemas e Informática**, [S.l.], v. 10, n. 1, p. 75-85, may. 2014. ISSN 1816-3823. Disponible en: <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/sistem/article/view/5716>. Fecha de acceso: 31 agosto 2016

13. Hubber, Paula J.; Outhwaite, Laura A.; Chigeda, Antonie.; McGrath, Simon.; Hodgen, Jeremy.; Pitchford, Nicola J. Should touch screen tablets be used improve educational outcomes in primary school children in developing countries?. Front Psychol. 2016 Jun. [Revisado el 2 de septiembre del 2016] 7: 839. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4893577/>

14. Lovato, Silvia B.; Waxman, Sandra R. Young children learning from touch screens: taking a wider view. Front Psychol. 2016 Jul 18. [Revisado el 2 de



septiembre del 2016] 7: 1078. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4947576/>

15. Finkelstein, Joseph; Cha Eun Me. Using a mobile app to promote smoking cessation in hospitalized patients. JMIR Mhealth Uhealth. 2016 May 6. [Revisado el 2 de septiembre del 2016]. 4 (2): 59. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4875494/>

16. Castellano AF., Chavarria PPJ., Barrientos PA. Iris: Mensajería instantánea para personas con ceguera en dispositivos móviles con pantalla táctil. Portal de revistas UPC. 2015. [Revisado el 2 de septiembre del 2016] 3 (1): 42-59. Disponible en <http://revistas.upc.edu.pe/index.php/sinergia/article/view/407>

17. Tecnología touch screen. Página WEB de información. Tecnología táctil. [Revisado el 5 de septiembre del 2016]. Disponible en <http://touchscreensune.blogspot.mx/2007/07/d-ventajas-y-desventajas-de-las-touch.html>

18. Gigatecno. Página WEB de información. Ventajas y desventajas de las pantallas táctiles. [Revisado el 5 de septiembre del 2016]. Disponible en <http://gigatecno.blogspot.mx/2014/09/ventajas-y-desventajas-de-las-pantallas.html>

19. John S, Poh AC, Lim TC, Chan EH, Chong le R. The iPad tablet computer for mobile on-call radiology diagnosis? Auditing discrepancy in CT and MRI reporting. J Digit Imaging 2012 Oct. [Revisado el 7 de septiembre del 2016]. 25 (5): 628-634. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22562174>

20. Teke M, Göya C, Teke J, Uslukaya Ö, Hamidi C, Cetincakmak MG, Hattapoglu S, Alna B, Tekbas G. Combination of virtual touch tissueimaging and virtual touch tissue quantification for differential diagnosis of breast lesions. J Ultrasound Med. 2015 jul. [Revisado el 7 de septiembre del 2016]. 34(7): 1201-1208. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26112622>



21. Honrado, C., & Dong, T. (2014). A Capacitive Touch Screen Sensor for Detection of Urinary Tract Infections in Portable Biomedical Devices. *Sensors (Basel, Switzerland)*. 2014 Ago. [Revisado el 7 de septiembre del 2016] 14(8), 13851–13862. Disponible en <http://doi.org/10.3390/s140813851>
22. Peña PNA. Collaborative nonverbal interaction within virtual environments. *ReCIBE*. 2012 Nov.[Revisado el 9 de septiembre del 2016]. 1 (1). Disponible en <http://recibe.cucei.udg.mx/revista/es/vol1-no1/pdf/computacion01.pdf>
23. Revuelta Domínguez, Francisco Ignacio, Pérez Sánchez Lourdes. Interactividad en los entornos de formación on-line. 1ª ed. Barcelona: Editorial UOC, 2009. Pp. 127-129
24. Amaya Amaya, Jairo. Sistemas de información, Hardware-Software-Redes-Internet-Diseño. Universidad Santo Tomas de Aquino, 2003 pp.33-45
25. Apple. Página WEB de información. Final Cut Pro X. [Revisado el 03 de octubre del 2016]. Disponible en <http://www.apple.com/mx/final-cut-pro/what-is/>
26. TechSmith. Página WEB de información. Camtasia. [Revisado el 7 de octubre del 2016]. Disponible en <https://www.techsmith.com/camtasia.html>
27. Fernández QD., Bonet M. Camtasia Studio, creación de animaciones multimedia educativas. @tic. 2009 Jul-Dic. [Revisado el 12 de septiembre del 2016] núm.3. Valencia España. pp.137-140
28. Danton H. O'Day, Dennis Liu. Animated cell biology: a quick and easy method for making effective, high-quality teaching animations. *CBE Life Sci Educ*. 2006. [Revisado el 12 de septiembre del 2016]. 5(3): 255-263. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1618697/>
29. SmoothDraw. Página WEB de información. SmoothDraw. [Revisado el 03 de octubre del 2016]. Disponible en <http://www.smoothdraw.com/>



30. ArtRage. Página WEB de información. ArtRage Lite. [Revisado el 15 de octubre del 2016]. Disponible en <https://www.artrage.com/artrage-studio/>
31. Fernández Rodrigo L, EL USO DIDÁCTICO Y METODOLÓGICO DE LAS TABLETAS DIGITALES EN AULAS DE EDUCACIÓN PRIMARIA Y SECUNDARIA DE CATALUÑA. Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación 2016 9-25. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=36843409002>. Fecha de consulta: 14 de septiembre del 2016.
32. Red social DIM. Página WEB de información. Tablet as digitales. [Revisado el 14 de septiembre]. Disponible en <http://peremarques.net/tabletasqueson.htm>
33. Wacom. Página WEB de información. WacomIntous Draw. [Revisado el 14 de septiembre del 2016]. Disponible en <http://www.wacom.com/en-us/products/pen-tablets/intuos>
34. González Ornelas Virginia. Estrategias de enseñanza y aprendizaje. 1ª ed. México: Editorial Pax, 2003. Pp. 1-6
35. Amón Martínez J. Metodología activa – creativa aplicada al proceso de interaprendizaje. Cuenca: universidad politécnica salesiana, 2003. Pp4
36. Revista EIDOS, UTE Ecuador, dirección general de posgrados 5º número. Dic. 2012 pp.5-11
37. Davini, María Cristina. Métodos de enseñanza: didáctica general para maestros y profesores. Buenos Aires: Editorial Santillana. 2008
38. Cultural S.A. 20032 Aprendizaje. En C.S.A., Enciclopedia Interactiva Universal – Técnicas de estudio. Madrid: Editorial Cultural S.A. p.p. 4-8
39. Diane E, Papalia y Sally Wendkos Olds. Psicología. México: Editorial McGraw Hill Interamericana Inc.; 2002. pp. 204-240.



40. Ferrer TJ, Jiménez RMÁ, Torralba EJ, Garzón FF, Pérez BM, Fernández EN. Distance learning ects and flipped classroom in the anatomy learning: comparative study of the use of augmented reality, video and notes. 2016 Sep. [Revisado el 21 de septiembre del 2016]. 16 (1): 230. Disponible en <https://bmcmededuc.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12909-016-0757-3>
41. UNAM, dgapa. Página WEB de información. PAPIME. [Revisado el 21 de septiembre del 2016]. Disponible en <http://dgapa.unam.mx/html/papime/productospapime.html>
42. Nelson DL, Cox MM. Lehninger: Principios de bioquímica. 6ª ed. Barcelona: Editorial Omega; 2015. Pp. 501-504, 543-558, 563-568, 575-580, 670-679.
43. Coordinación de enseñanza bioquímica. Página WEB de información. Capítulos 14, 15 y 17. [Revisado el 27 de septiembre del 2016]. Disponible en <http://bioq9c1.fmedic.unam.mx/coordinacion/pptlehninger.html>
44. Alberts B, Johnson A, Lewis J, Raff M, Roberts K, Walter P, Wilson J, Hunt T. Biología molecular de la célula. 5a ed. Barcelona: Editorial Omega; 2008. Pp. 88, 89
45. Maldonado FS. Bioquímica. La importancia de las áreas básicas en la odontología. Revista Odontológica Mexicana, FO. Vol. 17. Núm. 2. Abril-Junio, 2013 pp. 74-75
46. Gutiérrez VG, Flores HO, Rendón HE, Riveros RH, Sosa PA, Vázquez CE, Velázquez LI. Evaluación de la enseñanza de bioquímica en odontología. Mensaje Bioquímico, Vol.24, 2005. Pp. 241-257
47. Kumar V, Cotran RS, Robbins SL. Patología humana. 7a ed. Madrid: Editorial Elsevier; 2006. pp.6-9
48. De Paola's D. The importance of scientific research and teaching critical thinking in academic dental institutions reactions to "The Revitalization of U.S. Dental Education". J. Dent Educ 2008 Feb. [Revisado el 26 de septiembre del



---

2016]. 72 (2 Suppl) 43-45. Disponible en  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18250376>

49. Kumar V, Abbas A, Aster JC. Robbins y Cotran: Patología estructural y funcional. 9a ed. Barcelona: Editorial Elsevier; 2015